

Protesi valvolari cardiache: valutazione ecocardiografica

Pio Caso, Luigi De Simone, Sergio Severino, Alfonso Roberto Martiniello, Raffaele Iengo, Angela Fusco, Giancarlo Vitagliano, Marino Scherillo, Nicola Mininni

Dipartimento di Cardiologia, Ospedale V. Monaldi, Napoli

(Ital Heart J 2002; 3 (Suppl 3): 17S-22S)

© 2002 CEPI Srl

Per la corrispondenza:

Dr. Pio Caso

Via Salvator Rosa, 353
80136 Napoli
E-mail: pio.caso@tin.it

Introduzione

La valutazione clinica e strumentale del paziente con protesi valvolare cardiaca è divenuta attualmente sempre più frequente nella pratica cardiologica. È, quindi, importante che i cardiologi acquisiscano sempre maggiori informazioni per essere in grado di orientarsi sulla disfunzione di protesi. Il quadro clinico può esordire in maniera drammatica in caso di ostruzione acuta, ma generalmente è aspecifico, consentendo di porre solo un sospetto diagnostico di disfunzione. La valutazione strumentale si avvale di tutte le metodiche dell'ecocardiografia transtoracica (TTE) integrate, eventualmente, dall'approccio transesofageo in caso di sospetto di malfunzionamento. L'esame transesofageo consente, inoltre, di superare i limiti tecnici dell'approccio transtoracico come la presenza di artefatti acustici (riverberi, ombre, ecc.) provocati dai materiali protesici. Attualmente, l'ecocardiografia integrata (TTE + ecocardiografia transesofagea-EFE) si è dimostrata così affidabile da divenire metodica di scelta nella valutazione dei pazienti con protesi relegando in secondo piano metodiche diagnostiche precedentemente usate come il cateterismo. Qualunque sia la metodica impiegata nello studio delle protesi valvolari, bisogna conoscere il tipo di protesi e la relativa grandezza. In considerazione della variabilità dei parametri eco-Doppler nei diversi tipi di protesi o nelle diverse dimensioni per le stesse protesi, la Società Italiana di Ecografia Cardiovascolare (SIEC) ha proposto di fornire al paziente portatore di protesi valvolare cardiaca una scheda in cui riportare i parametri rilevati a partire dal primo esame ecocardiografico postoperatorio. Questa scheda consentirà il confronto dei

dati ottenuti nel corso di controlli seriatî facilitando la valutazione della funzione delle protesi nel tempo e la diagnosi eventuale di malfunzionamento protesico.

Schematicamente le protesi valvolari cardiache si distinguono in meccaniche e biologiche. Le protesi meccaniche si distinguono ulteriormente in protesi meccaniche a palla ingabbiata, a disco oscillante o a due emidischi. Le protesi biologiche sono di tipo "stented", con supporti metallici, o "stentless", senza supporti e si compongono di tessuto biologico, umano o animale, opportunamente sagomato.

Valutazione ecocardiografica

Tutte le valvole meccaniche e quelle biologiche tradizionali con stent hanno un comportamento emodinamico intrinsecamente stenotico, con aree valvolari minori e gradienti transvalvolari maggiori rispetto alle valvole native nella stessa posizione. L'ecocardiografia consente di rilevare questi parametri emodinamici e di confrontarli con i parametri di normalità delle singole protesi. La valutazione ecocardiografica può essere eseguita con metodica M-mode, bidimensionale o con il Doppler.

Ecocardiografia M-mode. È una tecnica attualmente poco usata nella valutazione delle protesi. Essa, infatti, è scarsamente sensibile e specifica nella valutazione sia del normo che del malfunzionamento protesico. Può essere utile per lo studio del movimento degli elementi occludenti (palla nella protesi di Starr-Edwards, disco oscillante nella protesi di Bjork-Shiley, ecc.). In combinazione con la fonocardiografia, si può riscontrare una riduzione del-

l'intervallo A_2 -punto di massima apertura della protesi in caso di ostruzione della stessa.

