

L Muller, MD, PhD
CHU Nîmes



Echocardiographie chez le patient critique en 2014

Une approche pas à pas

AZUREA FACULTE DE MEDECINE CHU

Intensive Care Med (2005) 32:9–10
DOI 10.1007/s00134-005-2833-8

EDITORIAL

Bernard P. Cholley
Antoine Viellard-Baron
Alexandre Mehazaa

**Echocardiography in the ICU:
time for widespread use!**

Intensive Care Med (2007) 34:007–0923-5
DOI 10.1007/s00134-007-0923-5

CLINICAL COMMENTARY

Antoine Viellard-Baron
Michel Slama
Bernard Cholley
Gérard Janvier
Philippe Vignon

**Echocardiography in the intensive care unit:
from evolution to revolution?**

Echocardiographie en réanimation : beaucoup de données scientifiques

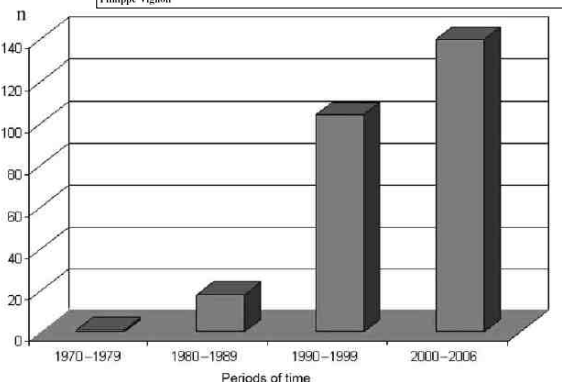
Intensive Care Med (2007) 34:007–0923-5
DOI 10.1007/s00134-007-0923-5

CLINICAL COMMENTARY

Antoine Viellard-Baron
Michel Slama
Bernard Cholley
Gérard Janvier
Philippe Vignon

**Echocardiography in the intensive care unit:
from evolution to revolution?**

Fig. 2 Search in PubMed (www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed) for published manuscripts in peer-reviewed journals related to the use of echocardiography in ICU settings during four consecutive periods. The following keywords were used for the Medline search: "Critical Care" [MeSH] AND "Echocardiography" [MeSH], and "Intensive Care" [MeSH] AND "Echocardiography" [MeSH].
n, number



Periods of time	n (number of results)
1970–1979	~10
1980–1989	~25
1990–1999	~110
2000–2006	~140

Vieillard Baron et al Intensive Care Med 2007

Prévalence des anomalies cardiaques à l'admission en réanimation

- 467 patients de réanimation médicale; ETT dans les 18 heures suivant l'admission
- 36 % des patients de réanimation ont une anomalie cardiaque
 - 22 % : 1 anomalie
 - 7,2 % : 2 anomalies
 - 6,8 % : 3 anomalies
- 77 % des patients ayant anomalie significative échographique n'ont pas été détectés cliniquement
- Pas de corrélation anomalie cardiaque / mortalité; mais durée de séjour en réanimation et totale augmentée chez ces patients

Range and Prevalence of Cardiac Abnormalities in Patients Hospitalized in a Medical ICU

Eduardo Bossone, Bruno DiGiorgio, Sara Watts, Pamela A. Marcovitz, Louise Carey, Charles Watts and William F. Armstrong

Chest 2002;122:1370-1376
DOI 10.1378/chest.122.4.1370

Bossone et al Chest. 2002;122:1370-1376

Echographie cardiaque trans thoracique et diagnostic incompetence myocardique

Transthoracic Echocardiography To Identify or Exclude Cardiac Cause of Shock

- 100 patients en état de choc
- 99 sont échogènes
- Sensibilité = 100 %
- Spécificité = 95 %
- VPP = 97 %
- VPN = 100 %

Table 1—Causes of Cardiogenic Shock

Causes	No.
Severe LV systolic dysfunction	21
Severe RV systolic dysfunction	9
Severe biventricular systolic dysfunction	8
Tamponade	10
Postinfarction mechanical complication	9
Free-wall rupture	1
Ventricular septal rupture	5
Papillary muscle rupture and severe mitral regurgitation	3
Severe LVOT obstruction	1
Total	63

Table 3—Change in Management After TTE

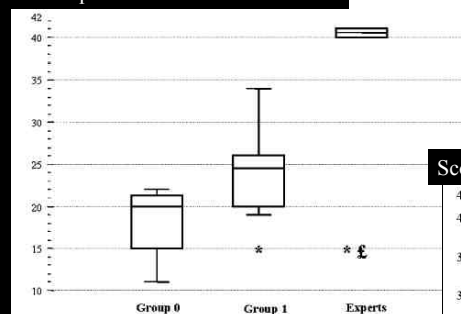
Change in Management	No. of Patients
Medical therapy	29
Surgery	12
Pericardiocentesis	4
Aortic balloon pump	3
Thrombolysis	2
Angioplasty	1

