

Comment évaluer la précharge et la réponse au remplissage au cours d'un état de choc?

Dr Sami ALAYA
Service Réanimation Médicale. H BIZERTE

Vendredi 30 Avril 2010

- **Comment évaluer la précharge et la réponse au remplissage vasculaire?**

paramètres statiques:

- ❖ pression: P_{ao} , P_{ventr}
- ❖ surface: SA_{ventr}
- ❖ volume: Vol_{ventr} , Vol_{ventr} , Vol_{ventr}

paramètres dynamiques:

- ❖ ΔP
 - ❖ ΔP (delta up), ΔP down
 - ❖ ΔP peak (vélocité aortique)
-
- ❖ ΔP cave
 - ❖ ΔP évée de jambe

RECOMMANDATIONS

Recommandations d'experts de la SRLF **« Indicateurs du remplissage vasculaire au cours** **de l'insuffisance circulatoire »**

J.-L. Teboul, et le groupe d'experts de la SRLF

Service de réanimation médicale, CHU Bicêtre, 78, rue du Général-Leclerc, 94275 Le Kremlin-Bicêtre cedex, France

Augmentation

du volume d'éjection systolique et/ou du débit

cardiaque > 10 - 15 %

$$\text{PAM} = \text{FC} \times \text{VES} \times \text{RVS}) + \text{POD}$$

$$\text{DC} = \text{FC} \times \text{VES}$$

**L'expansion volémique n'augmente le volume d'éjection VG
que si les deux ventricules ont une réserve de précharge**



Réponse au remplissage
équivalent à
réserve de précharge biventriculaire

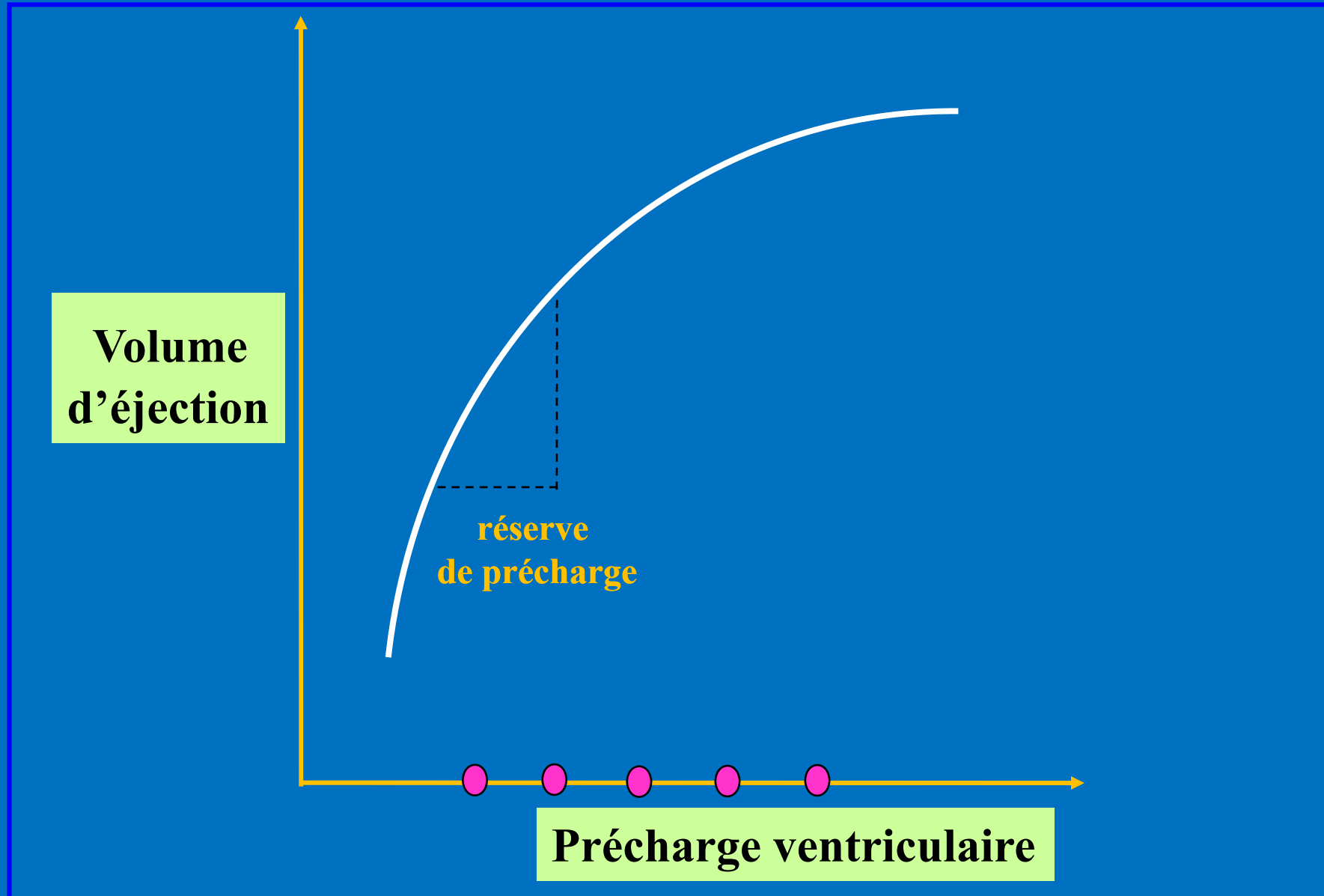
Précharge ventriculaire

plus basse est la précharge, plus probable est l'existence d'une réserve de précharge

**Volume
d'éjection**

réserve
de précharge

Précharge ventriculaire



Comment évaluer la précharge et la réponse au remplissage vasculaire?

Paramètres statiques:

- ❖ pression: PVC, PAPO
- ❖ surface: STDVG
- ❖ Volume: VTDVD, VTDVG, VTDGI

Cardiac filling pressures are not appropriate to predict hemodynamic response to volume challenge*

David Osman, MD; Christophe Ridet, MD; Patrick Ray, MD; Xavier Monnet, MD, PhD; Nadia Anguel, MD; Christian Richard, MD; Jean-Louis Teboul, MD, PhD

Crit Care Med 2007; 35:64–68

Objectif: pertinence du **PAP** et **PVC** en terme de prediction de la réponse au remplissage.

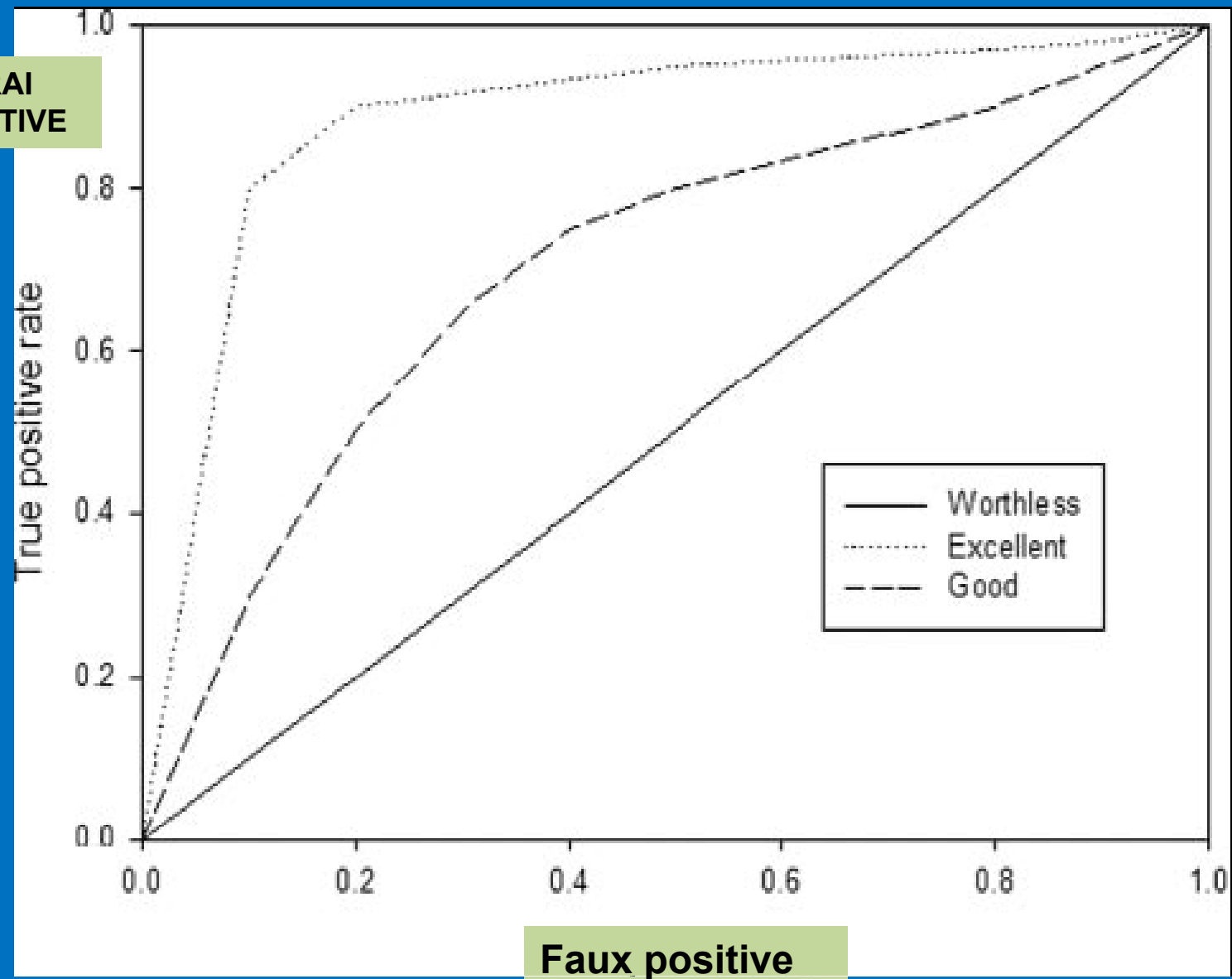
Patients: tous les patients en choc septique/ Swan Ganz / remplissage vasculaire/ 2001-2004