Ecocardiografia bidimensionale. Consente di visualizzare la protesi e le strutture circostanti e di valutare nelle protesi meccaniche il movimento dell'elemento occlusore e, in particolare, nelle protesi a disco oscillante, la massima escursione dell'elemento mobile, mentre nelle protesi bidisco può essere studiato singolarmente il movimento dei due emidischi¹; nelle protesi biologiche è possibile visualizzare i lembi, valutarne la mobilità, lo spessore, la presenza o assenza di calcificazioni².

Anche l'ecografia bidimensionale è una metodica scarsamente sensibile e specifica nella valutazione sia del normo che del malfunzionamento protesico. L'esame può rilevare segni indiretti di malfunzionamento (disfunzione ventricolare sinistra) e/o eventuali complicanze (ad esempio, il versamento del pericardio).

Ecocardiografia Doppler. Consente di valutare in maniera diretta ed accurata l'emodinamica delle protesi valvolari. A causa dell'elevata ecorifrangenza delle protesi meccaniche è necessario utilizzare sezioni ecocardiografiche in cui il fascio ultrasonoro non debba attraversare la protesi stessa, mentre lo studio delle protesi biologiche è in genere più semplice, in quanto l'ecorifrangenza interessa solo l'anello protesico e lo stent (quando presente).

Gli indici Doppler utilizzati per studiare il flusso anterogrado di una protesi valvolare cardiaca sono gli stessi utilizzati per la valutazione di una stenosi di una valvola nativa³: velocità transprotesica massima e media, da cui derivano i gradienti massimo e medio che sono fortemente dipendenti dalla portata (velocità elevate non sono necessariamente segno di ostruzione protesica, ma sono compatibili anche con una condizione di elevata portata cardiaca); emitempo pressorio (PHT) (per le protesi in sede mitralica e tricuspide); area funzionale protesica con l'equazione di continuità.

A tale proposito, possono essere d'aiuto i parametri di normalità delle singole protesi che sono stati ricavati dai dati forniti dalle case costruttrici e dalla letteratura internazionale che sono inserite in tutti i manuali di ecocardiografia⁴.

Il color Doppler⁵ consente un allineamento ottimale del fascio Doppler al flusso transprotesico. Nelle bioprotesi, essendo l'orifizio centrale, il flusso anterogrado è unico, centrale, riempie completamente l'orifizio valvolare ed è diretto verso l'apice cardiaco. Nelle protesi a palla (Starr-Edwards) il flusso anterogrado è caratterizzato da due jet di riempimento ventricolare ai lati della palla che si uniscono verso l'apice ventricolare. Nelle protesi a singolo disco oscillante si hanno generalmente due jet (maggiore e minore), la cui direzione varia in relazione all'orientamento della massima apertura della protesi che può essere diretta o verso la parete postero-laterale del ventricolo sinistro o verso il set-

to interventricolare; nelle protesi a due emidischi, se montate con l'asse che passa attraverso le due cerniere perpendicolarmente alla normale apertura della valvola, si distinguono tre jet che si riuniscono in sede medio-ventricolare.

Tutte le protesi meccaniche presentano un rigurgito transprotesico fisiologico, dovuto al flusso retrogrado durante il movimento di chiusura dell'occlusore e al flusso retrogrado con la valvola in posizione di chiusura (rigurgito di lavaggio)⁶. Il rigurgito di chiusura è presente in tutte le protesi meccaniche e nel 10% delle biologiche; il rigurgito di lavaggio si visualizza prevalentemente nelle protesi a disco oscillante e bidisco e le sue caratteristiche sono in relazione al disegno della protesi; in genere, i rigurgiti fisiologici sono piccoli e stretti: sono lunghi < 2.5 cm nelle protesi a palla; circa 3-4 cm nelle Bjork-Shiley, nelle St. Jude e nelle Sorin Bicarbon; le Medtronic-Hall hanno due jet periferici ed uno centrale, di dimensioni maggiori rispetto a tutte le altre valvole; le Carbomedics evidenziano jet di lavaggio delle cerniere in posizione eccentrica di maggiore entità, che a volte possono essere confusi con rigurgiti periprotetici. In genere, i jet da rigurgito fisiologici possono essere distinti dai jet patologici perché presentano omogeneità di colore (assenza di mosaico) a causa delle loro basse velocità⁷.