= 51 % de modifications thérapeutiques

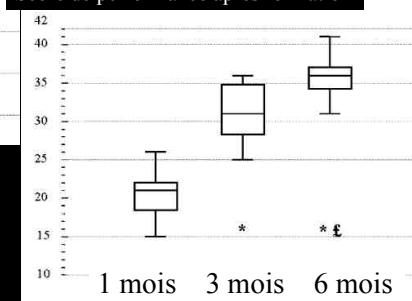
Joseph et al *Chest*. 2004

Echocardiographie en réanimation : durée d'acquisition des compétences

Score de performance avant formation



Score de performance après formation



Groupe 0 = aucune expérience

Groupe 1 = 1 an de pratique

Charron et al *Intensive Care Med* 2007

Echocardiographie en réanimation : durée d'acquisition des compétences

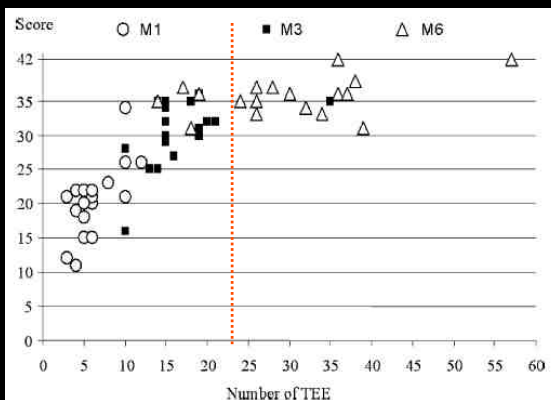
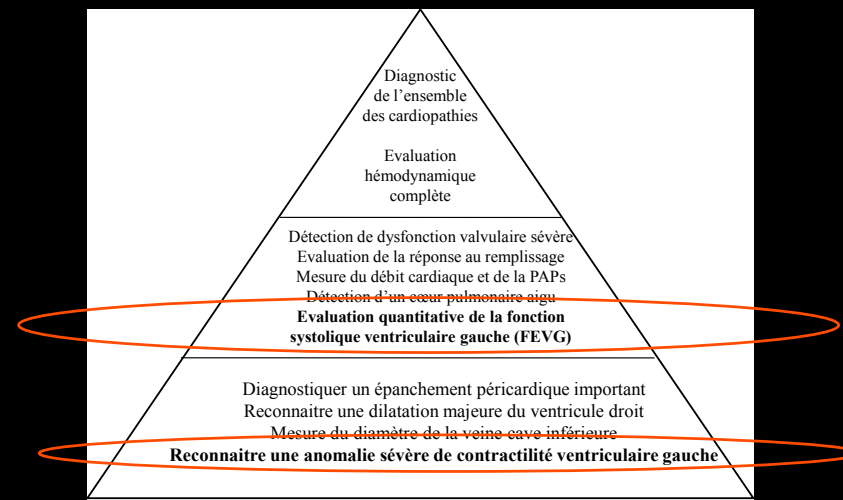


Fig.3 Relation between the scores obtained and the number of transesophageal echocardiographic examinations done by each intensivist at M1, M3, and M6

Charron et al *Intensive Care Med* 2007

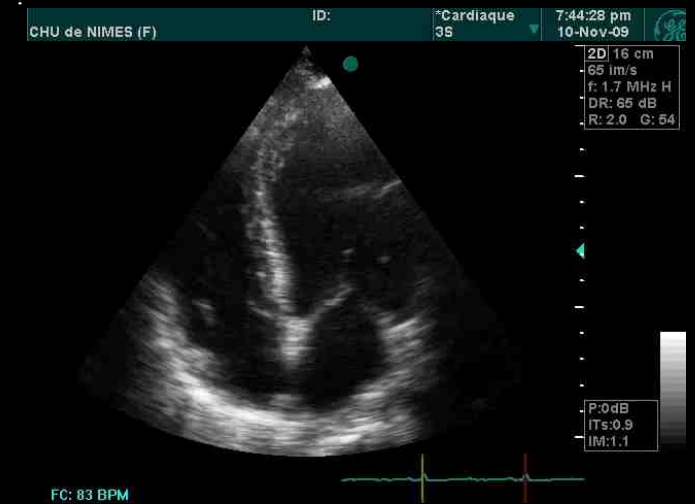
Echocardiographie en réanimation : fonction ventriculaire gauche



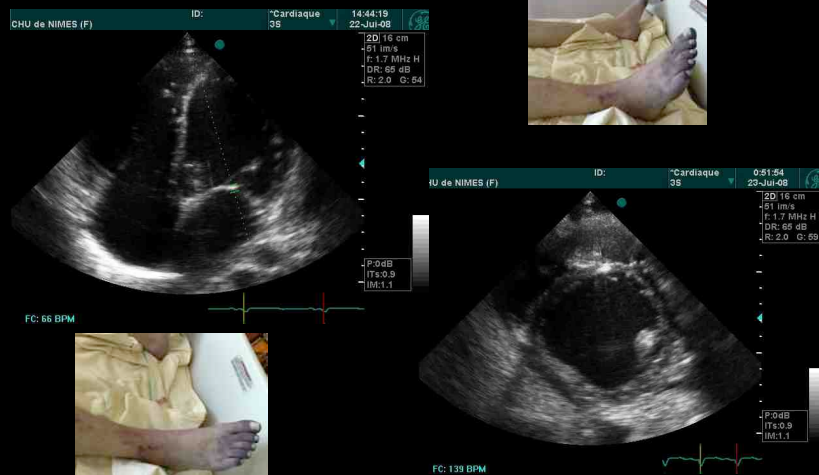
Cholley et al *Intensive Care Med* 2007

Evaluation de la fonction VG ... l'œil suffit

Fonction systolique VG Ici FEVG = ?

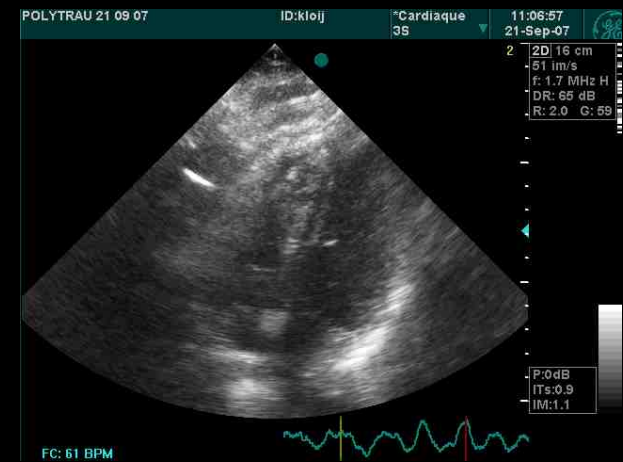


Fonction systolique VG Quelle FEVG ?



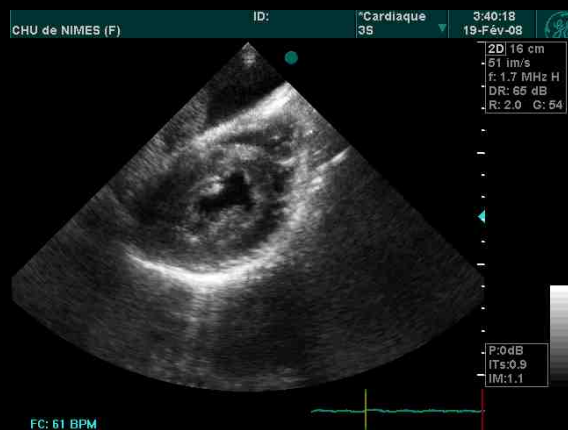
Patient de 34 ans, OH chronique +++, coma éthylique + choc

Fonction ventriculaire gauche... Quelle FEVG (au % près)



