

6^{ème} séminaire national d'échocardiographie en réanimation
(DIUs d'échocardiographie français)

Œdème aigu du poumon (OAP)
« hémodynamique » ou « cardiogénique »

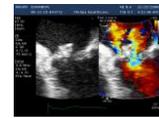


P Vignon
Réanimation
Polyvalente
CHU Limoges

SDRA & choc septique :
dysfonction pompe VG



OAP cardiogénique : fonction
pompe VG conservée



Critère diagnostique d'OAP « hémodynamique »

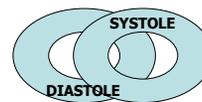
ELEVATION DE LA PRESSION VEINEUSE PULMONAIRE

OAP « cardiogénique », « hydrostatique »,
« hémodynamique », « secondaire »...



Echocardiographie DOPPLER :
ELEVATION DES PRESSIONS DE REMPLISSAGE DU VG

La fonction systolique n'est pas un critère discriminant

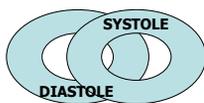
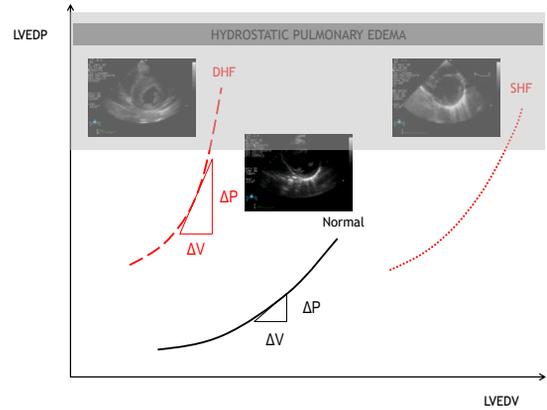
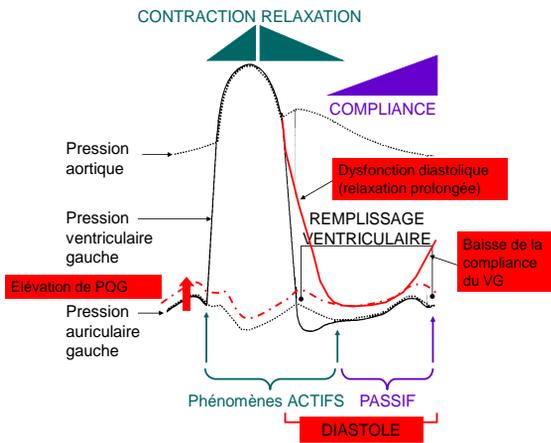


Dysfonction SYSTOLIQUE

Dysfonction DIASTOLIQUE

Défaillance circulatoire

Défaillance respiratoire



Cardiopathie hypertrophique



Fraction d'éjection VG
conservée

Cardiopathie ischémique



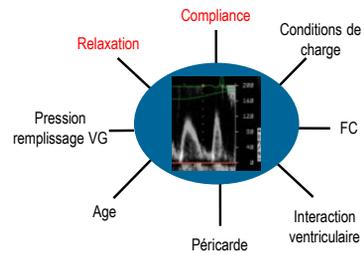
Dysfonction systolique VG
associée : FE diminuée

Messages

1. Fonction diastolique normale : capacité du VG à se remplir **totalem** sans élever ses pressions de remplissage (à l'effort et au repos)
2. Propriétés diastoliques et pressions de remplissage du VG sont **étroitement liées**
3. En cas de dysfonction diastolique, la fraction d'éjection du VG peut être conservée ou non.