Ecocardiografia transesofagea. L'ETE permette di superare i limiti legati alla presenza di un'inadeguata finestra acustica precordiale, in particolare in pazienti con protesi in posizione mitralica⁸, in cui è possibile ottenere un'accurata esplorazione della superficie atriale della protesi, che può essere sede di malfunzionamento. Sul versante atriale talvolta si visualizzano formazioni filamentose, ecodense, molto mobili, larghe 1 mm e lunghe alcuni millimetri, attaccate all'anello di sutura, ai montanti o alle cerniere delle protesi ("strands") che possono presentare problemi di diagnosi differenziale con monconi dei fili di sutura dell'anello (più ecoriflettenti, più corti, regolarmente distanziati) e con le microbolle (echi mobili, molto brillanti che si allontanano rapidamente alla chiusura).

Nello studio delle protesi aortiche l'ETE, pur consentendo la visualizzazione degli elementi occludenti delle protesi meccaniche e dello stato anatomico delle bioprotesi, dà risultati meno soddisfacenti per l'impossibilità di ottenere un perfetto allineamento del fascio ultrasonoro con il flusso transprotesico.

Malfunzionamento protesico

Protesi in sede mitralica. Ostruzione. Il reperto suggestivo di ostruzione di una protesi biologica all'eco bidimensionale è la presenza di cuspidi valvolari spesse più di 3 mm e diffusamente ipomobili⁸. Nelle protesi meccaniche, l'eco bidimensionale può far sospettare l'ostruzione in caso di aumentata ecodensità all'interno

di una protesi e di un'escursione incompleta, incostante o addirittura assente dell'occlusore⁹. Un'incompleta apertura dell'elemento occlusore può verificarsi durante aritmia da fibrillazione atriale ad alta frequenza ventricolare o per bassa portata con conseguente aumento della pressione telediastolica ventricolare. La presenza di un trombo in una protesi a palla ingabbiata può essere sospettata se in diastole l'occlusore non arriva all'apice della gabbietta. È possibile, comunque, avere una normale escursione dell'elemento mobile pur in presenza di ostruzione.

Segni indiretti di ostruzione sono un ventricolo sinistro di piccole dimensioni a causa del ridotto riempimento diastolico e il movimento paradossale del setto interventricolare.

La presenza all'eco M-mode di un'immagine arrotondata del punto E, che normalmente è appuntito, rappresenta un segno molto specifico di ostruzione di una protesi a disco oscillante⁴. L'ETE consente sia la valutazione dello stato anatomico dei lembi di una protesi biologica, confermando o escludendo la presenza di ispessimento e/o calcificazioni, che la valutazione di eventuali anomalie di protesi meccaniche (trombosi, vegetazioni endocarditiche, panno fibroso).

Il Doppler pulsato continuo permette l'analisi del PHT che, sebbene non sia legato alle dimensioni dell'orifizio protesico in protesi normofunzionanti, si allunga notevolmente in caso di ostruzione: un PHT > 200 m/s è quasi sicuramente patologico, specie se associato ad una velocità di picco > 2.5 m/s¹⁰. Il riscontro di un gradiente medio > 20 mmHg è sempre associato ad ostruzione, mentre valori compresi tra 14 e 20 mmHg debbono essere confermati da altri parametri. Tra i segni indiretti, si può avere un aumento della pressione sistolica in arteria polmonare.

