



# Review

## VALUTAZIONE ECOCARDIOGRAFICA DELLE DIMENSIONI E DELLA FUNZIONE SISTOLICA GLOBALE DEL VENTRICOLO SINISTRO

Giovanni Corrado, Giovanni Foglia-Manzillo, Luca Sormani e Mauro Santarone  
 UO di Cardiologia - Ospedale generale Valduce - Como

### RIASSUNTO

La stima delle dimensioni e della funzione sistolica globale del ventricolo sinistro ha mostrato di possedere un valore prognostico significativo in un ampio spettro di cardiopatie. L'ecocardiografia rappresenta oggi la metodica elettiva per una valutazione rapida, economica, facilmente ripetibile e disponibile al letto del paziente della funzione sistolica ventricolare sinistra. Nella presente revisione vengono presentati gli indici ecocardiografici più comuni per la stima della funzione sistolica ventricolare sinistra, illustrando pregi e limiti di ciascuna metodica.

**Parole chiave:** ecocardiografia, funzione ventricolare.

### ABSTRACT

The evaluation of left ventricular dimension and systolic function has a meaningful prognostic value in many heart diseases. Echocardiography is nowadays the elective tool for a quick, inexpensive, easily repeatable and bedside-available evaluation of left ventricular systolic function. In this review we illustrate the most commonly used echocardiographic indexes of left ventricular systolic function. The value and the limits of every echocardiographic approach is presented too.

**Key words:** echocardiography, ventricular function.

Indirizzo per la corrispondenza:  
 Dr. Giovanni Corrado  
 UO di Cardiologia  
 Ospedale Generale Valduce  
 Via Dante 11, 22100 Como  
 Fax +39 031 308047  
 Email: gcorr@iol.it



**VALUTAZIONE ECOCARDIOGRAFICA  
DELLE DIMENSIONI E DELLA FUNZIONE SISTOLICA GLOBALE DEL VENTRICOLO SINISTRO**  
Giovanni Corrado, Giovanni Foglia-Manzillo, Luca Sormani e Mauro Santarone  
UO di Cardiologia - Ospedale generale Valduce - Como

L'ecocardiografia (ECO), grazie alla sua diffusione ormai capillare nei presidi sanitari ed alla sua relativa economicità, noninvasività, ed assenza di effetti biologici (non utilizzando radiazioni ionizzanti), rappresenta la metodica di riferimento per la valutazione delle dimensioni e della funzione sistolica (oltre che diastolica) globale del ventricolo sinistro (FSVS). Numerosi dati pubblicati in letteratura dimostrano in modo inequivocabile il forte valore prognostico dei volumi e della FSVS in uno spettro molto ampio di cardiopatie.<sup>1,2,3</sup> Ad esempio, nella cardiopatia ischemica è stato visto come la FSVS abbia un peso prognostico maggiore di quella del numero di coronarie malate: pazienti trivasali con FSVS preservata presentano una mortalità inferiore rispetto a pazienti con minor compromissione vascolare ma con FSVS peggiore.<sup>4</sup> Il valore prognostico dei volumi e della FSVS è stato dimostrato anche nelle cardiomiopatie<sup>5,6</sup> come pure nelle valvulopatie (sia da sovraccarico di volume che di pressione) dove forniscono elementi decisionali utili per il timing chirurgico.<sup>7</sup> Il grado di compromissione della funzione sistolica globale ventricolare sinistra stimata con ecocardiografia è stato introdotto come parametro guida nella selezione dei pazienti da inviare a terapia elettrica resincronizzante o ad impianto di defibrillatore automatico.<sup>1,2</sup> Inoltre, in pazienti con scompenso cardiaco accertato, l'esecuzione stessa di un'indagine ecocardiografica, permettendo una migliore definizione diagnostica, si è dimostrata avere un impatto favorevole sulla stessa prognosi a distanza.<sup>8</sup> Non stupisce pertanto che la valutazione delle dimensioni e della FSVS costituisce la causa più frequente di richiesta di esami ecocardiografici.<sup>9</sup> Verranno di seguito considerate le metodologie ecocardiografiche utilizzate per la stima delle dimensioni e della funzione di pompa globale del ventricolo sinistro. Scopo di questa revisione è quello di discutere le metodiche di largo impiego nella pratica clinica quotidiana e che prevedono l'utilizzo di apparecchiature

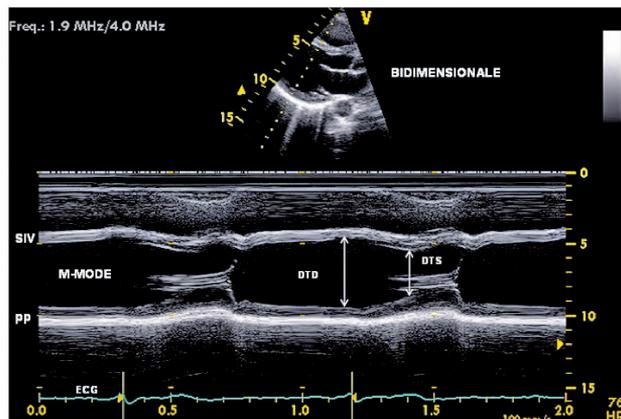
re ecocardiografiche standard. Non verranno discusse metodiche di calcolo poco impiegate nella routine (quali lo stress o le curve pressione/volume) come pure non verranno illustrate alcune delle tecnologie più recenti (quali ad esempio la color-kinesis o lo strain/rate) che pure avendo dimostrato in letteratura di permettere una stima accurata della FSVS sono ancora poco diffuse al di fuori dei laboratori di ricerca. Farà eccezione una breve presentazione di due metodiche che stanno raggiungendo una più ampia diffusione, quali l'ecocardiografia 3D e il Doppler tissutale.