Doppler et propriétés diastoliques VG

Doppler pulsé mitral

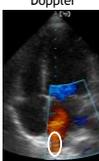


Doppler spectral « conventionnel »

Mitral Doppler

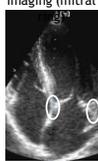


Pulmonary vein Doppler

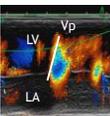
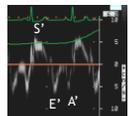
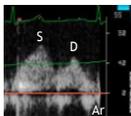
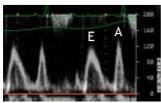
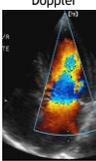


Autres modes Doppler

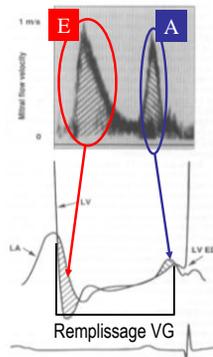
Tissue Doppler imaging (mitral)



M-mode color Doppler

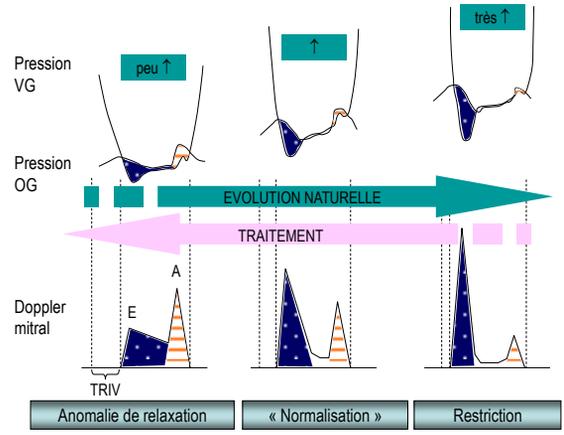
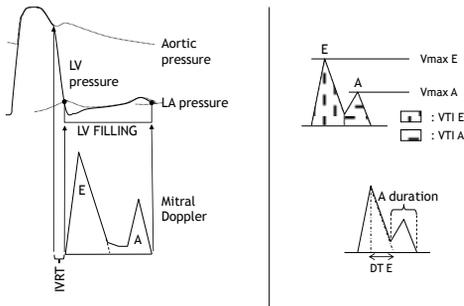


Doppler mitral : gradient pression OG/VG



- Intégrale temps-vitesse (ITV) de l'onde E : gradient de pression OG-VG pendant le remplissage ventriculaire rapide : **RELAXATION**
- ITV de l'onde A : gradient de pression OG-VG pendant la contraction auriculaire : **COMPLIANCE**
- rapport E / A ↔ contribution relative du remplissage VG rapide / tardif.

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



JACC Vol. 32, No. 4
October 1998:65-75

865

REVIEW ARTICLE

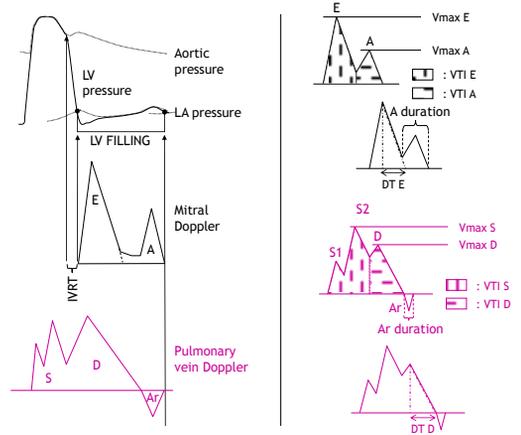
New Doppler Echocardiographic Applications for the Study of Diastolic Function

MARIO J. GARCIA, MD, FACC, JAMES D. THOMAS, MD, FACC, ALLAN L. KLEIN, MD, FACC
Cleveland, Ohio

Table 1. Stages of Diastolic Dysfunction (see text for details)

	Normal (young)	Normal (adult)	Delayed Relaxation	Pseudonormal Filling	Restrictive Filling
E/A (cm/s)	>1	>1	<1	1-2	>2
DT (ms)	<220	<220	>220	150-200	<150
IVRT (ms)	<100	<100	>100	60-100	<60
S/D	<1	≥1	≥1	<1	<1
AR (cm/s)	<35	<35	<35	≥35*	≥25*
V _p (cm/s)	>55	>45	<45	<45	<45
E _m (cm/s)	>10	>8	<8	<8	<8