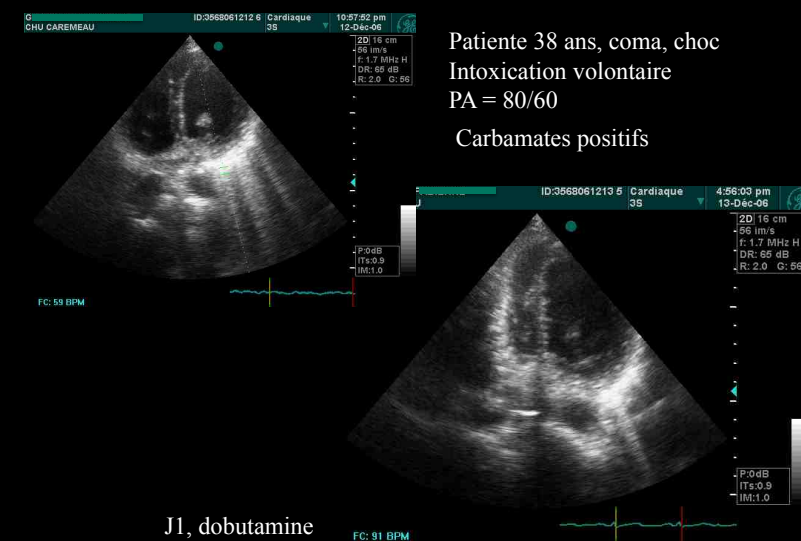
Patient de 25 ans, fracture du bassin, état de choc

Fonction ventriculaire gauche... Quelle FEVG (au % près)



Patient de 25 ans, fracture du bassin, état de choc

Fonction systolique VG en réa : la vraie vie...



Patiente 38 ans, coma, choc
Intoxication volontaire
PA = 80/60
Carbamates positifs

J1, dobutamine

Dysfonction VG en réa : l'évaluation qualitative visuelle est valable

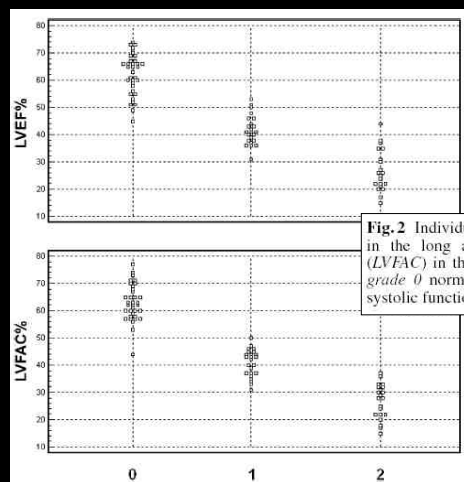


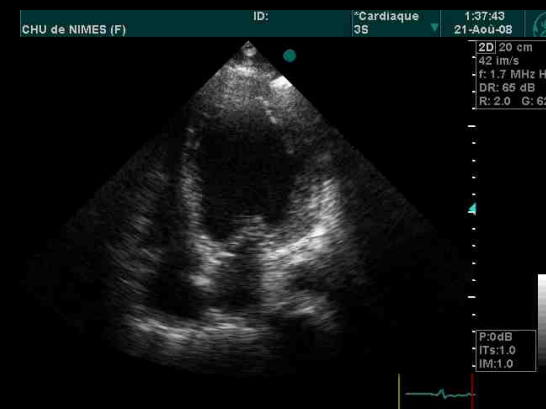
Fig.2 Individual values of left ventricular ejection fraction (LVEF) in the long axis (*above*) and left ventricular area contraction (LVFAC) in the short axis (*below*) in the three qualitative groups: grade 0 normal systolic function; grade 1 moderately depressed systolic function; grade 2 severely depressed systolic function

Grand axe

Petit axe

Vieillard Baron et al Intensive Care Med 2006

Fonction systolique VG : ne suffit pas...



Patient 78 ans,
Détrese respiratoire
Crépitations
T° = 38°

Insuffisance cardiaque à fonction systolique préservée = 50 % des OAP

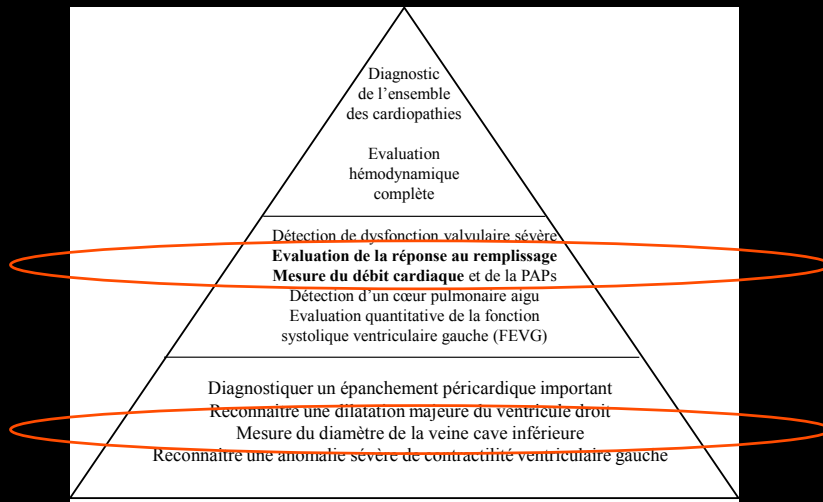
- Signes cliniques d'insuffisance cardiaque gauche
- FEVG normale
- Pressions gauches élevées
- Registre ADHERE
- 100 000 patients en OAP
- 52 000 ont une fonction systolique préservée

=> Importance de l'évaluation des pressions gauches

Yancy et al J Am Coll Cardiol 2006
Kumar et al Crit Care Med 2008

Evaluation des pressions de remplissage
Evaluation de la réponse à l'expansion volémique

Echocardiographie en réanimation : évaluation des pressions de remplissage

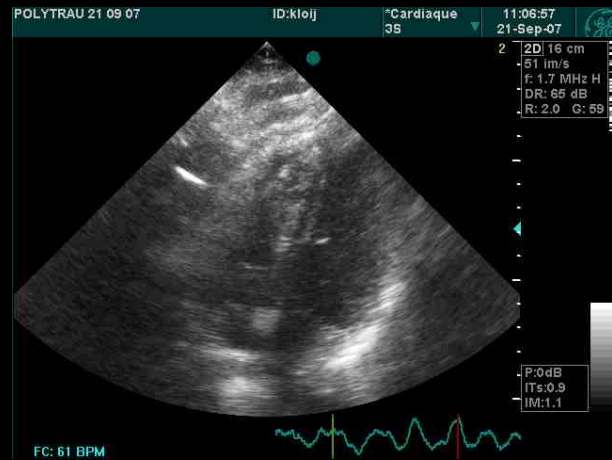


Cholley et al Intensive Care Med 2007

Evaluation des pressions de remplissage
Evaluation de la PTDVG
(LVEDP)

Fonction ventriculaire gauche...

