



Review

STUDIO ECOCARDIOGRAFICO NELLA CARDIOPATIA IPERTENSIVA: DALLA DISFUNZIONE SISTOLICA ASINTOMATICA ALLO SCOMPENSO CARDIACO

THE ECHOCARDIOGRAPHIC STUDY OF SYSTOLIC FUNCTION IN THE HYPERTENSIVE CARDIOMYOPATHY: FROM ASYMPTOMATIC SYSTOLIC DYSFUNCTION TO CARDIAC HEART FAILURE

Cristina Alberti, Marco Giussani, Franco Fea, Nicoletta Malcovati, Michele Lombardo.
AZIENDA OSPEDALIERA, OSPEDALE DI CIRCOLO DI MELEGNANO - DIVISIONE DI CARDIOLOGIA E UTIC
Primario Dott. Michele Lombardo - Via Pandina n. 1 Vizzolo Predabissi-Milano

RIASSUNTO

La cardiopatia ipertensiva figura al terzo posto tra le cause di scompenso cardiaco, dopo la forma ischemica e quella idiopatica. Particolare gravità prognostica presentano i soggetti ipertesi con ipertrofia concentrica del ventricolo sinistro e con diabete mellito o sindrome plurimetabolica. Nel paziente iperteso l'ecocardiografia m-mode bi-guidata consente di individuare la presenza di gradi iniziali di disfunzione sistolica asintomatica, che sono preludio all'insufficienza cardiaca ed alla comparsa di altri eventi morbosi cardiovascolari.

Tra i parametri maggiormente validati sotto il profilo diagnostico e prognostico, assumono un particolare rilievo, quali predittori avversi: la massa ventricolare sinistra, l'accorciamento centro-parietale e il suo rapporto con lo stress telesistolico, il movimento sistolico dell'anulus mitralico e, ove disponibile, l'analisi tissue doppler.

Nello studio del paziente con insufficienza cardiaca conclamata l'ecocardiografia indirizza la diagnosi eziologica, consente una valutazione emodinamica non invasiva ed, in particolare, permette di stratificare il rischio cardiovascolare e di seguire il paziente nel follow-up clinico-terapeutico.

Parola chiave: cardiopatia ipertensiva, massa ventricolare, accorciamento centro-parietale, stress telesistolico circonferenziale, parametri ecocardiografici di funzione sistolica.

SUMMARY

Echocardiography allows detecting an asymptomatic systolic dysfunction, an event which is not unusual in hypertensive patients and which foregoes cardiac failure. The echocardiographic study of systolic function must include also calculation of parameters which are very sensible in detecting the presence of a pre-clinical systolic dysfunction and which can detect an increased cardiovascular risk: left ventricular mass, midwall shortening and its relationship with telesystolic stress, systolic movement of the mitral annulus and, where available, Doppler tissue analysis.

In the study of patients with cardiac failure echocardiography directs etiological diagnosis, allows prognostical and therapeutical evaluating of cardiopathy, studying the hemodynamics with a non-invasive technique and following up to direct/optimize therapy and evaluate its effects in terms of clinical response and left ventricular remodelling.

Per la corrispondenza:

Dr. Cristina Alberti

Via Zuretti 47/A Milano 20125

Telefono 02-6701682 - 3396178167

FAX 02-6701682



DISFUNZIONE SISTOLICA ASINTOMATICA

L'ipertensione arteriosa è un noto fattore di rischio cardiovascolare. In una non trascurabile percentuale di soggetti con ipertensione non complicata (in particolare diabetici), è possibile riscontrare segni strumentali indicativi di una disfunzione sistolica asintomatica, che col progredire della malattia può evolvere verso lo scompenso cardiaco conclamato. La responsabilità patogenetica della sindrome ipertensiva nel determinismo dello scompenso cardiaco è in varie casistiche recenti collocabile attorno al 15% del totale, ponendosi al terzo posto dopo la cardiopatia ischemica (oltre il 30%) e quella idiopatica (idem).

Gli obiettivi dell'ecocardiografia sono quelli di evidenziare nell'iperteso clinicamente asintomatico i segni precoci di disfunzione sistolica, di guidare la terapia medica per prevenire la progressione verso l'insufficienza cardiaca conclamata e di stratificare il rischio cardiovascolare (1,2,3). L'esame ecocardiografico dovrebbe quindi essere eseguito almeno una volta in tutti i pazienti ipertesi e mirato ad un attento studio della geometria ventricolare sinistra, della massa e degli indici di funzione sistolica (oltre che diastolica).

In particolare, l'aumento della massa ventricolare sinistra è un parametro morfologico che correla significativamente con alcuni indici ecocardiografici di disfunzione sistolica e diastolica, con un'aumentata progressione della malattia aterosclerotica, con alterazioni della funzione endoteliale e con un'aumento degli eventi coronarici e cardio-vascolari (4).

STUDIO DELLA GEOMETRIA VENTRICOLARE NELLA DISFUNZIONE SISTOLICA

Spessori parietali e diametri telesistolico e telediastolico

Lo studio della geometria ventricolare sinistra parte dalla misurazione dello spessore del setto interventricolare, della parete posteriore (FIG. 1) e dei dia-



Fig. 1

LVED diametro telediastolico

LVES diametro telesistolico

IVSD spessore telediastolico del setto interventricolare

IVSS spessore telesistolico del setto interventricolare

PWED Spessore telesistolico della parete posteriore

PWES Spessore telesistolico della parete posteriore

metri telediastolico (LVEDd) e telesistolico (LVESd) utilizzati, accanto alle valutazioni volumetriche, per lo studio del sovraccarico pressorio e del rimodellamento cardiaco.

Le misurazioni vengono eseguite con tecnica monodimensionale (M-mode b-guidato) in proiezione parasternale asse lungo subito sopra il piano valvolare mitralico, badando di avere il migliore allineamento perpendicolare del fascio ultrasonoro; solo in caso di presenza di setto interventricolare sigmoide lo spessore parietale andrà rilevato a livello medio-settale.

