DIU TUSAR

Bordeaux – Mardi 16 décembre 2025

Fonction diastolique et pressions de remplissage du ventricule gauche

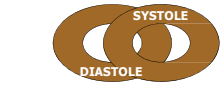
Philippe Vignon

Réanimation Polyvalente
Inserm CIC 1435
CHU Limoges

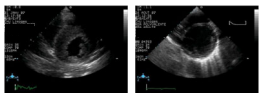
Physio-pathologie

(Dys)fonction diastolique

- Fonction diastolique **normale** : capacité du VG à se remplir jusqu'à atteindre un volume télédiastolique normal, au repos et à l'exercice, **sans élévation** de la pression auriculaire gauche (< 12 mmHg)
- **Dysfonction diastolique** : **allongement** de la **relaxation** (active) du VG souvent associée à une **diminution** de sa **compliance** (passive), notamment en cas de dysfonction systolique sévère.



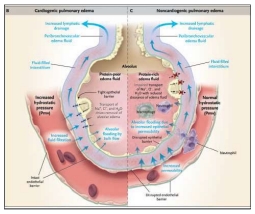
Hypertrophie | Ischémie

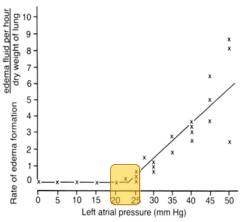


FEVG conservée | FEVG diminuée

Physio-pathologie

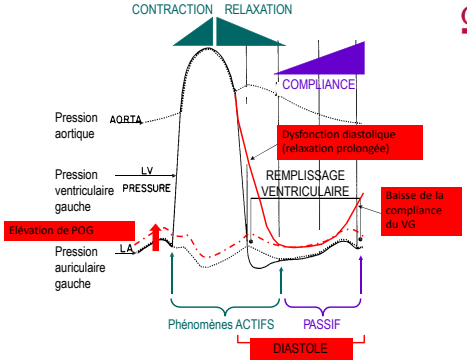
OAP cardiogénique vs. lésionnel

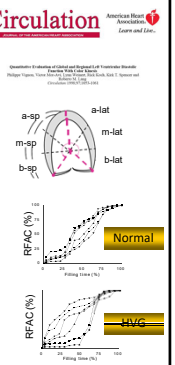




Ware LB et al N Engl J Med 2005; 353: 2788-96

Guyton, 1959





Physio-pathologie

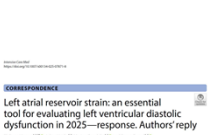
SDRAet choc septique : Dysfonction systolique VG

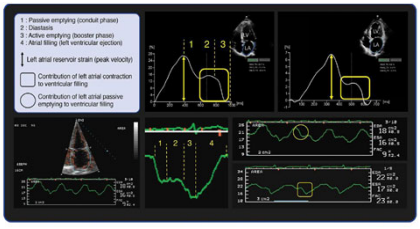
OAPcardiogénique : Fonction systolique VGnormale

La fonction systolique VGn'est **PAS discriminante** pour le diagnostic d'OAP cardiogénique

Physio-pathologie

Rôle accru de la contribution OG au remplissage VG





Physio-pathologie

Dysfonction diastolique du VG

- Atteinte hétérogène du VG
- Conséquence 1 : élévation des pressions de remplissage du VG
- Conséquence 2 : augmentation de la contribution de l'OG au remplissage du VG

↓

Propriétés diastoliques du VG et pressions de remplissage du VG sont donc intimement intriquées

↓

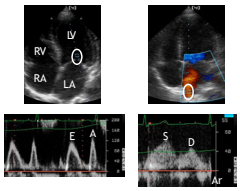
L'OG augmente sa contraction puis se dilate et défaille

