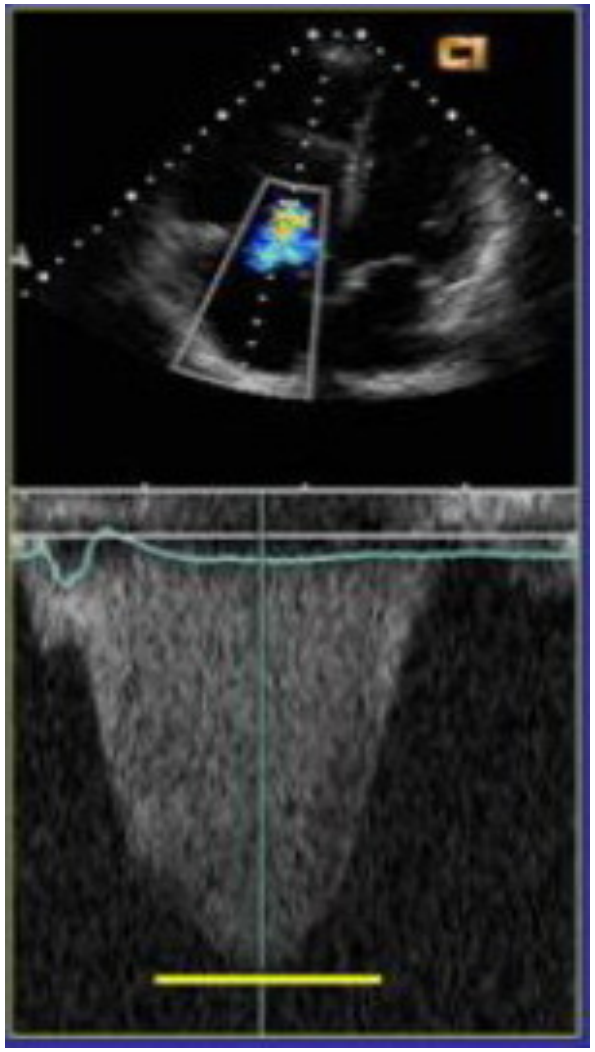
Gli errori e i punti di forza dell'ecocardiografia nell'ipertensione polmonare

Andrea Sonaglioni

Unità Operativa di Cardiologia, Ospedale San Giuseppe MultiMedica, Milano

Calcolo della PAPs: stima della TRV (m/sec)



- La **TRV** dipende dal gradiente pressorio sistolico retrogrado (ΔP) tra ventricolo destro ed atrio destro

- **ΔP (PSVdx-PAD)** = 4 x $(TRV)^2$, equazione di Bernoulli modificata

- **PSVdx (PAPs)** = 4 x $(TRV)^2$ + PAD

Stima della TRV

- La velocità di picco del rigurgito tricuspidale (TRV) è un parametro che permette di stimare il gradiente pressorio retrogrado tra ventricolo destro ed atrio destro durante la sistole.

- La stima della velocità del flusso di rigurgito tricuspidale viene effettuata fondamentalmente dall'approccio apicale (sezione 4C), ma ne è possibile una stima approssimativa anche dagli approcci parasternale asse corto, da un approccio 4C parasternale off axis e dall'approccio 4C sottocostale.

- **Doppler a onda continua e colorDoppler**.

Doppler ad onda continua

- Il fascio ultrasonoro (US) deve essere diretto verso la valvola tricuspide ed allineato parallelamente al jet ad elevata velocità tra ventricolo destro ed atrio destro.

- Mantenere un angolo inferiore a 20° tra il fascio Doppler e la direzione del jet rigurgitante: **il segnale Doppler è angolo-dipendente** ed è tanto più intenso quanto più l'incidenza del fascio US è parallela al jet di rigurgito tricuspidale in esame.

- Pertanto, la TRV dovrebbe essere presa da multiple proiezioni ed off-axis se necessario, ricercando l'envelope migliore e misurando la massima velocità.