I vantaggi dell'M-mode risiedono nella superiore risoluzione spaziale che permette quasi sempre una migliore definizione dei bordi endo-epicardici consentendo misurazioni più accurate (4). Gli svantaggi sono rappresentati dalla difficoltà di ottenere sempre un corretto allineamento perpendicolare del fascio ultrasonoro e dalla scarsa attendibilità in presenza di distorsione geometrica o anomalia della cinetica segmentaria ventricolare; in questi casi si dovrà ricorrere alle misurazioni in bidimensionale (B-mode).



STUDIO ECOCARDIOGRAFICO NELLA CARDIOPATIA IPERTENSIVA: DALLA DISFUNZIONE SISTOLICA ASINTOMATICA

Cristina Alberti, Marco Giussani, Franco Fea, Nicoletta Malcovati, Michele Lombardo.

AZIENDA OSPEDALIERA, OSPEDALE DI CIRCOLO DI MELEGNANO - DIVISIONE DI CARDIOLOGIA E UTIC

Per queste stime è sempre richiesta la traccia elettrocardiografica in quanto, mentre gli spessori telesistolici si misurano nel punto di maggior escursione, quelli telediastolici si misurano a partire dall'inizio dell'onda Q dell'elettrocardiogramma (4).

Massa ventricolare

Lo studio della geometria ventricolare deve includere il calcolo della massa ventricolare che rappresenta un fattore di rischio indipendente di mortalità e morbilità cardiovascolare (5, 6). La tecnica M-mode è il metodo di elezione per il suo calcolo perchè validata da studi autoptici; questa utilizza l'equazione di Devereux (7, 8, 9) espressa dalla formula:

$$0,8 \times 1.04 \times [(DTd + SIV + PP)^3 - DTd^3] + 0,6gr$$

(Tab 1).

Semplice e affidabile risulta essere anche il calcolo con tecnica B-mode ove il ventricolo sinistro è equiparato ad un elissoide tronco (10). Questa si basa sull'assunto che il volume del miocardio è uguale al volume contenuto all'interno dell'epicardio meno il volume della cavità ventricolare, calcolato in proiezione parasternale asse corto in posizione medio-ventricolare (FIG 2).

Spessore diastolico relativo parietale

Per valutare l'appropriatezza dell'ipertrofia nella cardiopatia ipertensiva si utilizza il calcolo dello spessore diastolico relativo parietale che misura il

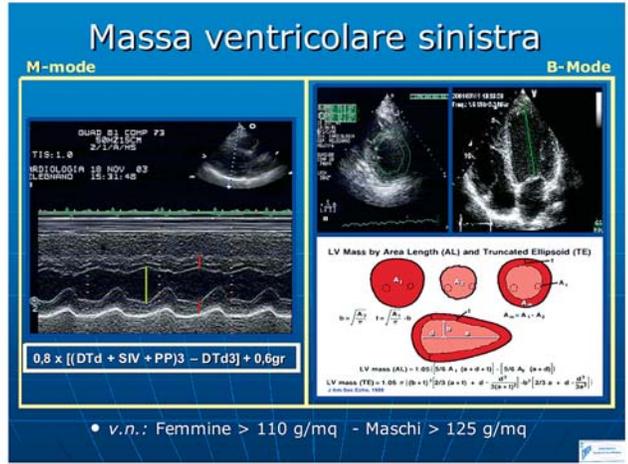


Fig. 2

Calcolo della massa ventricolare sinistra con tecnica M-mode che utilizza l'equazione di Devereux e con tecnica B-mode che utilizza l'assunto che il ventricolo sia un elissoide tronco.

rapporto tra il raggio della cavità ventricolare e lo spessore diastolico della parete posteriore espresso da:

$$LVEDd / LVWPD \times 100$$

Un valore maggiore di 45% è indicativo di sovraccarico cronico di pressione e di ipertrofia di tipo concentrico ed è correlato con un'incidenza più elevata di eventi cardiovascolari avversi (11, 12).

STUDIO DELLA FUNZIONE SISTOLICA

Frazione di eiezione (FE)

La valutazione B-mode è la più largamente utilizzata per lo studio della funzione sistolica perchè affidabile anche in presenza di distorsione geometrica o anomalia della cinetica segmentaria e perchè presenta buona correlazione con le misurazioni della ventricolografia e della scintigrafia con radionuclidi (13).

La metodica più diffusa è il calcolo della FE con tecnica di Simpson modificata biplana, come differenza di volumi ottenuti dalla sommazione dei dischi (14)(FIG.3) (Tab 1).

	Valori normali
Frazione di accorciamento	25-44%
Accorciamento centroparietale	100 +/- 12 %
TAPSE	> 20 mm
MAPSE	> 15 mm
Distanza E-setto	< 5 mm
Massa ventricolare sinistra	Femmine > 110 g/mq; Maschi > 125 g/mq
Frazione di eiezione (FE%)	supernormale > 70% normale 55% - 70% disfunzione lieve 45% - 55% disfunzione moderata 30% - 45% disfunzione severa < 30%
dP/dT	> 1000 mmHg/sec

Tab. 1

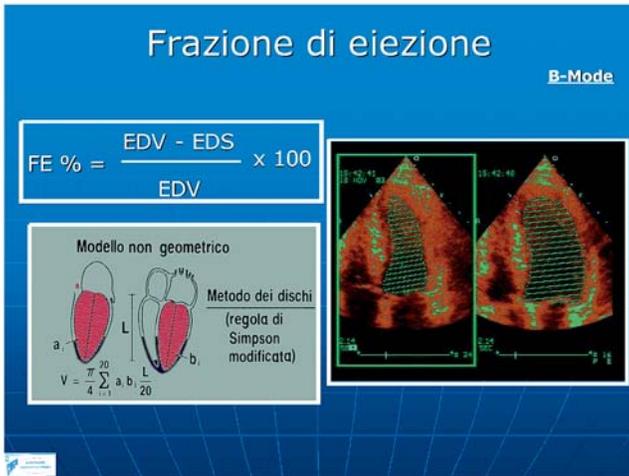


Fig. 3

La frazione di eiezione ottenuta come differenza dei volumi telediastolico e telesistolico ricavati con il metodo della sommazione dei dischi (tecnica di Simpson biplanare) è la più utilizzata