150 RV chez 96 patients (Répondeurs= $\uparrow$ IC $\geq$ 15%) .

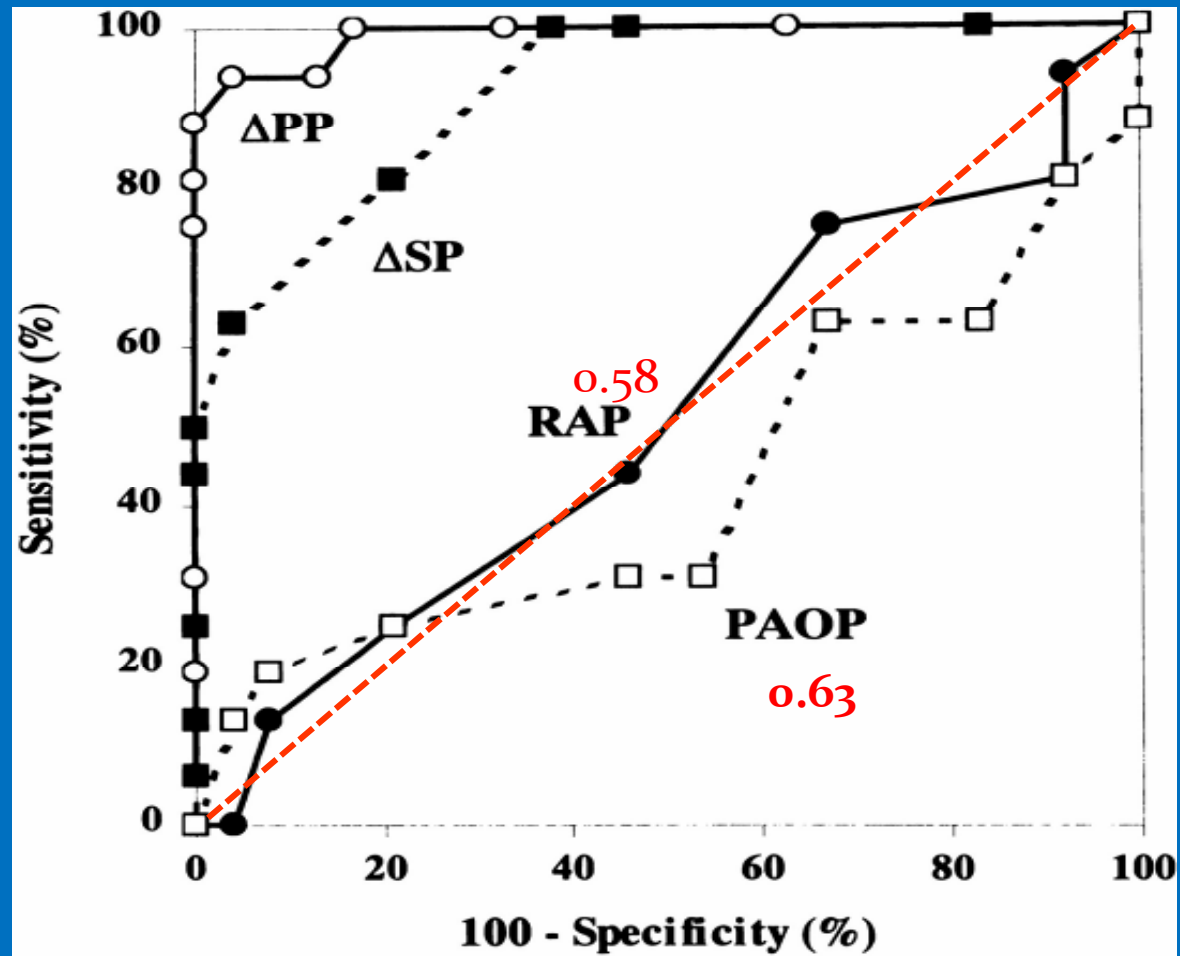
	PVC		PAP	
	Répondeur	Non Répondeur	Répondeur	Non Répondeur
Pré	8 $\pm$ 4mmHg	9 $\pm$ 4 mm Hg	10 $\pm$ 4 mm Hg*	11 $\pm$ 4 mm Hg*

* $p < .05$

VRAI
POSITIVE



Faux positive



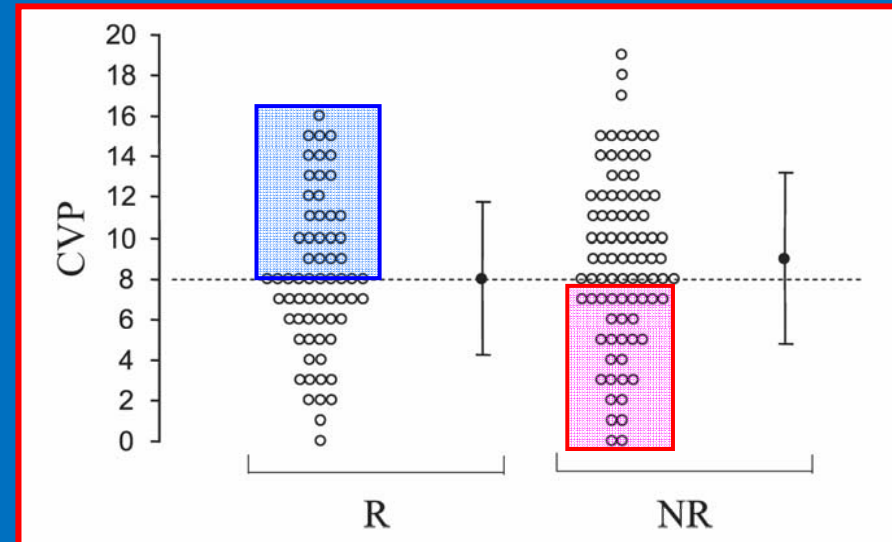
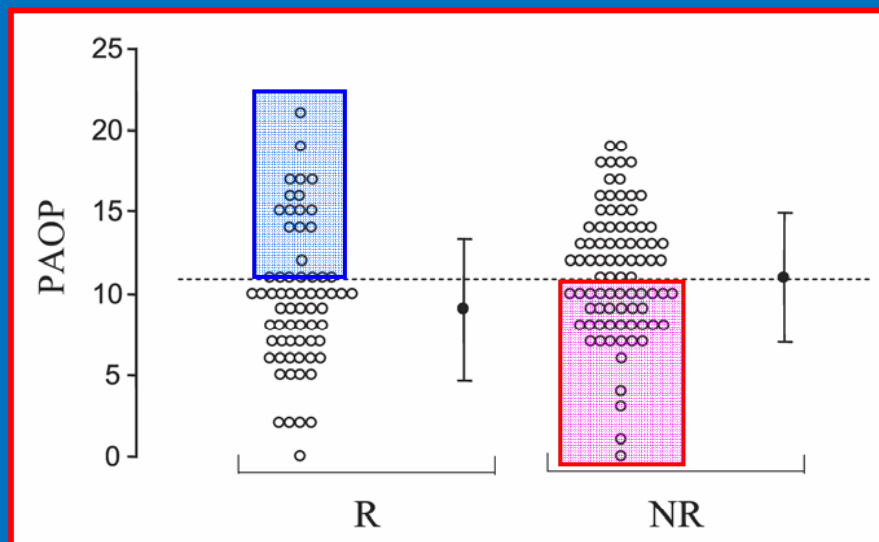
Courbes Roc

Cardiac filling pressures are not appropriate to predict
hemodynamic response to volume challenge*

David Osman, MD; Christophe Ridet, MD; Patrick Ray, MD; Xavier Monnet, MD, PhD; Nadia Anguel, MD;
Christian Richard, MD; Jean-Louis Teboul, MD, PhD

Crit Care Med 2007; 35:64–68

PaPO et PVC ne peuvent pas prédire la réponse au remplissage



Comment prédire la réponse au remplissage ?

1- En estimant la précharge ?

- par les pressions de remplissage: PVC, PAPO? **Non**
- par les dimensions : **RVEDVi, LVEDVi, LVEDAi?**

Respiratory Changes in Aortic Blood Velocity as an Indicator of Fluid Responsiveness in Ventilated Patients With Septic Shock*

Marc Feissel, MD; Frédéric Michard, MD; Isabelle Mangin, MD;
Olivier Ruyer, MD; Jean-Pierre Faller, MD; and Jean-Louis Teboul, MD, PhD

CHEST 2001; 119:867–873

**STDVGi avant
remplissage
vasculaire
(cm²/m²)**

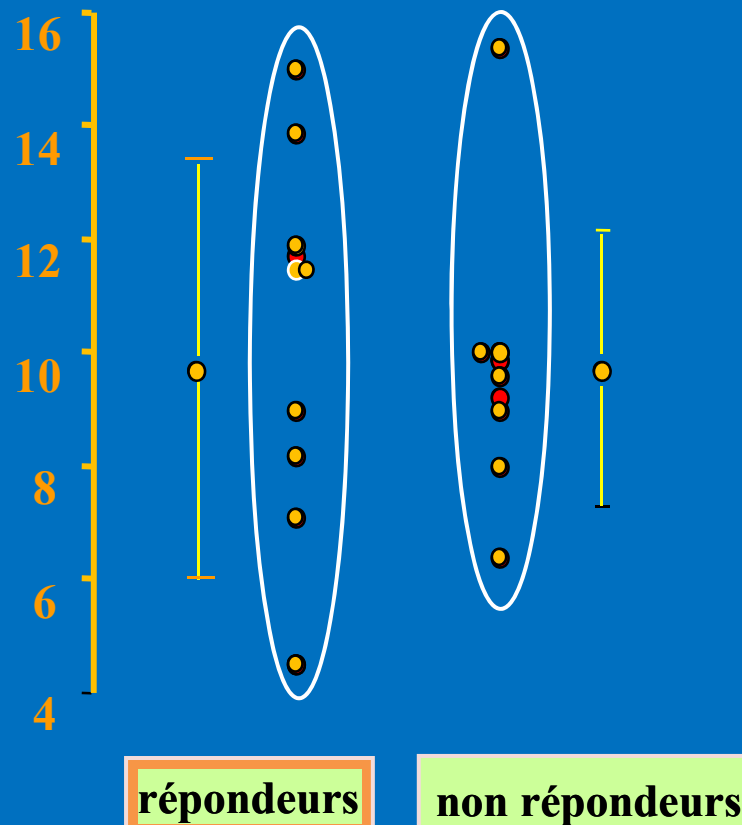


Table 4—*LVEDA Before Volume Expansion in Responders and Nonresponders**

Source	LVEDA, cm ² /m ²	
	Responders	Nonresponders
Tavernier et al ⁹	9 ± 3	12 ± 4†
Tousignant et al ¹¹	15 ± 5‡	20 ± 5†‡
Feissel et al ¹³	10 ± 4	10 ± 2

*Data are presented as mean ± SD.

†p < 0.05 responders vs nonresponders.

‡Area expressed in centimeters squared.

Predicting Fluid Responsiveness in ICU Patients^{*}: A Critical Analysis of the Evidence

Frédéric Michard and Jean-Louis Teboul

Chest 2002;121;2000-2008

Global End-Diastolic Volume as an Indicator of Cardiac Preload in Patients With Septic Shock

Frédéric Michard, Sami Alaya, Véronique Zarka, Mabrouk Bahloul, Christian Richard and Jean-Louis Teboul

Chest 2003;124:1900-1908

Table 1—Hemodynamic Effects of Volume Loading*

Variables	Before Volume Loading	After Volume Loading
Heart rate, beats/min	97 ± 19	95 ± 20†
CVP, mm Hg	10 ± 4	13 ± 4‡
GEDV index, mL/m ²	711 ± 164	769 ± 144‡
SVI, mL/m ²	36 ± 12	42 ± 12‡
CI, L/min/m ²	3.4 ± 1.1	3.9 ± 1.2‡
Mean arterial pressure, mm Hg	71 ± 11	83 ± 14‡
SVRI, dyne · s/cm ⁵ /m ²	1,545 ± 536	1,516 ± 578

*Values are expressed as mean ± SD.