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



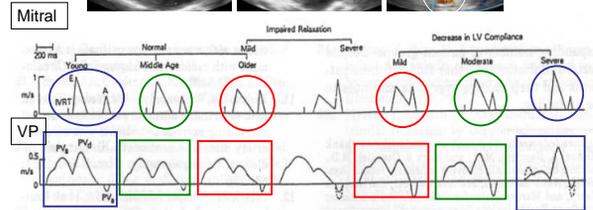
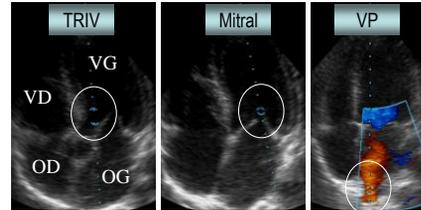
New Doppler Echocardiographic Applications for the Study of Diastolic Function

MARIO J. GARCIA, MD, FACC, JAMES D. THOMAS, MD, FACC, ALLAN L. KLEIN, MD, FACC
Cleveland, Ohio

Table 1. Stages of Diastolic Dysfunction (see text for details)

	Normal (young)	Normal (adult)	Delayed Relaxation	Pseudonormal Filling	Restrictive Filling
E/A (cm/s)	>1	>1	<1	1-2	>2
DT (ms)	<220	<220	>220	150-200	<150
IVRT (ms)	<100	<100	>100	60-100	<60
S/D	<1	≥1	≥1	<1	<1
AR (cm/s)	<35	<35	<35	≥35*	≥25*
V _p (cm/s)	>55	>45	<45	<45	<45
E _m (cm/s)	>10	>8	<8	<8	<8

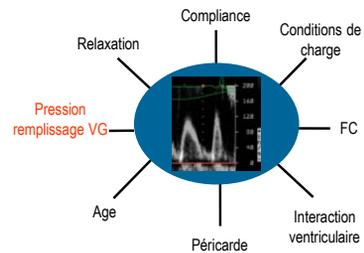
Garcia M. *J Am Coll Cardiol* 1998 ; 32 : 865-75.



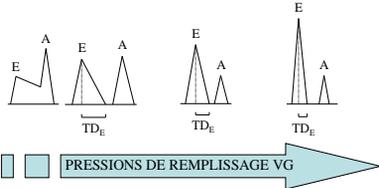
Appleton CP. *Echocardiography* 1992 ; 9 : 437-57.

Doppler et pressions de remplissage VG

Doppler pulsé mitral



Profil mitral = fonction diastolique + P remplissage



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

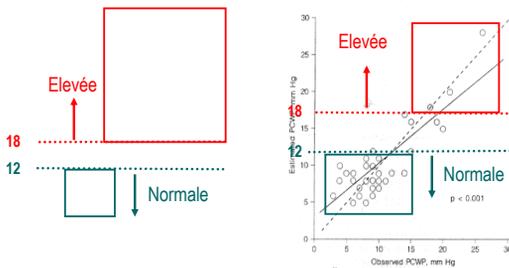
Evaluation des pressions de remplissage VG par Doppler

Etudes de validation : référence invasive = PAPO

- Evaluation de la PAPO à partir des **profils Doppler pulsé mitral et pulmonaire** :
 - quantitative : formules (complexes) avec plusieurs indices
 - semi-quantitative : valeur seuil d'un indice Doppler pour prédire un niveau (élevé) de PAPO
- Doppler tissulaire (anneau mitral) et TM couleur

Evaluation quantitative de la PAPO

Equations (complexes) incluant plusieurs indices Doppler



Vanoverschelde et al. *Am J Cardiol* 1995 ; 75 : 383-9

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

Evaluation semi-quantitative de PAPO

	Timing	Oxygenation	Chest Radiograph	Pulmonary Artery Wedge Pressure
ARDS criteria	Acute onset	P _{aO₂} /F _{iO₂} < 200 mm Hg (regardless of PEEP level)	Bilateral infiltrates seen on frontal chest radiograph	< 18 mm Hg when measured or no clinical evidence of left atrial hypertension

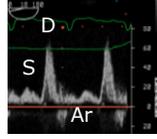
- Déterminer une **valeur seuil (PAPO ≤ / > 18 mmHg)**
- Validation chez des patients ventilés
- Indices Doppler simples (examens réalisés par réanimateurs)
- Diagnostic différentiel OAP « hémodynamique » : SDRA
 - pas de cardiopathie gauche
 - cœur pulmonaire aigu possible.