Meno attendibile è il calcolo della FE con tecnica M-mode, che utilizza l'equazione di Teicholtz basata sull'assunto che il ventricolo sinistro sia un elissoide di rotazione (15). Il ristretto settore analizzato dal fascio ultrasonoro con questa tecnica può non essere rappresentativo della funzione complessiva del ventricolo sinistro e anche piccoli errori di valutazione vengono amplificati dalla elevazione al cubo (13) presente nella formula del calcolo del volume ventricolare sinistro:

$$V = \frac{\pi}{6} (2.4 + D) \times D^3 \quad \text{ove } D = \text{diametro}$$

È pratica diffusa negli operatori stimare visivamente la FE e se tale stima viene data da personale esperto correla bene con la FE calcolata con metodiche scintigrafiche ed angiografiche. Le Linee Guida dell'American Heart Association e dell'American College of Cardiology raccomandano che in tal caso la FE sia segnalata come "visual" quantitativa o qualitativa, definita come aumentata, normale o depressa (in misura lieve, moderata o severa) (16).

La FE come altri indici di funzione sistolica non è un indicatore puro di contrattilità intrinseca ventricolare perché è influenzata dal precarico (entità

dello stiramento iniziale delle fibre in telediastole), dal postcarico (forza che si oppone all'accorciamento delle fibre in sistole) oltre che dalla frequenza cardiaca; quindi è variabile in uno stesso individuo. Poiché comunque è facilmente ottenibile e riproducibile possiede valore prognostico indipendente (17, 18).

Nella cardiopatia ipertensiva la FE può risultare normale o ipernormale a dispetto della presenza di disfunzione sistolica. Per questo motivo, anche quando la FE è normale bisogna studiare altri indici di funzione sistolica dimostratisi più sensibili nello svelare la presenza di disfunzione sistolica pre-clinica.

Frazione di accorciamento (FS)

La frazione di accorciamento (FS) valuta la contrazione delle fibre circolari responsabili dell'accorciamento del ventricolo sinistro lungo l'asse trasverso e si calcola come:

$$FS = \frac{LVEDd - LVESd}{LVEDd} \times 100$$

(Tab. 1).

È un indice valido di funzione ventricolare sinistra ma poiché valuta l'inotropismo come spostamento del bordo endocardico, fornisce un dato di meccanica di cavità senza dare alcuna informazione riguardo al non uniforme ispessimento parietale: infatti normalmente gli strati subendocardici hanno velocità di contrazione maggiori rispetto agli strati subepicardici. Nell'ipertrofia vera invece gli strati subepicardici mantengono una funzionalità conservata mentre quelli medio-endocardici mostrano precocemente una contrattilità depressa e questo spiega la scarsa attendibilità del calcolo della FS in questi pazienti.

Accorciamento centro-parietale (MFS)

Nella cardiopatia ipertensiva e nel rimodellamento concentrico è più indicato il calcolo dell'accorciamento centro-parietale (MFS) in quanto più sensibile nell'evidenziare la depressione di contrattilità a livello delle porzioni medio-endocardiche. In queste condizioni una riduzione dell'MFS svela una depressione della contrattilità a dispetto di indici di



STUDIO ECOCARDIOGRAFICO NELLA CARDIOPATIA IPERTENSIVA: DALLA DISFUNZIONE SISTOLICA ASINTOMATICA

Cristina Alberti, Marco Giussani, Franco Fea, Nicoletta Malcovati, Michele Lombardo.

AZIENDA OSPEDALIERA, OSPEDALE DI CIRCOLO DI MELEGNANO - DIVISIONE DI CARDIOLOGIA E UTIC

funzione di pompa conservati e pertanto può condizionare la prognosi (19, 20, 21). Infatti quando lo spessore di parete è aumentato la FS e la FE sovra-stimano la funzione sistolica.

Il calcolo di questo parametro tiene conto del fatto che le fibre miocardiche circonferenziali (FIG. 4) responsabili dell'accorciamento lungo l'asse trasverso sono poste tra due strati di fibre longitudinali che determinano l'accorciamento sistolico lungo l'asse longitudinale. Pertanto il diametro telesistolico e telediastolico vengono misurati al bordo endocardico aggiungendo metà dello spessore combinato del setto e della parete posteriore.

$$MFS = \frac{(LVDd + 1/2Hd) - (LVSD + 1/2Hs)}{(LVDd + 1/2Hd)} \times 100$$

ove:

$$H = 1/2(LVPWd + IVSd)$$

rispettivamente in diastole (Hd) e sistole (Hs).

Movimento sistolico dell'anello mitralico (MAPSE)

Lo studio M-mode dell'escursione sistolica del piano mitralico (MAPSE) valuta l'accorciamento

delle fibre longitudinali (FIG.5) (Tab. 1). E' un indice molto sensibile in quanto si altera già nelle fasi precoci della disfunzione sistolica con valore di normalità di 15 mm, valori minori di 15 mm sono indicativi di depressione di funzione sistolica (22, 23).



Fig. 5

Lo studio M-mode dell'escursione sistolica del piano mitralico (MAPSE) valuta l'accorciamento delle fibre longitudinali miocardiche che è ridotto già nella fase precoce della disfunzione sistolica.