†p < 0.05.

‡p < 0.001.

Table 2—Hemodynamic Effects of Dobutamine Infusion*

Variables	Baseline	Dobutamine Increase
Heart rate, beats/min	95 ± 25	99 ± 25‡
CVP, mm Hg	13 ± 3	13 ± 3
GEDV index, mL/m ²	823 ± 221	817 ± 202
SVI, mL/m ²	32 ± 11	35 ± 12‡
CI, L/min/m ²	2.8 ± 0.6	3.2 ± 0.6‡
Mean arterial pressure, mm Hg	79 ± 13	82 ± 11
SVRI, dyne · s/cm ⁵ /m ²	1,993 ± 687	1,816 ± 550‡

*Values are expressed as mean ± SD.

†p < 0.05.

‡p < 0.001.

... (i)

66 épreuves chez 27 patients

	413 < VTDGI < 611 ml/m ² (n=22)	615 < VTDGI < 781 ml/m ² (n=22)	816 < VTDGI < 1174 ml/m ² (n=22)
% réponse au RV	77%	45 %	23%

Plus est le VTDGI plus importante est la réponse au remplissage

Massimo Antonelli
Mitchell Levy
Peter J. D. Andrews
Jean Chastre
Leonard D. Hudson
Constantine Manthous
G. Umberto Meduri
Rui P. Moreno
Christian Putensen
Thomas Stewart
Antoni Torres

Hemodynamic monitoring in shock and implications for management

**International Consensus Conference, Paris, France,
27–28 April 2006**

Question 2: Should we monitor preload and fluid responsiveness in shock?

**7. We recommend that in shock, low values of commonly used static measures of preload such as CVP, RAP, PAOP (for example less than 4 mmHg) and ventricular volumes, should lead to immediate fluid resuscitation with careful monitoring.
Level 1; QoE low (C)**

Indices
Dynamiques

Pourquoi les indicateurs de précharge ne prédisent-ils pas la réponse au remplissage vasculaire ?

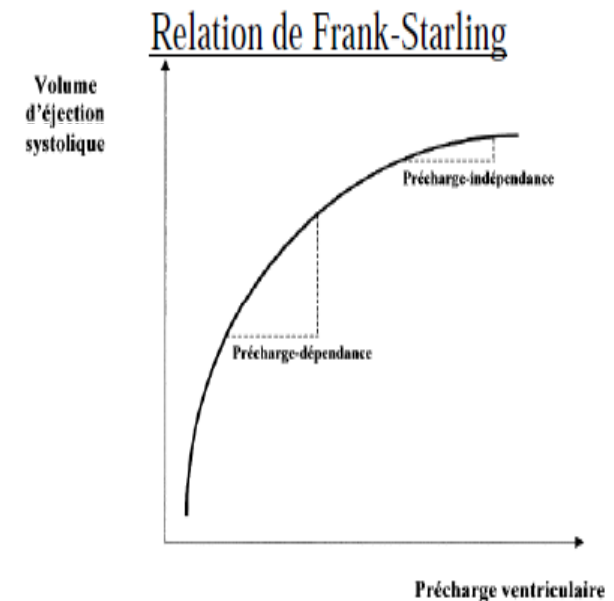
Estimer la précharge n'est pas estimer la réserve de précharge

la réserve de précharge

❑ Le cœur normal fonctionne sur la portion ascendante de la courbe ; il existe donc une réserve de précharge potentiellement utilisable.

❑ La réserve de précharge est d'autant plus marquée que le cœur travaille sur la partie initiale de la portion ascendante de la courbe de fonction systolique, c'est-à-dire à distance du plateau ; et que la pente de la portion ascendante de la courbe est plus raide (fonction inotrope conservée ou augmentée).

Définition de la « précharge dépendance »



Objectif de la prédiction de la réponse au remplissage:

L'augmentation de la pré charge VD entraînera-t-elle une augmentation du VES VG

**Volume
d'éjection
systolique**

Cœur normal

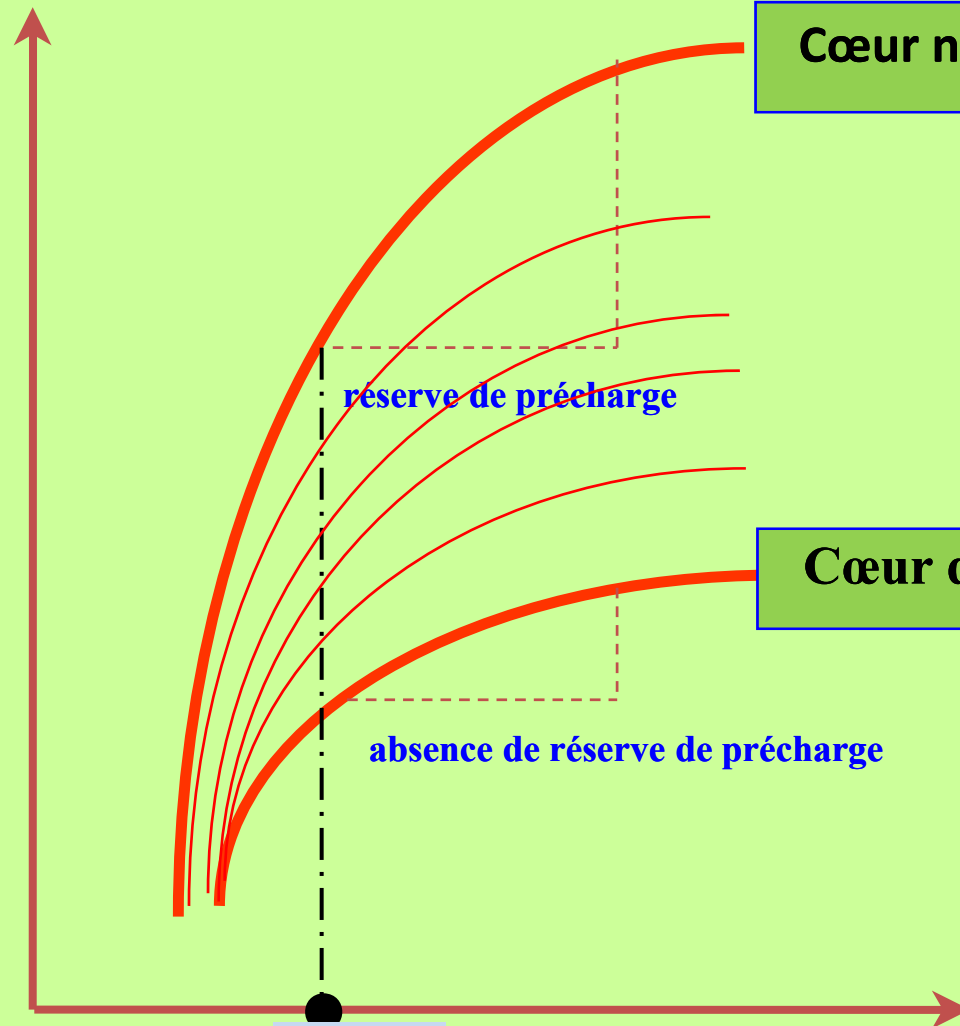
Cœur défaillant

réserve de précharge

absence de réserve de précharge

PVC

Précharge ventriculaire

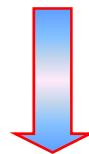
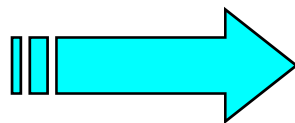


**des indices dynamiques sont proposés
pour détecter directement
la *réserve de précharge***

Patients sous ventilation mécanique

Effets cycliques de la VM

**Insufflation
mécanique**

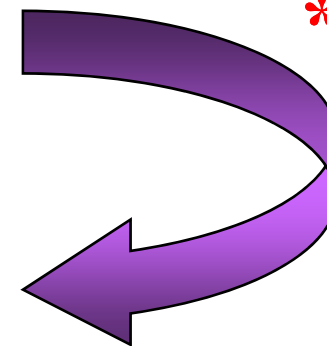


Précharge VD

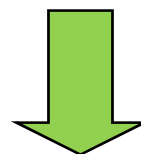
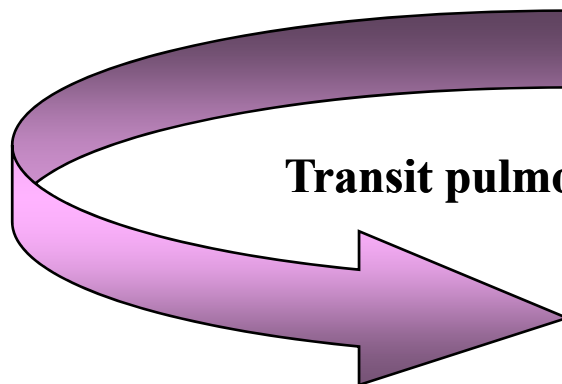


Ejection VD

à l'inspiration



Transit pulmonaire



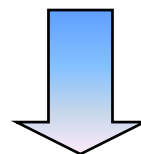
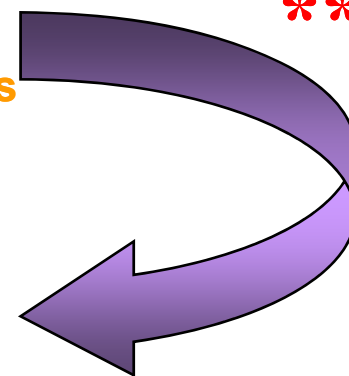
Précharge VG

2 à 3 cycles cardiaques
plus tard



Ejection VG

à l'expiration



* si réserve précharge VD

** si réserve précharge VG

**La réponse au remplissage
survient seulement
en cas de réserve de précharge**

**La VM induit des variations cycliques
du volume d'éjection seulement
en cas de réserve de précharge**

**La réponse au remplissage doit être corrélée avec
l'amplitude des variations cycliques
du volume d'éjection sous VM**

**L'amplitude de la variabilité respiratoire du volume d'éjection VG
et de ses dérivés (pression artérielle, vitesse aortique doppler, etc..)
doit être un indice prédictif de l'efficacité du remplissage**

Comment évaluer la variabilité respiratoire du VES

. Par l'analyse de la variabilité respiratoire de la PA (KT artériel)

- systolic pressure variation (& delta down) (Perel's method)**
- pulse pressure variation (PPV ou ΔPP)**

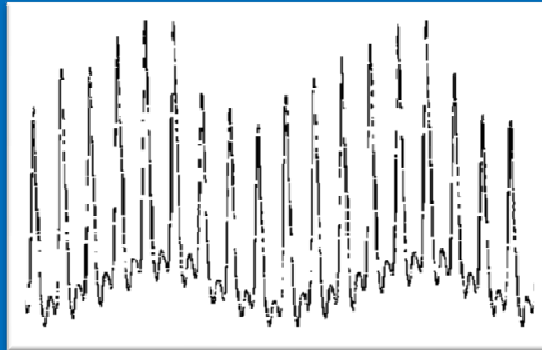
$$\text{Pression artérielle pulsée} = k \cdot \frac{\text{volume d'éjection VG}}{\text{compliance artérielle}}$$

les variations respiratoires de la pression artérielle pulsée reflètent les variations respiratoires du volume d'éjection systolique VG