## MISURAZIONI LINEARI

Storicamente, i primi tentativi di quantificare la FSVS sono stati eseguiti con ECO monodimensionale. Tale approccio, grazie all'elevata frequenza di campionamento, offre una migliore risoluzione spaziale ed una migliore definizione dei bordi endocardici rispetto all'ECO bidimensionale. Quest'ultimo viene tuttavia comunque impiegato per assicurare un corretto allineamento del fascio ultrasonoro. Convenzionalmente, le misurazioni lineari del ventricolo sinistro (VS) vengono effettuate posizionando la linea di interrogazione al di sotto dei lembi mitralici (a livello delle corde tendinee. Fig. 1). Le raccomandazioni dell'American Society of Echocardiography<sup>10</sup> suggeriscono di effettuare le misurazioni lineari M-mode con la tecnica *leading edge to leading edge*, ovvero dal margine anteriore al margine anteriore degli echi endocardici. Tuttavia, il miglioramento dell'imaging delle apparecchiature più recenti permette di visualizzare con migliore accuratezza i bordi endocardici e l'interfaccia sangue-tessuto. Pertanto, è divenuta pratica corrente misurare gli spessori effettivamente visualizzati piuttosto che la distanza tra gli echi *leading-edges*<sup>11</sup>



**VALUTAZIONE ECOCARDIOGRAFICA  
DELLE DIMENSIONI E DELLA FUNZIONE SISTOLICA GLOBALE DEL VENTRICOLO SINISTRO**  
Giovanni Corrado, Giovanni Foglia-Manzillo, Luca Sormani e Mauro Santarone  
UO di Cardiologia - Ospedale generale Valduce - Como



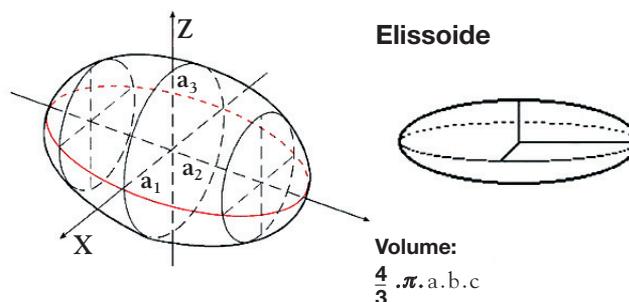
**Fig. 1**  
Eco M-Mode del ventricolo sinistro  
SIV = setto interventricolare  
PP = parete posteriore  
DTD = diametro telediastolico (freccia lunga)  
DTS = diametro telesistolico (freccia corta)  
ECG = traccia elettrocardiografica

Il diametro telediastolico (DTD) viene misurato sull'onda Q o R dell'ECG mentre il diametro telesistolico (DTS) si misura a partire dalla massima escursione sistolica del setto interventricolare (Fig. 1). L'utilizzo di misure lineari per derivare informazioni relative alle dimensioni e alla funzione sistolica globali del VS presuppone l'esistenza di una geometria simmetrica e di una contrattilità uniforme del VS; è intuitivo che in presenza di anomalie di geometria o di contrattilità le misurazioni effettuate in un unico punto possono non essere rappresentative della globalità del VS. Inoltre, perché le misure lineari siano accurate è necessario che il fascio ultrasonoro sia perpendicolare al VS; quanto più il fascio M-Mode tenderà ad essere tangenziale al VS, tanto maggiore sarà la sovrastima delle misurazioni lineari. Fatte salvo queste limitazioni, la riproducibilità intra ed interosservatore delle misurazioni lineari M-Mode del VS è soddisfacente.<sup>12</sup> L'indice di FSVS più semplice desumibile dall'M-Mode è la frazione di accorciamento (FA) espressa come variazione percentuale del diametro VS in sistole rispetto al valore iniziale in diastole. La formula

per il calcolo della FA è:

(Formula 1)  
$$FA = (DTD - DTS) / DTD \times 100$$

Il valore normale della FA è compreso tra il 25 ed il 44%.<sup>13</sup> Oltre al calcolo dei diametri del VS, numerosi tentativi sono stati fatti in seguito per ottenere i volumi e la massa del VS partendo dalle misure M-Mode. Il calcolo dei volumi VS a partire dalle misure M-mode presuppone alcune assunzioni geometriche. Il VS viene assimilato ad un ellissoide di rotazione (Fig. 2). La formula matematica per il calcolo del volume dell'ellissoide di rotazione presuppone la conoscenza dei suoi tre



$$V = 4/3 \pi \times 1/2 D_1 \times 1/2 D_2 \times 1/2 L$$
 dove  $D_1$  è il diametro (sistolico o diastolico) del ventricolo sinistro.  
Supponendo  $D_1 = D_2$  e  $L = 2 \times D_1$  la formula può essere semplificata:  
$$V = \pi/3 \times D^3$$
 ovvero  $V = 1,047 \times D^3$  ovvero  $V = D^3$

**Fig. 2**  
Nel riquadro a sinistra la rappresentazione geometrica dell'ellissoide di rotazione. Nel riquadro a destra la formula per calcolarne il volume conoscendone i tre diametri. Nel riquadro sottostante il calcolo del volume VS partendo dalla misura lineare di un singolo diametro.

diametri. Semplificando la formula matematica e presupponendo che i due diametri minori siano uguali e che il diametro maggiore sia uguale al doppio dei diametri minori il calcolo del volume del VS può essere effettuato con la formula:

(Formula 2) 
$$V = D^3$$



**VALUTAZIONE ECOCARDIOGRAFICA  
DELLE DIMENSIONI E DELLA FUNZIONE SISTOLICA GLOBALE DEL VENTRICOLO SINISTRO**  
Giovanni Corrado, Giovanni Foglia-Manzillo, Luca Sormani e Mauro Santarone  
UD di Cardiologia - Ospedale generale Valduce - Como

Dove V indica il volume e D il diametro (sistolico e diastolico). Tuttavia, qualora il ventricolo sinistro tenda ad abbandonare la forma ellittica per assumere una più sferica i presupposti geometrici per il calcolo dei volumi partendo da un singolo diametro perdono validità. Per ovviare a questo inconveniente è stato adottato (ed implementato negli algoritmi di calcolo di numerose apparecchiature ecocardiografiche) il fattore di correzione di Teicholtz<sup>14</sup>:

$$\text{(Formula 3)} \quad V = [7 / (2,4 + D)] D^3$$

Ottenuti i volumi a partire dalle semplici misurazioni lineari è possibile ottenere con l'M-mode il calcolo della frazione di eiezione del ventricolo sinistro (FEVS) espressa come variazione percentuale del volume telesistolico VS rispetto al volume telediastolico iniziale secondo la formula:

$$\text{(Formula 4)} \quad \text{FEVS} = (VTD - VTS) / VTD \times 100$$

dove VTD e VTS indicano rispettivamente il volume telediastolico ed il volume telesistolico del ventricolo sinistro. Per convenzione si considera normale un valore > 55%, lievemente ridotto un valore compreso tra 45% e 55%, moderatamente ridotto un valore compreso tra 35% e 45% e gravemente ridotto un valore < 35%. E' comunque evidente come la necessità di adottare un modello geometrico (l'elissoide di rotazione) e l'introduzione di ulteriori semplificazioni di calcolo rendono nell'insieme poco accurato il calcolo dei volumi a partire dalle misurazioni lineari.

