

Expertgruppen för Ekokardiografi

2017-02-20

Rekommendation för beräkning av slagvolym

Rekommendationen är framtagen av Equalis expertgrupp för Ekokardiografi: Eva Maret (ordförande), Bodil Andersson, Sinsia Gao, Per Lindqvist, Eva Nylander, Jan Remmets, Anders Roijer, Reidar Winter. Denna reviderade version (1.1) ersätter tidigare version.

Huvudförfattare: Sinsia Gao

Sammanfattning

Beräkning av slagvolym (SV) och hjärtminutvolym är en viktig del i den hemodynamiska bedömningen av hjärtfunktion och cirkulationsstatus, som bör ingå i en ekokardiografisk undersökning. SV (mL) beräknas enligt formeln: $\pi \times [(LVOT\text{-diameter})^2/4] \times LVOT\text{-VTI}$.

Den beräknade SV ska bedömas med försiktighet när mätning av LVOT-diameter och VTI är osäker, t ex vid låg bildkvalitet, ökad förkalkning, ändrad LVOT-geometri, aortaklaffvitier, aortapotes, dynamisk LVOT-obstruktion och subvalvulärt membran. Rimlighet av den beräknade SV ska då bedömas i relation till klinik och parameterns variabilitet.

Bakgrund

Hjärtminutvolym avspeglar hjärtats förmåga att tillgodose kroppens behov av syretillförsel. Hjärtminutvolym och slagvolym (SV) kan beräknas icke-invasivt med ekokardiografi och är viktiga parametrar, utöver ejektionsfraktion, vid bedömning av systolisk vänsterkammarmfunktion och patientens hemodynamiska status.

SV kan teoretiskt beräknas med Dopplermetod i alla kompetenta klaffar eller med volumetrisk metod (d v s slutdiastolisk volym – slutsystolisk volym). Volumetrisk metod ska inte användas, då det oftast ger en underskattning av SV. Aortaklaffen är den vanligaste klaffen för SV-beräkning med Doppler, eftersom den har den enklaste geometriska formen (relativt cirkulär yta som kan beräknas från ett enda mått; ytans storlek varierar i liten grad med hjärtcykeln) och flödesförhållanden ("plugg" flöde) [1]. Här nedan följer en beskrivning av undersökningsmoment som utgör underlag för beräkning av slagvolym (stroke volume, SV; stroke volume index, SVI) och hjärtminutvolym (cardiac output, CO; cardiac index, CI) med 2D-ekokardiografi och Doppler.

Utförande

För slagvolym genom aortaklaffen bör följande registreras och mätas:

- Left ventricular outflow tract (LVOT) diameter i parasternal långaxelprojektion
- Pulsad Doppler i LVOT i apikal 4 kammarprojektion med aorta eller apikal långaxelprojektion

För slagvolym genom pulmonalis bör följande registreras och mätas:

- Diameter av right ventricular outflow tract (RVOT), alternativt truncus pulmonalis i modifierad parasternal kortaxelprojektion med pulmonalklaff
- Pulsad Doppler i RVOT, alternativt truncus pulmonalis, i modifierad parasternal kortaxelprojektion med pulmonalklaff

Expertgruppen för Ekokardiografi

Beräkningsformler för slagvolym (SV) och slagvolyms index (SVI):

- $SV \text{ (mL)} = \pi \times (D^2/4) \times VTI$
där D = LVOT- eller RVOT-diameter (cm);
VTI = velocity time integral i LVOT eller RVOT (cm)
- $SVI \text{ (mL/m}^2) = SV / \text{body surface area (BSA)}$
BSA beräknas enligt Mosteller (m^2) = $\frac{\sqrt{\text{vikt (kg)} \times \text{längd (m)}}}{6}$