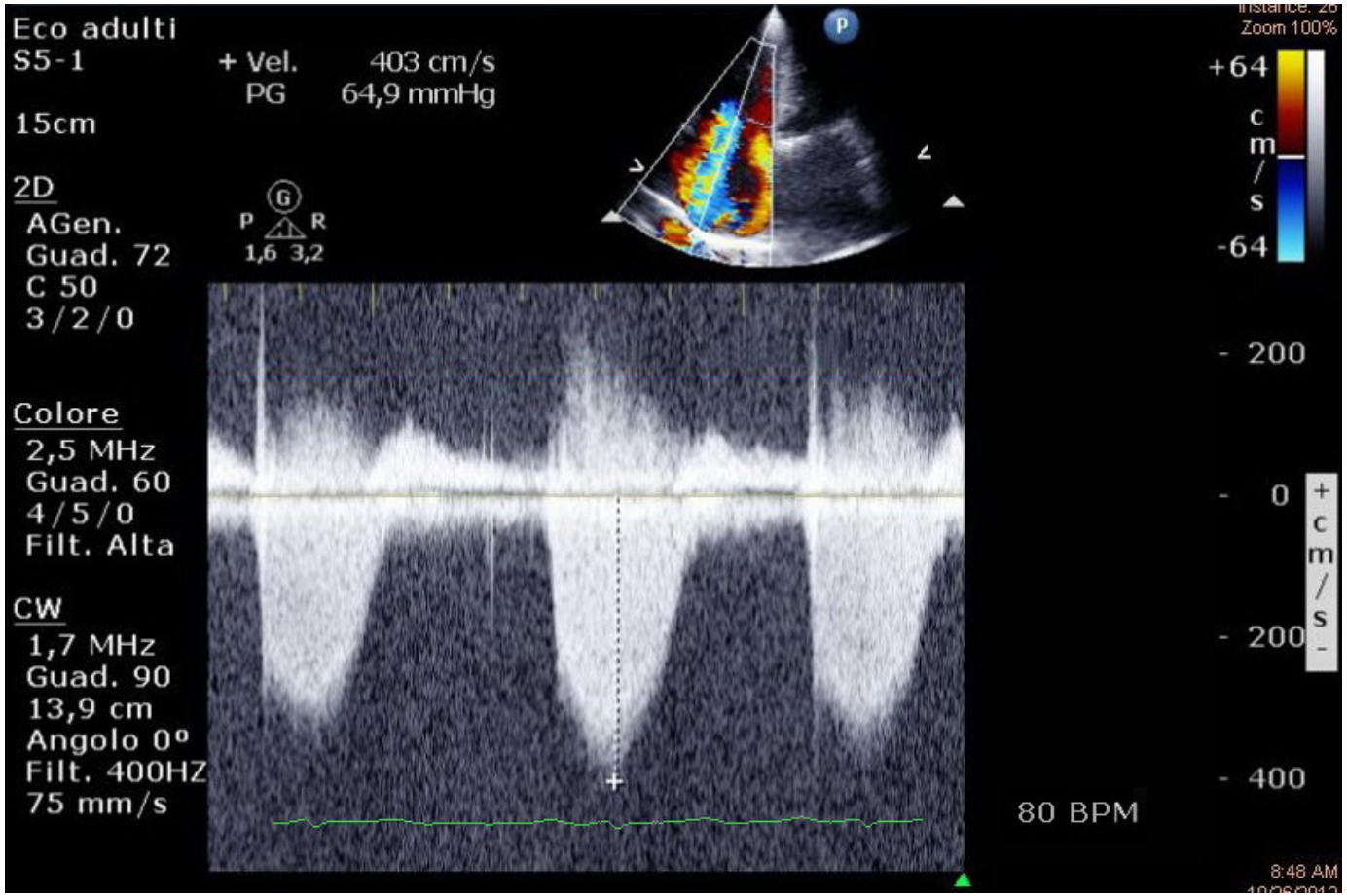
Color Doppler

- L’uso del colorDoppler è raccomandato per ottenere il migliore allineamento tra il fascio US e il flusso rigurgitante.

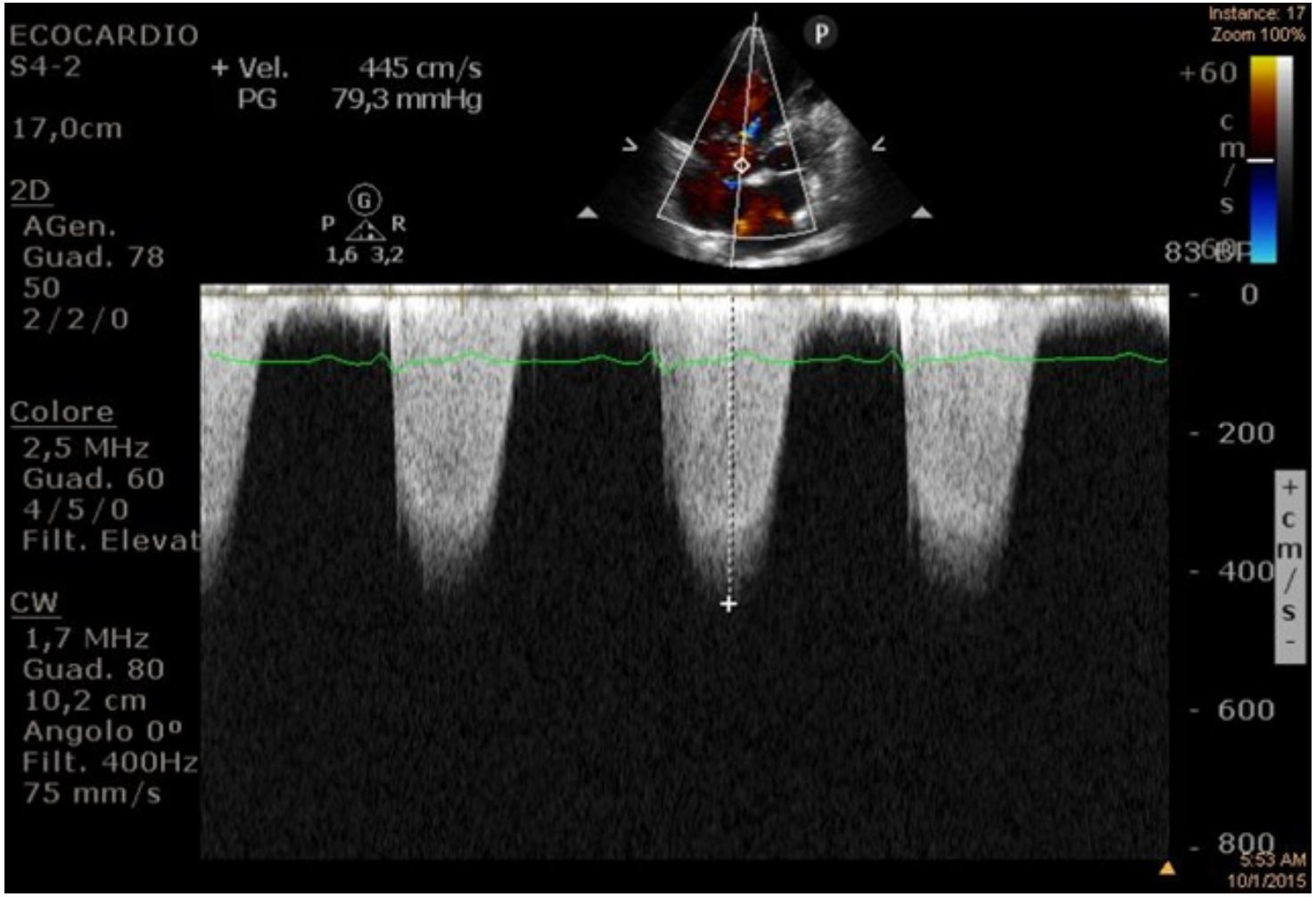
- Con l’ausilio del colorDoppler possiamo identificare la direzione del jet rigurgitante e scegliere la finestra ecocardiografica più consona ad un corretto allineamento.

- Il colorDoppler consente anche di stimare la gravità del rigurgito.