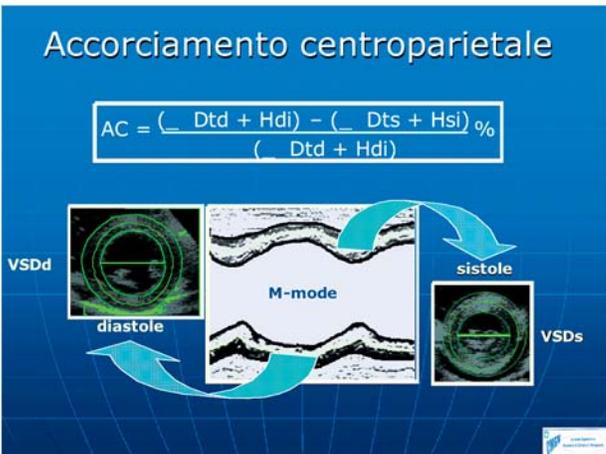


Fig. 4

Dove

$$Hd = \frac{1}{2}(PP + SIV)$$

$$Hs = \frac{[(Dtd + Hd) \cdot 3 - Dtd \cdot 3 + Dsi \cdot 3] / 3 - Dts}{2}$$

L'accorciamento centro-parietale (MFS) è un indice sensibile nell'evolvere precocemente la depressione contrattile e può condizionare la prognosi.

Come già accennato, tutti gli indici della fase eiettiva sono influenzati da pre e post carico e c'è stato uno sforzo nel tempo per trovare degli indici che fossero indipendenti da queste variabili.

Indici indipendenti dal post-carico (relazione accorciamento centro-parietale/stress telesistolico circonferenziale).

Attraverso l'applicazione della legge di Laplace, per cui lo stress parietale aumenta all'aumentare delle dimensioni e della pressione cavitaria ed è inversamente proporzionale allo spessore parietale, utilizzando l'assunto che il ventricolo sinistro è paragonabile ad un ellissoide di rotazione, si ricavano lo stress meridiano, che agisce lungo l'asse longitudinale e lo stress circonferenziale, che agisce perpendicolarmente allo stesso.



STUDIO ECOCARDIOGRAFICO NELLA CARDIOPATIA IPERTENSIVA: DALLA DISFUNZIONE SISTOLICA ASINTOMATICA

Cristina Alberti, Marco Giussani, Franco Fea, Nicoletta Malcovati, Michele Lombardo.

AZIENDA OSPEDALIERA, OSPEDALE DI CIRCOLO DI MELEGNANO - DIVISIONE DI CARDIOLOGIA E UTIC

Il rapporto tra stress telesistolico circonferenziale, calcolato come segue:

$$cESS = \frac{SBP \left(\frac{1/2LVDs}{1/2DTs} + Hs \right)^2}{\left(\frac{1/2LVDs}{1/2DTs} + Hs \right)^2 + 1}$$

e l'accorciamento centro-parietale fornisce un dato di funzione sistolica indipendente dal post-carico, che può essere espresso come valore compreso o escluso tra il 95° e il 5° percentile in un range di valori normali calcolati all'interno del proprio laboratorio ecocardiografico (24, 25, 26).

Il calcolo della frazione di accorciamento a livello centroparietale, piuttosto che a livello endocardico, ha una documentata maggiore sensibilità nell'evidenziare sottili segni di disfunzione sistolica proprio in presenza d'ipertrofia concentrica del ventricolo sinistro. Infatti in alcuni studi la relazione accorciamento centroparietale/stress telesistolico-VS risulta depressa, mentre quella che impiega l'accorciamento endocardico risulta ancora nella norma rispetto ad una casistica normale di riferimento.

Indici indipendenti dal pre-carico (velocità di accorciamento circonferenziale)

Il calcolo della velocità media di accorciamento circonferenziale FS/LVET, ovvero rapporto tra frazione di accorciamento e velocità di eiezione sistolica calcolata sulla curva Doppler aortica, fornisce un parametro sistolico indipendente dal pre-carico (26).

STUDIO DELLA FUNZIONE SISTOLICA CON ANALISI DOPPLER TISSUTALE

L'analisi Doppler del movimento delle pareti cardiache è di grande aiuto nello studio della cardiopatia ipertensiva e nello svelare la presenza di disfunzione sistolica asintomatica. Le informazioni principali sulla fase sistolica che ricaviamo da questo studio sono informazioni sulla velocità di contrazione miocardica e distinzione tra velocità di accorciamento trasversale e longitudinale.

Attraverso il Doppler Pulsato spettrale (PW-DMI), ponendo il volume campione al centro dello spessore parietale, si valuta la velocità di movimento di ogni segmento ventricolare. La campionatura avviene preferenzialmente nei segmenti basali perché qui le velocità registrabili sono maggiori: infatti in sistole (e in protodiastole) la velocità di contrazione miocardica decresce dalla base cardiaca (velocità maggiori di contrazione e rilasciamento) andando verso l'apice (velocità minori di contrazione e rilasciamento).

Il PW DMI determina la visualizzazione di tre onde principali (FIG. 6) di maggior ampiezza, una positiva e due negative:

Un'onda sistolica (Sm), due onde diastoliche (Em diastole precoce e Am diastole tardiva) e di altre tre piccole onde secondarie di minor ampiezza (due piccole onde nella fase di contrazione isovolumetrica, una positiva e una negativa, che esprimono le modifiche muscolari di tale fase e una piccola onda negativa tra sistole e inizio diastole espressione di movi-



Fig. 6

Il Doppler Pulsato spettrale (PW-DMI) valuta la velocità di movimento di ogni segmento ventricolare. Nei segmenti basali si rilevano le velocità maggiori.

Gli indici sistolici ricavabili sono:

- Velocità di picco dell'onda S
- Tempo di pre contrazione miocardica: tra inizio dell'onda Q ecg e l'inizio dell'onda S
- Tempo di contrazione miocardica: tra inizio e fine dell'onda S
- Tempo di picco dell'onda S: tra inizio e picco dell'onda S



STUDIO ECOCARDIOGRAFICO NELLA CARDIOPATIA IPERTENSIVA: DALLA DISFUNZIONE SISTOLICA ASINTOMATICA

Cristina Alberti, Marco Giussani, Franco Fea, Nicoletta Malcovati, Michele Lombardo.