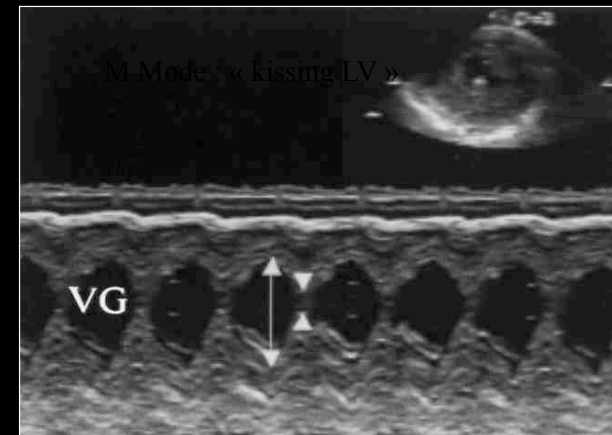
Quelle FEVG (au % près)



Patient de 25 ans, fracture du bassin, état de choc

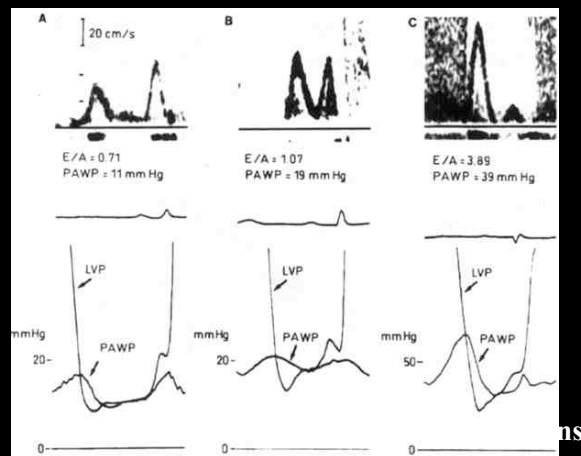
Static evaluation of LVEDP:

LV diastolic area closed to zero confirms severe hypovolemia



Evaluation statique de la PTDVG:

Le profil mitral est corrélé à la pression de remplissage du VG



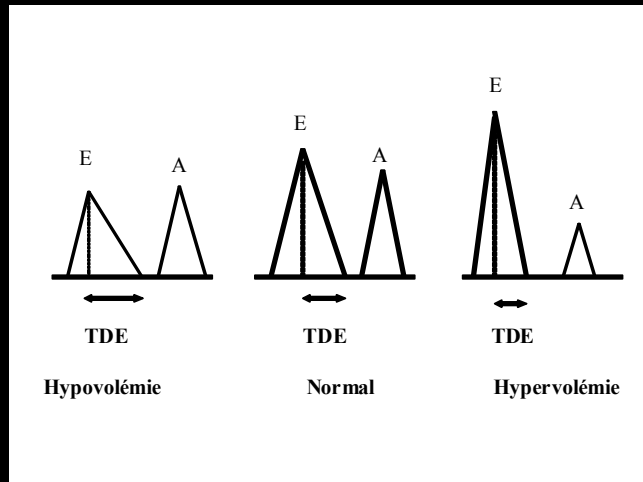
Vanoverschelde et al Am J Cardiol 1995

E wave velocity :

What we need to know about E wave is

- Normal E wave velocity = 0,7 – 0,9 m/s

Flux mitral : variations avec la volémie

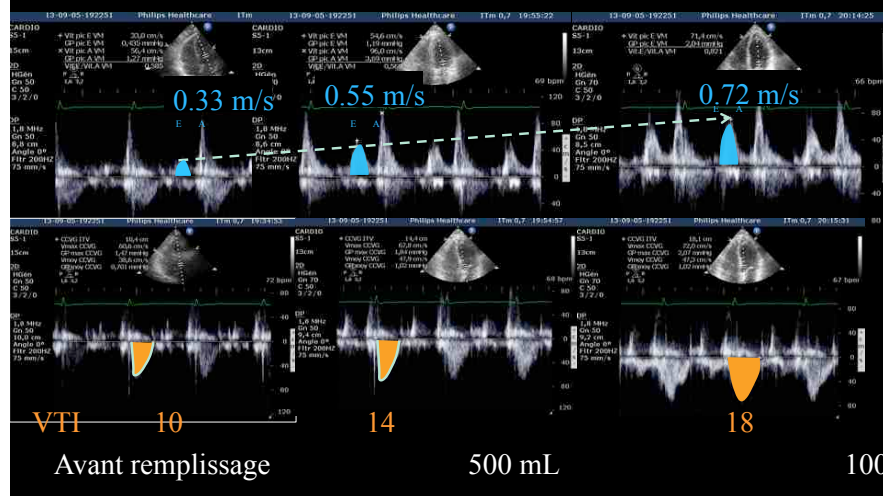


Principe général de l'hémodynamique: *la base*

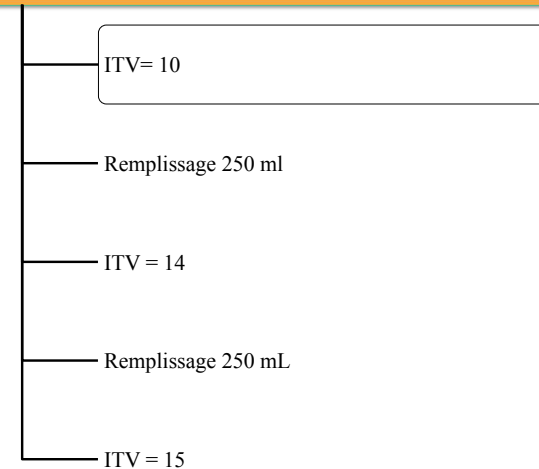
- Pressions basses ($E < 0.7$) + débit bas ($ITV < 14$) = hypovolémie
- Pressions hautes ($E > 0.9$) et débit bas ($ITV < 20$) = insuffisance cardiaque
- Pressions hautes ou basses et débit haut = Vasoplégie