Una misurazione M-Mode di semplice esecuzione che permette una stima indiretta della FSVS è la distanza tra la massima escursione anteriore del lembo mitralico (punto E) e la massima escursione posteriore del setto interventricolare. La distanza E-setto aumenta in presenza di dilatazione (si "anteriorizza" il setto) e disfunzione (si riduce il flusso transmitralico e quindi è meno ampia l'escursione dei lembi) del VS. Il valore normale

è > 7 mm. mentre valori ≤ 5 mm. indicano una FEVS < 45%.<sup>15</sup>

Dall'approccio M-Mode può essere ottenuta una stima della massa ventricolare sinistra (MVS). Tutti gli algoritmi di calcolo per la stima della MVS sia M-Mode che bi o (più recentemente) tridimensionali sono basati sul principio della sottrazione del volume della cavità ventricolare sinistra dal volume globale (il cui perimetro esterno è rappresentato dall'epicardio) con l'intento di sottrarre il volume di sangue e di ottenere unicamente la massa ventricolare (ovvero, il "guscio della conchiglia"). Il volume del ventricolo sinistro è trasformato in massa moltiplicandolo per la densità del miocardio (1.04 gr./ml.). Per ottenere il "guscio" l'ECO deve mostrare l'interfaccia sangue-bordo endocardio e quella epicardio-pericardio. La formula matematica (secondo Devereux) per ottenere la massa VS a partire dalle misure lineari è<sup>16</sup>:

$$\text{(Formula 5)} \quad \text{MVS} = 0.8 \times 1.04 \times [ (DTD + PP + SIV)^3 - DTD^3 ] + 0.6 \text{ gr.}$$

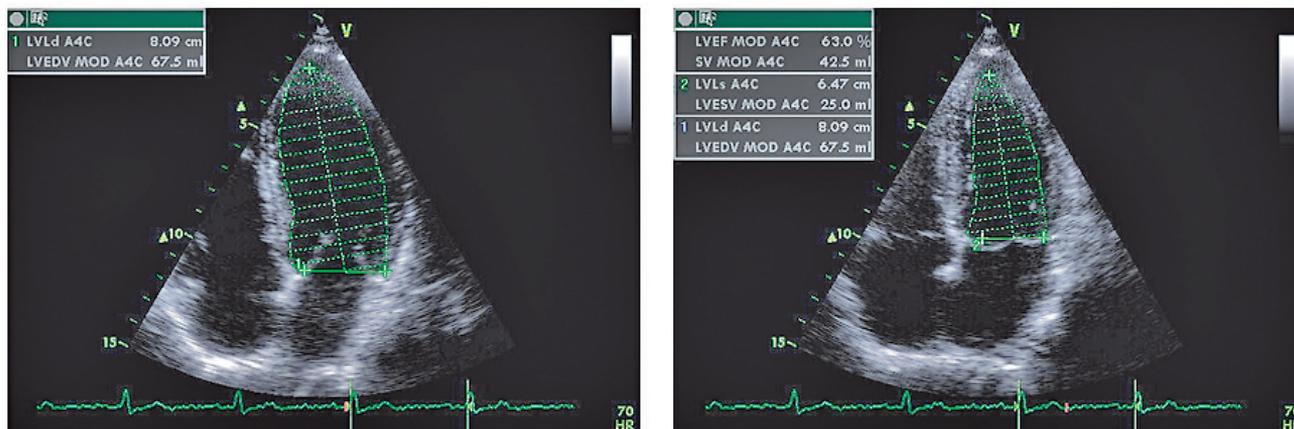
Dove PP e SIV indicano rispettivamente lo spessore diastolico della parete posteriore e del setto interventricolare. Questa formula è stata validata da studi autoptici<sup>16</sup> e, se le misurazioni lineari sono accurate, ha mostrato una buona riproducibilità.<sup>17</sup> Come tutti i calcoli complessi, il loro utilizzo è stato enormemente semplificato da algoritmi di calcolo già inclusi nel software delle apparecchiature ecocardiografiche più recenti.

## MISURAZIONI BIDIMENSIONALI

Le informazioni relative ai volumi del VS ottenute con misurazioni lineari perdono attendibilità in presenza di distorsioni della geometria ventricolare o di dissinergie localizzate. L'approccio bidimensionale permette una visualizzazione globale



**VALUTAZIONE ECOCARDIOGRAFICA  
DELLE DIMENSIONI E DELLA FUNZIONE SISTOLICA GLOBALE DEL VENTRICOLO SINISTRO**  
Giovanni Corrado, Giovanni Foglia-Manzillo, Luca Sormani e Mauro Santarone  
UD di Cardiologia - Ospedale generale Valduce - Como



**Fig. 3**  
Calcolo della frazione di eiezione con il metodo della sommissione dei dischi. Proiezione apicale 4 camere. A sinistra l'immagine telediastolica a destra l'immagine telesistolica. Le linee verdi orizzontali indicano le sezioni cilindriche nelle quali è stato suddiviso il ventricolo sinistro. La linea verde verticale è la distanza base-punta. Nell'immagine telesistolica (a destra) i valori calcolati di VTD (67,5 ml), VTS (25 ml), FE (63%) e stroke volume (42,5 ml.). Moltiplicando lo stroke volume per la frequenza cardiaca (nell'esempio qui riprodotto è di 70 bpm) si ottiene la gittata cardiaca.

(utilizzando diversi piani di scansione) delle dimensioni e della cinetica VS. La tridimensionalità del VS viene quindi ricostruita mentalmente integrando le informazioni ottenute da diversi piani di scansione ad angolazione nota. La valutazione dei volumi e della FSVS può essere effettuata utilizzando diversi modelli geometrici. I metodi maggiormente utilizzati sono il metodo area-lunghezza ed il metodo della sommissione dei dischi. Secondo il metodo area-lunghezza il volume viene ottenuto planimetrando il bordo endocardico e tracciando la corrispondente altezza (lunghezza) dal piano mitralico all'apice del VS. Il volume viene ricavato secondo la formula:

$$\text{(Formula 6)} \quad V = 0.85 \times (A^2) / L$$

Dove V indica volume, A è l'area planimetrata e L è la distanza dal piano mitralico all'apice del VS. Questa formula tuttavia perde attendibilità in presenza di distorsioni della geometria VS.<sup>18</sup> Il metodo da preferirsi in questi casi è la sommissione dei dischi secondo la regola di Simpson. Il volume del VS viene ottenuto assommando il volume di una serie di sezioni cilindriche sovrapposte; quanto più numerosi sono i dischi