Physio-pathologie | Outils diagnostique

Doppler pulsé

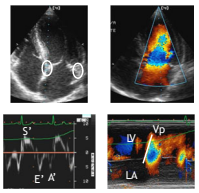
Remplissage du cœur gauche

Mitral Doppler | Pulmonary vein Doppler



Relaxation

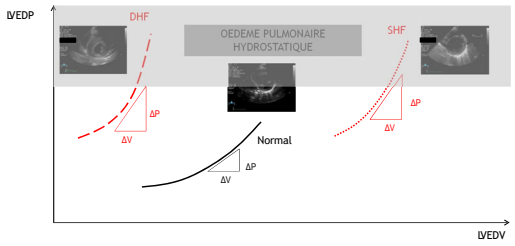
Tissue Doppler imaging (mitral ring) | M-mode color Doppler



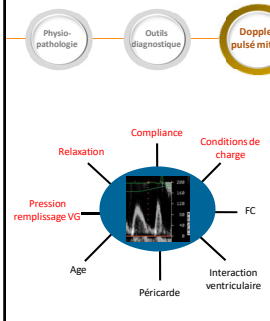
Vignon P et al. In: Hemodynamic monitoring in critically ill patients ; Springer (2008)

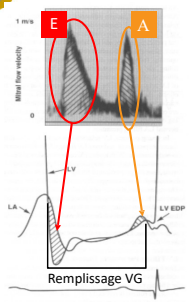
Physio-pathologie

Risque : OAP hydrostatique / cardiogénique



Physio-pathologie | Outils diagnostique | Doppler pulsé mitral





ITV E : gradient de pression OG-VG pendant le remplissage ventriculaire précoce : RELAXATION

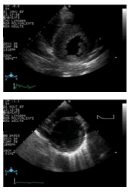
ITV A : gradient de pression OG-VG pendant la contraction auriculaire : COMPLIANCE

E / A : contribution relative du remplissage VG précoce et par contraction de l'OG (en l'absence de valvulopathie mitrale)

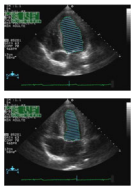
Physio-pathologie | Outils diagnostique

Echocardiographie bidimensionnelle

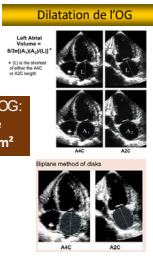
Identification de la cardiopathie gauche responsable



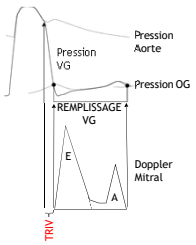
FEVG conservée ou diminuée

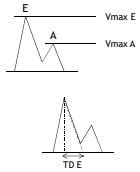


Dilatation de l'OG



Dilatation OG: volume > 34 mL/m²

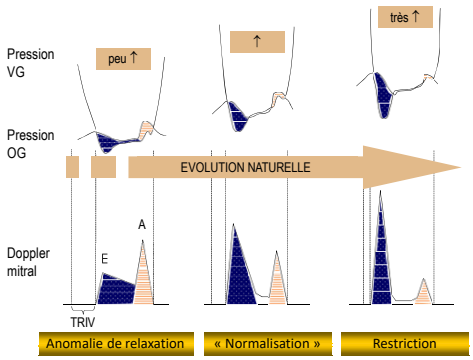




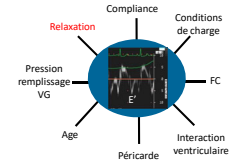
Paramètres simples et reproductibles :
- Vmax E/ VmaxA
- Temps de décélération (TD) onde E

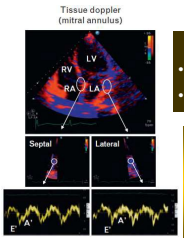
Vignon P et al. In: Hemodynamic monitoring in critically ill patients ; Springer (2008)

- Le temps de relaxation isovolumique (TRIV) reflète au mieux la relaxation
- Il est difficile à mesurer en ETT et non validé en ETO



Physio-pathologie | Outils diagnostique | Doppler pulsé mitral | Doppler tissulaire anneau mitral