Stima della TRV: sezione 4C apicale



Stima della TRV: sezione 4C parasternale off axis



Calcolo della PAPs: stima della PAD

VCI	Collasso inspir.	PAD
<18 mm	>50%	5 mmHg
>18 mm	>50%	10 mmHg
>18 mm	<50%	15 mmHg
>18 mm	assente	20 mmHg

Cosa ci dicono le ultime linee guida

- “However, given the inaccuracies of RAP estimation and the amplification of measurement errors by using derived variables, we recommend using the continuous wave Doppler measurement of **peak TRV** (and not the estimated SPAP) as the main variable for assigning the echocardiographic probability of PH”.

2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension

Echocardiographic probability of pulmonary hypertension in symptomatic patients with a suspicion of pulmonary hypertension

Peak tricuspid regurgitation velocity (m/s)	Presence of other echo 'PH signs'[a]	Echocardiographic probability of pulmonary hypertension
≤2.8 or not measurable	No	Low
≤2.8 or not measurable	Yes	Intermediate
2.9–3.4	No	
2.9–3.4	Yes	High
>3.4	Not required	

2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension

Echocardiographic signs suggesting pulmonary hypertension, in addition to TRV measurement

A: The ventricles[a]	B: Pulmonary artery[a]	C: Inferior vena cava and right atrium[a]
Right ventricle/ left ventricle basal diameter ratio >1.0	Right ventricular outflow Doppler acceleration time <105 msec and/or midsystolic notching	Inferior cava diameter >21 mm with decreased inspiratory collapse (<50 % with a sniff or <20 % with quiet inspiration)
Flattening of the interventricular septum (left ventricular eccentricity index >1.1 in systole and/or diastole)	Early diastolic pulmonary regurgitation velocity >2.2 m/sec	Right atrial area (end-systole) >18 cm^2
	PA diameter >25 mm.	

2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension

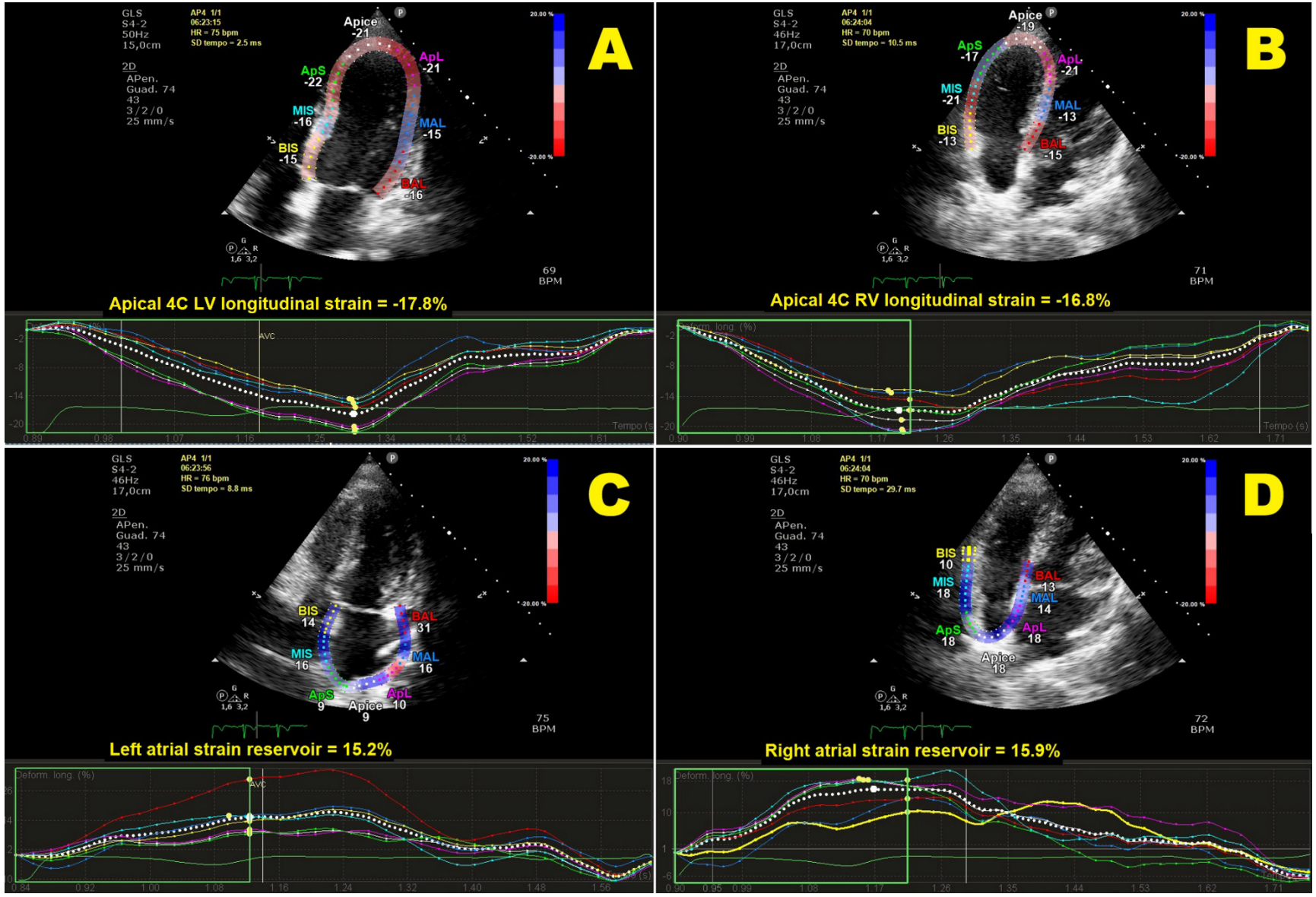
PUNTI DI FORZA DELL'ECOCARDIOGRAMMA

- Metodica non invasiva, innocua, non utilizza emissioni di raggi X o sostanze radioattive.
- E' ripetibile.
- L'attrezzatura utilizzata per l'esame è mobile, facilmente trasportabile.
- Fornisce informazioni sull'anatomia e la funzionalità del cuore.
- Può essere utilizzato come strumento di screening.
- Può essere eseguito sia a riposo che da sforzo fisico.