in cui viene scomposto il VS tanto più accurata sarà la stima finale del volume. Gli ecografi di ultima generazione includono il software necessario per il calcolo dei volumi con questo metodo (Fig. 3); compito dell'operatore è nuovamente quello di tracciare il bordo endocardico e la lunghezza del VS (intesa come distanza dal piano mitralico all'apice). Questa operazione andrebbe effettuata in due proiezioni (apicale 4 e 2 camere); la lunghezza del VS misurata nelle due proiezioni deve all'incirca coincidere. Questo metodo ha il vantaggio di non richiedere assunzioni teoriche sulla forma del VS e risulta pertanto applicabile anche in presenza di aneurismi o più in generale di geometria VS distorta. In assenza di significative distorsioni della geometria ventricolare o di dissinergie localizzate del VS il volume con il metodo della sommissione dei dischi può anche essere calcolato in una sola proiezione.<sup>18</sup> Dai volumi ventricolari misurati in bidimensionale FEVS viene ottenuta applicando la Formula 4. In generale è stata osservata una soddisfacente correlazione tra i volumi ventricolari ottenuti con ecocardiografia e quelli ottenuti con angiografia.<sup>19</sup> La riproducibilità



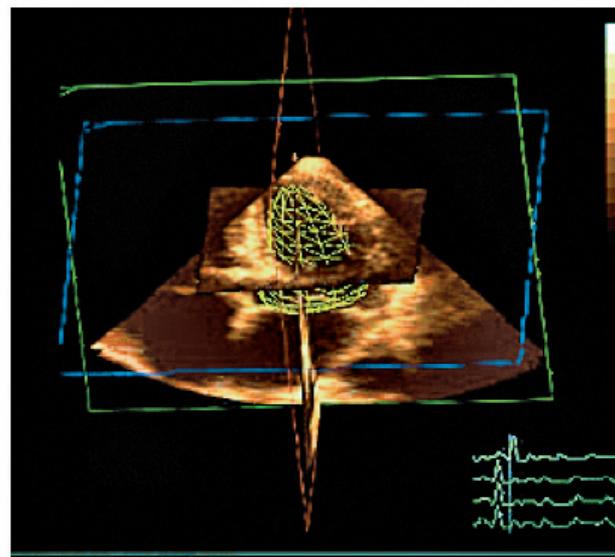
**VALUTAZIONE ECOCARDIOGRAFICA  
DELLE DIMENSIONI E DELLA FUNZIONE SISTOLICA GLOBALE DEL VENTRICOLO SINISTRO**  
Giovanni Corrado, Giovanni Foglia-Manzillo, Luca Sormani e Mauro Santarone  
UO di Cardiologia - Ospedale generale Valduce - Como

tà del calcolo dell'FEVS con ECO è stata stimata essere  $\pm 7\%$ .<sup>20</sup> Al di là della valutazione quantitativa con formule matematiche, nella pratica clinica quotidiana è abbastanza diffuso l'impiego di una stima visiva (eyeball) della FEVS; questa, viene graduata come normale, lievemente, moderatamente o severamente depressa semplicemente osservando le immagini bidimensionali del VS. Questo score visivo richiede l'occhio di operatori molto esperti; tuttavia, si è dimostrato strettamente correlato ai valori espressi dai metodi quantitativi formali ( $R = 0.898$  con il Simpson biplano).<sup>21</sup> Se una stima visiva non è raccomandabile nella ricerca, la stessa può essere utilizzata da ecocardiografisti esperti nella pratica quotidiana. In ogni caso, la stima visiva serve anche a guidare l'operatore nelle operazioni di calcolo formale della FEVS in una sorta di controllo interno; è evidente che in caso di scostamento significativo tra lo score visivo ed il calcolo formale sarà opportuno verificare la correttezza delle misurazioni effettuate. Inoltre, la quantificazione visiva della FEVS permette di inquadrare rapidamente un paziente con dispnea acuta di n.d.d.; la disponibilità di apparecchiature miniaturizzate facilmente trasportabili ha ulteriormente semplificato questo approccio.

### MISURAZIONI TRIDIMENSIONALI

L'ecocardiografia 3 D (3D-ECO) è una tecnica in rapida evoluzione. E' evidente che la possibilità di rappresentare il VS in 3D e di effettuare direttamente le misurazioni senza bisogno di assunzioni geometriche rappresenta un grosso passo avanti nella quantificazione delle strutture cardiache. Vi sono sostanzialmente due modalità per l'imaging tridimensionale. La prima prevede l'esecuzione di una scansione sequenziale rotazionale di una serie di immagini 2D e della loro posizione spaziale usando un sistema di coordinate interno.

Successivamente le immagini ottenute vengono utilizzate per una ricostruzione tridimensionale off-line. Si tratta quindi di una *ricostruzione* in 3D di immagini originariamente acquisite in 2D. Le misurazioni volumetriche del VS ottenute con tale approccio si sono dimostrate accurate.<sup>22, 23</sup> Tuttavia, si tratta di una tecnica lunga e indaginosa, dove anche modesti movimenti dell'operatore o del paziente causano un significativo degrado della qualità delle immagini. La seconda (e più promettente) modalità prevede una acquisizione direttamente in 3D (imaging volumetrico) grazie all'utilizzo di sonde che emettono una piramide anziché un fascio di ultrasuoni. A differenza quindi dei sistemi di ricostruzione 3D, le tecniche *real-time* 3D permettono l'acquisizione on line di un dataset volumetrico senza la necessità di sistemi di riferimento spaziale o di gating ECG o del ciclo respiratorio.<sup>24</sup> I volumi ventricolari vengono calcolati usando il metodo della sommazione dei dischi; degli algoritmi semiautomatici di riconoscimento dell'interfaccia sangue-tessuto possono essere impiegati per tracciare i bordi endocardici



**Fig. 4**  
Real-time 3D del VS. Il VS è rappresentato dalla figura geometrica reticolata in giallo.



**VALUTAZIONE ECOCARDIOGRAFICA  
DELLE DIMENSIONI E DELLA FUNZIONE SISTOLICA GLOBALE DEL VENTRICOLO SINISTRO**  
Giovanni Corrado, Giovanni Foglia-Manzillo, Luca Sormani e Mauro Santarone  
UO di Cardiologia - Ospedale generale Valduce - Como

durante il ciclo cardiaco in modo da ottenere una rappresentazione dinamica della superficie endocardica del ventricolo sinistro, come pure il volume istantaneo del ventricolo sinistro nel tempo. Le modalità di visualizzazione del VS in 3D possono essere molteplici (un esempio in Figura 4). Dati recenti di confronto con la risonanza magnetica cardiaca indicherebbero la fattibilità di un'analisi semiautomatica dei volumi e della FE del VS nonché un'analisi automatica della contrattilità regionale ventricolare sinistra.<sup>25,26,27,28,29,30</sup> Se questi risultati ottenuti su un piccolo numero di pazienti verranno riprodotti su larga scala è verosimile che l'eco 3D real-time possa diventare in futuro lo standard per la misurazione dei volumi e della FE del VS.<sup>31</sup>