AZIENDA OSPEDALIERA, OSPEDALE DI CIRCOLO DI MELEGNANO - DIVISIONE DI CARDIOLOGIA E UTIC

mento muscolare durante il rilasciamento isovolumetrico).

Gli indici sistolici ricavabili sono:

- La velocità di picco dell'onda S e, grazie al vantaggio dell'alta risoluzione temporale del metodo (che permette di quantificare le differenze temporali) alcuni tempi:

- 1 Tempo di pre contrazione miocardica: intervallo di tempo tra inizio dell'onda Q ecg e l'inizio dell'onda S
- 1 Tempo di contrazione miocardica: intervallo di tempo tra inizio e fine dell'onda S
- 1 Tempo di picco dell'onda S: intervallo di tempo tra inizio e picco dell'onda S

Molti software sono in grado di analizzare la velocità segmentaria dall'immagine bidimensionale (FIG.7) rendendola con un'immagine color simile a quella utilizzata per la velocità del flusso ematico intracavitario. Rispetto al PW-DMI, il limite di questo approccio al movimento parietale è che non evidenzia le velocità di picco del movimento parietale ma quelle medie; inoltre essendo un'immagine bidimensionale, ha bassa risoluzione temporale.

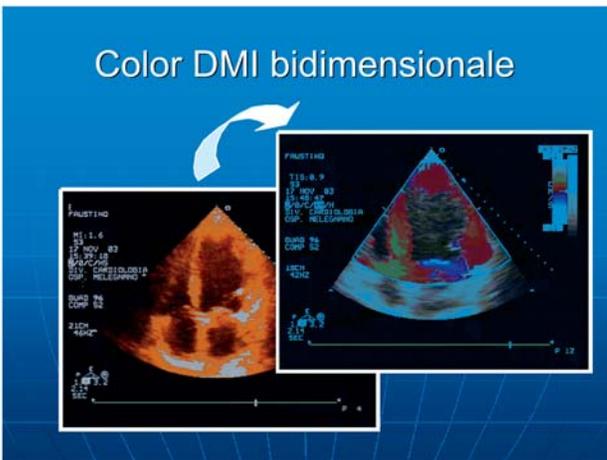


Fig. 7

Molti software analizzano la velocità segmentaria parietale sull'immagine bidimensionale e la presentano con un'immagine color Doppler simile a quella utilizzata per la velocità del flusso ematico intracavitario. Questo sistema ha il limite di evidenziare solo le velocità medie del movimento parietale e di avere una bassa risoluzione temporale.

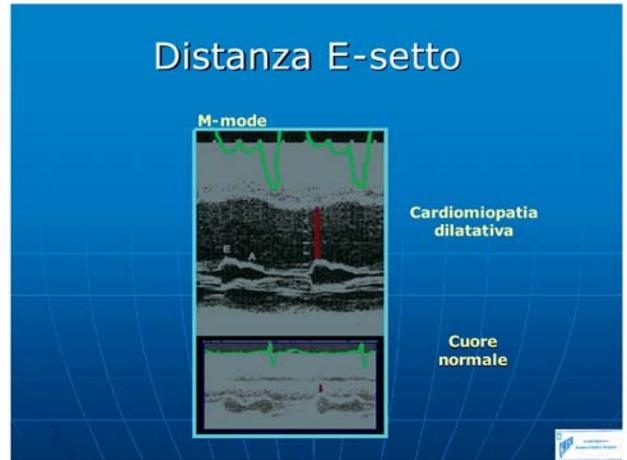


Fig. 8

La distanza del punto E del profilo M-mode mitralico e il punto di massima escursione endocardica del setto interventricolare correla bene con la frazione di eiezione (EF) angiografica.

Nell'ambito della cardiopatia ipertensiva questa metodica trova utile applicazione clinica per il precoce riconoscimento della disfunzione sistolica asintomatica, oltre ad evidenziare l'eventuale coinvolgimento del ventricolo destro nella cardiomiopatia ipertrofica e al supporto non invasivo per programmazione di pace maker bicamerale.

Si osserva infatti che nel paziente iperteso e nella ipertrofia parietale patologica le velocità miocardiche sia sistoliche che diastoliche sono inferiori e l'onda S misurata al PW-DMI a livello della parete inferiore è $< 9\text{cm/s}$ indicando la presenza di una ipertrofia patologica con una sensibilità dell'87% e una specificità del 97%.

CARDIOMIOPATIA DILATATIVA IPERTENSIVA

Nonostante l'ecocardiogramma di base venga richiesto in un numero sempre maggiore di casi, molti pazienti ipertesi sfuggono ad una valutazione preliminare e arrivano all'osservazione clinica e strumentale quando il quadro di insufficienza cardiaca è ormai conclamato. Quando la cardiopatia ipertensiva evolve, attraverso il rimodellamento cardiaco, verso l'insufficienza di pompa, l'ecocardiogramma consente di eseguire una valutazione



eziologica delle diverse forme di cardiomiopatia dilatativa (2, 3).

L'eziologia ipertensiva deve essere sospettata in presenza di spessori di parete conservati o aumentati e in assenza di alterazioni distrettuali della cinetica parietale riconducibili a territori di particolare pertinenza coronaria (27).

Inoltre indirizza la terapia medica, e ci consente di stratificare il rischio cardiovascolare: è ben noto infatti che FE 30-35% sono indicative di prognosi sfavorevole (28).

Ovviamente i dati ecocardiografici devono essere integrati, per fare una diagnosi eziologica, con i dati clinico-anamnestici: un'anamnesi positiva per ipertensione arteriosa o riscontri anche occasionali di elevati valori pressori suggeriranno un'eziologia di tipo ipertensivo.