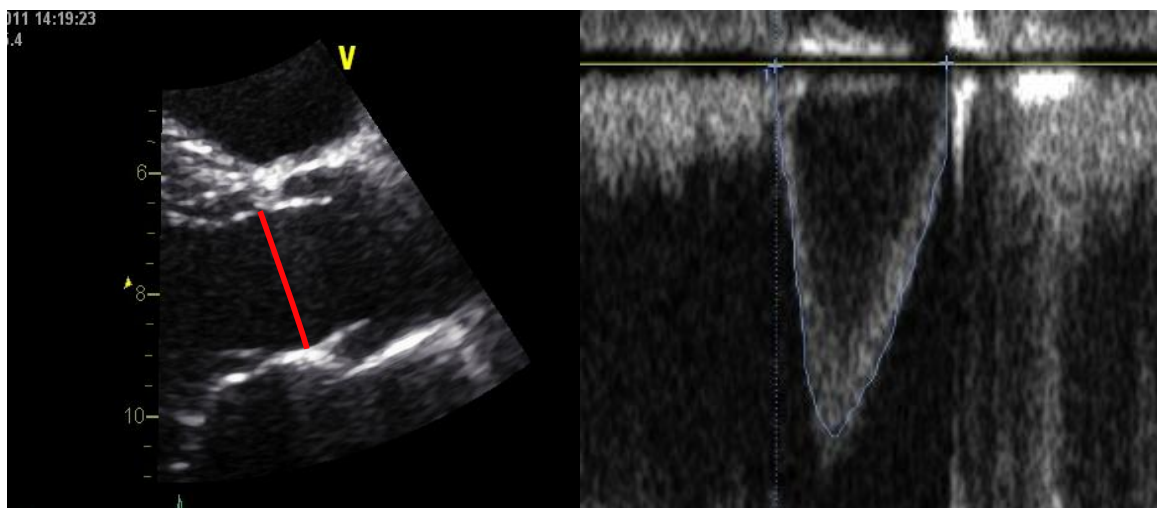
Beräkningsformler för hjärtminutvolym (CO) och cardiac index (CI)

- $CO \text{ (L/min)} = (SV \text{ (mL)} \times \text{hjärtfrekvens (slag/min)}) / 1000$
- $CI \text{ (L/min/m}^2) = CO / BSA$

Teknik och felkällor

För 2D-registreringar sparas ett RR-intervall vid sinusrytm och tre RR-intervall vid förmaksflimmer eller annan uttalad arytm. För pulsad Doppler sparas åtminstone tre RR-intervall vid sinusrytm eller tio RR-intervall vid förmaksflimmer eller annan uttalad arytm.

LVOT diameter mäts i parasternal långaxelprojektion med aortaklaff i zoom. För mätning väljs en tidig systolisk frame där septal och mitral avgränsning av utflödesdiametern känns säkrast. Mätpunkter läggs i vinkeln mellan septum respektive främre mitralsegel och aortakusp, enligt "trailing-edge to leading-edge"principen (Figur 1) [2].



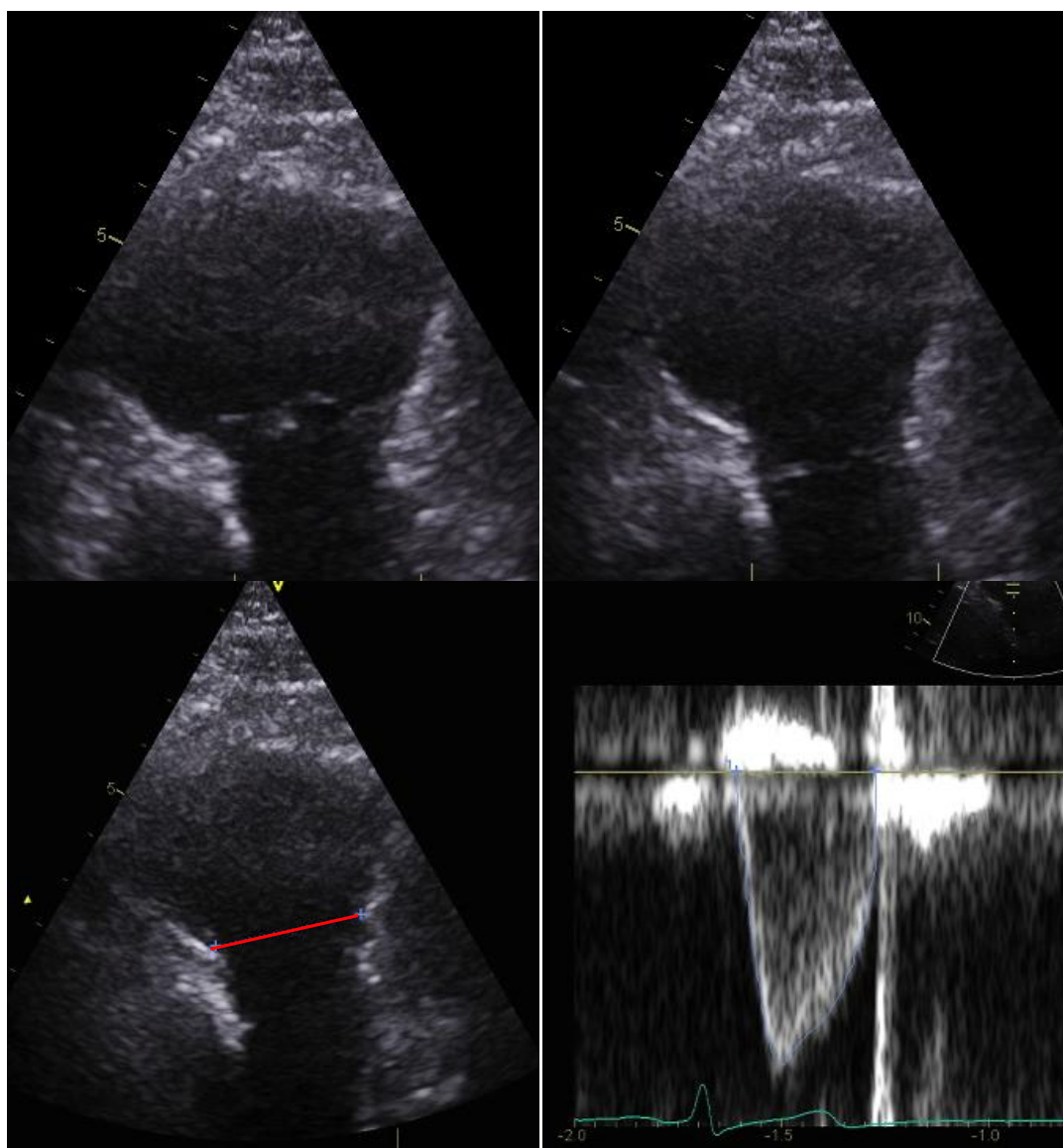
Figur 1 visar mätning av LVOT-diameter enligt "trailing-edge to leading-edge"-principen (vänster) och bestämning av LVOT-VTI (höger) vid hög svephastighet och längs ytterkonturen (ej modalhastigheter).