### VALUTAZIONE DOPPLER DELLA FUNZIONE GLOBALE VENTRICOLARE SINISTRA

La stima della portata cardiaca può essere ottenuta conoscendo i volumi del ventricolo sinistro (comunque calcolati) ed applicando le formule:

$$\text{(Formula 7)} \quad GS = DTD - DTS$$

$$\text{(Formula 8)} \quad GC = GS \times FC$$

dove GS e GC indicano rispettivamente la gittata sistolica e la gittata cardiaca e FC la frequenza cardiaca. Questo calcolo perde affidabilità in presenza di insufficienza mitralica significativa. La portata cardiaca può essere anche integrando informazioni anatomiche 2D e Doppler.<sup>11</sup> In idrodinamica la portata di un condotto è il volume liquido che passa in una sua sezione nell'unità di tempo; la portata si ottiene moltiplicando la sezione perpendicolare del condotto per la velocità che avrà in essa il liquido secondo la formula:

$$\text{(Formula 9)} \quad Q = A \times v$$

Dove Q indica la portata, v la velocità del fluido e A l'area della sezione del condotto. Traslando questa formula in ecocardiografia dovremo conoscere le aree attraversate dal flusso e la velocità dello stesso in tali aree. Essenziale per l'accuratezza del calcolo è il corretto appaiamento tra la misura anatomica dell'area di flusso con la sede dove si effettua il campionamento delle velocità. Dovendo campionare una velocità in un punto prestabilito occorrerà utilizzare la metodica Doppler pulsato. Inoltre, poiché nella fase eiettiva le velocità di flusso non sono costanti, sarà necessario sommare le singole velocità in un integrale tempo/velocità sistolica.<sup>32</sup> Il calcolo della portata cardiaca può essere effettuata in diverse sedi: l'efflusso del ventricolo sinistro, l'afflusso del ventricolo sinistro (anulus mitralico) e l'efflusso del ventricolo destro. Solitamente tale calcolo viene eseguito a livello dell'efflusso del ventricolo sinistro.<sup>33</sup> L'area del tratto di efflusso viene calcolata partendo dalla misurazione del suo diametro (Fig. 5) e procedendo per semplificazioni successive secondo la formula:

$$\text{(Formula 10)} \quad A = 0,785 \times D^2$$

Dove  $D^2$  è la seconda potenza del diametro del tratto di efflusso del ventricolo sinistro, misurato solitamente in proiezione parasternale asse lungo (Fig. 5). La portata cardiaca viene quindi misurata come:

$$\text{(Formula 11)} \quad GS = A \times ITV$$

Dove GS indica gittata sistolica, A l'area misurata come sopra specificato e ITV l'integrale tempo/velocità ottenuto con Doppler pulsato. La portata cardiaca viene ottenuta moltiplicando la GS per la frequenza cardiaca. Particolare cura deve essere posta nella misurazione del diametro del tratto di efflusso del ventricolo sinistro, poiché ogni errore viene elevato al quadrato.



VALUTAZIONE ECOCARDIOGRAFICA  
DELLE DIMENSIONI E DELLA FUNZIONE SISTOLICA GLOBALE DEL VENTRICOLO SINISTRO  
Giovanni Corrado, Giovanni Foglia-Manzillo, Luca Sormani e Mauro Santarone  
UO di Cardiologia - Ospedale generale Valduce - Como

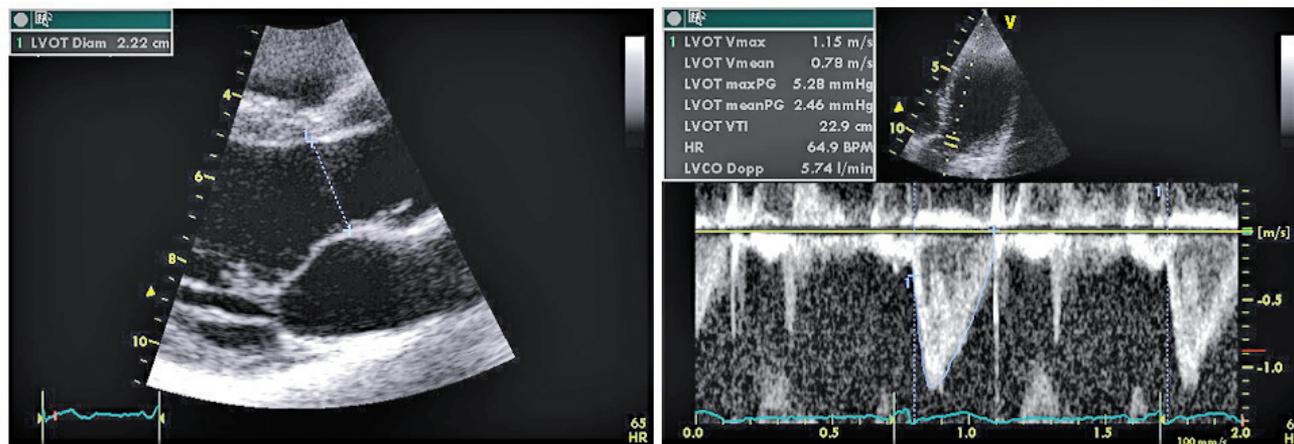


Fig. 5  
Calcolo Doppler della portata cardiaca. Nell'immagine bidimensionale a sinistra è riportata la misurazione del diametro del tratto di efflusso del ventricolo sinistro (LVOT Diam.). Nell'immagine a destra l'integrale tempo/velocità del PW Doppler campionato nel medesimo punto. Il software dell'ecografo fornisce in tempo reale la stima della portata cardiaca (LVCO: left ventricular cardiac output).

