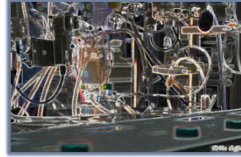


MESURE ECHOCARDIOGRAPHIQUE DU DEBIT CARDIAQUE

Prof. Alexandre OUATTARA
Service d'Anesthésie-réanimation cardio-vasculaire
Hôpital Haut-Lévêque
33600 Pessac, France
E-mail: alexandre.ouattara@chu-bordeaux.fr



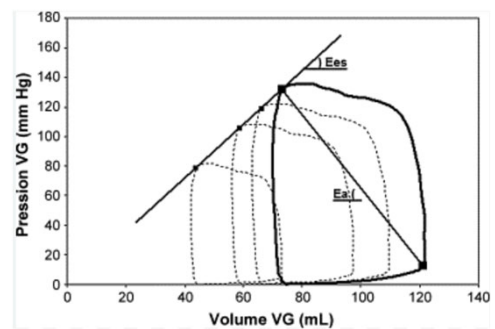
QUEL(S) EST(SONT) LE(S) PARAMÈTRE(S) D'INOTROPISME

1. Dérivée maximale de pression intra-ventriculaire évaluée par la régurgitation mitrale (dP/dt_{max})
2. Intégrale temps-vitesse sous aortique (estimation du VES)
3. Fraction d'éjection ventriculaire gauche
4. Index de Performance myocardique (index de Tei) idéalement mesuré en doppler tissulaire
5. Pic de vélocité à l'anneau mitral en doppler tissulaire

QUEL(S) EST(SONT) LE(S) PARAMÈTRE(S) D'INOTROPISME

1. Dérivée maximale de pression intra-ventriculaire évaluée par la régurgitation mitrale (dP/dt_{max})
2. Intégrale temps-vitesse sous aortique (estimation du VES)
3. Fraction d'éjection ventriculaire gauche
4. Index de Performance myocardique (index de Tei) idéalement mesuré en doppler tissulaire
5. Pic de vélocité à l'anneau mitral en doppler tissulaire

Elastance ventriculaire (maximale)



VOLUME D'EJECTION SYSTOLIQUE

X

FREQUENCE CARDIAQUE



VOLUME D'ÉJECTION SYSTOLIQUE

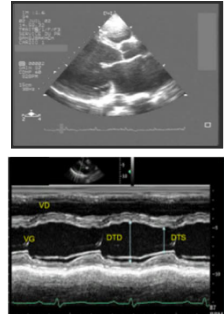
- Paramètre « global » de fonction cardiaque
- Pré-charge (retour veineux)
- Inotropisme (propriété contractile intrinsèque)
- Post-charge ventriculaire (pression aortique)
- Fréquence cardiaque (effet force fréquence ou « stair-case »)
- « Facilement » modélisable en échocardiographie 2D
- « Facilement » mesurable à l'échocardiographie

MÉTHODE DE MESURE DU VES PAR LA DIFFÉRENCE DES VOLUMES

- $VES = VTDVG - VTSVG$
- Méthode de Teicholz
- Méthode de Simpson biplan
- ETT +++

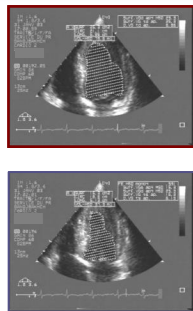
MÉTHODE DE TEICHOLZ

- ParaSternal Grand Axe (PSGA) en mode TM
 - Mode Temps mouvement (TM)
 - DTD → VTD
 - DTS → VTS
 - Formule de Teicholz: $V = 7D^3 / 2,4 + D$
 - VG assimilé à une sphère
- Limites:
 - Morphologie ventriculaire
 - Anomalies cinétique segmentaire
 - Risque de surestimation si IM