Bernard et al. *Am J Respir Crit Care Med*



Utilisation de valeurs seuil

Patients de cardiologie en VS



PAPO > 18 mmHg

Doppler mitral

- TRIV < 70 ms
- E/A > 2
- TD_E < 120 ms

PAPO > 15-18 mmHg

Doppler veineux pulmonaire

- S/D < 0,5
- ITV_S / ITV_{S+D} < 40%
- durée Ar/A > 1

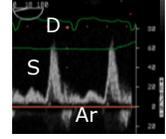
Giannuzzi et al. *J Am Coll Cardiol* 1994;23:1630

Rossvoll et al. *J Am Coll Cardiol* 1993;21:1687
Yamamoto et al. *J Am Soc Echocardiogr* 1997;10:52



Utilisation de valeurs seuil

Patients de réanimation en VM



PAPO > 18 mmHg

Doppler mitral

- E/A > 2
- E/A > 1,4

PAPO > 18 mmHg

Doppler veineux pulmonaire

- ITV_S / ITV_{S+D} < 40%
- ITV_S / ITV_{S+D} < 44%
- S/D < 0,65
- durée Ar/A > 1

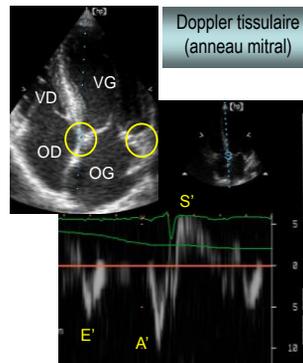
Boussuges A et al. *Crit Care Med* 2002; 30:362-7

Etudes patients réanimation ventilés

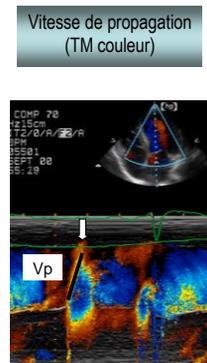
Paramètres Doppler	Valeurs seuil	PAPO prédite	Sensibilité	Spécificité	Valeur prédictive positive
E/A	> 2	> 18 mmHg	-	-	-
	> 2	> 18 mmHg	-	-	100%
TD _E	< 120 ms	> 18 mmHg	-	-	-
S/D	< 0,6	> 18 mmHg	85%	94%	-
Fraction systolique	< 55%	> 15 mmHg	91%	87%	-
	< 40%	> 18 mmHg	-	-	-
	≤ 40%	≥ 18 mmHg	100%	100%	100%
	≤ 44%	> 18 mmHg	85%	88%	-
TD _D	< 175 ms	≥ 18 mmHg	100%	94%	-

Vignon P. *Réanimation* 2007 ; 16 : 139-146

Autres paramètres Doppler

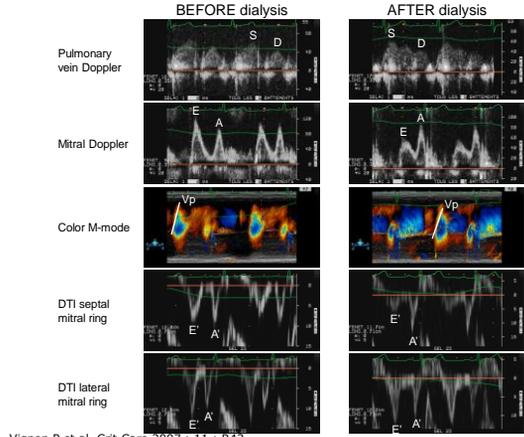
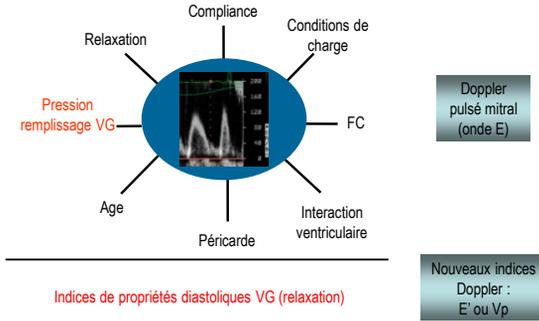