L'errore più frequente è una sottostima di tale diametro; conviene quindi eseguire più misurazioni ed impiegare per il calcolo il diametro maggiore misurato.<sup>34</sup> La velocità del tratto di efflusso viene campionata in proiezione apicale 5 camere o apicale asse lungo (Fig. 5) con il volume campione posizionato a circa 5 mm dal piano valvolare aortico. Il calcolo della portata cardiaca misurato con tale metodo ha mostrato di possedere una buona correlazione con la portata cardiaca misurata invasivamente.<sup>35, 36, 37</sup> Questo calcolo può essere effettuato anche a livello mitralico o polmonare; tali approcci sono tuttavia meno usati nella pratica clinica quotidiana.<sup>11, 33</sup>

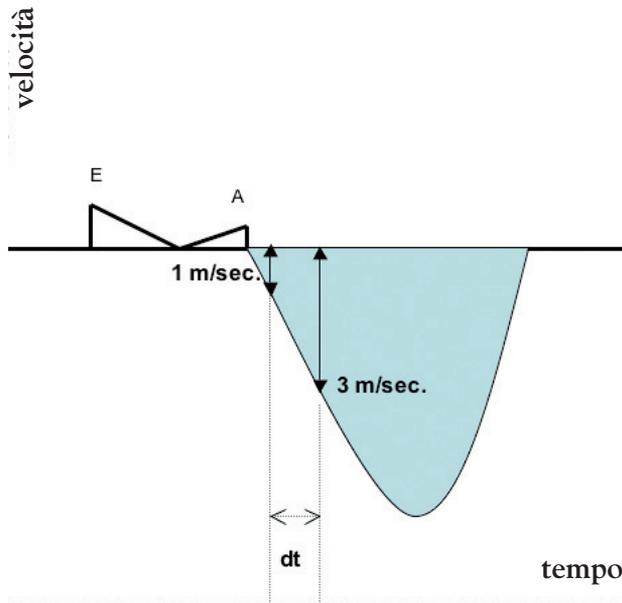
Un ulteriore metodo Doppler per derivare un parametro di funzione ventricolare sinistra globale è la stima del  $dp/dt$ .<sup>38, 39, 40</sup> Questo indice, che storicamente è nato e si è sviluppato nei laboratori di emodinamica, può essere ottenuto non invasivamente analizzando con Doppler ad onda continua il jet del rigurgito mitralico. Il  $dp/dt$  misura l'andamento dell'incremento pressorio all'interno del ventricolo sinistro e, se rilevato nella prima fase della sistole (contrazione isometrica) è un indice di contrattilità relativamente indipendente dal precarico e dal postcarico. Per

il calcolo, si campiona con CW Doppler la curva del rigurgito mitralico; sulla stessa viene misurata la distanza temporale tra i punti che corrispondono ad una velocità di rigurgito rispettivamente di 1 m/sec e di 3 m./sec. Tale intervallo è il  $dt$  e indica il tempo necessario per incrementare la pressione intraventricolare di 32 mmHg. Infatti, se calcoliamo il gradiente ventricolo-atriale sinistro con la formula di Bernoulli semplificata, una velocità di rigurgito mitralico di 1 m./sec corrisponde ad un gradiente di 4 mmHg, mentre una velocità di 3 m./sec. corrisponde ad un gradiente di 36 mmHg. Il  $dp/dt$  si ottiene dividendo la differenza di pressione ( $36 - 4$  mmHg = 32 mmHg) per la distanza temporale (ovvero, il  $dt$ ) tra i due punti corrispondenti alle velocità di 1 e 3 m./sec sul velocitogramma mitralico (Fig. 6). Il calcolo non invasivo del  $dp/dt$  eseguito con metodica Doppler si è mostrato accurato ed attendibile in rapporto alle misurazioni emodinamiche invasive.<sup>38, 39, 40</sup> Tuttavia, il  $dp/dt$  può essere influenzato oltre che dalla contrattilità intrinseca del miocardio ventricolare anche dalla presenza di disincronie di contrazione.<sup>41</sup> In questi pazienti, una stimolazione biventricolare efficace riporta alla normalità il valore di  $dp/dt$ .<sup>42</sup>



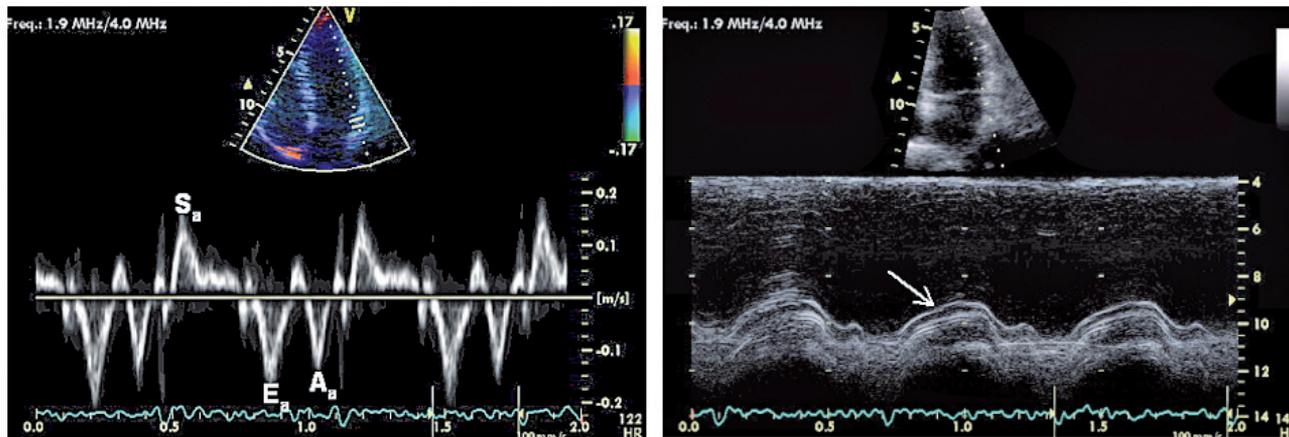
**VALUTAZIONE ECOCARDIOGRAFICA DELLE DIMENSIONI E DELLA FUNZIONE SISTOLICA GLOBALE DEL VENTRICOLO SINISTRO**

Giovanni Corrado, Giovanni Foglia-Manzillo, Luca Sormani e Mauro Santarone  
 UO di Cardiologia - Ospedale generale Valduce - Como



**Fig. 6**  
 Schema del calcolo del  $dp/dt$ . Le due barre orizzontali indicano il punto in cui la curva del rigurgito mitralico raggiunge le velocità di 1 m/sec e di 3 m/sec. Il  $dt$  è la distanza tra questi due punti. Il  $dp/dt$  si calcola dividendo  $32/dt$ .