Evaluation statique de la PTVDG: L'onde E varie avec la volémie

Femme de 72 ans, choc, péritonite



Utilisation du débit cardiaque : exemple



Utilisation du débit cardiaque : principe

Volume d'éjection systolique = 40 ml

Remplissage 250 ml

Volume d'éjection systolique = 80 ml

Remplissage 250 mL

Volume d'éjection systolique = 85 ml

=> 80 mL est le VES optimal chez ce patient

=> Au delà : risque d'OAP !!! Surmortalité

STOP

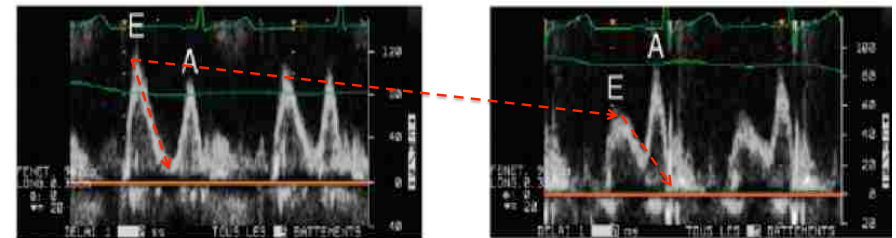
Recommandations SFAR 2012

Evaluation statique de la PTDVG:

L'onde E varie avec la volémie

Before

Dialysis 3000 ml fluid removal



Vignon et al Crit Care 2007

Vitesse de l'onde E :

HYPOVOLEMIE si $< 0.75 \text{ m/s} ??$

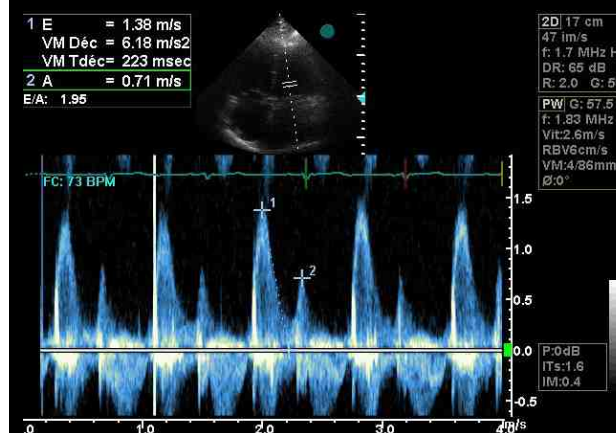
Table 1. Characteristics of the general population and comparison between Responders and Nonresponders at baseline (before fluid challenge)

	All patients (n = 40)	Responders (n = 20)	Nonresponders (n = 20)	p value
Age (years)	63 (56-70)	61 (49-70)	66 (53-75)	0.58
Weight (Kg)	72 (65-77)	67 (63-76)	76 (63-88)	0.14
Height (cm)	169 (164-173)	170 (162-176)	168 (160-173)	0.38
APACHE II score	17 (14-23)	18 (14-29)	14 (11-21)	0.30
HR (bpm)	101 (91-116)	101 (91-125)	103 (79-121)	0.78
MAP (mmHg)	71 (66-77)	70 (61-88)	72 (65-87)	0.56
LVEF (%)	55 (50-60)	55 (50-60)	55 (47-60)	0.41
VTI (cm)	16 (14-18)	14 (12-16)	17 (15-21)	< 0.01
E velocity (cm/s)	75 (70-80)	65 (53-76)	82 (75-93)	< 0.01
E/A velocity ratio	0.9 (0.8-1.1)	0.8 (0.6-1.1)	1.0 (0.8-1.4)	< 0.01
Ea velocity (cm/s)	12 (10-13)	12 (9-14)	11 (9-15)	0.79
E/Ea velocity ratio	6 (5-8)	5 (5-10)	7 (5-8)	0.40
cIVC (%)	34 (16-64)	64 (28-100)	19 (5-35)	< 0.01

Muller et al Critical Care 2012

Evaluation statique de la PTDVG:

Le rapport E/A très positif = pressions hautes



E/A ratio > 2
(pic)
= PAPO $> 18 \text{ mmHg}$

(VPP = 100 %)

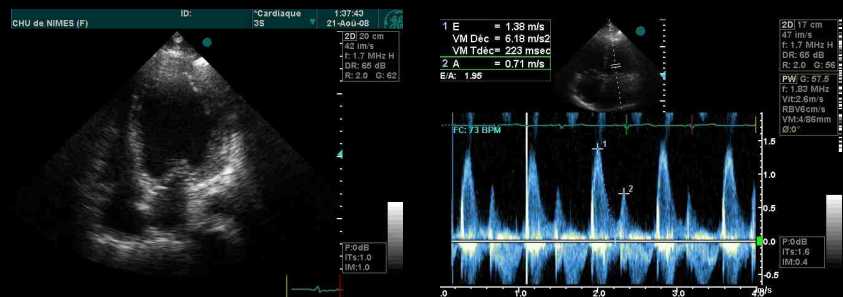
Chez sujet critique
Pas sujet sain

Boussuges et al Critical care medicine 2002;30:362-367

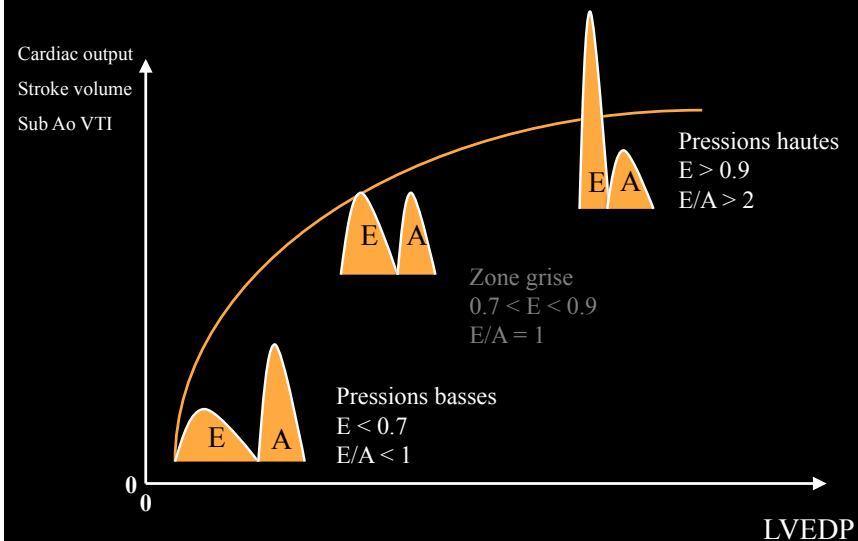
Fonction systolique VG :