Il color Doppler può evidenziare o una riduzione dell'ampiezza del jet o una variazione della sua direzione: ad esempio, la presenza di un jet fortemente eccentrico può essere normale nelle protesi a disco oscillante, ma è fortemente sospetto per ostruzione nelle bioprotesi e nelle protesi ad emidischi, che di norma hanno jet anterogradi centrali. Nella nostra esperienza abbiamo visto molti casi di stenosi di protesi meccanica in sede mitralica. Una gravida al settimo mese (in era pretrombolisi), che aveva sospeso dicumarolici per sostituirli con eparina nell'ultimo periodo di gravidanza, si presentò con gradiente medio di 28 mmHg (valutato all'eco transtoracico), decubito obbligato semiortopnoico e subedema polmonare, scomparsa dei caratteristici click di apertura e chiusura valvolari. La paziente fu operata di urgenza per trombosi di protesi, salvando il bambino nel grembo materno grazie ad una circolazione extracorporea particolarmente breve.

Rigurgito protesico patologico. I rigurgiti protesici patologici possono essere intraprotetici, se hanno sede all'interno dell'anello di sutura, o paraprotetici se si realizzano all'esterno. I rigurgiti intraprotetici sono più

frequenti nelle protesi biologiche che nelle meccaniche.

L'eco bidimensionale permette di riconoscere, nelle bioprotesi, la degenerazione dei lembi con possibile "flail" completo o parziale, prolasso, lacerazioni, fessurazioni o rotture.

Nelle protesi meccaniche, l'effetto "flow mask" rende difficile visualizzare il rigurgito; tuttavia, la presenza di un panno fibroso o di un trombo che ostacola la perfetta chiusura dell'elemento mobile, può causare un rigurgito intraprotetico. Inoltre, l'analisi morfologica può evidenziare un basculamento patologico dell'anello di sutura secondario a distacco. Nella nostra casistica abbiamo avuto diversi casi di distacco di protesi mitralica con basculamento della protesi per ampio distacco dovuto ad endocardite batterica.

Il color Doppler permette l'identificazione del rigurgito, la sua sede (intra o paraprotetica) e la sua analisi quantitativa. Un rigurgito paraprotetico è visualizzato come una regione di convergenza del flusso al di sopra dell'anello di sutura, un flusso di colore intorno all'anello e da un jet in atrio sinistro (Fig. 1). Le sezioni migliori per superare l'effetto "flow mask" sono le parasternali, asse corto, asse lungo e destra. In caso di dubbi, l'ETE consente una valutazione completa, identificando non solo la sede del rigurgito (intra o paraprotetica), ma anche le caratteristiche del color jet: in genere, i jet da rigurgito patologici sono più ampi, più lunghi, molto più turbolenti ed hanno quasi sempre maggior durata rispetto ai jet da rigurgito fisiologici. Sfortunatamente, non è facile quantizzare l'entità del rigurgito protesico. I criteri di semiquantificazione sono sostanzialmente quelli utilizzati per le valvole native. Yoshida et al.¹⁰ hanno proposto un sistema di quantificazione secondo l'area di convergenza di flusso: un'area di $4 \pm 6 \text{ mm}^2$ identifica il rigurgito come lieve, un'area di $33 \pm 25 \text{ mm}^2$ come moderato, un'area di 102