GEOMETRIA VENTRICOLARE NELLO SCOMPENSO CARDIACO

Volume telesistolico e telediastolico del ventricolo sinistro

La geometria ventricolare viene studiata con tecnica B-mode attraverso il calcolo dei volumi ventricolari, che consente una precisa quantificazione dell'entità della dilatazione delle camere cardiache anche se è possibile sottostimare i volumi, in particolare quello telediastolico, per la difficoltà a seguire gli interstizi trabecolari e a visualizzare l'apice del ventricolo sinistro e la parete laterale. Il calcolo del volume telesistolico risulta invece più attendibile e riproducibile e pertanto rappresenta un indicatore della funzione ventricolare sinistra con valore prognostico indipendente dalla FE (9). Il calcolo dei volumi con tecnica M-mode, che utilizza l'equazione di regressione di Teicholtz (15), ha scarsa applicabilità clinica per i limiti già sotto-lineati.

Indici di sfericità

L'indice di sfericità si ottiene dal rapporto asse corto su asse lungo ventricolare, con valori di normalità 0,57- 0,62.



Fig. 9
 Variazione temporale della pressione ventricolare sinistra come misura della contrattilità ventricolare intrinseca.

Rappresenta un fattore prognostico indipendente di eventi cardiovascolari (24), è un indice un rimodellamento sferico e un rapporto prossimo a 1 è importante fattore prognostico negativo, che si associa a minor sopravvivenza: tanto maggiore è l'indice, tanto minore risulta essere la FE con una maggiore propensione allo scompenso cardiaco e una peggiore tolleranza all'esercizio fisico (29).

Distanza E-setto

La distanza E-setto, ovvero la distanza del punto E del profilo M-mode mitralico e il punto di massima escursione endocardica del setto interventricolare (FIG. 8), è un parametro di facile e rapida acquisizione che correla bene con FE% angiografica (30) e valori > 7 mm sono indicativi, con buona approssimazione, di FE < 45%, mentre i valori normali sono < 5 mm (Tab 1). Questo valore aumenta nelle cardiopatie dilatative sia per ridotta apertura della mitrale conseguente al diminuito flusso transvalvolare sia per l'anteriorizzazione del setto interventricolare secondaria alla dilatazione della camera.

$\Delta P / \Delta T$

L'analisi doppler del $\Delta P / \Delta T$ è un indice indiretto di funzione sistolica che esprime le variazioni tem-



porali delle pressioni in ventricolo sinistro; si calcola sulla curva Doppler di un rigurgito mitralico significativo come il tempo necessario al gradiente ventricolo-atriale per passare da 1m/sec (pari a un gradiente di 4 mmHg) a una velocità di 3m/sec (pari a un gradiente di 36 mmHg). E' il rapporto tra differenza di pressione ($36 - 4 = 32$ mmHg) e differenza di tempo in secondi, con valori di normalità > 1000 mmHg/sec; valori < 800 mmHg/sec indicano una contrattilità depressa (31, 32)(FIG.9) (Tab. 1).

Questo parametro studia la fase isovolumetrica della sistole; inizialmente si sperava che fosse un indice puro della contrattilità ventricolare intrinseca, ma si è visto poi che è influenzato dalle anomalie contrattili conseguenti a ritardi di conduzione elettrica e pertanto il suo utilizzo è mirato alla valutazione e al follow-up della terapia di re-sincronizzazione cardiaca.

FUNZIONE SISTOLICA DEL VENTRICOLO DESTRO (RV)

La funzione sistolica del ventricolo destro è stata per lungo tempo sottovalutata, ma si è vista essere di particolare interesse nella scompenso cardiaco ad eziologia ipertensiva ove si è evidenziato come la FE e i dati morfologici del RV siano predittori indi-

pendenti di sopravvivenza (33); un diametro trasverso massimo (parete laterale-setto) $>$ di 25 mm e rapporto area RV/LV $>$ 0.5 sono associati a prognosi avversa (34).

In considerazione della complessa geometria della camera, per il calcolo dei volumi telesistolico e telediastolico si utilizza la formula di Levine (35):

$$\text{Volume} = 2/3 \text{ area} \times \text{lunghezza}$$

In alternativa al calcolo della FE ventricolare destra può essere utilizzato lo studio dell'escursione sistolica dell'anello tricuspide o TAPSE (FIG.10) che è un buon indice della funzione sistolica ventricolare destra, facilmente riproducibile, con valori di normalità ≥ 20 mm (36, 37).

EMODINAMICA NON INVASIVA

Nel paziente con scompenso cardiaco, la quantificazione della portata cardiaca è una parte essenziale della valutazione emodinamica con importanti implicazioni prognostiche e terapeutiche.

Le metodiche di riferimento sono ancor oggi quelle invasive, che richiedono il cateterismo destro: il metodo di riferimento è quello di Fick basato sul consumo di ossigeno che necessita la misurazione dei gas espirati e non dà risultati istantanei. Il metodo della termodiluizione, anch'esso invasivo, dà risultati immediati ma è meno attendibile in caso di bassa portata cardiaca e di insufficienza tricuspideale (38,39).

Attraverso l'ecocardiografia possiamo calcolare alcuni parametri emodinamici, come la portata cardiaca, ottenuta dal prodotto della gettata sistolica con la frequenza cardiaca; questa valutazione si è dimostrata correlare bene con le metodiche invasive di riferimento (40), buona è la riproducibilità anche intra e interoperatore, anche se sono metodiche ancora sotto-utilizzate e pochi studi hanno valutato l'effetto della terapia medica sulle variazioni della portata cardiaca con tecnica eco-Doppler.

Il metodo di riferimento per il calcolo della gettata sistolica è il prodotto dell'area del tratto di efflusso del ventricolo sinistro con l'integrale tempo velocità ricavato dal flusso aortico calcolato su una media di almeno 5 cicli (41).



Fig. 10
Misurazione M-mode dell'escursione sistolica dell'anello tricuspideale o TAPSE.