ne suffit pas à affirmer l'OAP cardiogénique

Patient 78 ans,
Détresse respiratoire
Crépitants
 $T^{\circ} = 38^{\circ}$

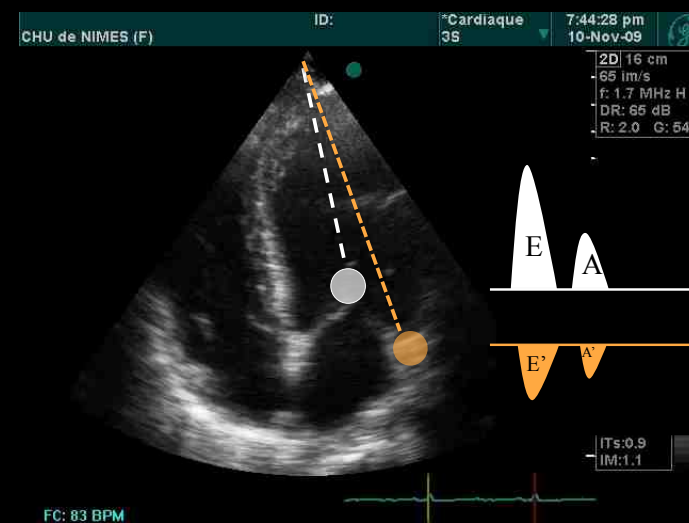


Evolution du profil mitral avec la volémie



Echographie en réanimation
Etre au clair avec le rapport E/E'

Rapport E / E'



Rapport E/E'
... principes

$$E = \text{Charge} \times \text{Compliance}$$

$$E' = \text{Compliance}$$

Théoriquement, l'onde E' est précharge indépendante

Rapport E/E'
... principes

$$\frac{E}{E'} = \frac{\text{Charge} \times \text{Compliance}}{\text{Compliance}}$$

Rapport E/E'
... principes

$$\frac{E}{E'} = \frac{\text{Charge} \times \text{Compliance}}{\text{Compliance}}$$

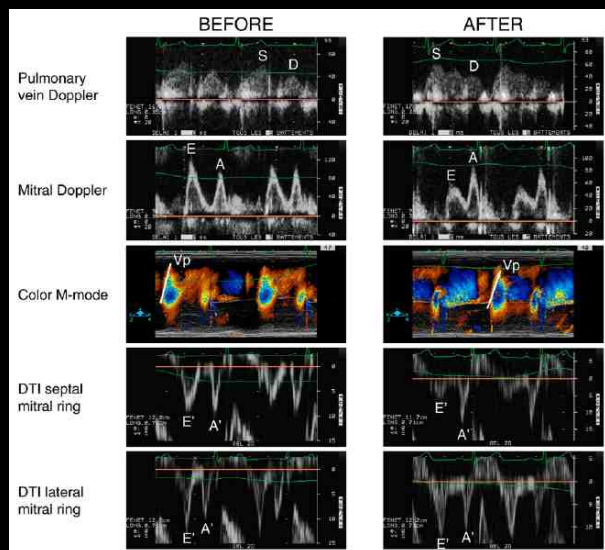
Rapport E/E'
... principes

Pour les cardiologues : $E/E' > 10$ = pressions hautes

Pour les cardiologues : $E/E' < 10$ = pressions basses

En réanimation : zone grise de 6 à 11

TDI en réanimation : à l'anneau latéral ?



ETT per hémodialyse
Perte moyenne : 3 litres

Vignon et al Crit Care 2007

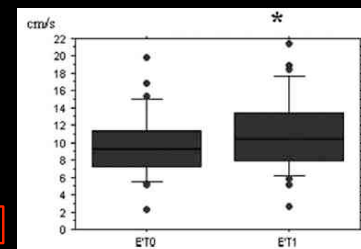
TDI en réanimation : Onde E' précharge dépendante !

Influence of Acute Preload Changes on Mitral Annulus Velocity Measured by Tissue Doppler Echocardiography in Critically Ill Patients

Hervé Quintard, MD,¹ Laurent Muller, MD,² Ivan Philip, MD,² Pierre Lena, MD,⁴
Carole Ichai, MD, PhD³

TABLE 2
Echocardiographic Data Before and After Fluid Infusion (median $\pm$ interquartile range)

	Before Fluid Infusion (T0)	1 hour After Fluid Infusion (T1)	p
E mitral velocity (cm/s)	50.5 $\pm$ 25.9	62.6 $\pm$ 21.9	0.001
A mitral velocity (cm/s)	54.5 $\pm$ 21	53.3 $\pm$ 19	ns
E/A ratio	1.04 $\pm$ 0.5	1.2 $\pm$ 0.5	ns
E' lateral mitral velocity (cm/s)	9.3 $\pm$ 3.8	10.5 $\pm$ 4.3	0.02
A' lateral mitral velocity (cm/s)	8.5 $\pm$ 4.3	9.5 $\pm$ 4.7	ns
E/e' lateral ratio	6.6 $\pm$ 3.8	7.2 $\pm$ 2.9	ns
E' septal mitral velocity (cm/s)	7.5 $\pm$ 2.5	9.1 $\pm$ 3.8	<0.05
A' septal mitral velocity (cm/s)	6.9 $\pm$ 2.8	9 $\pm$ 3.8	<0.05
E/e' septal ratio	6.7 $\pm$ 7	6.8 $\pm$ 5	ns
LV area (cm ²)	17.2 $\pm$ 5.4	18.5 $\pm$ 5.5	<0.05

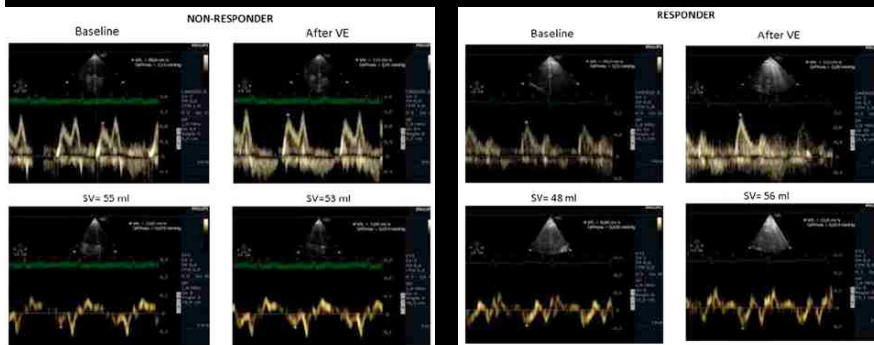


Quintard et al JCU 2011

TDI en réanimation : Onde E' précharge dépendante !

Non réponse au RV : E' inchangée sous remplissage

Réponse au RV : augmentation de E' sous remplissage



Mahjoub et al Intensive Care Med 2013

TDI en réanimation : Onde E' précharge dépendante !