Doppler tissulaire (anneau mitral)



Vitesse de propagation (TM couleur)

Indices Doppler composites



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

JACC Vol. 32, No. 4
October 1998:65-75

85

REVIEW ARTICLE

New Doppler Echocardiographic Applications for the Study of Diastolic Function

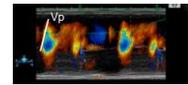
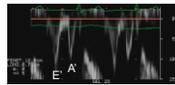
MARIO J. GARCIA, MD, FACC, JAMES D. THOMAS, MD, FACC, ALLAN L. KLEIN, MD, FACC
Cleveland, Ohio

Table 1. Stages of Diastolic Dysfunction (see text for details)

	Normal (young)	Normal (adult)	Delayed Relaxation	Pseudonormal Filling	Restrictive Filling
E/A (cm/s)	>1	>1	<1	1-2	>2
DT (ms)	<220	<220	>220	150-200	<150
IVRT (ms)	<100	<100	>100	60-100	<60
S/D	<1	≥1	≥1	<1	<1
AR (cm/s)	<35	<35	<35	≥35*	≥25*
V _p (cm/s)	>55	>45	<45	<45	<45
E _m (cm/s)	>10	>8	<8	<8	<8

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

Règles techniques



- Réduite largeur/profondeur champ (150 à 200 images/sec)
- Interroger préférentiellement la portion latérale de l'anneau mitral
- Régler filtres minimum et ajuster les gains
- Vitesse défilement 100 mm/sec
- Typiquement : 5 ondes
- Mesure Vmax onde E'

- Réduite largeur/profondeur champ
- Limite Nyquist : 30-40 cm/s
- Visualiser courant remplissage VG en Doppler couleur
- Aligner tir TM
- Vitesse défilement 100 mm/sec
- Mesure pente 1^{er} aliasing (Vp)

Faisabilité & fiabilité des mesures

- 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)
- Reproductibilité : E' >> Vp.

Reproductibilité	TRIV	V _{max} E	V _{max} A	DT _E	V _{max} S	V _{max} D	V _{max} E' septal	V _{max} E' latéral	Vp
Inter-observateur	10%	1%	3%	13%	4%	5%	4%	5%	11%
Intra-observateur	6%	2%	2%	7%	4%	6%	2%	2%	7%

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

Indices Doppler composite

Patients de cardiologie en VS

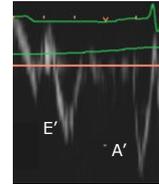
Indices composites

- V_{max} E / E' > 15
- V_{max} E / Vp > 2,5

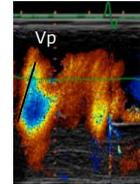


PAPO > 15 mmHg

Doppler tissulaire (anneau mitral)

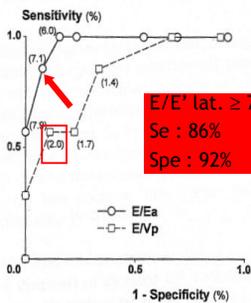


Doppler couleur (mode TM)



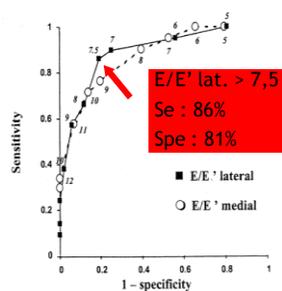
Gonzalez et al. J Am Coll Cardiol 1999;34:515
Nagueh et al. J Am Coll Cardiol 1997;30:1527

PAPO ≥ 13 mmHg



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

PAPO ≥ 15 mmHg



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

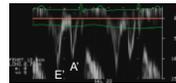
Research

Open Access

Echocardiographic assessment of pulmonary artery occlusion pressure in ventilated patients: a transoesophageal study