Parametri ecocardiografici convenzionali

M-mode and 2D parameters	LV systolic function	LV diastolic function	RV systolic function	Pulmonary hemodynamics
LVEDDi, LVESDi, IVS, PWT by 2D-guided M-mode	LVEF (%), by the modified biplane Simpson's method	E/A ratio by transmitral PW-Doppler technique	TAPSE (mm), by M-mode	SPAP (mmHg) = 4 x TRV^2 + RAP
RWT = (2 x PWT)/LVEDD	SV (ml)= VTIlvot x CSAlvot	E/average e' ratio by PW-TDI	Tricuspid S'-wave velocity by TDI (cm/sec)	RAP (mmHg) = IVC size and collapsibility
LVEDVi, LVESVi by the modified biplane Simpson's method	CI (l/min/m^2)= SV x HR/BSA	PCWP (mmHg) = 1.9 + 1.24 x E/average e'	Tei Index = (IVRT + IVCT)/ET	MPAP (mmHg) = 79 – 0.45 x ATrvot
LAVi by the monoplane Simpson's method				PVR (dynes-sec/cm^5) = 80 x [(TRVmax × 10)/TVIrvot) + 0.16]
RVIT by Echo 2D using the 4-chamber view				

Parametri ecocardiografici non convenzionali



Ecocardiografia nella diagnosi di ipertensione polmonare

• Sensibilità	85%
• Specificità	55%
• VPP	52%
• VPN	87%
• Accuratezza	48%

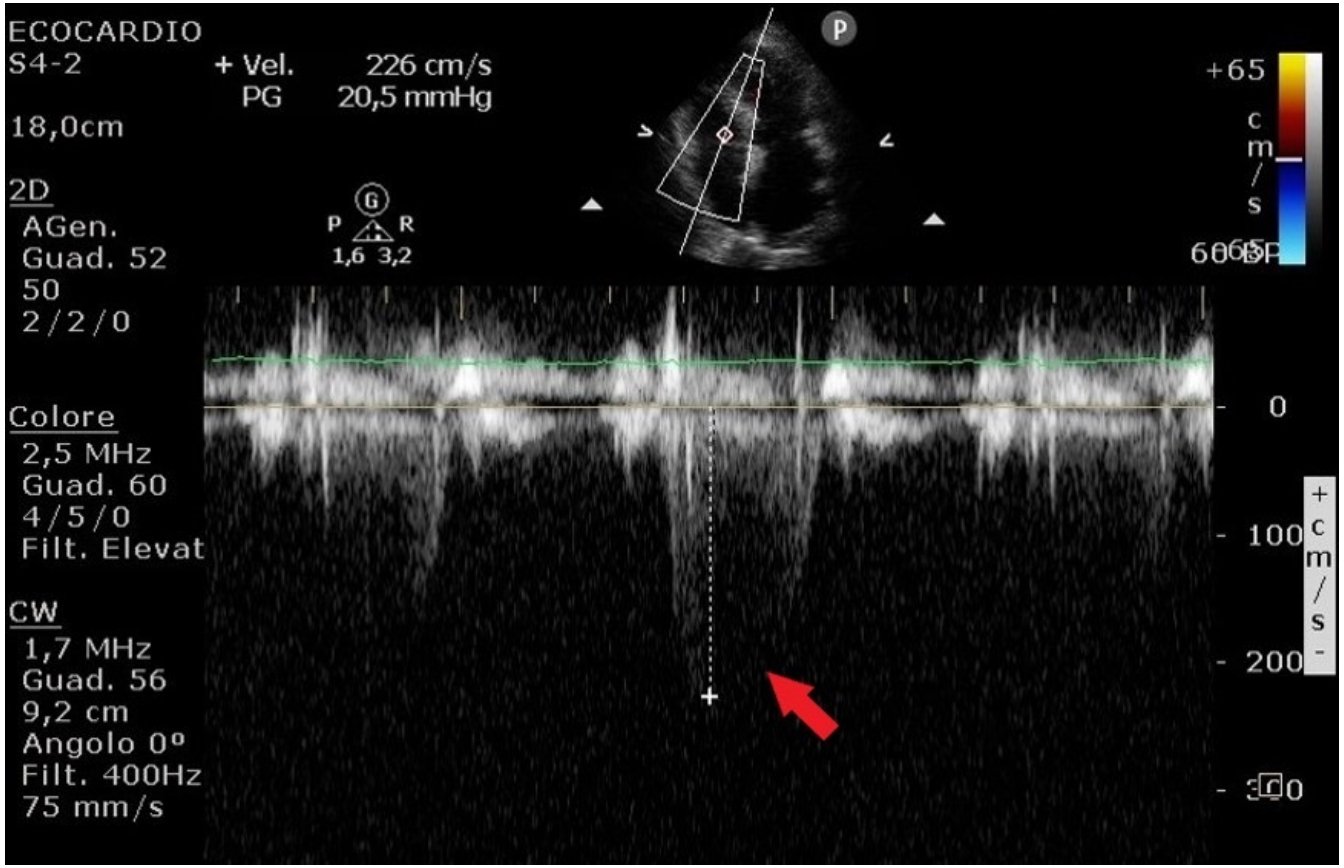
Arcasoy S.M. et al Am J.Resp. Crit Care Med 2003

Sottostima ecocardiografica della PAPs

- Specie in pazienti con enfisema.
- Non corretto allineamento del fascio ultrasonoro.
- Traccia del jet di rigurgito tricuspidale non completa.
- Insufficienza tricuspidale severa e pressione atriale destra molto elevata (la presenza di un grosso orifizio rigurgitante determina dal punto di vista emodinamico un certo annullamento del gradiente tra Vdx e atrio dx, trasformando il sistema in una camera unica).
- Disfunzione ventricolare destra.