Variation de + 30% de la vitesse de E' sous remplissage chez les répondeurs au remplissage
Variation de 5 % chez les non répondeurs

Table 4 Comparison of VE-induced variation (Δ) of haemodynamic data between the two groups for patients with left ventricular diastolic dysfunction at baseline (E' wave <0.12 m/s)

VE-induced variation in haemodynamic parameters	Responders (n = 33)	Non-responders (n = 14)	p
Δ HR % (bpm)	-5 $\pm$ 1 (-5 $\pm$ 1)	-4 $\pm$ 2 (-3 $\pm$ 2)	0.43
Δ SAP % (mmHg)	13 $\pm$ 3 (12 $\pm$ 3)	4 $\pm$ 3 (4 $\pm$ 2)	0.10
Δ DAP % (mmHg)	8 $\pm$ 4 (5 $\pm$ 3)	1 $\pm$ 2 (1 $\pm$ 2)	0.07
Δ MAP % (mmHg)	9 $\pm$ 3 (7 $\pm$ 3)	3 $\pm$ 4 (2 $\pm$ 3)	0.09
Δ CVP % (mmHg)	23 $\pm$ 15 (2.4 $\pm$ 0.9)	36 $\pm$ 16 (3.5 $\pm$ 1.1)	0.56
Δ SV % (ml)	31 $\pm$ 2 (16 $\pm$ 1)	-3 $\pm$ 3 (-2 $\pm$ 2)	<0.001
Δ CO % (l/min)	24 $\pm$ 3 (1.2 $\pm$ 0.1)	-4 $\pm$ 4 (-0.2 $\pm$ 0.2)	<0.001
Δ LVEDA % (cm ²)	13 $\pm$ 6 (3.0 $\pm$ 1.0)	-5 $\pm$ 8 (-2.5 $\pm$ 1.5)	0.04
Δ E wave % (m/s)	27 $\pm$ 7 (0.17 $\pm$ 0.03)	42 $\pm$ 11 (0.17 $\pm$ 0.05)	0.25
Δ A wave % (m/s)	11 $\pm$ 3 (0.08 $\pm$ 0.02)	-3 $\pm$ 5 (-0.02 $\pm$ 0.04)	0.03
Δ E/A ratio %	18 $\pm$ 1 (0.13 $\pm$ 0.05)	6 $\pm$ 17 (0.28 $\pm$ 0.08)	0.04
Δ EDT % (ms)	4 $\pm$ 5 (-37 $\pm$ 13)	14 $\pm$ 6 (-61 $\pm$ 18)	0.18
Δ E' wave % (m/s)	29 $\pm$ 5 (0.022 $\pm$ 0.004)	5 $\pm$ 8 (0.005 $\pm$ 0.006)	0.01
Δ A' wave % (m/s)	27 $\pm$ 17 (0.02 $\pm$ 0.02)	83 $\pm$ 28 (0.10 $\pm$ 0.04)	0.10
Δ E/e' %	2 $\pm$ 6 (0.03 $\pm$ 0.39)	35 $\pm$ 9 (1.75 $\pm$ 0.61)	0.02
Δ Tei index %	-25 $\pm$ 11 (-0.20 $\pm$ 0.06)	4 $\pm$ 8 (-0.02 $\pm$ 0.10)	0.01
Δ EF %	0.1 $\pm$ 1.5 (-0.1 $\pm$ 0.9)	-6 $\pm$ 2 (-4.0 $\pm$ 1.0)	0.06
Δ S' wave % (m/s)	6 $\pm$ 5 (0.06 $\pm$ 0.05)	1 $\pm$ 8 (0.01 $\pm$ 0.09)	0.63

Mahjoub et al Intensive Care Med 2013

TDI en réanimation : Onde E' précharge dépendante !

Variation de + 35% de E/E' chez les non répondeurs sous remplissage
=> Bon indice pour les pressions hautes

Table 4 Comparison of VE-induced variation (Δ) of haemodynamic data between the two groups for patients with left ventricular diastolic dysfunction at baseline (E' wave <0.12 m/s)

VE-induced variation in haemodynamic parameters	Responders (n = 33)	Non-responders (n = 14)	p
Δ HR % (bpm)	-5 $\pm$ 1 (-5 $\pm$ 1)	-4 $\pm$ 2 (-3 $\pm$ 2)	0.43
Δ SAP % (mmHg)	13 $\pm$ 3 (12 $\pm$ 3)	4 $\pm$ 3 (4 $\pm$ 2)	0.10
Δ DAP % (mmHg)	8 $\pm$ 4 (5 $\pm$ 3)	1 $\pm$ 2 (1 $\pm$ 2)	0.07
Δ MAP % (mmHg)	9 $\pm$ 3 (7 $\pm$ 3)	3 $\pm$ 4 (2 $\pm$ 3)	0.09
Δ CVF % (mmHg)	23 $\pm$ 15 (2.4 $\pm$ 0.9)	36 $\pm$ 16 (3.5 $\pm$ 1.1)	0.56
Δ SV % (ml)	31 $\pm$ 2 (16 $\pm$ 1)	-3 $\pm$ 3 (-2 $\pm$ 2)	<0.001
Δ CO % (l/min)	24 $\pm$ 3 (1.2 $\pm$ 0.1)	-4 $\pm$ 4 (-0.2 $\pm$ 0.2)	<0.001
Δ LVEDA % (cm ²)	13 $\pm$ 6 (3.0 $\pm$ 1.0)	-5 $\pm$ 8 (-2.5 $\pm$ 1.5)	0.04
Δ E wave % (m/s)	27 $\pm$ 7 (0.17 $\pm$ 0.03)	42 $\pm$ 11 (0.17 $\pm$ 0.05)	0.25
Δ A wave % (m/s)	11 $\pm$ 3 (0.08 $\pm$ 0.02)	-3 $\pm$ 5 (-0.02 $\pm$ 0.04)	0.03
Δ E/A ratio %	18 $\pm$ 1 (0.13 $\pm$ 0.05)	6 $\pm$ 17 (0.28 $\pm$ 0.08)	0.04
Δ E'DT % (ms)	-4 $\pm$ 5 (-37 $\pm$ 13)	-14 $\pm$ 6 (-61 $\pm$ 18)	0.18
Δ E' wave % (m/s)	29 $\pm$ 5 (0.022 $\pm$ 0.004)	5 $\pm$ 8 (0.005 $\pm$ 0.006)	0.01
Δ A' wave % (m/s)	27 $\pm$ 17 (0.07 $\pm$ 0.02)	83 $\pm$ 28 (0.10 $\pm$ 0.04)	0.10
Δ E/E' %	2 $\pm$ 6 (0.03 $\pm$ 0.39)	35 $\pm$ 9 (1.75 $\pm$ 0.61)	0.02
Δ Tei index %	-25 $\pm$ 11 (-0.20 $\pm$ 0.06)	4 $\pm$ 8 (-0.02 $\pm$ 0.10)	0.01
Δ EF %	0.1 $\pm$ 1.5 (-0.1 $\pm$ 0.9)	-6 $\pm$ 2 (-4.0 $\pm$ 1.0)	0.06
Δ S' wave % (m/s)	6 $\pm$ 5 (0.06 $\pm$ 0.05)	1 $\pm$ 8 (0.01 $\pm$ 0.09)	0.63