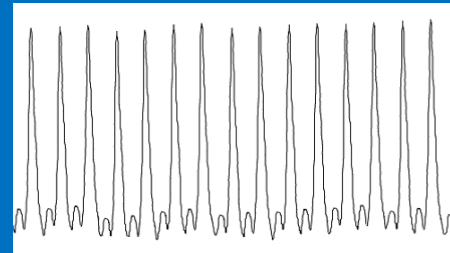
les variations respiratoires de la pression pulsée (ΔPP) devraient prédire la réponse au remplissage

VES

ΔPP majeur



ΔPP minime



absence de réserve de précharge

réserve de précharge

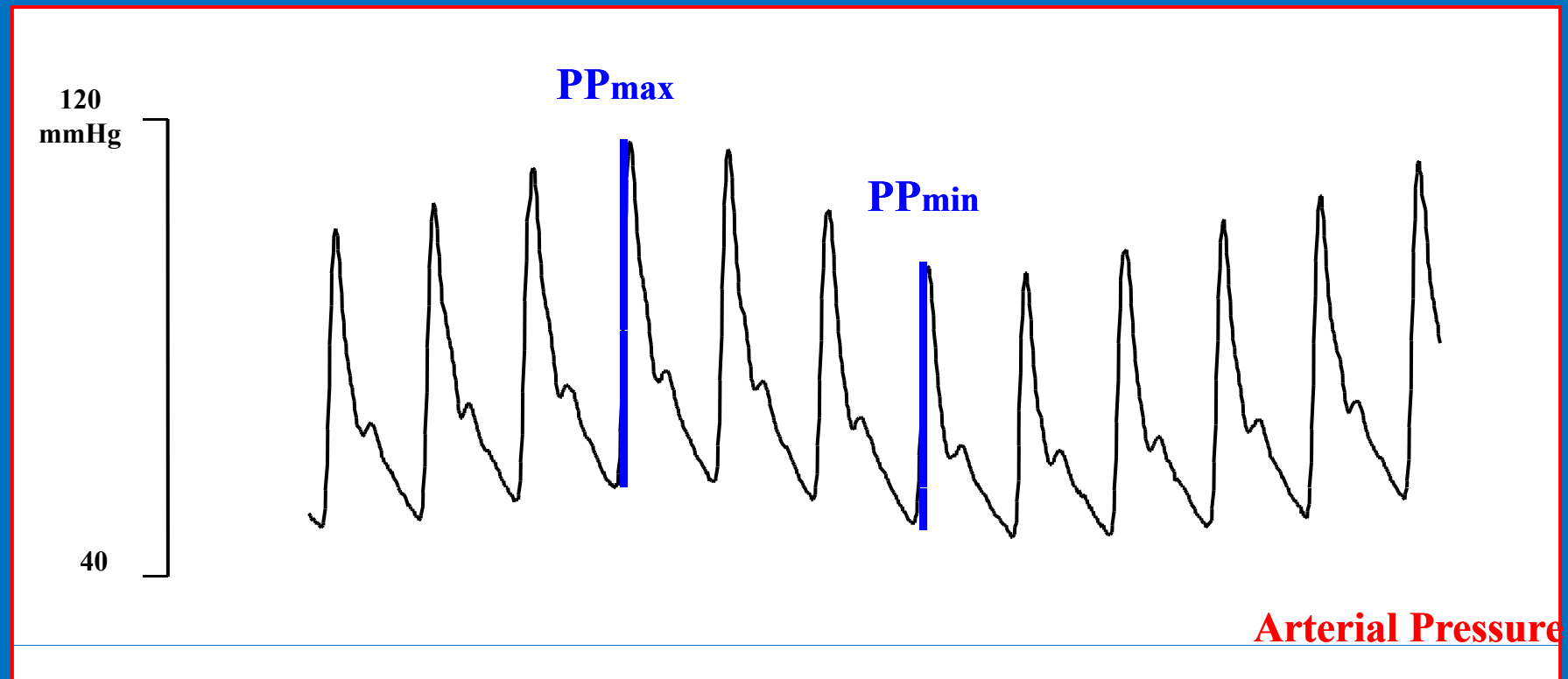
Précharge ventriculaire

Clinical Use of Respiratory Changes in Arterial Pulse Pressure to Monitor the Hemodynamic Effects of PEEP

FRÉDÉRIC MICHARD, DENIS CHEMLA, CHRISTIAN RICHARD, MARC WYSOCKI, MICHAEL R. PINSKY, YVES LECARPENTIER, and JEAN-LOUIS TEBOUL

AM J RESPIR CRIT CARE MED 1999;159:935-939

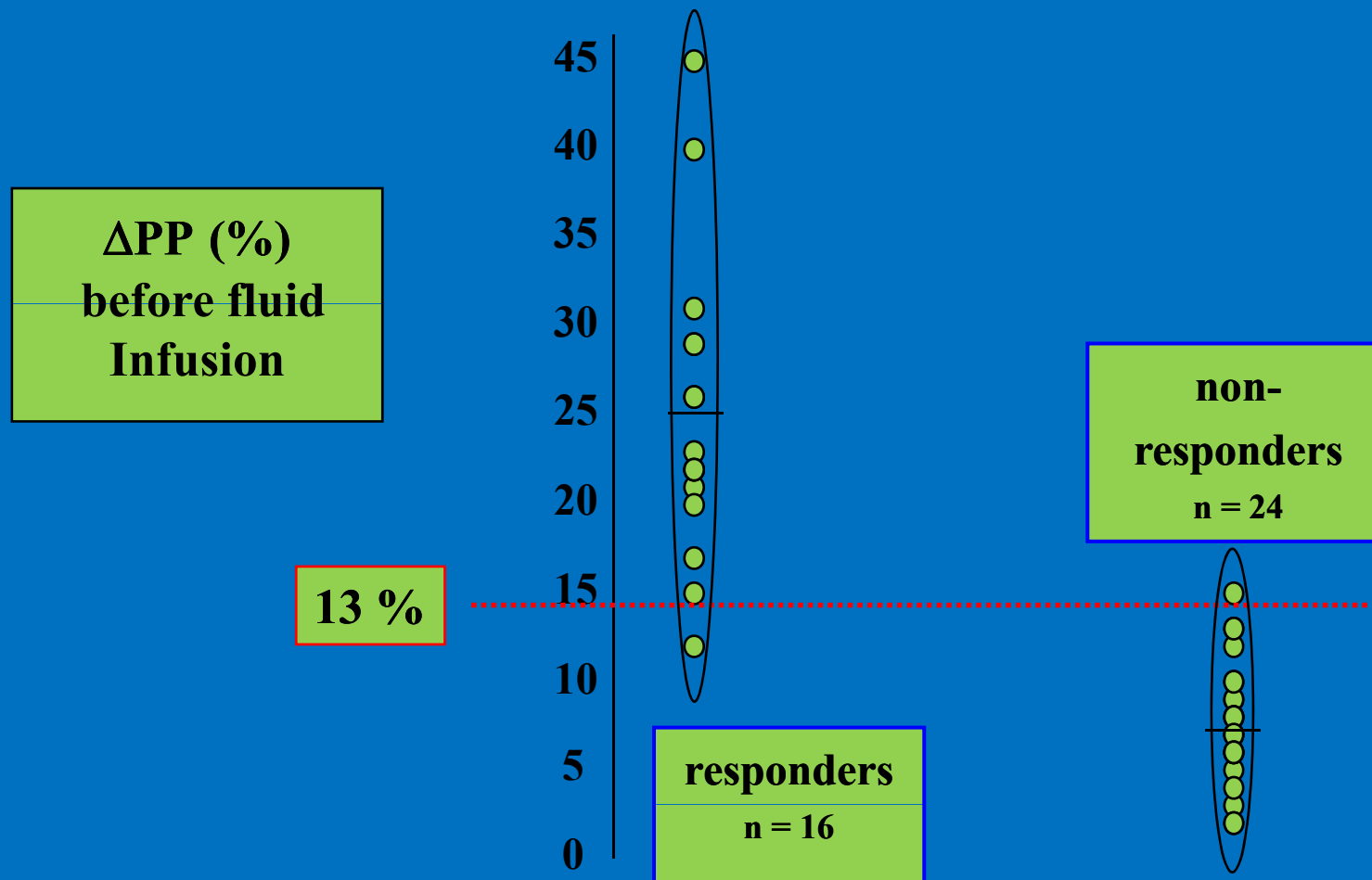
$$\Delta PP = \frac{PP_{\max} - PP_{\min}}{(PP_{\max} + PP_{\min}) / 2}$$



Relation between Respiratory Changes in Arterial Pulse Pressure and Fluid Responsiveness in Septic Patients with Acute Circulatory Failure

FRÉDÉRIC MICHARD, SANDRINE BOUSSAT, DENIS CHEMLA, NADIA ANGUEL, ALAIN MERCAT, YVES LECARPENTIER, CHRISTIAN RICHARD, MICHAEL R. PINSKY, and JEAN-LOUIS TEBOUL

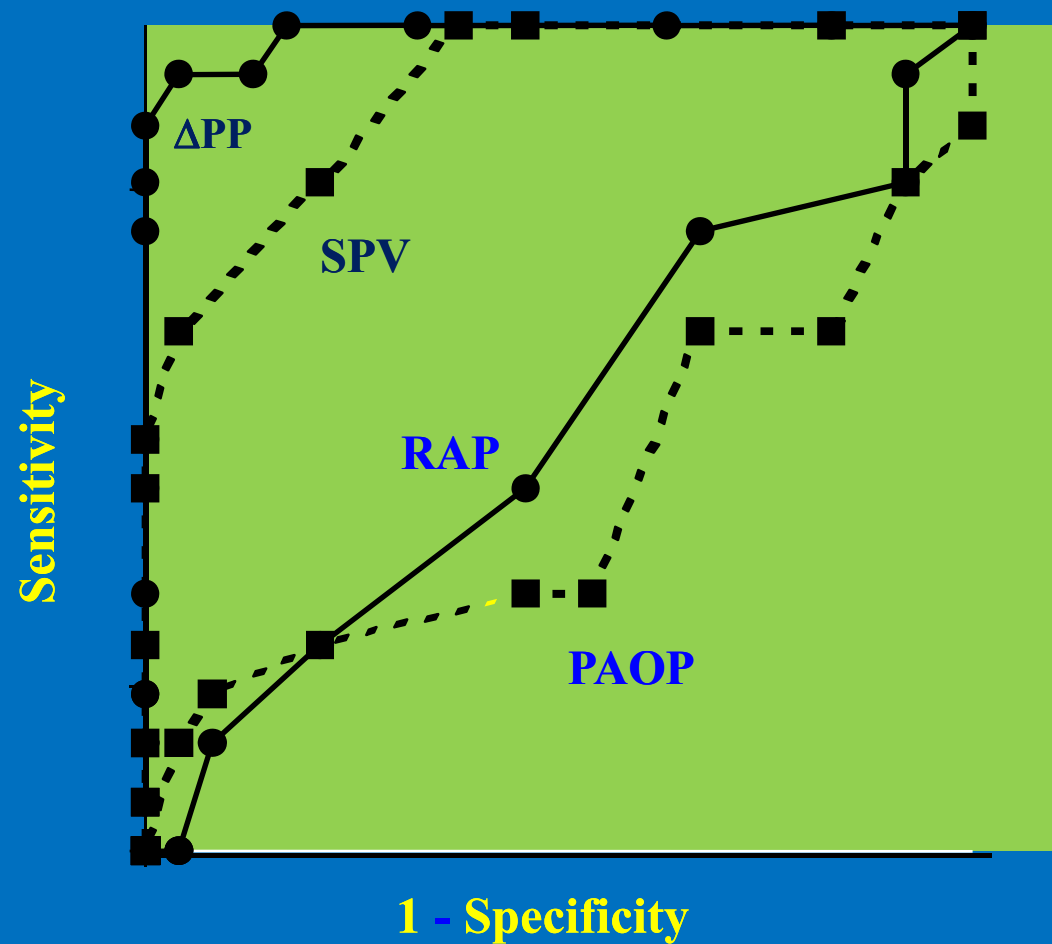
Am J Respir Crit Care Med 2000,162:134-138