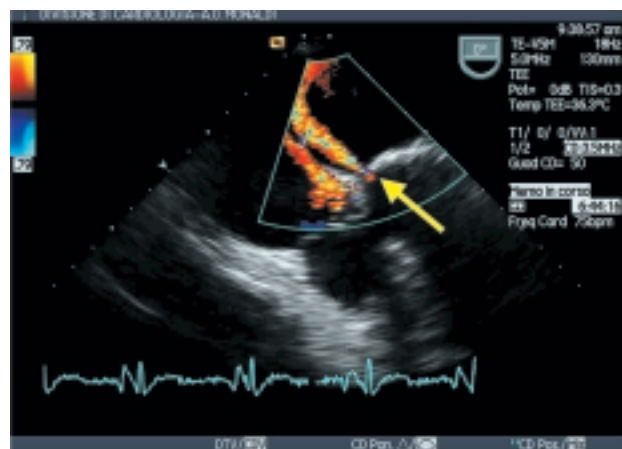


Figura 1. Ecocardiogramma transesofageo: posizione esofago medio, sezione 4 camere, rotazione 0°, piano trasverso. Paziente con protesi meccanica in sede mitralica. Il color Doppler identifica un leak periprotetico in sede mediale destra (freccia) con rigurgito secondario. Il color Doppler evidenzia, inoltre, un'insufficienza della valvola tricuspide.

$\pm 44 \text{ mm}^2$ come severo. Altri criteri di severità¹¹ sono un'area color jet $\geq 6 \text{ cm}^2$, una larghezza del color jet all'origine $\geq 1 \text{ cm}$, la riduzione o l'inversione sistolica del flusso venoso polmonare.

Protesi in posizione aortica. Ostruzione. I segni ecocardiografici M-mode e bidimensionali sono sostanzialmente gli stessi già analizzati per le protesi in sede mitralica. Nelle protesi biologiche si può riscontrare un diffuso ispessimento delle cuspidi associato a calcificazioni e a ridotta mobilità. In un caso di stenosi aortica su valvola biologica venuto alla nostra osservazione la stenosi era provocata da un trombo sul versante ventricolare che circondava l'orifizio protesico ed impediva una normale apertura della valvola.

Nelle protesi meccaniche raramente l'eco M-mode/bidimensionale riesce ad evidenziare elementi sospetti per ostruzione a causa delle limitazioni tecniche già accennate. Solo nei casi di severa ostruzione, lo studio della cinetica dell'occlusore può evidenziare un'incompleta, incostante o mancata apertura dello stesso¹².

Il Doppler pulsato continuo ha un ruolo di primaria importanza nella diagnosi di ostruzione, in quanto dall'analisi delle velocità e, in particolare, del gradiente medio ne derivano informazioni preziose soprattutto se presentano variazioni significative rispetto a controlli precedenti. È da ricordare che è difficile definire dei range di normalità per le protesi in posizione aortica, a causa di significative sovrapposizioni di valori tra protesi di diverso tipo, tra protesi dello stesso tipo ma di taglia differente e tra protesi normali ed ostruite. In genere, la presenza dei seguenti parametri deve far sospettare un'ostruzione^{7,12,13}: velocità transprotesica di picco $\geq 4 \text{ m/s}$; velocità transprotesica media $\geq 3 \text{ m/s}$; un incremento di queste $\geq 50\%$ rispetto a controlli precedenti; lenta pendenza della fase di accelerazione (curva con picco mesosistolico); velocità media nettamente superiore alla metà della velocità di picco; rapporto tra velocità dell'efflusso e velocità transprotesica < 0.20 .

La determinazione dell'area funzionale protesica costituisce un metodo affidabile ma non preciso per la diagnosi di ostruzione; valori di area funzionale protesica $\leq 0.75 \text{ cm}^2$, specie se associati ad elevato gradiente transprotesico sia di picco che medio, sono suggestivi di ostruzione¹³, anche se è possibile riscontrare, in protesi soprattutto bidisco di piccola taglia (19 o 21 mm) normofunzionanti, valori di area funzionale compresi tra 1 e 0.75 cm^2 . In questi casi, un rapporto tra velocità efflusso/velocità transprotesica < 0.20 è suggestivo di ostruzione¹⁴. In protesi biologiche, valori di area funzionale $\leq 0.75 \text{ cm}^2$ e un rapporto tra le velocità < 0.20 sono suggestivi di ostruzione¹⁵.