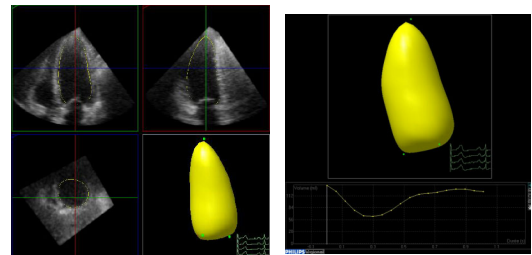
MÉTHODE DE SIMPSON BIPLAN

- Apicale 4C et 2C
 - Simpson biplan
 - $VES = VTD - VTS$
 - $VTD = 40-75 \text{ ml/m}^2$
 - $VTS = 15-30 \text{ ml/m}^2$
 - $FE \% = (VTD - VTS) / VTD$
 - $Fe = 65 \pm 5\%$
- Limite:
 - Risque de surestimation si IM
 - Visualisation endocarde (echo contraste)



Détermination du VES par écho-3D

VTD = 136,3 ml
VTS = 63,8 ml
VES 72,5 ml et FE 53,2%



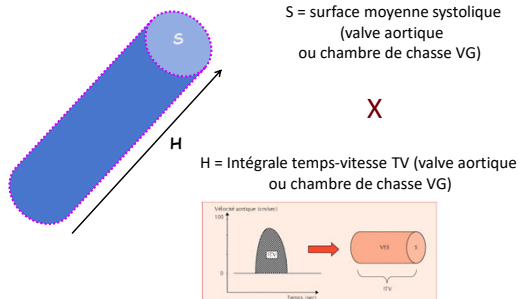
DÉBIT CARDIAQUE

- Volume de sang qui traverse un orifice valvulaire (aortique) dans un temps donné X fréquence cardiaque
- $Q = S \times V_{\text{moyen}} \times \text{temps} \times FC$
- Or $ITV = V_{\text{moyen}} \times \text{temps}$ (en cm)
- Donc $Q = S \times \underbrace{ITV}_{VES} \times FC$

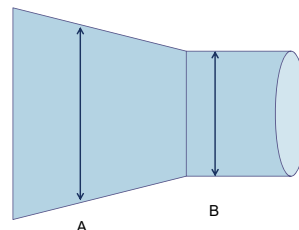
MESURE DU VOLUME D'ÉJECTION SYSTOLIQUE PAR MÉTHODE DOPPLER

- Modélisation du VES à un cylindre ou prisme
- Hauteur = distance parcourue par érythrocytes (ITV)
- Base = orifice éjectionnel (chambre chasse VG+++, orifice mitral ou pulmonaire...)
- Concordance spatiale (S et ITV mesurés au même niveau +++)

Volume d'éjection systolique



CONCORDANCE SPATIALE +++



$$Q_A = Q_B$$

$$ITV_A \times S_A = ITV_B \times S_B$$

$$S_A > S_B$$

$$ITV_A < ITV_B$$

Donc si $S_A \times ITV_B$ alors surestimation du débit cardiaque

DÉBIT AU NIVEAU AORTIQUE (S)

Orifice circulaire ($S = \pi \times R^2$ ou $\pi \times (D^2/4)$)

Mesure en imagerie bidimensionnel (proto-mésosystole)

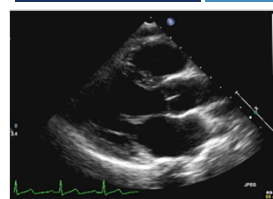
Insertion des sigmoïdes aortiques, bord de fuite-bord d'attaque

Moyenne de plusieurs mesures

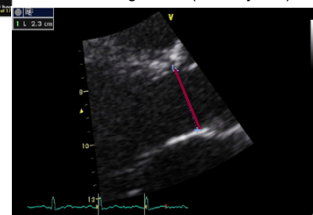
Mesure en PSGA (ETT) ou OMGA (ETO)

Jamais en apicale 5C (ETT)

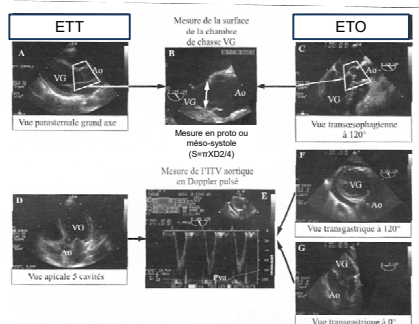
Si non mesurable: 2 cm ou mesure uniquement de l'ITV