Relation between Respiratory Changes in Arterial Pulse Pressure and Fluid Responsiveness in Septic Patients with Acute Circulatory Failure

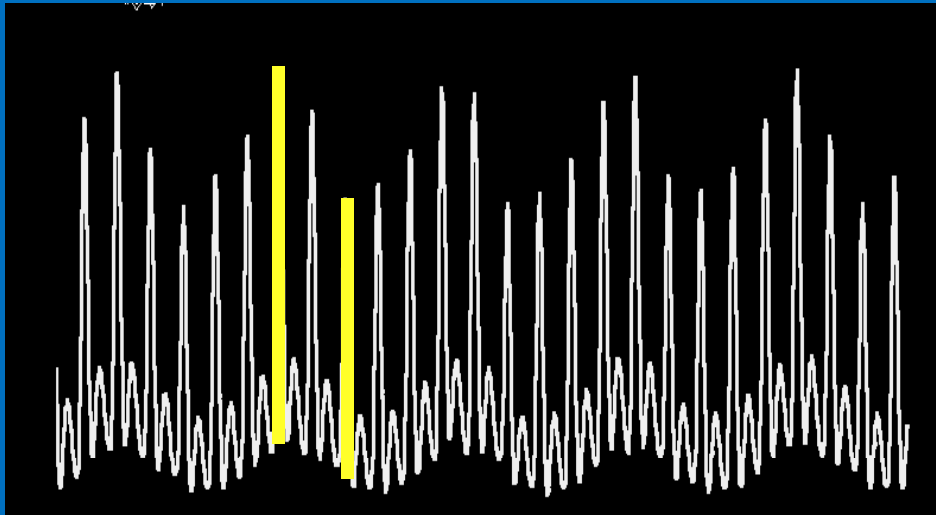
FREDERIC MICHARD, SANDRINE BOUSSAT, DENIS CHEMLA, NADIA ANGUEL, ALAIN MERCAT, YVES LECARPENTIER, CHRISTIAN RICHARD, MICHAEL R. PINSKY, and JEAN-LOUIS TEBOUL

Am J Respir Crit Care Med 2000,162:134-138



Repondeur

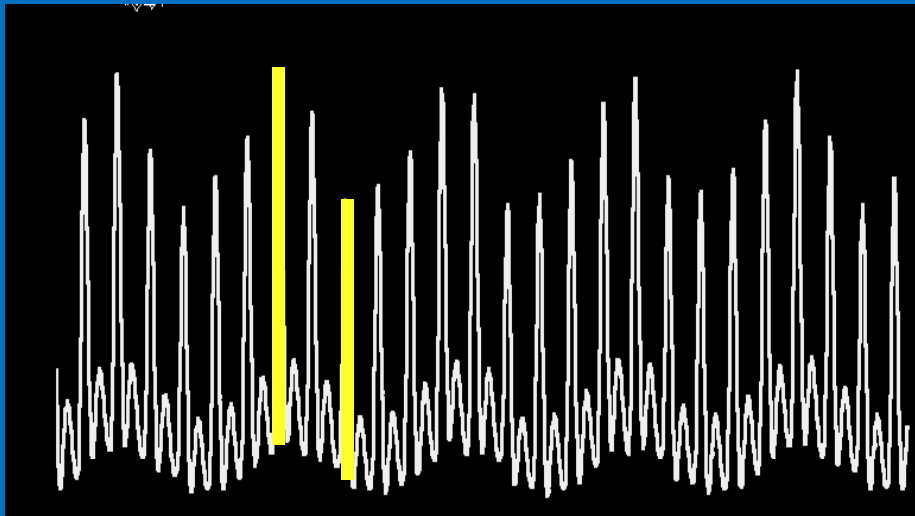
$\Delta PP = 32 \%$



Before fluid loading

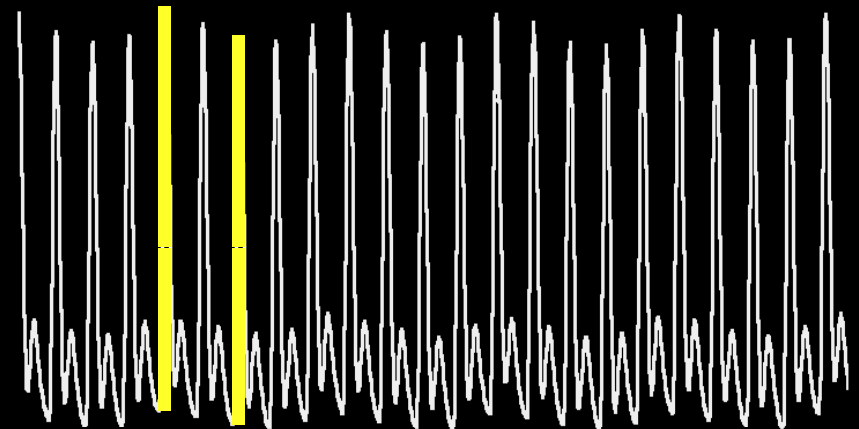
Répondeur

$\Delta PP = 32 \%$



Before fluid loading

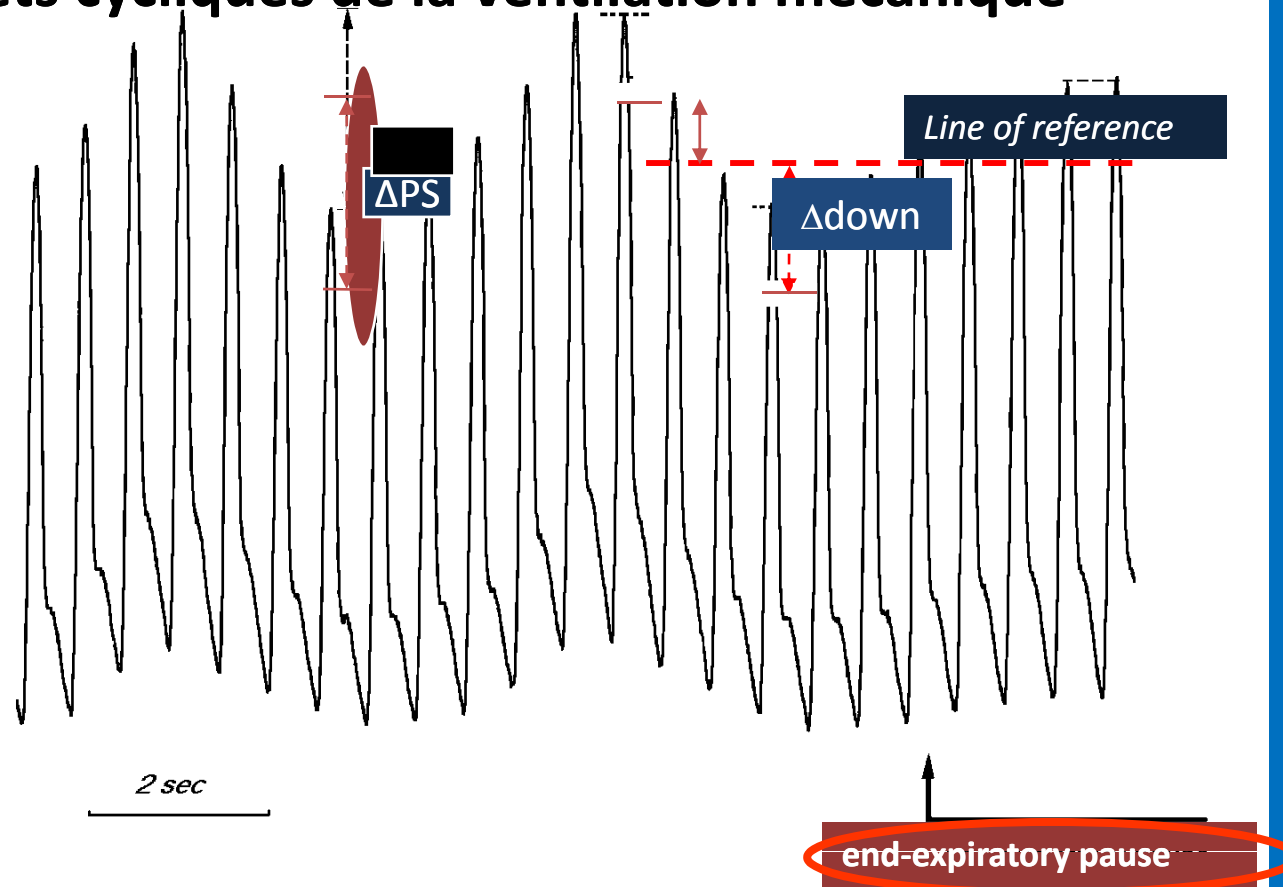
$\Delta PP = 5 \%$



After fluid loading

$\Delta\text{down} \geq 5 \text{ mm Hg}$ prédit la réponse au remplissage

Effets cycliques de la ventilation mécanique





Predicting fluid responsiveness in patients undergoing cardiac surgery: functional haemodynamic parameters including the Respiratory Systolic Variation Test and static preload indicators¹