Expertgruppen för Ekokardiografi

Vid mätning av RVOT-diameter utgår man ifrån standard parasternal kortaxelprojektion med aorta och flyttar transducern ett intercostalt mellanrum, caudalt eller cephalt, och rikta anteriort. RVOT-diameter mäts i en tidig systolisk frame, där klaffåsten känns säkrast (Figur 2).

Det är viktigt att diameterbestämningen är så korrekt som möjligt, då eventuella fel kvardreras vid beräkning av slagvolym. Ett alternativ är att mäta diameter i truncus pulmonalis.

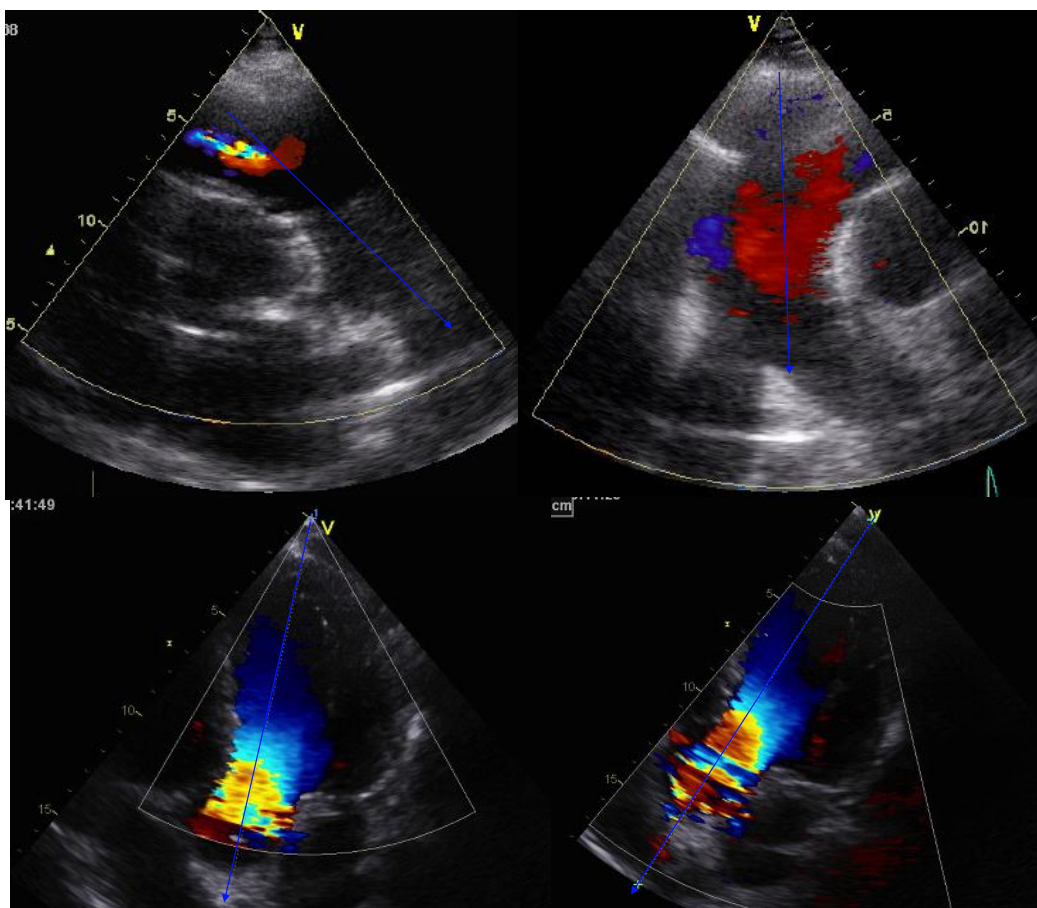
Mätning av VTI: Sample volume av pulsad Doppler placeras i mittdelen av LVOT respektive RVOT 5–10 mm apikalt om klaffen. Minimera vinkeln mellan utflödestrakten och ultraljudet (Figur 3). Undvik flödes-accelerations-zon i LVOT genom att placera sample volume strax apikalt om denna (Figur 4). Om truncus pulmonalis har använts, placeras sample volume där mätning av diametern gjordes. Vid uttalad andningsvariation kan registrering göras i apné vid medelandningsläge om det tillåts av patienten. Genom att mäta på bild med hög svephastighet (75–100 mm/s) kan mätprecisionen förbättras.