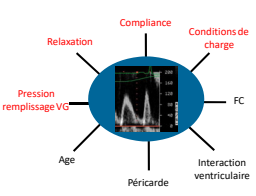
❖ E' est moins précharge-dépendant que les paramètres Doppler conventionnels
❖ Protodiastolique, il reflète mieux la relaxation VG

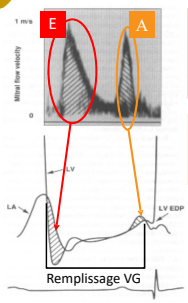
VALEURS NORMALES
- E' latéral ≥ 10 cm/s
- E' septal ≥ 7 cm/s

E' non valide si :
❖ Valvulopathie mitrale
❖ Valve / anneau prothétique
❖ BBG, électro-entrainé
❖ Péricardite constrictive

Vignon P Curr Opin Crit Care 2013 ; 19 : 242-9

Physio-pathologie | Outils diagnostique | Doppler pulsé mitral





ITV E : gradient de pression OG-VG pendant le remplissage ventriculaire précoce : RELAXATION

ITV A : gradient de pression OG-VG pendant la contraction auriculaire : COMPLIANCE

E / A : contribution relative du remplissage VG précoce et par contraction de l'OG (en l'absence de valvulopathie mitrale)

Physio-pathologie | Outils diagnostique | Doppler pulsé mitral | Doppler tissulaire anneau mitral

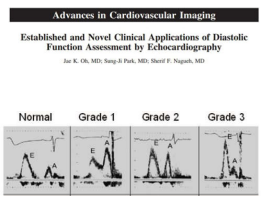
Reproductibilité des mesures

Reproductibilité	TRIV	V_{max} E	V_{max} A	DT_E	V_{max} S	V_{max} D	V_{max} E' septal	V_{max} E' lateral	Vp
Inter-observateur	10%	1%	3%	13%	4%	5%	4%	5%	11%
Intra-observateur	6%	2%	2%	7%	4%	6%	2%	2%	7%

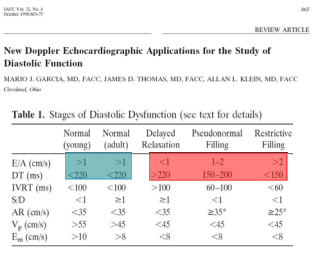
❖ DTI : E' aisée à obtenir même si imagerie 2D suboptimale
❖ TM couleur (Vp) : nécessite une bonne qualité d'image 2D et l'absence de déformation VG (courant entrant excentré et TM mal aligné)
❖ Vp : à éviter en réanimation car difficile à mesurer et peu reproductible.

Vignon P et al. Crit Care 2007 ; 11 : R43

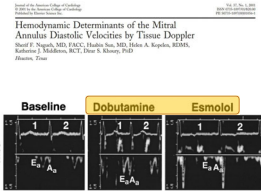
Physio-pathologie | Outils diagnostique | Doppler pulsé mitral



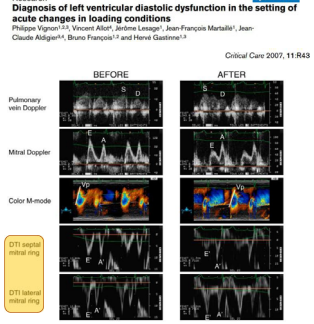
Circ Cardiovasc Imaging 2011 ; 4 : 444-455



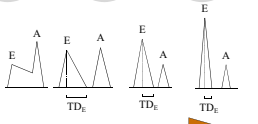
J Am Coll Cardiol 1998 ; 32 : 865-75.



E' peut varier sous traitement inotrope (lusinotrope) et après variations aiguës des conditions de charge du VG.