L'area del tratto di efflusso si ottiene dal diametro sistolico del tratto di efflusso ventricolare sinistro subito al di sotto delle cuspidi aortiche in proiezione asse lungo parasternale mentre per l'integrale tempo-velocità aortica si posiziona il volume campione del Doppler pulsato in 5 camere apicale appena sotto il piano di chiusura cuspidale per ottenere il profilo della velocità di eiezione ventricolare sinistra da cui si ricava automaticamente l'integrale (FIG 11).



Fig. 11
Il metodo di riferimento per il calcolo della gettata sistolica (GS) è il prodotto dell'area del tratto di efflusso del ventricolo sinistro con l'integrale tempo velocità ricavato dal flusso aortico calcolato su una media di almeno 5 cicli cardiaci.

In alternativa, la gettata sistolica si può calcolare come differenza di volumi misurati con la tecnica M o B-mode come precedentemente descritto.

STUDIO DI FUNZIONALITA' MIocardICA

Quando l'ecocardiogramma di base non è diagnostico nell'evidenziare l'eziologia della cardiomiopatia dilatativa che stiamo analizzando, può essere utile il ricorso allo studio di funzionalità miocardica con l'eco-stress dobutamina a basse ed alte dosi. Una risposta positiva alle basse dosi per la presenza di vitalità miocardica e l'assenza di risposta ische-

mica alle alte dosi, può far propendere per un'eziologia ipertensiva (42).

L'ECOCARDIOGRAFIA NEL FOLLOW UP DELLA CARDIOPATIA DILATATIVA IPERTENSIVA

Attraverso lo studio ecocardiografico si può periodicamente valutare l'evoluzione dei parametri di funzione sistolica e meglio orientare le scelte terapeutiche. Nel lungo periodo, è possibile valutare gli effetti della terapia medica sul rimodellamento ventricolare sinistro, sui riflessi funzionali della regressione dell'ipertrofia e della riduzione del post-carico: incrementi della FE% => 5 % sono indicativi di una prognosi più favorevole (43).

CONCLUSIONI

La cardiopatia ipertensiva è un importante fattore patogenetico di scompenso cardiaco, in particolare se coesiste la malattia diabetica.

L'ecocardiografia tradizionale (m-mode bi-guidata) è in grado di offrire una panoramica completa delle alterazioni morfologiche del ventricolo sinistro, in particolare in termini di rimodellamento e d'ipertrofia. Quest'ultima ha ampiamente dimostrato in corso di adeguati studi prospettici di essere un potente predittore di eventi avversi cardiovascolari e sovente si associa a sottili alterazioni ecocardiografiche della funzione sistolica (rilevabili con l'utilizzo della frazione di accorciamento centroparietale in relazione ai valori di stress circonferenziale).

L'ecocardiografia inoltre consente di valutare le modificazioni morfologiche e funzionale del ventricolo sinistro dopo trattamento antiipertensivo, in particolare in risposta ai farmaci che riducono la stimolazione neuro-adrenergica, che tanto rilievo assume nell'aggravamento dello scompenso cardiaco.

Altri parametri più recenti, quali quelli derivati dal tissue-Doppler, offrono interessanti prospettive diagnostiche e prognostiche.