Figur 2 visar tre konsekutiva tidigsystoliska frames i RVOT / pulmonalklaff. Genom att följa eko från föregående frames kan avgränsning av RVOT-diameter underlättas. Nedre högra bilden visar bestämning av RVOT-VTI.

Expertgruppen för Ekokardiografi

Dilaterad vänster kammare: När en uttalad vänster kammardilatation föreligger, t ex vid dilaterad kardiomyopati, får LVOT ofta ett strutformat utseende. Pulsad Dopplers sample volume ska då placeras nära där LVOT-diametermätningen gjordes. Det finns dock alltid en risk att underskatta SV i och med att LVOT-diameter underskattar den faktiska ytan där man lägger sample volume. Gör alltid en bedömning om SV och hjärtminutvolym verkar rimlig. Liten hjärtminutvolym ger symptom hos patienter. Ett alternativ när SV i LVOT ger orimliga värden är att beräkna SV i RVOT / truncus pulmonalis.

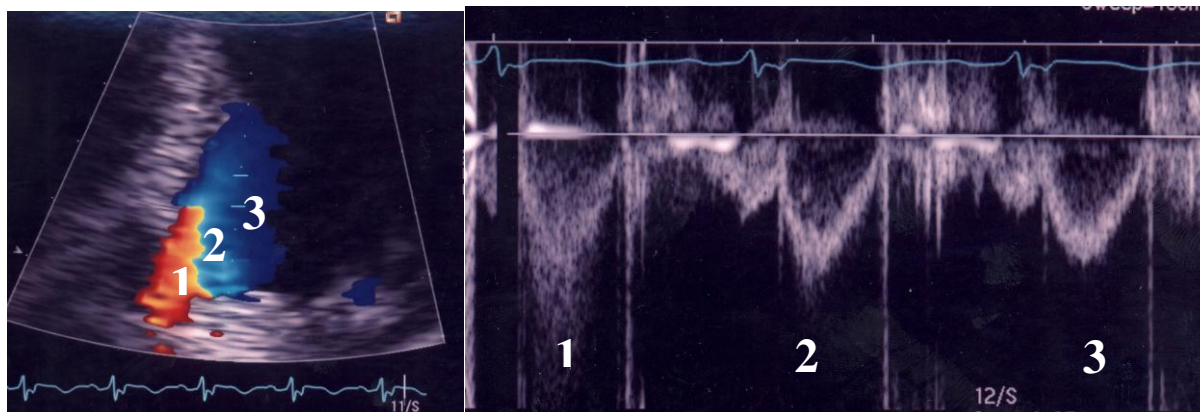


Figur 3. Eftersträva att minska vinkelfel mellan ultraljudet och utflödestrakten (övre panel RVOT och nedre panel LVOT) vid placering av sample volume av pulsad Doppler.

Aortastenosis och aorta klaffprotes: LVOT-diameter kan vara svårbedömd hos patienter med aortastenosis på grund av flera orsaker. Hos en del av patienter med aortastenosis ses en basal septumhypertrofi, som gör att septum buktar ned i LVOT, och ibland kan kuspfasten vara svåravgränsade på grund av uttalad förkalkning av klaffen. Då kan mätresultatet endast vara en vägledning i bedömningen och ska inte användas för beräkning av slagvolym och inte heller i kontinuitetsekvation för beräkning av klaffarean.