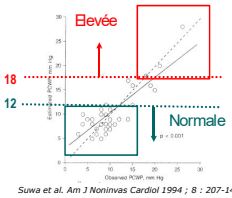
Physio-pathologie | Outils diagnostique | Doppler pulsé mitral | Doppler tissulaire anneau mitral | Évaluation pressions remplissage VG



PRESSIONS DE REMPLISSAGE VG

Cœur normal (âge)	Basses	Normales	Normales ou élevées (âge)
Cardiopathie avec dysfonction diastolique VG	Normales ou élevées	Elevées	Très élevées

Le Doppler mitral est performant pour estimer la PAPO lorsqu'elle est élevée



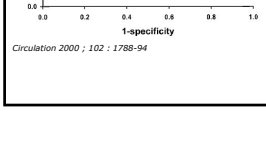
Suwa et al. Am J Noninvas Cardiol 1994 ; 8 : 207-14

	Valeurs seuil	PAPO prédite
E/A	> 2	> 18 mmHg
TD_E	< 120 ms	> 18 mmHg

Physio-pathologie | Outils diagnostique | Doppler pulsé mitral | Doppler tissulaire anneau mitral | Évaluation pressions remplissage VG

Cardiopathes en VS

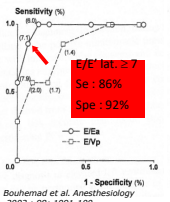
Clinical Utility of Doppler Echocardiography and Tissue Doppler Imaging in the Estimation of Left Ventricular Filling Pressures
A Comparative Simultaneous Doppler-Catheterization Study



Circulation 2000 ; 102 : 1788-94

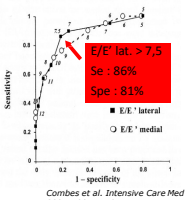
Patients de réanimation en VAC

PAPO ≥ 13 mmHg



Bouhemad et al. Anesthesiology 2003 ; 98: 1091-100

PAPO ≥ 15 mmHg

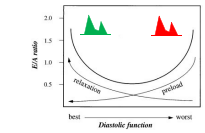


Combes et al. Intensive Care Med 2004 ; 30 : 75-81

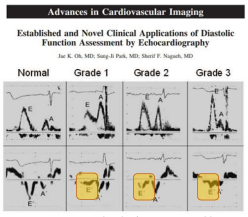
Physio-pathologie | Outils diagnostique | Doppler pulsé mitral | Doppler tissulaire anneau mitral | Évaluation pressions remplissage VG

Bonne relaxation
Pressions de remplissage basse
Profil **normal**

Anomalie de relaxation
Pressions de remplissage élevées
Profil **normalisé**



Garcia MJ et al. JACC 1998 ; 32 : 865-75



Circ Cardiovasc Imaging 2011 ; 4 : 444-455

Le Doppler mitral est moins performant pour estimer la PAPO en cas de cardiopathie associée : il faut alors lui associer le Doppler tissulaire

Physio-pathologie | Outils diagnostique | Doppler pulsé mitral | Doppler tissulaire anneau mitral | Évaluation pressions remplissage VG

Research
Open Access
Echocardiographic assessment of pulmonary artery occlusion pressure in ventilated patients: a transoesophageal study
Philippe Vignon[1,2,3], Ali AitHssain[4], Bruno François[1,2], Pierre-Marie Preux[2,5], Nicolas Pichon[1,2], Marc Clavel[1,2], Jean-Pierre Frat[6] and Hervé Gastinne[1,3]

Crit Care 2008 ; 12 : R18

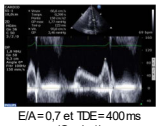
E/E' lateral < 8,0 : PAPO < 18 mmHg
- Sensibilité : 83 %
- Spécificité : 88 %

Doppler indices based on DTI of the lateral mitral ring and colour M-mode propagation velocity obtained in protocol B, according to the level of invasive PAOP measured during RHC

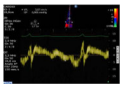
	PAOP ≤ 18 mmHg ($n = 24$)	PAOP > 18 mmHg ($n = 8$)	p Value
Vp (cm/s)	45 ± 10	35 ± 8	0.05
E' lateral (cm/s)	12.9 ± 3.9	9.2 ± 1.3	0.01
E/Vp	1.7 ± 0.6	2.7 ± 0.5	0.0006
E/E' lateral	5.9 ± 2.2	10.6 ± 3.3	0.0002