BIBLIOGRAFIA

- Verdecchia P, Carini G, Circo A, Novellini E, Giovannini E, Lombardo M.
Left ventricular mass and cardiovascular morbidity in essential hypertension: the MAVI Study. *J.A.Coll Cardiol* 2001; 38: 1829-35
- Echeverria HH, Bilsker MS, Myerburg RJ, Kessler KM, Congestive heart failure: echocardiographic insights. *Am J Med* 1983; 75:750-5
- Aguirre FV, Pearson AC, Lewen MK, McCluskey M, Labovitz AJ. Usefulness of Doppler echocardiography in diagnosis of congestive heart failure. *Am J Cardiol*, 1989;63: 1098-102.
- Sahn DJ, De Maria A, Kisslo J, Weyman A. Recommendations regarding quantification in M-mode echocardiography : results of a survey of echocardiographic measurements. *Circulation*, 1978; 58: 1072-83.
- Levy D, Garrison RJ, Savage DD, Kannel WB, Castelli WP. Prognostic implications of echocardiographically determined left ventricular mass in the Framingham Heart Study. *N Eng J Med* 1990; 322: 1561-6.
- Verdecchia P, Schillaci G, Borgioni C. Prognostic value of left ventricular mass and geometry in systemic hypertension with left ventricular hypertrophy. *Am J Cardiol* 1996; 78: 197-202.
- Devereux RB, Reichek N. Echocardiographic determination of left ventricular mass in man. Anatomic validation of the method. *Circulation* 1977; 55: 613-8.
- Devereux RB, Alonso DR, Lutas EM. Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy: comparison with necropsy findings. *Am J Cardiol* 1986; 57:450-8.
- Aurigemma GP, Gaasch WH, Villegas B, Meyer TE. Non-invasive assessment of left ventricular mass, chamber volume and contractile function. *Curr Prob Cardiol* 1995; 20: 361-440.
- Park SH, Shub C, Nobrega TP, Bailey KR, Steward JB. Two-dimensional echocardiographic calculation of left ventricular mass as recommended by the American Society of Echocardiography: correlation with autopsy and M-mode echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1996; 9: 119-28.
- Feild BJ, Baxley WA, Russell RO Jr. Left ventricular function and hypertrophy in cardiomyopathy with depressed ejection fraction. *Circulation* 1973; 47:1022-31.
- Devereux RB. Left ventricular geometry, pathophysiology and prognosis. *J Am Coll Cardiol* 1995; 25: 885-7.
- Naik MM, Diamond GA, Pai T, Soffer A, Siegel RJ. Correspondence of left ventricular ejection fraction determinations from two-dimensional echocardiography, radionuclide angiography and contrast cineangiography. *J Am Coll Cardiol* 1995; 15: 937-42.
- Shiller NB, Acquatella H, Ports TA. Left ventricular volume from paired biplane two-dimensional echocardiography. *Circulation* 1979; 60: 547-55.
- Teichholtz LE, Kreulen T, Herman MV, Gorlin R. Problems in echocardiographic volume determination: echocardiographic-angiographic correlations in presence and absence of asynergy. *Am J Cardiol* 1976; 37: 7-11.
- American College of Cardiology/American Heart Association Practice Guidelines. Guidelines for the clinical application of echocardiography. *Circulation* 1997; 95: 1686-744.
- The CONSENSUS Trial Study Group. Effects of enalapril on mortality in severe congestive heart failure. Results of the Cooperative North Scandinavian Enalapril Survival Study. *N Eng J Med* 1987; 316: 1729-35.
- The SOLVD Investigators. Effects of enalapril on survival in patients with reduced left ventricular ejection fractions and congestive heart failure. *N Eng J Med* 1991; 325: 293-302.
- Shimuzu G, Hirota Y, Kita Y. Left ventricular midwall mechanics in systemic arterial hypertension: myocardial function is depressed in pressure-overload hypertrophy. *Circulation* 1991; 83:1676-84.
- De Simone G, Galderisi M, Astarita C, Ferretti GF. Ipertensione arteriosa. Linee Guida SIEC. Milano: Sintagma Edizioni 1999: 122-6.
- De Simone G, Devereux RB, Koren Mj, Mensah GA, Casale PN, Laragh JH. Midwall left ventricular mechanics. An independent predictor of cardiovascular risk in arterial hypertension. *Circulation* 1996; 93: 259- 65.
- Pai RG, Bodenheimer MM, Pai SM, Kos JH, Adamick RD. Usefulness of systolic excursion of mitral annulus as an index of left ventricular systolic function. *Am J Cardiol* 1991; 67: 222-4.
- Isaaz K, Munoz del Romeral L, Lee E, Shiller NB. Quantification of motion of the cardiac base in normal subjects by Doppler Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1993; 6: 166-76.
- Aurigemma GP, Douglas PS, Gaasch WH. Quantitative evaluation of left ventricular structure, wall stress, and systolic function The practice of clinical echocardiography. In: Otto CM, ed. Philadelphia, PA: WB Saunders, 1997: 1-24.
- Aurigemma GP, Silver KH, Mc Laughlin M. Impact of chamber geometry and gender on left ventricular systolic function in patients over 60 years of age with aortic stenosis. *Am J Cardiol* 1994; 74: 794-798.
- Colan SD, Borow KM, Neumann A. et al. Left ventricular end-systolic wall stress-velocity of fiber shortening relation: a load independent index of myocardial contractility. *J Am Coll Cardiol* 1984; 4:715-24.
- Pinamonti B. Contributo dell'ecocardiografia alla diagnosi eziologica nel paziente con scompenso cardiaco cronico. *Ital Heart J*. 2000, 1: 10:1311-16.
- Rihal CS, Nishimura RA, Hatle LK, Bailey KR, Tajik AJ. Systolic and diastolic dysfunction in patients with clinical diagnosis



- of dilated cardiomyopathy. Relation to symptoms and prognosis. *Circulation* 1994; 90: 2772-9.
29. Douglas P, Morrow R, Ioli A, Reichek N. Left ventricular shape, afterload and survival in idiopathic dilated cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 1989; 13: 311- 5.
30. Massie B., Shiller NB, Ratshin RA, Parmley WW. Mitral-septal separation: new echocardiographic index of left ventricular function. *Am J Cardiol* 1977; 39: 1008-16.
31. Recusani F Noninvasive assessment of left ventricular function with continuous wave Doppler echocardiography. *Circulation* 1991; 83: 2141-3.
32. Chen C, Rodriguez L, Lethor JP. Et al. Continuous wave Doppler echocardiography for non-invasive assessment of left ventricular Dp/Dt and relaxation time constant from mitral regurgitant spectra in patients. *J Am Coll Cardiol* 1994; 23:970-6.
33. De Groote P, Millaire A, Foucher-Hossein C. Right ventricular ejection fraction is an independent predictor of survival in patients with moderate heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1998; 32: 948-54.
34. Khun Madsen B, Egeblad H, Hojberg S. et al. Prognostic value of echocardiography compared to other clinical findings. *Cardiology* 1995; 86: 157-62.
35. Levine R, Gibson T, Aretz T. et al. Echocardiographic measurement of right ventricular volume. *Circulation* 1984 ; 69 : 497-505.
36. Kaul S, Tei C, Hopkins J, Shah P. et al. Assessment of right ventricular function using two-dimensional echocardiography. *Am Heart J* 1984; 107: 526-31.
37. Hammarstrom E, Wranne B, Pinto FJ, Puryear J, Popp RL. Tricuspid annular motion. *J Am Soc Echocardiogr* 1991; 4: 131-9.
38. Traversi E. Valutazione non invasiva del profilo emodinamico nel paziente con scompenso cardiaco: stima della portata cardiaca. *Ital Heart J Suppl Vol 1* 2000; 1: 1334-8.
39. Nagueh SF. Noninvasive evaluation of hemodynamics by Doppler echocardiography. *Curr Opin Cardiol* 1999; 14: 217-24.
40. Gola A, Pozzoli M, Capomolla S. et al Comparison of Doppler echocardiography with thermodilution for assessing cardiac output in advanced congestive heart failure. *Am J Cardiol* 1996; 78: 701-12.
41. Ihlen H, Amlie JP, Dale J. Determination of cardiac output by Doppler echocardiography. *Br Heart J* 1984; 51: 54-60.
42. Sharp SM, Sawada SG, Segar DS. et al. Dobutamine stress echocardiography: detection of coronary artery disease in patients with dilated cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 1994; 24: 934-9.
43. Cintron G, Johnson G, Francis G, Cobb F, Cohn JN. Prognostic significance of serial changes in left ventricular ejection fraction in patients with congestive heart failure, The V-HeFTVA Cooperative Studies Group. *Circulation* 1993; 87: (suppl. VI) VI17-VI23.