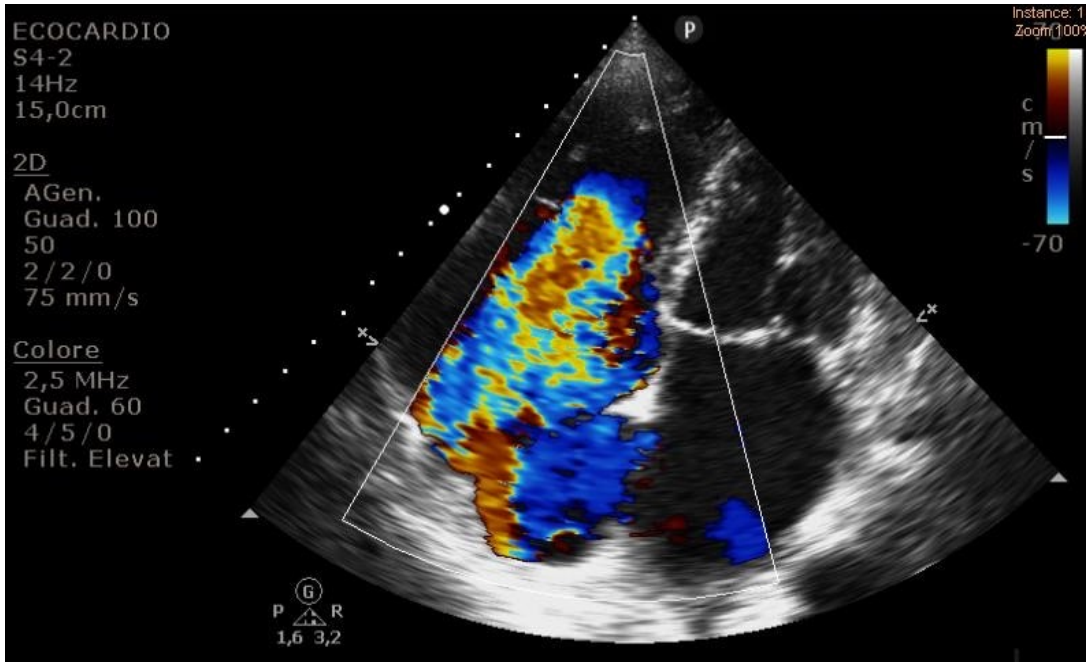
SOTTOSTIMA della TRV (1)

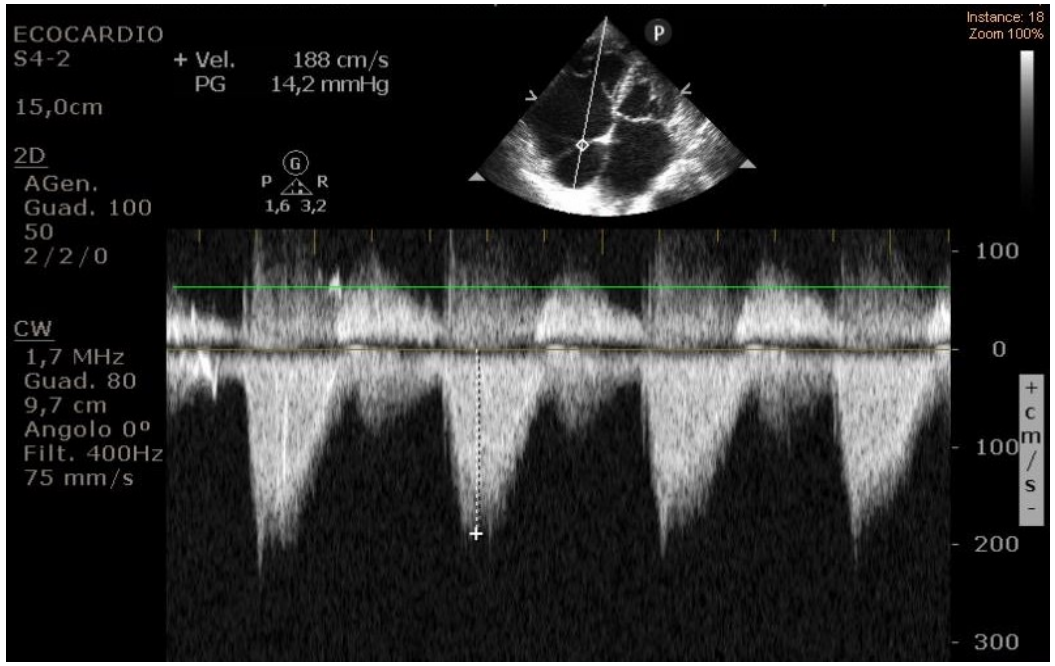
Segnale CW-Doppler del flusso di rigurgito tricuspidale proto-sistolico evanescente o incompleto (specie in pazienti con enfisema) con possibile lettura erronea della TRV e conseguente sottostima della PAPs



SOTTOSTIMA della TRV (2)

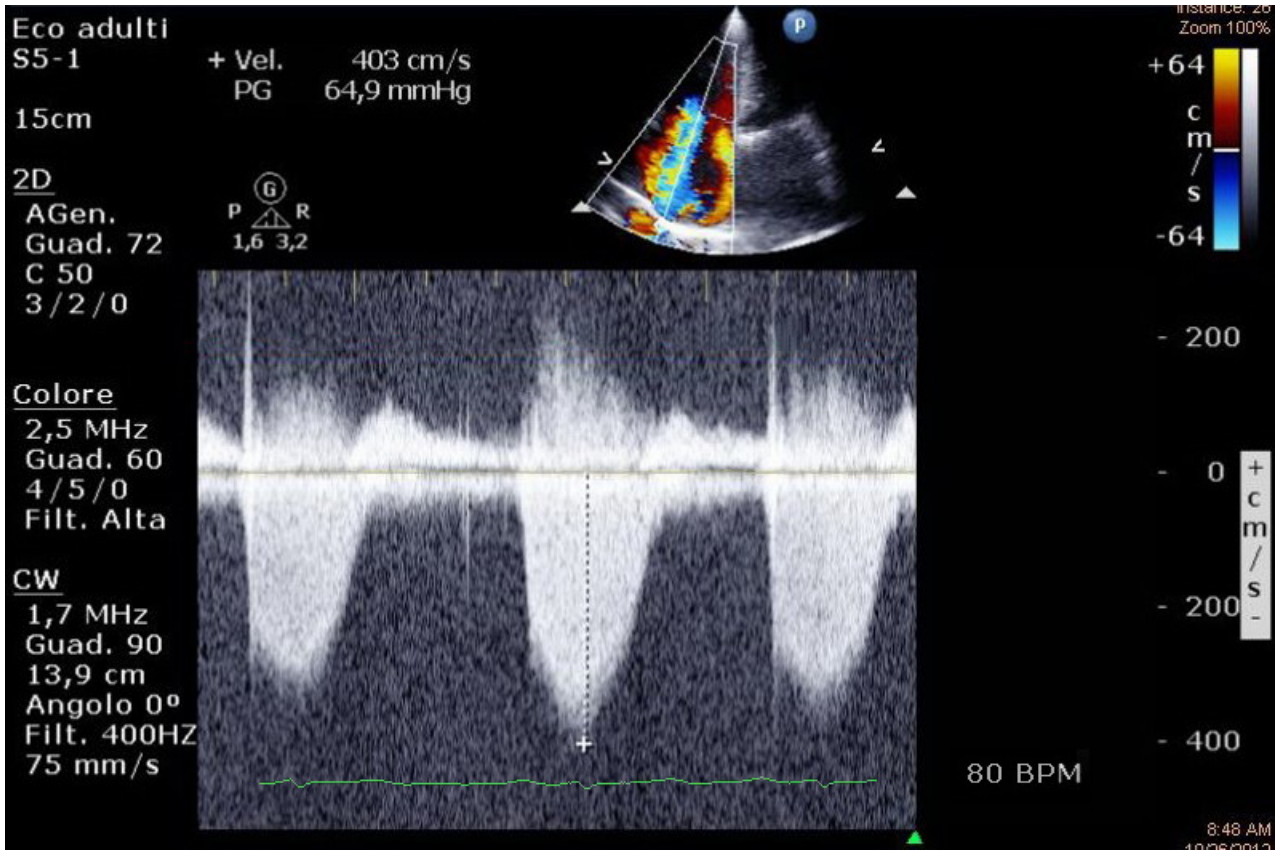
- IT severa e PAD molto elevata (la presenza di un grosso orifizio tricuspidalico rigurgitante determina dal punto di vista emodinamico un certo annullamento del gradiente tra Vdx e atrio dx, trasformando il sistema in una camera unica)