Rigurgito protesico patologico. I rigurgiti patologici possono essere sia intra che periprotesici. La loro sede è individuata abbastanza agevolmente nelle sezioni parasternali, in particolare, asse corto e parasternale destra. L'insufficienza intraprotesica è più comune nelle

protesi biologiche, in genere dovuta a fissurazione, "flail" o prolasso delle cuspidi secondarie a degenerazione o endocardite. Nelle protesi meccaniche, il rigurgito può essere dovuto a blocco dell'elemento occludente in posizione di apertura da panno fibroso o trombo. L'insufficienza periprotesica è sempre patologica, ma non vanno considerati patologici i piccoli rigurgiti periprotesici evidenziati nei primi giorni dopo l'intervento, che scompaiono con l'endotelizzazione dell'anulus. Cause di insufficienza periprotesica sono la deiscenza di suture, con conseguente basculamento, e l'endocardite. I criteri di semiquantificazione del rigurgito sono sostanzialmente gli stessi utilizzati per la valvola aortica nativa¹⁶: rapporto larghezza color jet/larghezza del tratto di efflusso del ventricolo sinistro (anche se, in presenza di jet eccentrici e/o obliqui, il metodo non è applicabile); PHT della curva di rigurgito ottenuta con Doppler pulsato continuo; grado di "reverse flow" diastolico a livello dell'arco aortico.

L'ETE, pur non essendo determinante come nella valutazione delle protesi in sede mitralica, fornisce un contributo per l'identificazione della sede di origine del rigurgito¹⁷.

Endocardite protesica. È una complicanza relativamente comune delle protesi meccaniche e biologiche (incidenza pari a circa lo 0.5-2%) la cui diagnosi comporta un elevato rischio di morbilità e mortalità per il paziente¹⁸. Come per le valvole native, la lesione tipica è la vegetazione che in genere insorge lungo la linea di sutura e da lì si estende all'anulus e al tessuto perianulare, comportando o la formazione di ascessi paravalvolari e/o di fistole, con conseguente deiscenza della protesi e rigurgito perivalvolare o la crescita di vegetazioni con ostruzione della protesi. L'ecocardiografia, in particolare l'ETE¹⁹, costituisce metodica di scelta per l'identificazione delle vegetazioni, visualizzate come masse ecogeniche con proprietà acustiche diverse dalle strutture cardiache adiacenti, con mobilità elevata ed indipendente da quella della struttura della protesi a cui sono connesse e visibili in piani di scansione multipli (Fig. 2). Un importante contributo fornito dall'ETE è rappresentato dalla possibilità di visualizzare gli ascessi perivalvolari, le fistole ed i distacchi secondari. In particolare gli ascessi perivalvolari sono stati riscontrati soprattutto in sede aortica ed in corrispondenza della zona fibrosa intervalvolare mitro-aortica (Fig. 3). Una tale complicanza è refrattaria alla terapia antibiotica e può coinvolgere il sistema di conduzione del cuore. L'indicazione chirurgica è obbligatoria nei casi di ascesso paravalvolare aortico.

Casistica. La nostra casistica, negli ultimi 10 anni, consta della valutazione di 3300 protesi di cui 68 (10 biologiche e 58 meccaniche: 60 in sede mitralica, 1 in sede tricuspidalica, 7 in sede aortica) sono risultate disfunzionanti. La diagnosi di certezza era fatta al TTE in 10 casi e all'ETE in 58.



Figura 2. Ecocardiogramma transesofageo: posizione esofago medio, rotazione 120°, efflussi sinistro e destro e valvola in posizione mitralica valutati sul piano longitudinale. Paziente con protesi biologica in sede mitralica. Evidenza di vegetazione sulla cuspidi anteriore (freccia) con flail secondario. AO = aorta; AS = atrio sinistro; VS = ventricolo sinistro.