Pied des sigmoïdes (mésosystole)



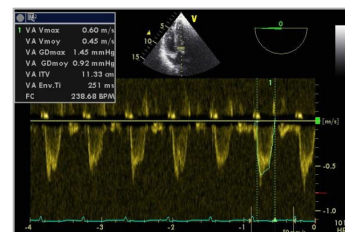
DÉBIT À L'ORIFICE AORTIQUE



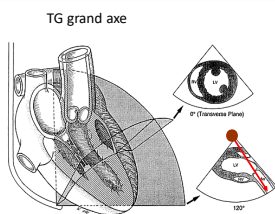
DÉBIT AU NIVEAU SOUS AORTIQUE (H)

- Mesure en doppler pulsé dans la chambre (clic de fermeture uniquement toléré)
- Si trop loin (clic d'ouverture) risque de sur-estimation du débit aortique
- Incidence apicale 5 ou 3 cavités

Valeur normale 14-18 cm

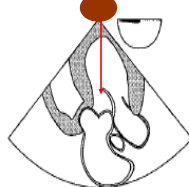


ETO



Perrino et al. Anesthesiology 1998

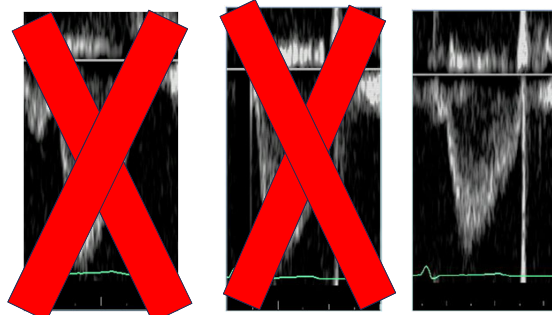
TG profonde (sous sédation +++)



Gadasalli et al. Echocardiography 1982
Katz et al. Am J Cardiol 1993
Darmon et al. Anesthesiology 1994

LIMITES ET CONDITIONS DE MESURE

- Profil de vitesse plat
- Orifice circulaire et stable
- Absence de valvulopathie
- Absence d'obstacle sous-aortique
- Vitesse faible (Doppler pulsé)
- Bonne faisabilité et reproductibilité
- Alignement flux et tir doppler (effet doppler, $\cos\theta = 1$)



Pas de B1 ni B2
Trop dans chambre
chasse

B1 et B2
Trop dans l'anneau

B2 seul
Bonne position

Cardiac Output by Transesophageal Echocardiography Using Continuous-wave Doppler across the Aortic Valve

Anesthesiology 1994; 80:796-805

Pierre-Louis Darmon, M.D.,* Zak Hillel, M.D., Ph.D.,† Allen Mogtader, M.D.,‡
Bruce Mindich, M.D.,§ Daniel Thys, M.D. ||

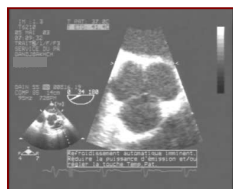


Surface aortique moyenne
(triangle équilatéral)
 $S = 0,433 \times d^2$
ITV (doppler continu dans VA)

EN PRATIQUE...



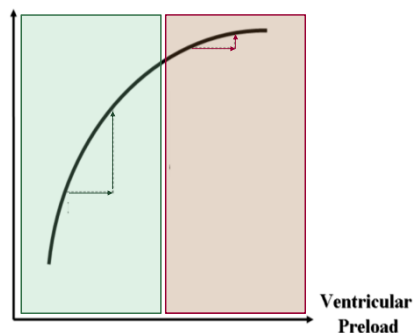
ITV = 25.6 cm et FC = 68/min



Sao = 2.4 cm²

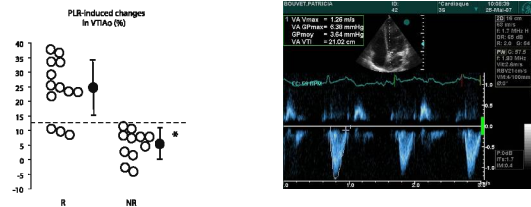
$$DC = (25.6 \text{ cm} \times 2.4 \text{ cm}^2) \times 68 = 4.18 \text{ l/min}$$