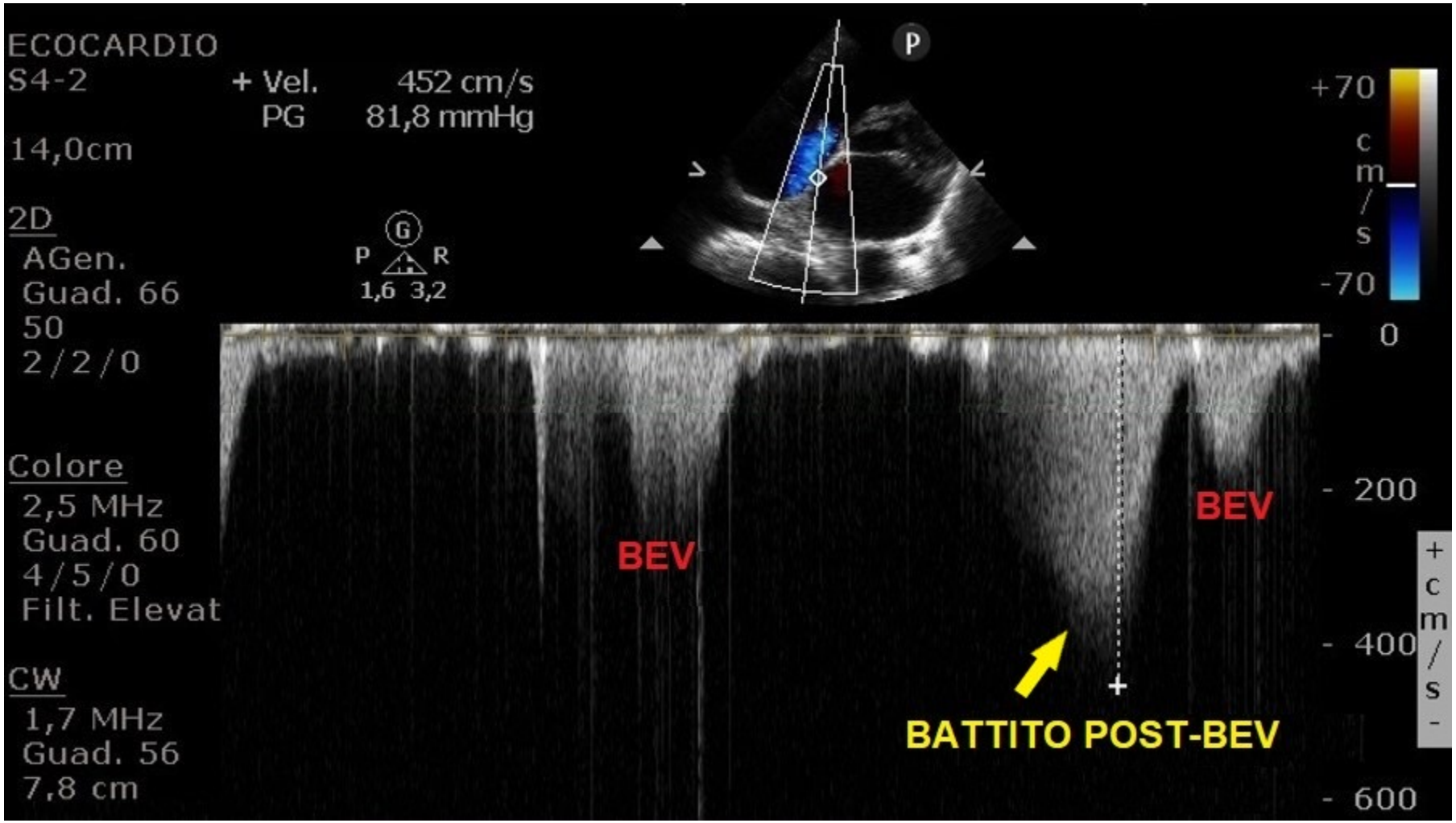


Attività cardiaca aritmica: SOVRASTIMA della TRV (1)