S. Preisman*, S. Kogan, H. Berkenstadt and A. Perel[‡]

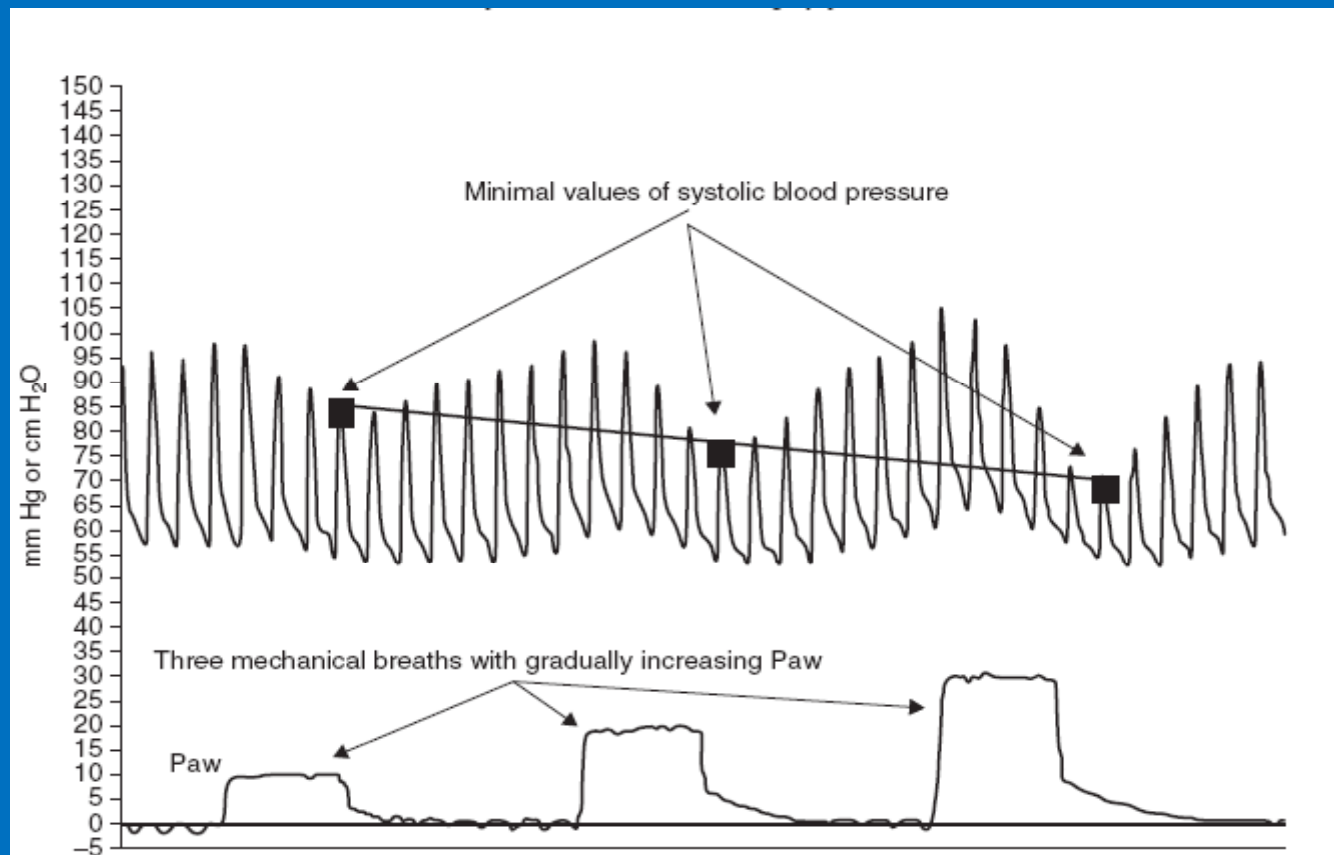


Table 5 Comparison of areas under the ROC curves for the indicators used for the prediction of the response of LVSV to fluid administration. MAP, mean arterial blood pressure; CVP, central venous pressure; ITBVI, intrathoracic blood volume index; EDAI, left ventricular end-diastolic area; SPV, systolic pressure variation; dDOWN, delta DOWN; SVV, stroke volume variation; PPV, pulse pressure variation; RSVT, respiratory systolic variation test. * $P<0.05$ in comparison with RSVT; ** $P<0.001$ in comparison with RSVT

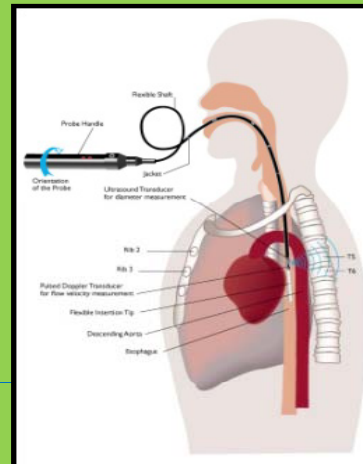
	ROC area	95% CI	Proposed threshold value	Sensitivity	Specificity
MAP	0.73**	0.60–0.87	<76.5 mm Hg	64%	77%
CVP	0.61**	0.47–0.75	NS		
ITBVI	0.71**	0.59–0.84	<845 cc m ⁻²	63%	73%
EDAI	0.71**	0.59–0.84	<9.05 cm ² m ⁻²	63%	69%
SPV	0.92	0.85–0.99	>8.5 mm Hg	82%	86%
dDOWN	0.92	0.85–1.0	>5.0 mm Hg	86%	86%
SVV	0.87*	0.79–0.96	>11.5%	81%	82%
PPV	0.95	0.89–1.0	>9.4%	86%	89%
RSVT	0.96	0.92–1.0	>0.51 mm Hg/cm H ₂ O	93%	89%

Comment évaluer la variabilité respiratoire du VES

- . Par l'analyse de la variabilité respiratoire de la PA (KT artériel)
- . Par l'analyse de la variabilité respiratoire du VES « pulse contour » (SVV)
- . Par l'analyse de la variabilité respiratoire de la **vélocité aortique**

Doppler

- Echocardiographie
- Doppler oesophagien



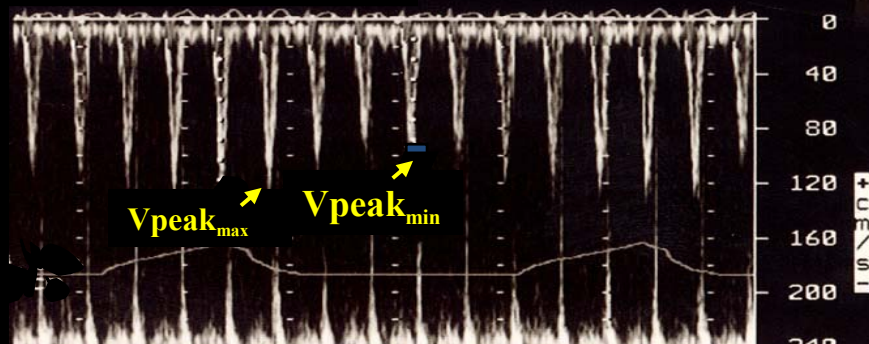
Respiratory Changes in Aortic Blood Velocity as an Indicator of Fluid Responsiveness in Ventilated Patients With Septic Shock*

Marc Feissel, MD; Frédéric Michard, MD; Isabelle Mangin, MD;
Olivier Ruyer, MD; Jean-Pierre Faller, MD; and Jean-Louis Teboul, MD, PhD

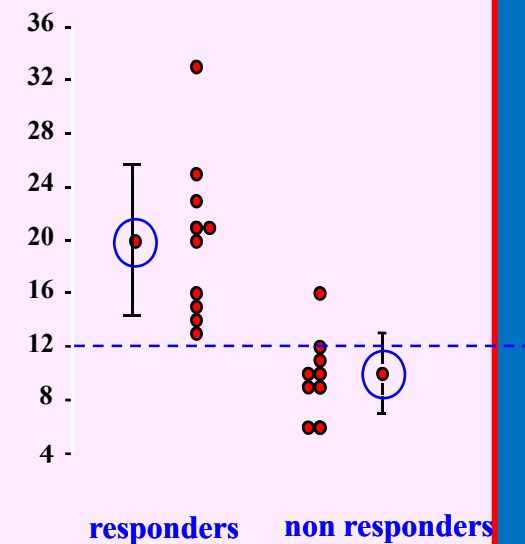
CHEST 2001; 119:867-873

$$\Delta V_{\text{peak}} = \frac{V_{\text{peak max}} - V_{\text{peak min}}}{(V_{\text{peak max}} + V_{\text{peak min}}) / 2}$$

ΔV_{peak}

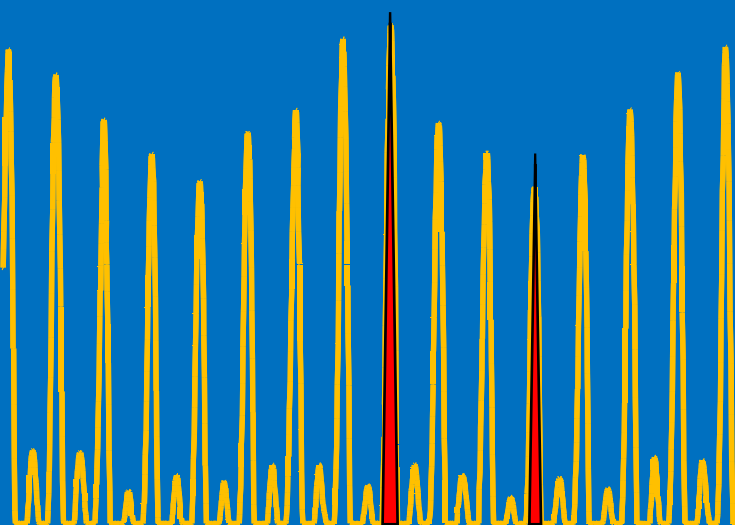


ΔV_{peak} (%)
before fluid

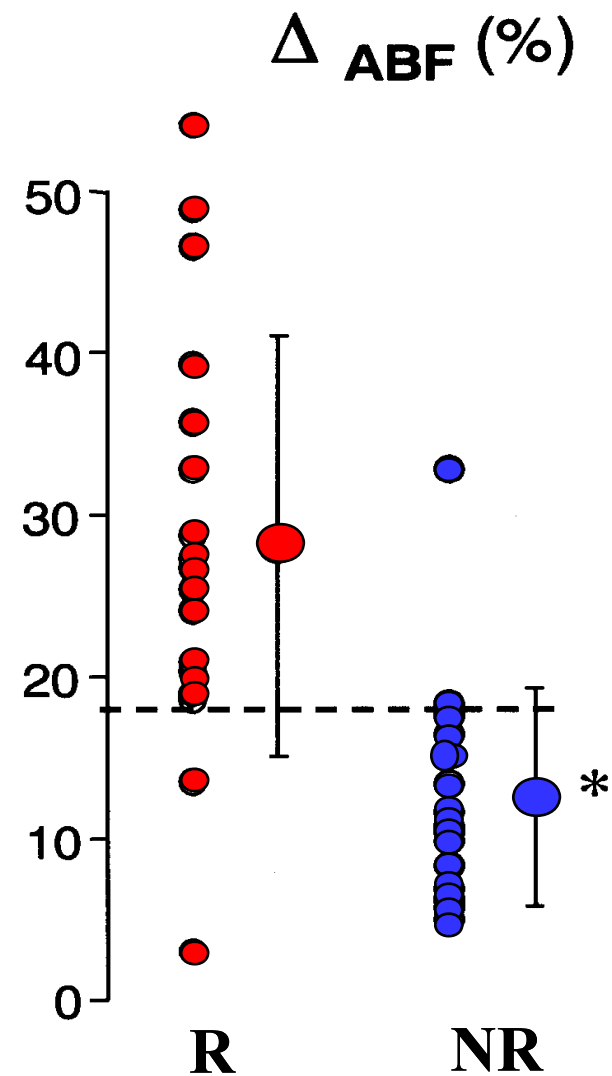


Xavier Monnet
Mario Rienzo
David Osman
Nadia Anguel
Christian Richard
Michael R. Pinsky
Jean-Louis Teboul