Dysfonction systolique VG : n = 7

Fonction systolique VG normale : n = 49

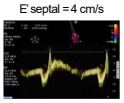


E/A = 0,7 et TDE = 400 ms (Grade 1)

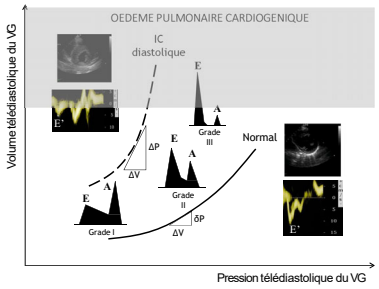


E' septal = 4 cm/s

E/E' moyenné : 14



E' lateral = 6 cm/s



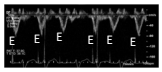
Vignon P Curr Opin Crit Care 2013 ; 19 : 242-9

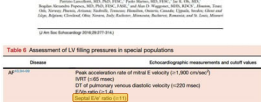
Physio-pathologie | Outils diagnostique | Doppler pulsé mitral | Doppler tissulaire anneau mitral | Évaluation pressions remplissage VG

Patients en FA

Paramètres Doppler	Valeur seuil	PAPO prédite	Sensibilité	Spécificité
TD_E	< 150 ms	> 15 mmHg	71%	100%
	< 120 ms	≥ 20 mmHg	100%	96%
E/E' septal	≥ 11	≥ 15 mmHg	75%	93%

Moyenne de 10 cycles cardiaques… …ou de 3 battements non consécutifs avec une durée de cycle dans les 10 à 20% de variation de fréquence cardiaque





Vignon P. Réanimation 2007 ; 16 : 139-146

Recommandations internationales : pourquoi ?

ASE/EACVI GUIDELINES AND STANDARDS

Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging

Sherif F. Nagueh, Chair, MD, FASE,[1] Otto A. Smiseth, Co-Chair, MD, PhD,[2] Christopher P. Appleton, MD,[3] Benjamin F. Byrd, III, MD, FASE,[4] Hisham Dokainish, MD, FASE,[5] Thor Edvardsen, MD, PhD,[6] Frank A. Flachskampf, MD, PhD, FESC,[7] Thierry C. Gillebert, MD, PhD, FESC,[8] Allan L. Klein, MD, FASE,[9] Patrizio Lancellotti, MD, PhD, FESC,[10] Paolo Marino, MD, FESC,[11] Jae K. Oh, MD,[12] Bogdan Alexandru Popescu, MD, PhD, FESC, FASE,[13] and Alan D. Waggoner, MHS, RDCS[14], Houston, Texas; Oslo, Norway; Phoenix, Arizona; Nashville, Tennessee; Hamilton, Ontario, Canada; Uppsala, Sweden; Ghent and Liège, Belgium; Cleveland, Ohio; Novara, Italy; Rochester, Minnesota; Bucharest, Romania; and St. Louis, Missouri

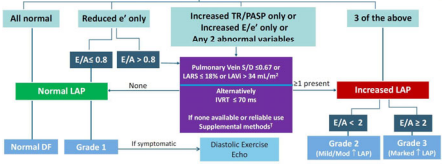
(J Am Soc Echocardiogr 2016;29:277-314.)

when feasible, particularly in patients referred with symptoms of dyspnea or diagnosis of "heart failure." In addition, the grade of LV diastolic dysfunction should be included in the reports along with the estimated LV filling pressures. The rationale for this recommendation comes from several single center and epidemiologic studies showing the independent and incremental prognostic information provided by LV diastolic dysfunction grade in several settings including HFrEF, HFpEF and acute myocardial infarction.[7,8,9] Finally, when feasible, with heart failure. In patients with AF, Doppler assessment of LV diastolic function is limited by the variability in cycle length, the absence of organized atrial activity, and the frequent occurrence of LA enlargement regardless of filling pressures. In general, when