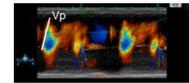
Philippe Vignon^{1,2,3}, Ali AitHssain⁴, Bruno François^{1,2}, Pierre-Marie Preux^{3,5}, Nicolas Pichon^{1,2}, Marc Clavel^{1,2}, Jean-Pierre Frat⁶ and Hervé Gastinne^{1,3}

PAPO > 18 mmHg



E/E' lat > 8,0

- Sensibilité : 83 %
- Spécificité : 88 %



E/Vp > 1,7

- Sensibilité : 80 %
- Spécificité : 100 %

Intérêt des indices combinés renforcé si cardiopathie (dysfonction diastolique)

Vignon P. Crit Care 2008 ; 12 : R18

Etudes patients réanimation ventilés

Paramètres Doppler	Valeurs seuil	PAP0 prédite	Sensibilité	Spécificité	Valeur prédictive positive
E/E' (latéral)	> 15	> 15 mmHg	86%	88%	-
	> 7	≥ 13 mmHg	86%	92%	-
	> 7,5	≥ 15 mmHg	86%	81%	-
	> 8,0	> 18 mmHg	83%	88%	-
E/Vp	> 2	≥ 13 mmHg	-	-	-
	> 1,7	> 18 mmHg	80%	100%	-

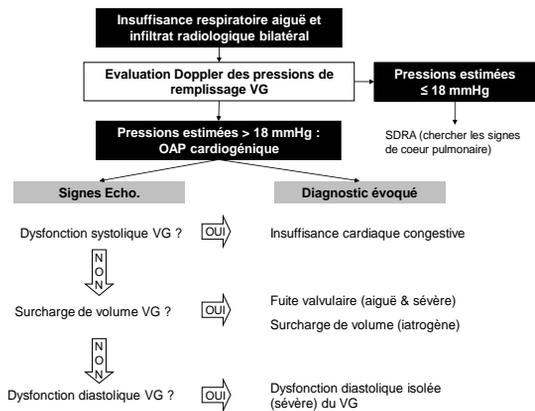
Vignon P. Réanimation 2007 ; 16 : 139-146

Prédiction PAP0 & fibrillation auriculaire

Paramètres Doppler	Valeur seuil	PAP0 prédite	Sensibilité	Spécificité
TD _E	< 150 ms	> 15 mmHg	71%	100%
	< 120 ms	≥ 20 mmHg	100%	96%
TD _D	> 220 ms	≤ 12 mmHg	100%	100%
E/E'	> 10	≥ 15 mmHg	75%	93%
E/Vp	≥ 1,4	> 15 mmHg	71%	88%

Vignon P. Réanimation 2007 ; 16 : 139-146

Algorithme diagnostique



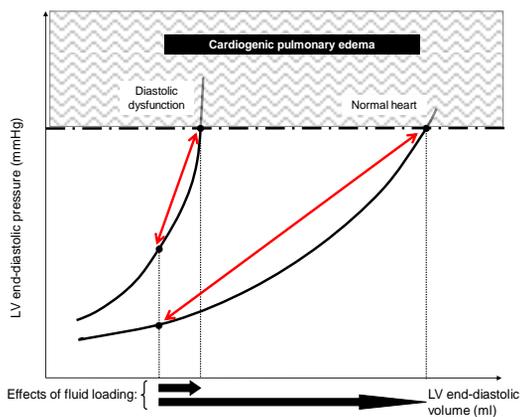
P Vignon In: Acute Heart Failure Syndrome Mebazaa A. Ed Springer (2008)

OAP « diastolique » ou à fraction d'éjection conservée

- OAP en contexte hypertensif / dysfonction diastolique connue
- Critères diagnostiques :
 1. Signes cliniques de congestion veineuse pulmonaire
 2. Fonction systolique du VG normale (FE > 50%) dans les 72 h
 3. Dysfonction diastolique du VG (cathétérisme gauche)
- Diagnostic « possible » si critère 2 objectivé à distance de l'OAP.