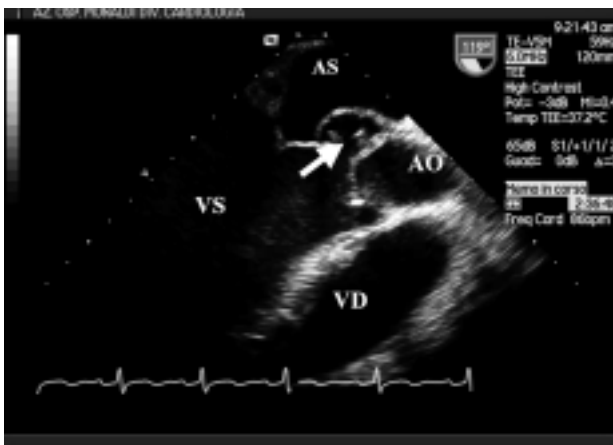


Figura 3. Ecocardiogramma transesofageo: posizione esofago medio, rotazione 120°, efflussi sinistro e destro, valutati sul piano longitudinale. Paziente con protesi biologica stentless in sede aortica. Si evidenzia un ascesso paravalvolare in sede superiore sinistra (freccia) parzialmente svuotato, che comunica con il tratto di efflusso del ventricolo sinistro. VD = ventricolo destro. Altre abbreviazioni come in figura 2.

Follow-up del paziente portatore di protesi valvolare cardiaca

Una variazione nel tempo dei parametri eco-Doppler di funzione protesica nello stesso paziente rappresenta un valido fondamento nella diagnosi di malfunzionamento protesico. Pertanto, un problema rilevante nella valutazione di una protesi valvolare è rappresentato dall'epoca di esecuzione del primo ecocardiogramma postoperatorio. Da questo primo esame eseguito in un tempo in cui la protesi è presumibilmente normofunzionante, si ricavano i dati di riferimento per le successive valutazioni funzionali. Si è concordi nel praticare il primo controllo entro 3 mesi dall'impianto, quando cioè le condizioni cliniche del paziente si siano stabilizzate. Attualmente, non esiste, invece, un accordo unanime circa la periodicità dei controlli in

quanto alcuni propongono controlli annuali, altri ogni 2-3 anni.

La SIEC consiglia nel caso di protesi meccaniche, in assenza di anomalie di rilievo al primo controllo, controlli ogni 2-3 anni, in caso di sintomi ad anni alterni o annuali. Per le protesi biologiche la cadenza temporale dei controlli è sovrapponibile a quella delle protesi meccaniche per i primi 5 anni di impianto ma, ai primi segni di degenerazione valvolare, i controlli dovrebbero essere semestrali. Inoltre, nelle protesi biologiche un ispessimento delle cuspidi ≥ 3 mm identifica una categoria di soggetti maggiormente a rischio di stenosi o rigurgito valvolare significativi. Infine, il processo degenerativo per le protesi biologiche sembra accelerato nei pazienti di età < 35 anni o in quelli con insufficienza renale cronica e, pertanto, in tutti questi casi si consigliano controlli semestrali.