può venire utilizzata per analizzare le velocità di spostamento dei tessuti anziché dei globuli rossi. Tale metodica è detta DTI (Doppler tissue imaging). La misura di velocità di spostamento sistolico e diastolico dell'anello mitralico (Fig. 7) è una delle applicazioni del DTI. I valori ottenuti in porzioni differenti dell'anello mitralico possono essere utilizzati per derivare un valore medio. Le velocità di spostamento sistolico dall'anello mitralico riflettono l'accorciamento longitudinale del ventricolo sinistro; poiché l'apice cardiaco rimane fisso tali velocità descrivono i movimenti della base del cuore.<sup>43</sup> È interessante osservare come l'opzione di esplorare con l'ECO l'accorciamento longitudinale del cuore era già stata suggerita in passato studiando con metodica M-Mode lo spostamento sistolico verso l'apice dell'anello mitralico (Fig. 7). Un'eccellente correlazione è stata dimostrata in letteratura tra la frazione di eiezione del ventricolo sinistro e la velocità sistolica dell'anello mitralico misurata con DTI.<sup>44, 45</sup>



**Fig. 7**  
 Doppler tissutale (a sinistra) ed analisi M-Mode (a destra) della porzione laterale dell'anello mitralico. Nell'immagine a sinistra (DTI) la sigla  $S_a$  indica la velocità sistolica dell'anulus;  $E_a$  ed  $A_a$  indicano rispettivamente le velocità protodiastolica e telediastolica. Nell'immagine a destra (M-Mode) viene rappresentata la discesa sistolica dell'anello mitralico verso l'apice del ventricolo sinistro (freccia). Entrambe le metodiche esplorano l'accorciamento sistolico delle fibre longitudinali.

Con un settaggio appropriato dei guadagni e dei filtri atto a campionare strutture dense che si muovono a bassa velocità, la metodica Doppler

Tale correlazione tuttavia viene perduta in presenza di estese calcificazioni dell'anulus mitralico, di anelli protesici o di protesi valvolare.<sup>43</sup>



**VALUTAZIONE ECOCARDIOGRAFICA  
DELLE DIMENSIONI E DELLA FUNZIONE SISTOLICA GLOBALE DEL VENTRICOLO SINISTRO**  
Giovanni Corrado, Giovanni Foglia-Manzillo, Luca Sormani e Mauro Santarone  
UO di Cardiologia - Ospedale generale Valduce - Como

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La valutazione della funzione FSVS globale rappresenta uno dei campi di maggiore utilizzo della metodica ecocardiografica.<sup>9</sup> Nell'attività clinica dovrebbero essere calcolati quei parametri dotati di valore prognostico e che impattano sul percorso decisionale del paziente. Nella pratica quotidiana vengono solitamente calcolate le misure lineari, i volumi e la frazione di eiezione del VS

(che possono essere utilizzati per il follow-up del paziente).<sup>46</sup> In questa revisione vengono presentati le modalità di calcolo delle principali misurazioni lineari e bidimensionali e le possibili fonti di errore nelle misurazioni. Vengono inoltre presentate le applicazioni Doppler per il calcolo della portata cardiaca. Vengono infine descritte le potenzialità di alcune delle nuove tecnologie quali il Doppler tissutale ed il real-time eco tridimensionale.

## BIBLIOGRAFIA

- Swedberg C, Cleland J, Dargie H et al. Guidelines for the diagnosis and treatment of chronic heart failure: executive summary (update 2005). The Task Force for the diagnosis and treatment of CHF of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J* 2005;26:1115-1140
- Hunt SA, Abraham WT, Chin MH, Feldman AM, Francis GS, Ganiatis TG et al. ACC/AHA 2005 guidelines for the diagnosis and management of chronic heart failure in the adult. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on practice guidelines (Writing committee to update the 2001 guidelines for the evaluation and management of heart failure). *J Am Coll Cardiol* 2005;46:e1-e82
- Cheitlin MD, Armstrong WF, Aurigemma GP et al. ACC/AHA/ASE 2003 guideline update for the clinical application of echocardiography: summary article. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (ACC/AHA/ASE Committee to Update the 1997 Guidelines for the Clinical Application of Echocardiography). *Circulation* 2003;108:1146-1162.
- Mock MB, Ringqvist I, Fisher LD, et al. Survival of medically treated patients in the coronary artery surgery (CASS) registry. *Circulation* 1982; 66: 562-568.
- 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 Engl J Med* 1987; 316:1729-1735.
- The SOLVD Investigators. Effect of enalapril on survival in patients with reduced left ventricular ejection fractions and congestive heart failure. *N Engl J Med* 1991; 325: 293-302.
- Bonow RO, Carabello B, de Leon AC et al. Guidelines for the Management of Patients With Valvular Heart Disease : Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Management of Patients With Valvular Heart Disease) *Circulation*, 1998; 98:1949 - 1984.
- Senni M, Rodeheffer RJ, Tribouilloy CM, MD, Use of echocardiography in the management of congestive heart failure in the community *J Am Coll Cardiol* 1999; 33:164-170.
- Krumholz HM, Douglas PS, Goldman L, Waksmonski C. Clinical utility of transthoracic two-dimensional and Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1994; 24:125-131
- Sahn DJ, DeMaria A, Kisslo J, Weyman A. Recommendations regarding quantitation in M-mode echocardiography: results of a survey of echocardiographic measurements. *Circulation* 1978;58:1072-1083.



**VALUTAZIONE ECOCARDIOGRAFICA  
DELLE DIMENSIONI E DELLA FUNZIONE SISTOLICA GLOBALE DEL VENTRICOLO SINISTRO**  
Giovanni Corrado, Giovanni Foglia-Manzillo, Luca Sormani e Mauro Santarone  
UO di Cardiologia - Ospedale generale Valduce - Como