Pulsad Doppler i LVOT. Patienter med aortastenosis eller klaffproteser har en subvalvulär accelerations-zon av flödet som finns 0,5–1,5 cm från stenosen [4]. Med guidning av färg-Doppler kan man placera sample volume apikalt om den subvalvulära accelerations-zonen och därmed få en "renare" signal.

Expertgruppen för Ekokardiografi



Figur 4. Färg-Doppler i LVOT (vänster) visar den subvalvulära accelerations-zonen (ljusblått) som bör undvikas för att erhålla optimal Dopplersignal. Bilden till höger visar pulsad Doppler från tre olika zoner: orange (1) motsvarande protesen; ljusblått (2) motsvarande den subvalvulära accelerations-zonen och blått (3) motsvarande LVOT.

Situationer då SV från LVOT inte kan användas som mått på effektiv slagvolym: När en aortainsufficiens är mer än lindrig, ger VTI med pulsad Doppler i LVOT den totala SV, som inkluderar både effektiv / netto SV (som cirkulerar i kroppen) och regurgitationsvolym. En betydligt större VTI i LVOT i jämförelse med VTI i RVOT kan då ge en fingervisning av betydande aortaläckage. Vid dynamisk utflödesobstruktion (systolic anterior motion, SAM) eller subvalvulärt membran finns oftast en accelerations-zon som är svår att undvika och ger en hög VTI. Vid dessa situationer kan man istället använda SV beräknad från RVOT / truncus pulmonalis.

Referensvärden [3]

	Kvinnor ± 1SD	Män ± 1SD
SV (mL)	50–75	60–95
SVI (mL/m ²)	33–45	34–46
CO (L/min)	3,5–5,5	4,0–6,0
CI (L/min/m ²)	2,0–3,0	2,0–3,0
BSA (m ²)	1,64 ± 0,12	1,88 ± 0,13

I litteraturen anges mätvariabilitet för LVOT-diameter mellan 10–20 % och LVOT-VTI 5–14 % [4]. Det är viktigt att ta reda på mätvariabiliteten där man jobbar.

Bedömning

Slagvolym och hjärtminutvolym är viktiga parametrar vid bedömning och behandling av olika patientgrupper. Dessutom har sänkt slagvolym och hjärtminutvolym ett prognostiskt värde. Vid nedsatt systolisk vänsterkammerfunktion, bör slagvolym och hjärtminutvolym beräknas och anges i undersökningssvaret. Man ska dock beakta att den framräknade slagvolymen vid en ekokardiografisk undersökning har ett rimligt värde, och i den bedömningen inkluderas faktorer som patientens BSA, symptom, klinisk status, undersökningsparametrarnas kvalitet och eventuella felkällor.

Expertgruppen för Ekokardiografi

Referenser

1. Skjaerpe T, et al. Cardiac output. In: Hatle L, Angelsen B. Doppler ultrasound in cardiology: Philadelphia: Lea & Febiger, 1985.
2. Evangelista A, et al, Echocardiography i aortic diseases: EAE recommendations for clinical practice, Eur J Echocardiogr 2010;11:645-658
3. Olsson A Ekokardiografi. 4:e upplagan. Stockholm: TrycksakSpecialisten; 2014.
4. Skjaerpe T, et al, Noninvasive estimation of valve area in patients with aortic stenosis by Doppler ultrasound and two-dimensional echocardiography, Circ 1985; 72:810-818.
5. Rossvoll O, et al, The velocity distribution in the aortic anulus in normal subjects, J Am Soc Echocardiogr 1991; 4:367-78.
6. Ihlen H, et al, Determination of cardiac output by Doppler echocardiography, Br Heart J 1984; 51:54-60.
7. Wiseth R, et al, Cross-sectional left ventricular outflow tract velocity before and after aortic valve replacement: A comparative study with two-dimensional Doppler ultrasound, J Am Soc Echocardiogr 1993; 6:279-85.
8. Sjöberg Janerot B, et al, Subaortic flow profiles in aortic valve disease, J Am Soc Echocardiogr 1994; 7:276-85.
9. Huntsman L, et al, Noninvasive Doppler determination of cardiac output in man: clinical validation, Circ 1983; 67: 593-602.
10. Baumgartner H, et al, Echocardiographic assessment of valve stenosis: EAE/ASE recommendations for clinical practice, Eur J Echocardiogr 2009.