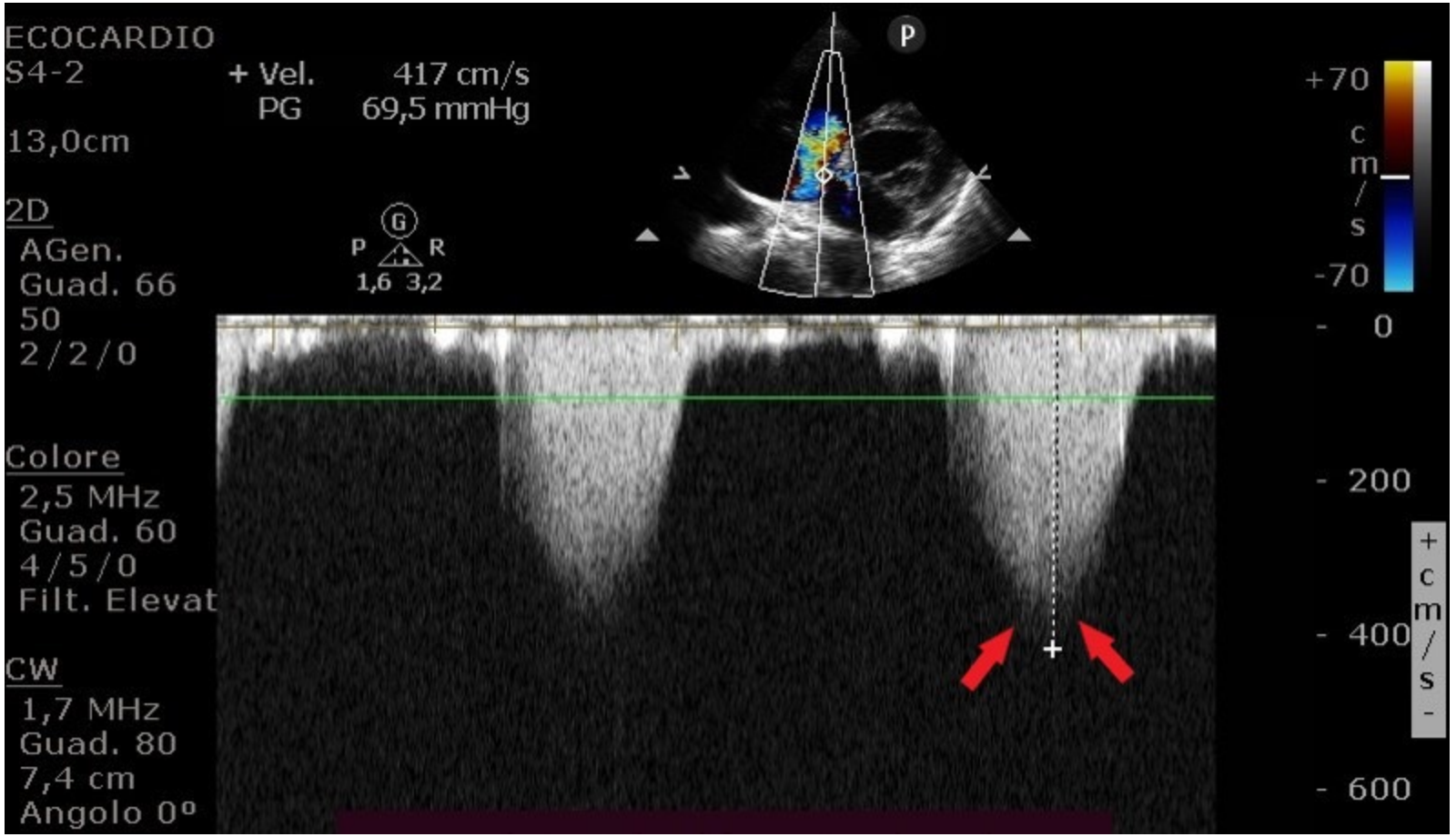
In presenza di alti valori di TRV, tendenza alla sovrastima del valore preciso di TRV, specie in presenza di aritmie quali la FA, specie se rapida, con conseguente potenziale elevazione al quadrato di eventuali letture erronee



Battito post-extrasistolico: SOVRASTIMA della TRV (3)