Vasan et al. *Circulation* 2000;101:2118
Working group report *Eur Heart J* 1998;19:990

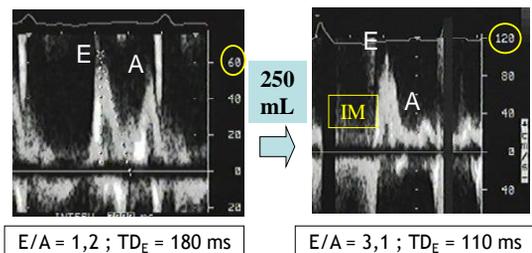
Evaluation des effets du traitement

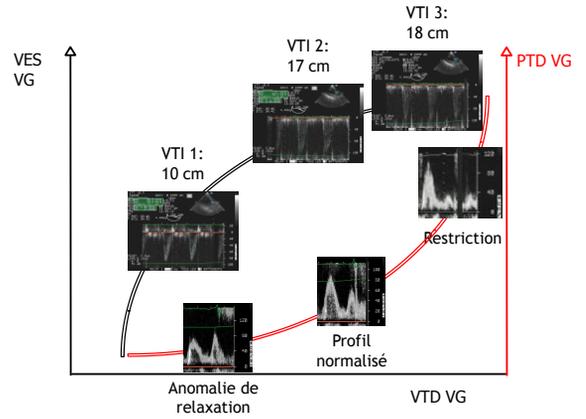
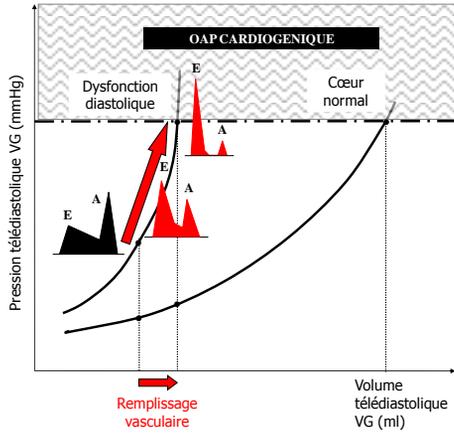


P. Vignon. Acute heart failure syndromes, Mebazaa A. Ed, Springer (2008)

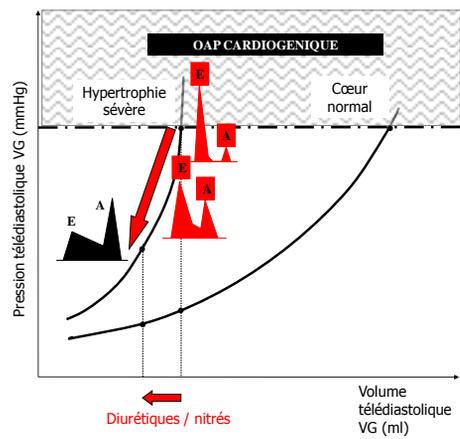
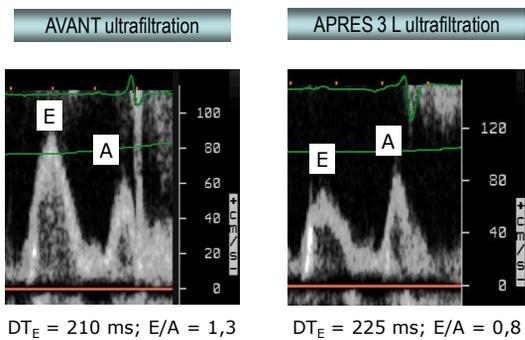
Intolérance du remplissage vasculaire

- Patient de 42 ans, cardiopathie ischémique
- Ventilation mécanique pour pneumopathie hypoxémiante
- Choc septique → épreuve de remplissage vasculaire.





Baisse rapide de précharge



Messages

1. Dysfonction systolique VG ≠ OAP cardiogénique ou secondaire
2. OAP « hémodynamique » : élévation des pressions de remplissage
3. Détermination semi-quantitative plus qu'absolue de la PAPO
4. DTI anneau mitral (latéral) surtout utile si cardiopathie sous-jacente
5. Fonction pompe conservée et pressions remplissage élevées : traquer la surcharge de volume (aiguë)
6. OAP à fraction d'éjection conservée : faire l'examen au plus près de l'orage hémodynamique pour éviter les diagnostics par excès.