Stroke Volume



Lever de Jambe Passif

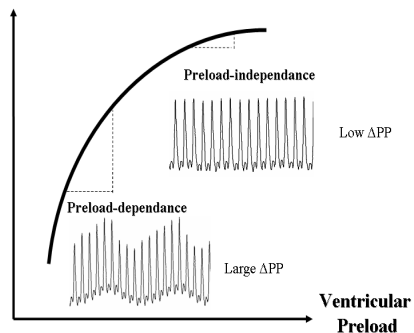
Lever passif de jambes = PLR = expansion volémique virtuelle de 300 ml



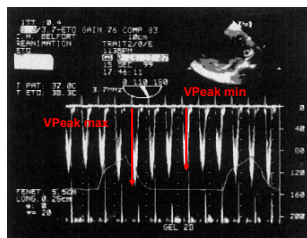
Positive response :
A 15 % sub aortic VTI increase

Lamia et al Intensive Care Med 2007

Stroke Volume



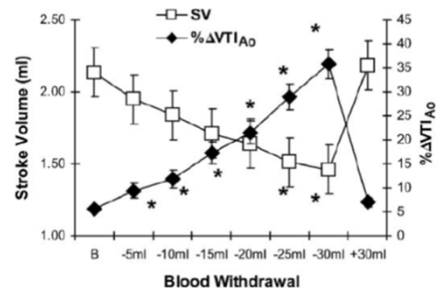
VARIATIONS RESPIROIRES DU VES



$$\Delta V_{Peak} = \frac{V_{Peak \max} - V_{Peak \min}}{(V_{Peak \max} + V_{Peak \min}) / 2} \times 100$$

Feissel et al. Chest 2001

VARIATIONS RESPIROIRES DE L'ITVAO



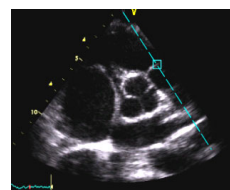
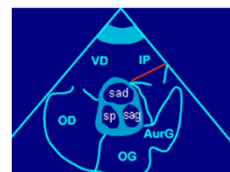
Slama et al. AJP 2002

DÉBIT PULMONAIRE

$$DP = Sp \times ITV \times FC$$

- Intérêt de mesurer à la fois le Q pulm et le Q aortique (estimation Qp/Qs)
- Evaluation des cardiopathies congénitales (CIA, CIV, Canal artériel...)

- PSPA centré sur la base du cœur
- Mesure de l'anneau pulmonaire en proto-systole
- Bord de fuite à bord d'attaque

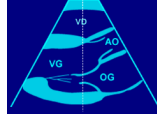


- Doppler pulsé plan des sigmoïdes pulmonaires
- Click de fermeture uniquement toléré

DÉBIT CARDIAQUE À L'ANNEAU MITRAL

Débit mitral = $S_m \times ITV \times FC$

- Limite : mesure assez peu reproductible

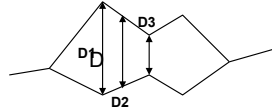


- Surface mitrale

TM PSGA au bord libre des feuillets mitraux

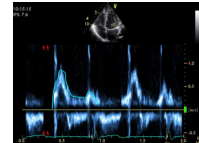
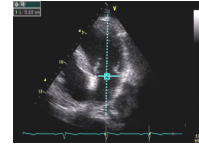
$$D = D1 + D2 + D3 / 3$$

$$S = \pi D^2 / 4$$



DÉBIT CARDIAQUE À L'ANNEAU MITRAL

- ITV mitral
- Apicale 4C
- Doppler pulsé au niveau du plan de l'anneau



CONCLUSION

- Paramètre qui s'adapte aux conditions de charge et non régulé
- Paramètre de fonction globale (pas d'inotropisme)
- Sa détermination à l'échocardiographie repose sur la détermination du VES (méthode doppler +++)
- Mesure fiable mais sujette à des biais de mesure
- Plus que sa valeur, importance des variations...