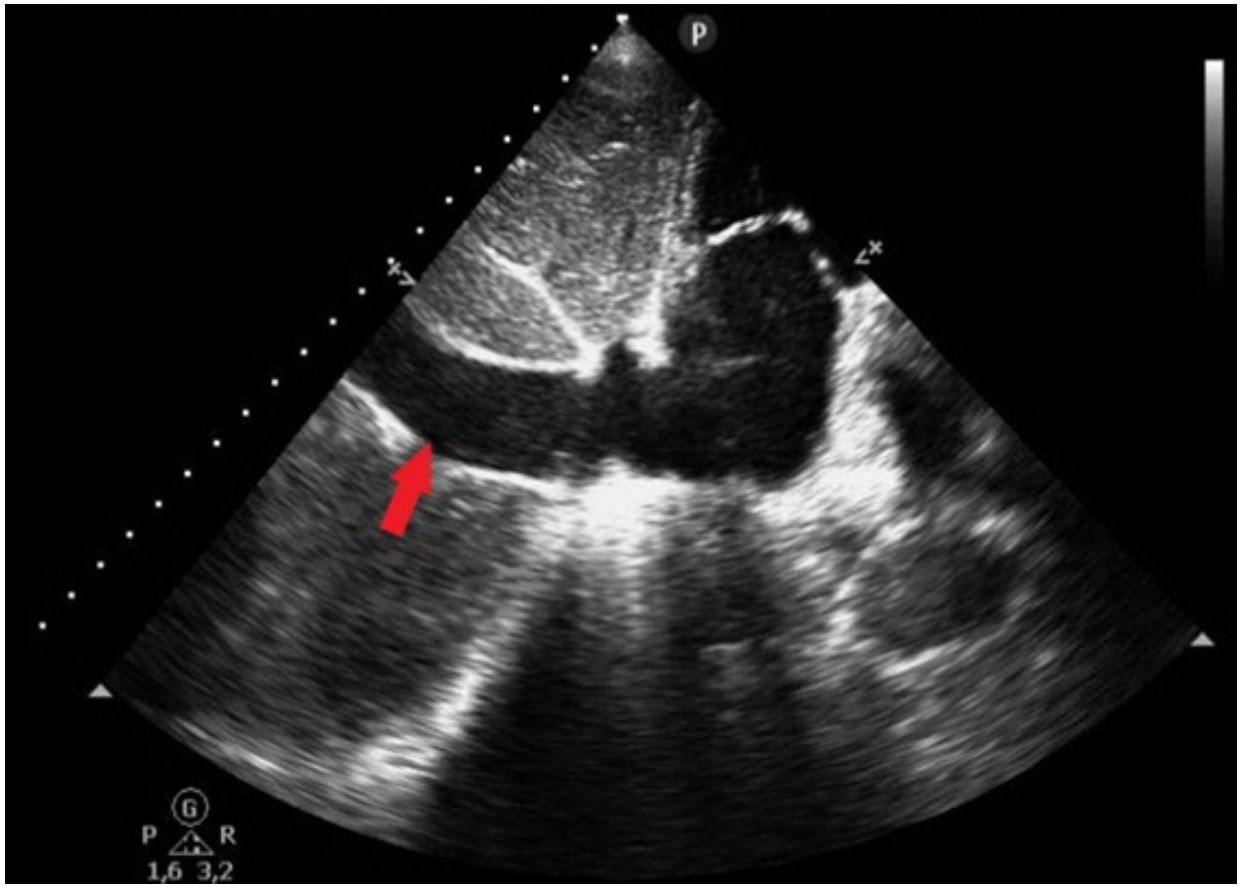


Guadagno CW-Doppler inadeguato con “frangiature”: sovrastima della TRV (2)

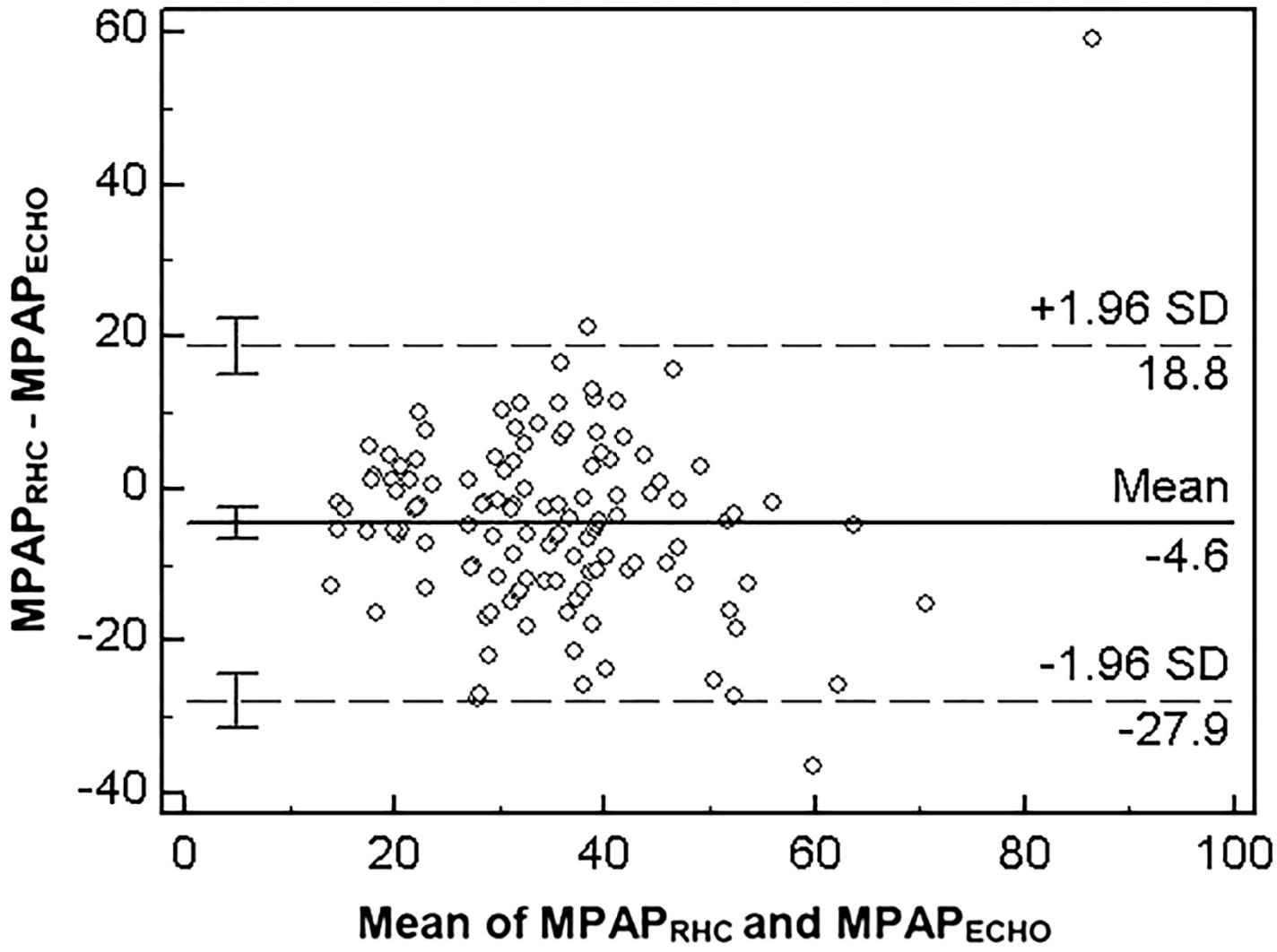


SOVRASTIMA della PAPs

Tendenza alla sovrastima ecocardiografica della PAD



Ecocardio vs cateterismo cardiaco destro



Sonaglioni A et al, Heart Lung Circ. 2021 May;30(5):656-664.

CONCLUSIONI

- L’ecocardiogramma nella maggior parte dei casi identifica correttamente l’ipertensione polmonare, può essere usato come esame di screening e può contribuire a chiarire i meccanismi patogenetici dell’ipertensione polmonare in numerose patologie polmonari, comprese le malattie polmonari rare, consentendo lo studio dinamico non solo della PAPs ma anche della morfologia e funzione di tutte le camere cardiache, sia a riposo che da sforzo fisico.

- I limiti dell’ecocardiogramma sono legati a ragioni di natura tecnico-procedurale, ascrivibili alla lettura erronea di un jet di rigurgito tricuspidale, in difetto quando evanescente o incompleto, in eccesso quando molto denso e/o alla tendenza alla sovrastima ecocardiografica della pressione atriale destra.

THANK
YOU!