LV Diastolic Function Grading & LAP Estimation

1. Reduced e' velocity: septal ≤6 or lateral ≤ 7 or average ≤ 6.5 cm/s *
2. Increased E/e': septal ≥ 15 or lateral ≥ 13 or average ≥ 14
3. Increased TR velocity ≥ 2.8 m/s or PASP ≥ 35 mm Hg

Except in MAC, MR, MS[§], Atrial Fibrillation, LVAD, Non-cardiac PH, HTX, Pericardial constriction



ASE/EACVI GUIDELINES AND STANDARDS

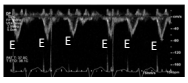
Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging

Sherif F. Nagueh, Chair, MD, FASE,[1] Otto A. Smiseth, Co-Chair, MD, PhD,[2] Christopher P. Appleton, MD,[3] Benjamin F. Byrd, III, MD, FASE,[4] Hisham Dokainish, MD, FASE,[5] Thor Edvardsen, MD, PhD,[6] Frank A. Flachskampf, MD, PhD, FESC,[7] Thierry C. Gillebert, MD, PhD, FESC,[8] Allan L. Klein, MD, FASE,[9] Patrizio Lancellotti, MD, PhD, FESC,[10] Paolo Marino, MD, FESC,[11] Jae K. Oh, MD,[12] Bogdan Alexandru Popescu, MD, PhD, FESC, FASE,[13] and Alan D. Waggoner, MHS, RDCS[14], Houston, Texas; Oslo, Norway; Phoenix, Arizona; Nashville, Tennessee; Hamilton, Ontario, Canada; Uppsala, Sweden; Ghent and Liège, Belgium; Cleveland, Ohio; Novara, Italy; Rochester, Minnesota; Bucharest, Romania; and St. Louis, Missouri

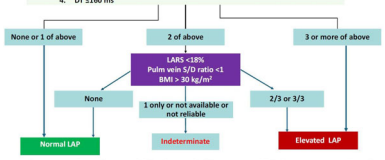
(J Am Soc Echocardiogr 2016;29:277-314.)

- Les critères diagnostiques de dysfonction diastolique du VG associent l'anomalie de relaxation (E' bas), l'augmentation des pressions de remplissage du VG (E/E' moyenné élevé et dilatation de l'OG), et l'HTAP postcapillaire en résultant (Vmax IT qualifiante)
- La dysfonction systolique (FEVG basse) est toujours considérée comme étant associée à une dysfonction diastolique
- Lorsque la FEVG est normale, la dysfonction diastolique doit être cherchée si dyspnée / IRA
- Une fois la dysfonction diastolique établie, sa sévérité doit être déterminée (3 grades).

LAP Estimation in Atrial Fibrillation



1. Mitral E velocity ≥100 cm/s
2. Septal E/e' ratio > 11
3. TR velocity > 2.8 m/s or PASP > 35 mm Hg
4. DT ≤160 ms



ASE / EACVI recommendations : 2025 update pour FEVG conservée

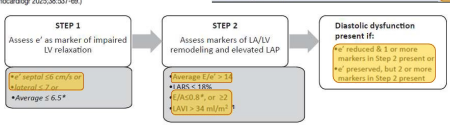
GUIDELINES AND STANDARDS

Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography and for Heart Failure With Preserved Ejection Fraction Diagnosis: An Update From the American Society of Echocardiography

(J Am Soc Echocardiogr 2025;38:537-69.)

Table 6 Mitral annular e' velocity values for diagnosis of impaired LV relaxation

	20-39 y	40-65 y	>65 y
1. Septal e', cm/s	<7	<6	<6
2. Lateral e', cm/s	<10	<8	<7
3. Average e', cm/s	<9	<7	<6.5

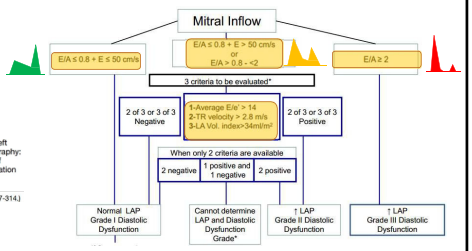


ASE / EACVI 2016 recommendations : FEVG basse

ASE/EACVI GUIDELINES AND STANDARDS

Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging

(J Am Soc Echocardiogr 2016;29:277-314.)