11. Evaluation of systolic and diastolic function of the left ventricle. In: Feigenbaum's echocardiography. 6<sup>th</sup> Ed. Philadelphia PA Lippincot Ed, 2005: 138 – 180.
12. Wallerson DC, Devereux RB. Reproducibility of echocardiographic left ventricular measurements. *Hypertension* 1987; 9 (Suppl II):II6-II18
13. Nicolosi GL, Zanuttini D. Funzione ventricolare. In: Slavich G, ed. Ecocardiografia clinica. Padova: Piccin Nuova Libreria, 1989: 259-323.
14. Teicholtz 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.
15. Ahmadpour H, Shah AA, Allen JW, Edmiston WA, Kim SJ, Haywood LJ. Mitral E-point septal separation: a reliable index of left ventricular performance in coronary artery disease. *Am Heart J* 1983; 106: 21-8.
16. Devereux RB, Alonso DR, Lutas EM, et al. Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy: comparison to necropsy findings. *Am J Cardiol* 1986;57:450-8.
17. Palmieri V, Dahlof B, DeQuattro V, et al. Reliability of echocardiographic assessment of left ventricular structure and function: the PRESERVE study: Prospective Randomized Study Evaluating Regression of Ventricular Enlargement. *J Am Coll Cardiol* 1999;34:1625-32.
18. Shiller NB, Shah PM, Crawford M et al. Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1989;2:358- 367
19. Vuille C, Weyman AE. Left ventricle I: general considerations, assessment of chamber size and function. In: Weyman AE, ed. Principles and practice of echocardiography. 2<sup>nd</sup> edition. Philadelphia, PA: Lea & Febiger, 1994: 575-624.
20. Himelman RB, Cassidy MM, Landzberg JS, Schiller NB. Reproducibility of quantitative two-dimensional echocardiography. *Am Heart J* 1988;115:425-31.
21. Gudmundsson P, Rydberg E, Winter R, Willenheimer R. Visually estimated left ventricular ejection fraction by echocardiography is closely correlated with formal quantitative methods. *Intern J Cardiol* 2005;101:209-212
22. Gopal AS, Schnellbaecher MJ, Shen Z, Boxt LM, Katz J, King DL. Freehand three-dimensional echocardiography for determination of left ventricular volume and mass in patients with abnormal ventricles: comparison with magnetic resonance imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 1997;10:853– 861.
23. Mele D, Maehle J, Pedini I, Alboni P, Levine RA. Three-dimensional echocardiographic reconstruction: description and applications of a simplified technique for quantitative assessment of left ventricular size and function. *Am J Cardiol*. 1998;81:107G–110G.
24. AE Van Den Bosch, BJ Krenning, JRTC Roelandt. Three dimensional echocardiography. *Minerva Cardioangi* 2005;53:177-84
25. Jenkins C, Bricknell K, Hanekom L, Marwick TH. Reproducibility and accuracy of echocardiographic measurements of left ventricular parameters using real-time three-dimensional echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 2004;44:878-886
26. Kuhl HP, Schreckenberg, M, Rulands D, Katoh M, Schafer W, Schummers G et al. High-resolution transthoracic real-time three-dimensional echocardiography: quantitation of cardiac volumes and function using semi-automatic border detection and comparison with cardiac magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 2004;43:2083-2090.
27. Shiota T, Jones M, Tsujino H, Qin JX, Zetts AD, Greenberg NL et al. Quantitative analysis of aortic regurgitation: real-time 3-dimensional and 2-dimensional color Doppler method: a clinical and a chronic animal study. *J Am Soc Echocardiogr* 2003;15:966-71
28. Lee D, Fuisz AR, Fan PH, Hsu TL, Liu CP, Chiang HT. Real-time 3-dimensional echocardiographic evaluation of left ventricular volume: correlation with magnetic resonance imaging: a validation study. *J Am Soc Echocardiogr* 2001;14:1001-1009.
29. Zeidan Z, Erbel R, Barkhausen J, Hunold P, Bartel T, Buck T. Analysis of global systolic and diastolic left ventricular performance using volume-time curves by real-time three-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2003;16:29-37.
30. Corsi C, Lang RM, Veronesi F et al. Volumetric quantification of global and regional left ventricular function from real-time three dimensional echocardiographic images. *Circulation*, 2005;112:1161 – 1170.
31. Marwick TH. Techniques for comprehensive two dimensional echocardiographic assessment of left ventricular systolic function *Heart* 2003;89(Suppl III):iii2–iii8
32. Zoghbi WA, Quiñones MA. Determination of cardiac output by Doppler echocardiography: a critical appraisal. *Herz* 1986; 11:258-268.
33. Lewis JF, Kuo LC, Nelson JG, Limacher MC, Quiñones MA. Pulsed Doppler echocardiographic determination of stroke volume and cardiac output: clinical validation of two new methods using the apical window. *Circulation* 1984;70:425-431
34. Quiñones MA, Otto CM, Stoddard M, Waggoner A, Zoghbi WA, Recommendations for quantification of Doppler echocardiography: a report from the Doppler quantification task force of the nomenclature and standards committee of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2002;15:167-184



**VALUTAZIONE ECOCARDIOGRAFICA  
DELLE DIMENSIONI E DELLA FUNZIONE SISTOLICA GLOBALE DEL VENTRICOLO SINISTRO**  
Giovanni Corrado, Giovanni Foglia-Manzillo, Luca Sormani e Mauro Santarone  
UO di Cardiologia - Ospedale generale Valduce - Como

35. Huntsman LL, Stewart DK, Barnes SR, Franklin SB, Colocousis JS, Hessel EA. Noninvasive Doppler determination of cardiac output in man. Clinical validation. *Circulation* 1983; 67: 593-602.
36. Ihlen H, Amlie JP, Dale J, et al. Determination of cardiac output by Doppler echocardiography. *Br Heart J* 1984; 51:54-60.
37. Nicolosi GL, Pungercic E, Cervesato E, et al. Feasibility and variability of six methods for the echocardiographic and Doppler determination of cardiac output. *Br Heart J* 1988; 59: 299-303.
38. Bargiggia GS, Bertucci C, Recusani F, et al. A new method for estimating left ventricular dP/dt by continuous-wave Doppler echocardiography. Validation studies at cardiac catheterization. *Circulation* 1989; 80: 1287-1292.
39. Chen C, Rodriguez L, Lethor JP, et al. Continuous wave Doppler echocardiography for noninvasive assessment of left ventricular dP/dt and relaxation time constant from mitral regurgitant spectra in patients. *J Am Coll Cardiol* 1994;23: 970-976.
40. Pai RG, Pai SM, Bodenheimer MM, Adamick RD. Estimation of rate of left ventricular pressure rise by Doppler echocardiography: its hemodynamic validation. *Am Heart J* 1993; 126: 240-242.
41. Nelson G, Curry C, Wyman B et al. Predictors of systolic augmentation from left ventricular preexcitation in patients with dilated cardiomyopathy and intraventricular conduction delay. *Circulation* 2000;101: 2703-2709.
42. Yu Y, Kramer A, Spinelli J, Ding J, Hoersch W, Auricchio A. Biventricular mechanical asynchrony predicts hemodynamic effect of uni- and biventricular pacing. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2003;285(6):H2788-2796.
43. D Pellerin, R Sharma, P Elliott and C Veyrat. Tissue Doppler, strain, and strain rate echocardiography for the assessment of left and right systolic ventricular function *Heart* 2003;89;9-17
44. Gulati VK, Katz WE, Follansbee WP et al. Mitral annular descent velocity by tissue Doppler echocardiography as an index of global left ventricular function *Am J Cardiol* 1996;77:979 - 984.
45. Waggoner AD, Bierig SM Tissue Doppler imaging: a useful echocardiographic method for the cardiac sonographer to assess systolic and diastolic ventricular function.