Esophageal Doppler monitoring predicts fluid responsiveness in critically ill ventilated patients



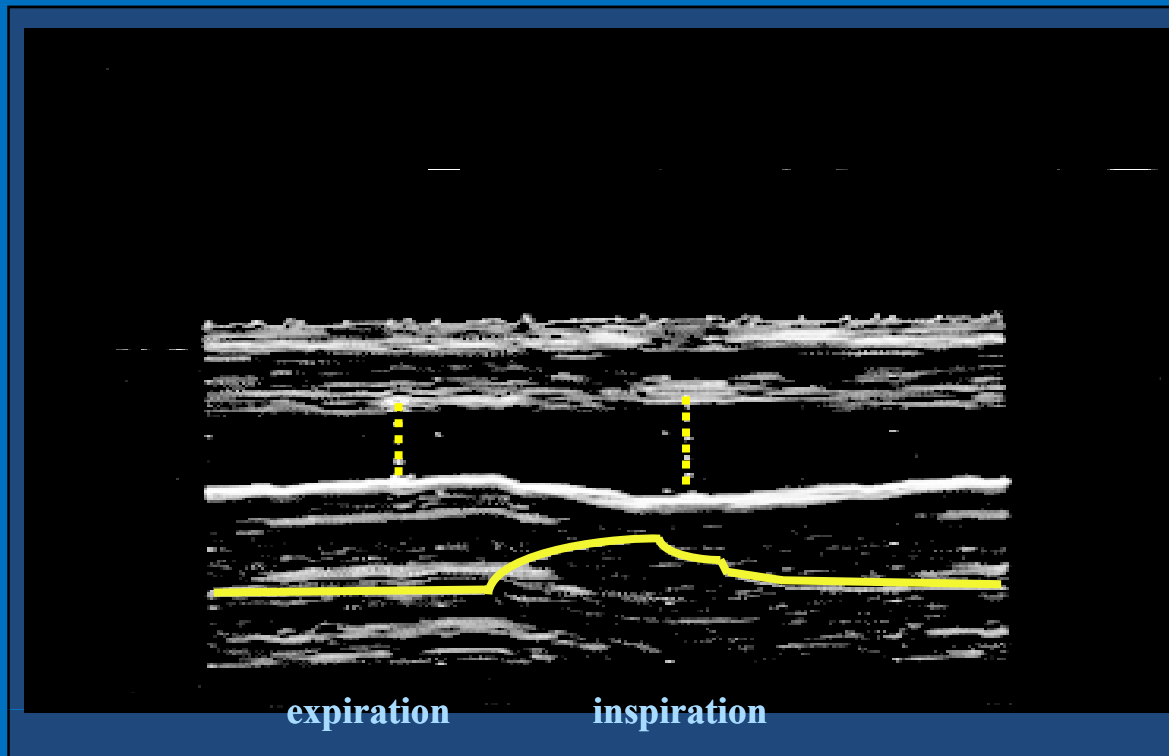
$$\Delta \text{ABF \%} = \frac{\text{ABF max} - \text{ABF min}}{(\text{ABF max} + \text{ABF min})/2}$$



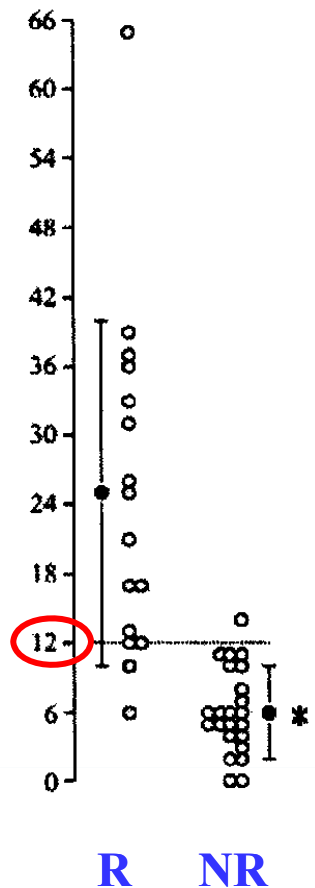
Marc Feissel
Frédéric Michard
Jean-Pierre Faller
Jean-Louis Teboul

The respiratory variation in inferior vena cava diameter as a guide to fluid therapy

$$\Delta \text{dIVC} \% = \frac{\text{dIVC}_{\text{max}} - \text{dIVC}_{\text{min}}}{(\text{dIVC}_{\text{max}} + \text{dIVC}_{\text{min}})/2}$$

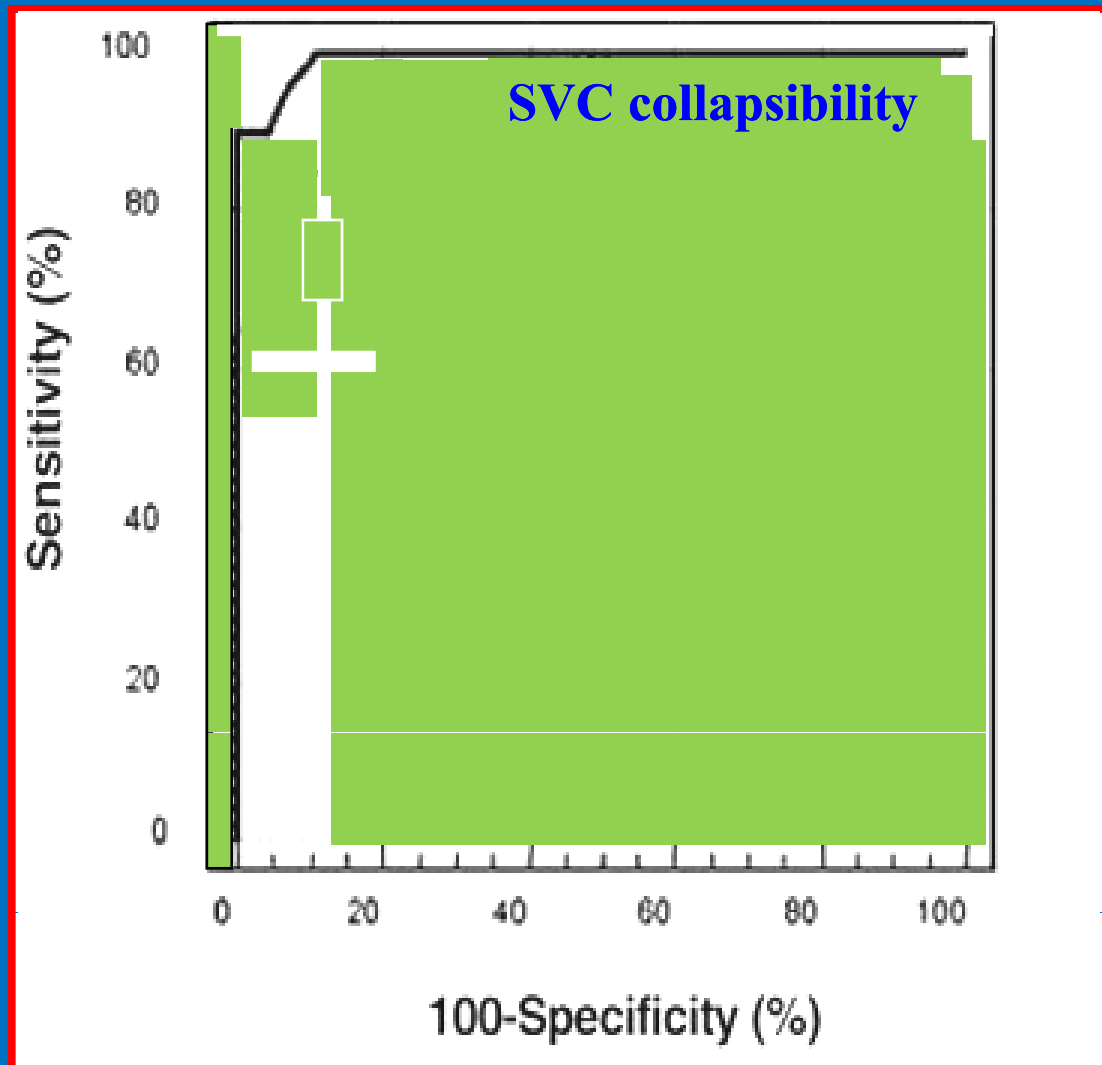


$\Delta \text{D}_{\text{IVC}}$



Antoine Vieillard-Baron
Karim Chergui
Anne Rabiller
Olivier Peyrouset
Bernard Page
Alain Beauchet
François Jardin

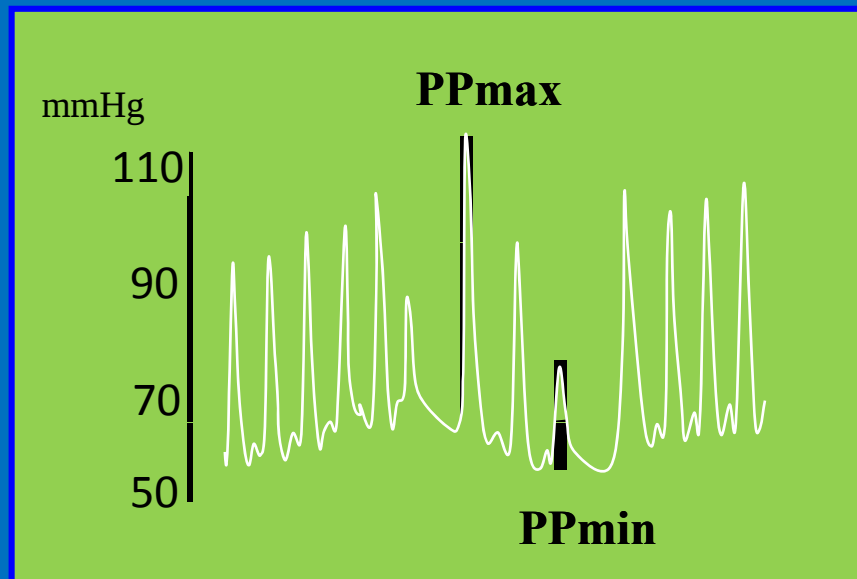
Superior vena caval collapsibility as a gauge of volume status in ventilated septic patients



Limites d'utilisation des indices de variabilité respiratoire

Validés seulement

- en cas de VM avec adaptation parfaite au ventilateur
- avec un $V_t > 7 \text{ mL/kg}$
- en l'absence d'arythmie cardiaque



Limites d'utilisation des indices de variabilité respiratoire

Validés seulement

- en cas de VM avec adaptation parfaite au ventilateur
- avec un $V_t > 7 \text{ mL/kg}$
- en l'absence d'arythmie cardiaque
- en cas de thorax et péricarde fermés