Physio-pathologie | Outils diagnostique | Doppler pulsé mitral | Doppler tissulaire anneau mitral | Evaluation pression remplissage | Guidelines et mise en pratique

Absence de dysfonction diastolique du VG

REVIEW

Current Opinion

Ventricular diastolic abnormalities in the critically ill

Philippe Vignon[a,b,c]

Vignon P Curr Opin Crit Care 2013 ; 19 : 242-9

Echocardiographic findings allowing to rule out a relevant LV diastolic dysfunction

No LV morphological abnormality

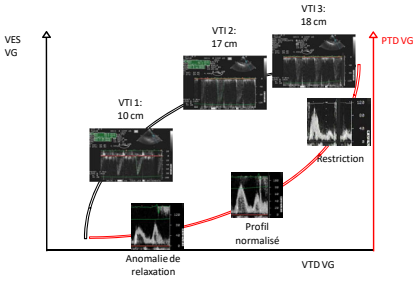
Normal left-atrial size

Homogeneous pattern of LV contraction

Normal or abnormal relaxation (grade I) pattern according to age, and no cardiac disease

E/E' < 8

Physio-pathologie | Outils diagnostique | Doppler pulsé mitral | Doppler tissulaire anneau mitral | Evaluation pression remplissage | Guidelines et mise en pratique



Physio-pathologie | Outils diagnostique | Doppler pulsé mitral | Doppler tissulaire anneau mitral | Evaluation pression remplissage | Guidelines et mise en pratique

Insuffisance respiratoire aiguë et infiltrat radiologique bilatéral

→ **Evaluation Doppler des pressions de remplissage VG**

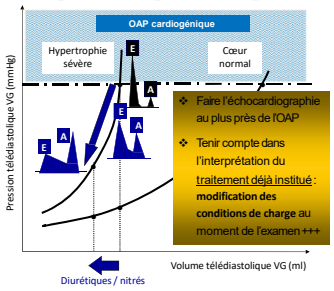
→ **Pressions estimées ≤ 18 mmHg** → SDRA (chercher les signes de coeur pulmonaire)

→ **Pressions estimées > 18 mmHg : OAP cardiogénique**

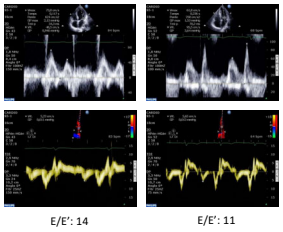
Signes Echo.		Diagnostic évoqué
Dysfonction systolique VG ?	OUI	Insuffisance cardiaque congestive
NON ↓ Surcharge de volume VG ?	OUI	Fuite valvulaire (aiguë & sévère) Surcharge de volume (iatrogène)
NON ↓ Dysfonction diastolique VG ?	OUI	Insuffisance cardiaque à FEVG conservée

P Vignon In: Acute Heart Failure Syndrome Mebazaa A. Ed Springer (2008)

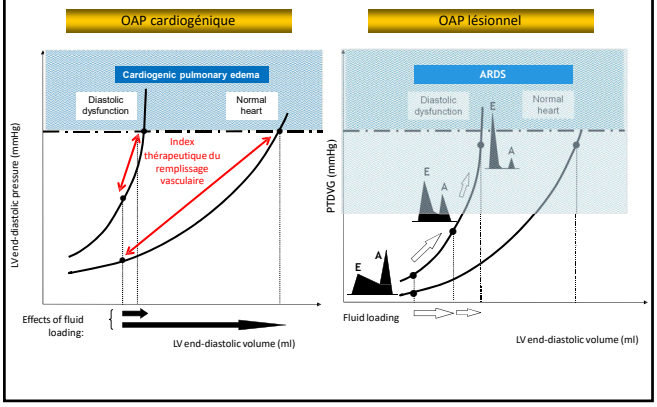
Physio-pathologie | Outils diagnostique | Doppler pulsé mitral | Doppler tissulaire anneau mitral | Evaluation pression remplissage | Guidelines et mise en pratique