Bibliografia

1. Daniel WG, Mugge A, Grote J, et al. Comparison of transthoracic and transesophageal echocardiography for detection of abnormalities of prosthetic and bioprosthetic valves in the mitral and aortic position. *Am J Cardiol* 1993; 71: 210-5.
2. Meloni L, Putzu ML, Boccardi L, Chiantera A, Tanzi P. Protesi biologiche normali e malfunzionanti. In: Società Italiana di Ecografia Cardiovascolare, ed. Linee guida. Milano: Syntagma, 1999: 155-62.
3. Wilkins GT, Flachskampf FA, Weyman AE. Echo-Doppler assessment of prosthetic heart valves. In: Weyman AE, ed. Principles and practice of echocardiography. Philadelphia, PA: Lea & Febiger, 1994: 1198-230.
4. Moccheggiani R, Badano L, Greci G, et al. Le protesi valvolari cardiache. In: Nicolosi GL, ed. Trattato di ecocardiografia clinica. Padova: Piccin, 1999: 1207-312.
5. Kapur K, Fan PH, Nanda NC. Conventional and color Doppler in the assessment of prosthetic valve function. In: Nanda NC, ed. Textbook of color Doppler echocardiography. Philadelphia, PA: Lea & Febiger, 1989: 198-210.
6. Flachskampf FA, O'Shea JP, Griffin BP, Guerriero L, Weyman AE, Thomas JD. Patterns of normal transvalvular regurgitation in mechanical valve prostheses. *J Am Coll Cardiol* 1991; 18: 1493-8.
7. Chambers J, Fraser A, Lawford P, Nihoyannopoulos P, Simpson I. Echocardiographic assessment of artificial heart valves: British Society of Echocardiography position paper. *Br Heart J* 1994; 71 (Suppl): 6-14.
8. Khandheria BK, Seward JB, Oh JK, et al. Value and limitations of transesophageal echocardiography in assessment of mitral valve prostheses. *Circulation* 1991; 83: 1956-68.
9. Pye M, Weerasana N, Bain WH, Hutton I, Cobbe SM. Doppler echocardiographic characteristics of normal and dysfunctioning prosthetic valves in the tricuspid and mitral position. *Br Heart J* 1990; 63: 41-4.
10. Yoshida K, Yoshikawa J, Akasawa T, Nishigami K, Minagoe S. Value of acceleration flow signals proximal to the leaking orifice in assessing the severity of prosthetic mitral valve regurgitation. *J Am Coll Cardiol* 1992; 19: 333-8.
11. Castello R, Lenzen P, Aguirre F, Labovitz AJ. Quantitation of mitral regurgitation by transesophageal echocardiogra-

- phy with Doppler color flow mapping: correlation with cardiac catheterization. *J Am Coll Cardiol* 1992; 19: 1516-21.
12. Moccheggiani R, Pasetti L, Pergolini M, Capponi L. Le protesi valvolari aortiche normo e malfunzionanti. In: Società Italiana di Ecografia Cardiovascolare, ed. *Linee guida*. Milano: Syntagma, 1999: 149-54.
 13. Chafizadeh ER, Zoghbi WA. Doppler echocardiographic assessment of St Jude medical prosthetic valve in the aortic position using the continuity equation. *Circulation* 1991; 83: 213-23.
 14. Marcus RH, Heinrich RS, Bednarz J, et al. Assessment of small-diameter aortic mechanical prostheses: physiological relevance of the Doppler gradient, utility of flow augmentation, and limitations of orifice area estimation. *Circulation* 1998; 98: 866-72.
 15. Rothbart RM, Castriz JL, Harding LV, Russo CD, Teague SM. Determination of aortic valve area by two-dimensional and Doppler echocardiography in patients with normal and stenotic bioprosthetic valves. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15: 817-24.
 16. Kapur KK, Fan P, Nanda NC, Yoganathan AP, Goyal RG. Doppler color flow mapping in the evaluation of prosthetic mitral and aortic valve function. *J Am Coll Cardiol* 1989; 13: 1561-71.
 17. Mohr-Kahaly S, Kupferwasser I, Erbel R. Value and limitations of transesophageal echocardiography in the evaluation of aortic prostheses. *J Am Soc Echocardiogr* 1993; 6: 12-20.
 18. Karchmer AW. Infective endocarditis. In: Braunwald E, ed. *Heart disease*. Philadelphia, PA: WB Saunders, 1997: 1077-104.
 19. Schulz R, Werner GS, Fuchs JB, et al. Clinical outcome and echocardiographic findings of native and prosthetic valve endocarditis in the 1990s. *Eur Heart J* 1996; 17: 281-8.