Mahjoub et al Intensive Care Med 2013

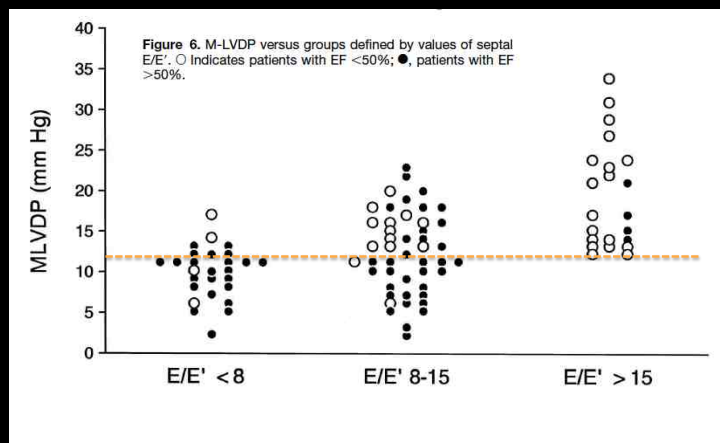
TDI en réanimation :

Rapport E/E' mauvais pour prédire les pressions basses

Baseline haemodynamic parameters	Responders (n = 59)	Non responders (n = 24)	p
HR (bpm)	100 $\pm$ 18	96 $\pm$ 21	0.32
SAP (mmHg)	99 $\pm$ 20	100 $\pm$ 20	0.36
DAP (mmHg)	55 $\pm$ 12	55 $\pm$ 13	0.33
MAP (mmHg)	69 $\pm$ 13	70 $\pm$ 20	0.84
CVP (mmHg)	8.8 $\pm$ 6.6	11.5 $\pm$ 4.0	0.30
Stroke volume (ml)	52 $\pm$ 16	67 $\pm$ 22	0.006
Lactates (mmol/l)	3.0 $\pm$ 1.8	3.4 $\pm$ 2.3	0.40
Cardiac output (l/min)	5.2 $\pm$ 1.6	6.3 $\pm$ 2.3	0.04
LVEDA (cm ²)	28 $\pm$ 6	28 $\pm$ 10	0.64
E wave (m/s)	0.70 $\pm$ 0.20	0.76 $\pm$ 0.22	0.23
A wave (m/s)	0.80 $\pm$ 0.21	0.80 $\pm$ 0.21	0.95
E/A ratio	0.92 $\pm$ 0.41	0.98 $\pm$ 0.35	0.58
EDT (ms)	248 $\pm$ 107	226 $\pm$ 108	0.34
E' wave (m/s)	0.12 $\pm$ 0.04	0.12 $\pm$ 0.05	0.60
A' wave (m/s)	0.12 $\pm$ 0.04	0.11 $\pm$ 0.04	0.31
E/E' ratio	6.5 $\pm$ 2.2	6.9 $\pm$ 2.7	0.41
Tei index	0.78 $\pm$ 0.38	0.54 $\pm$ 0.16	0.04
EF (%)	55 $\pm$ 15	53 $\pm$ 16	0.49
S' wave (m/s)	0.16 $\pm$ 0.04	0.15 $\pm$ 0.06	0.4

Mahjoub et al Intensive Care Med 2013

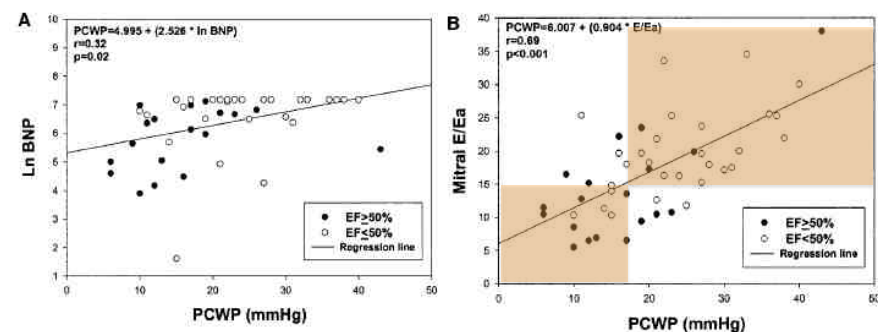
Rapport E/E' : surtout utile pour les pressions hautes ++++



Ommen et al Circulation 2000

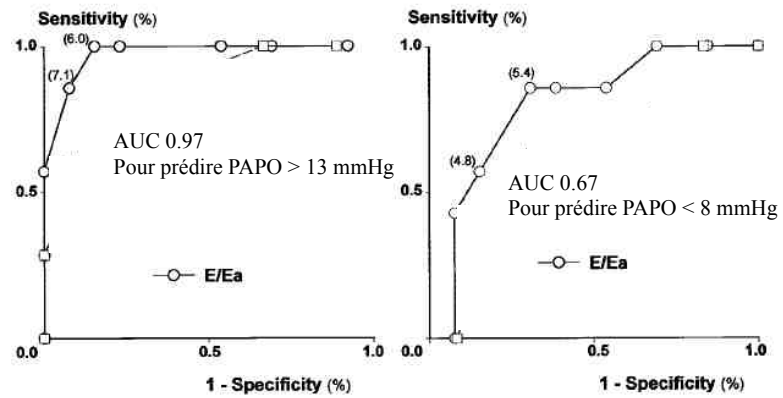
BNP vs échocardiographie :

Meilleure corrélation écho-Swan que écho - BNP



Dokainish et al Circulation 2004

Rapport E/E': surtout utile pour les pressions hautes ++++



Bouhemad et al Anesthesiology 2003