- Faire l'échocardiographie au plus près de l'OAP
- Tenir compte dans l'interprétation du traitement déjà institué : **modification des conditions de charge** au moment de l'examen +++



Vignon P Curr Opin Crit Care 2013 ; 19 : 242-9

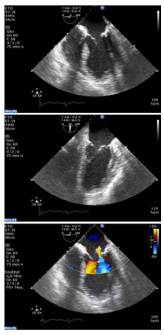


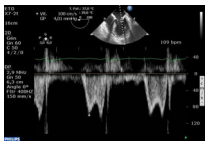
Physio-pathologie | Outils diagnostique | Doppler pulsé mitral | Doppler tissulaire anneau mitral | Evaluation pression remplissage | Guidelines et mise en pratique

Cas Clinique : échec de sevrage du respirateur

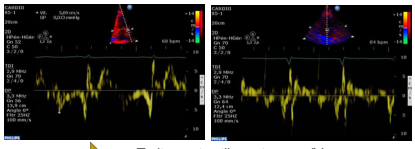
- Homme de 76 ans, hypertendu, cardiomyopathie ischémique avec FEVG à 45%
- Pontages aorto-coronaire sans CEC (pas de problemes peropératoires)
- Transfert pour sevrage difficile après 2 échecs d'épreuve de VS sur tube en T
- ETT: fonction systolique VG normale (FEVG à 55%), E/E' moyenné à 10, IM minime
- Bilan hydrique négatif (- 6 kgs sous diurétiques) : échec de l'épreuve de VS sur tube à 10 min
- Patient immédiatement reconnecté au respirateur et ETO en volume contrôlé.

Echec pièce en T: PA= 210 / 115 mmHg





Vmax E: 100 cm/s
E/E' moyenné : 17

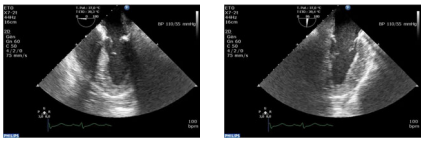


Traitement antihypertenseur IV

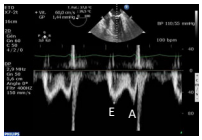
Fonction diastolique et pression de remplissage du VG

- Propriétés **diastoliques** et **pressions de remplissage** du VG sont étroitement liées
- En cas de dysfonction diastolique, **la fonction systolique peut être conservée** ou non
- Le diagnostic d'**OAP cardiogénique** repose sur la mise en évidence d'une **élévation des pressions** de remplissage du VG à l'instant t, souvent associée à une dysfonction diastolique (sévère) & cardiopathie
- Les recommandations internationales ne sont pas adaptées au patient en état critique
- **L'élévation des pressions de remplissage** est l'information pertinente pour le réanimateur
- OAP à FEVG conservée : documenter **au plus près de l'épisode** pour éviter les diagnostics par excès.

VAC& Nicardipine IV : PA= 110 / 55 mmHg



Vmax E: 60 cm/s
E/E' moyenné : 10



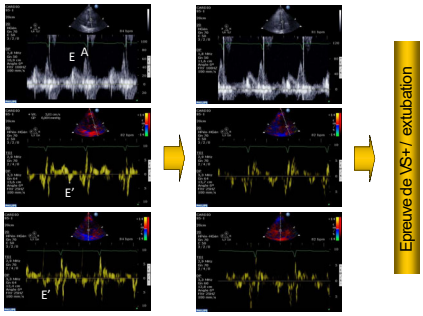
Vmax E: 40 cm/s
E/E' moyenné : 10

~~Before SBT~~

~~SBT~~

Vmax E: 40 cm/s
E/E' moyenné : 10

TTT peronnalisé



Epreuve de VS+/ extubation