Limites d'utilisation des indices de variabilité respiratoire

Validés seulement

- en cas de VM avec adaptation parfaite au ventilateur

- avec un $V_t > 7 \text{ mL/kg}$

- en l'absence d'arythmie cardiaque



D'autres indices prédictifs sont nécessaires

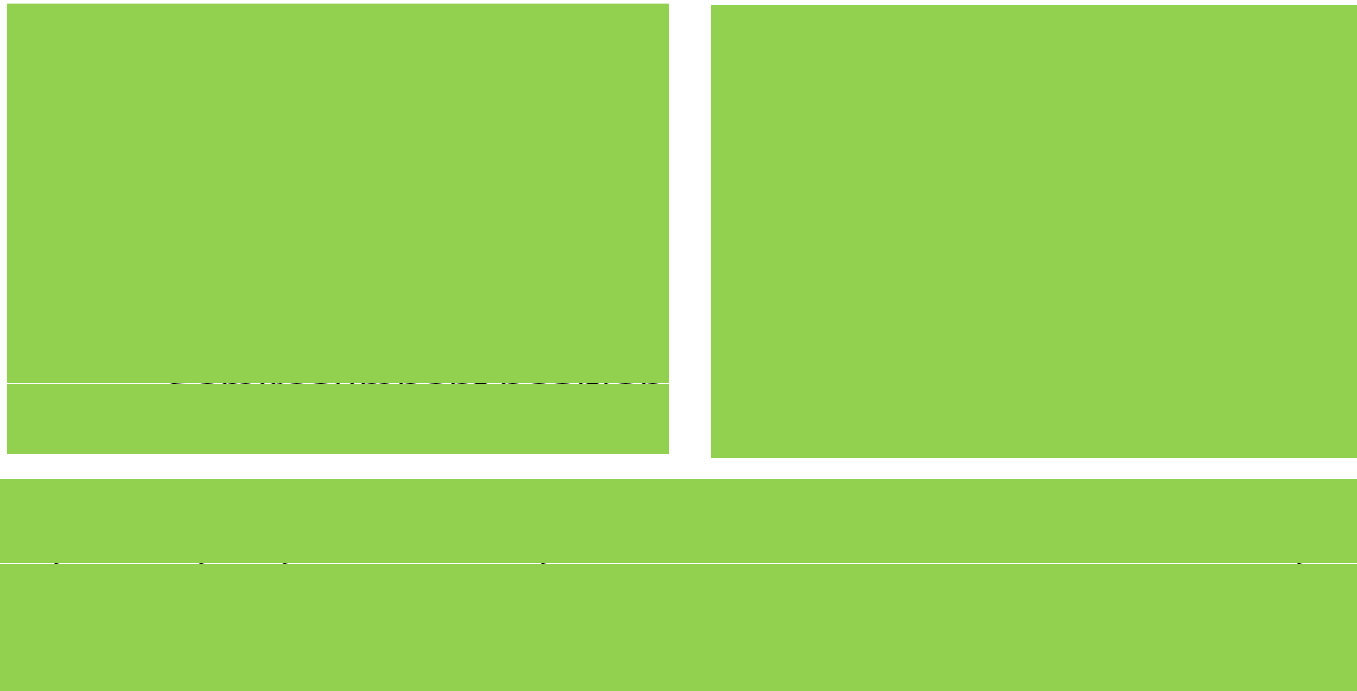
Lever de jambes passif

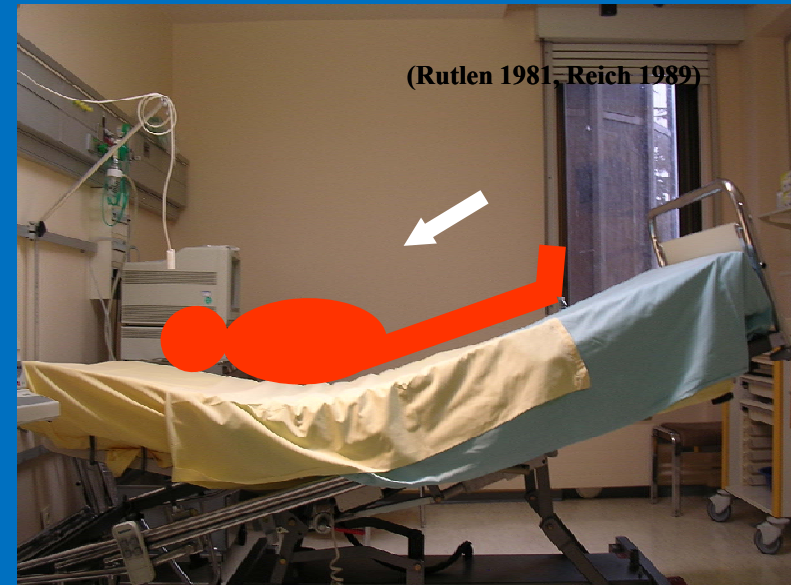
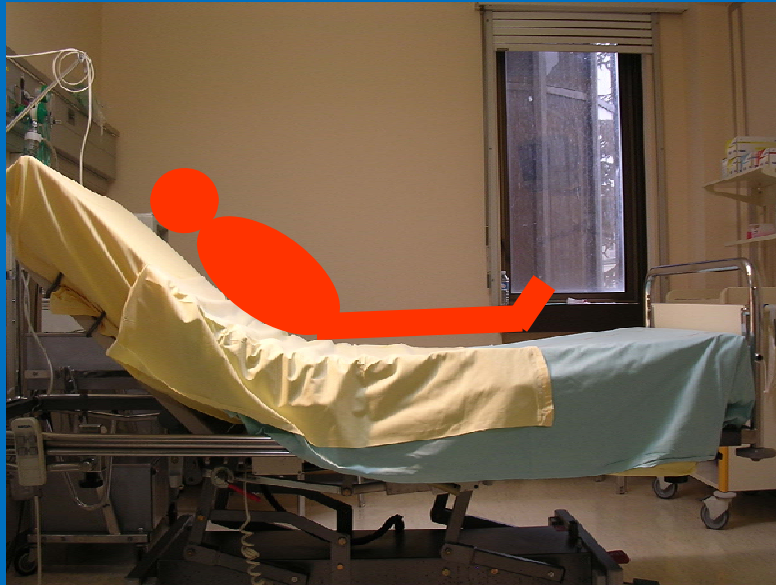
Prediction of volume responsiveness in critically ill patients with spontaneous breathing activity

Jean-Louis Teboul and Xavier Monnet

Current Opinion in Critical Care 2008, 14:334-339

Figure 1 The passive leg-raising test consists of measuring the hemodynamic effects of a leg elevation up to 45°





Increase in right ventricular preload (Thomas 1965)

Increase in left ventricular preload (Rocha 1987, De Hert 1999)

**Reversible and
transient effects**

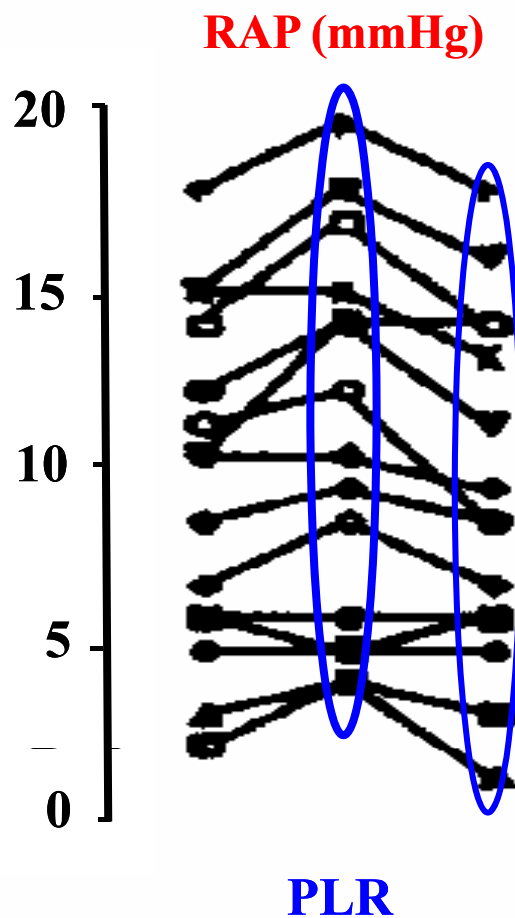


clinical investigations in critical care

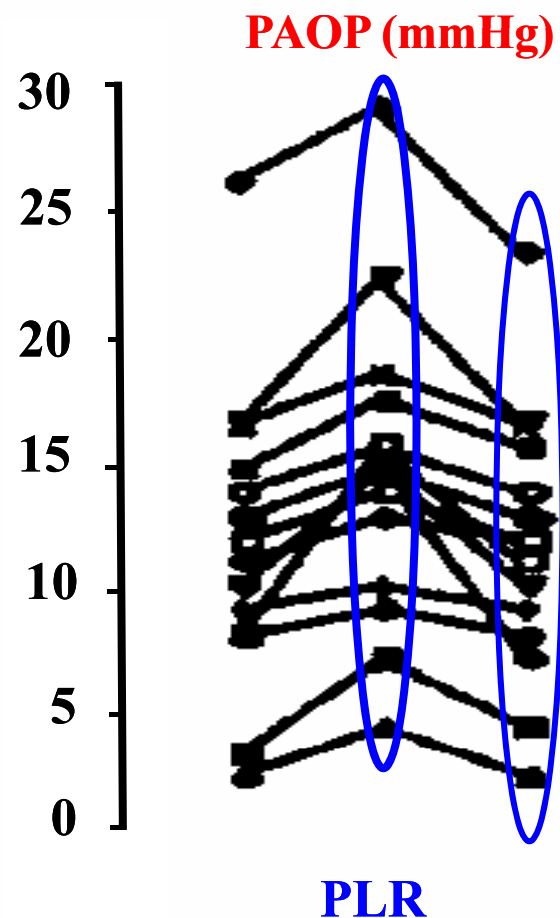
Changes in BP Induced by Passive Leg Raising Predict Response to Fluid Loading in Critically Ill Patients*

Thierry Boulain, MD; Jean-Michel Achard, MD; Jean-Louis Teboul, MD; Christian Richard, MD; Dominique Ferrotin, MD; and Guy Ginies, MD

Chest 2002; 121: 1245-52



Base **post-PLR**



Base **post-PLR**

**La réponse au remplissage est un phénomène normal
lié à une réserve de précharge physiologique**

**Détecter un tel phénomène
ne doit pas *conduire systématiquement*
à une *décision de remplissage vasculaire*
surtout en l'absence de signes
d'hypoperfusion périphérique**

Massimo Antonelli
Mitchell Levy
Peter J. D. Andrews
Jean Chastre
Leonard D. Hudson
Constantine Manthous
G. Umberto Meduri
Rui P. Moreno
Christian Putensen
Thomas Stewart
Antoni Torres

Hemodynamic monitoring in shock and implications for management

**International Consensus Conference, Paris, France,
27–28 April 2006**

6. We recommend that preload measurement alone not be used to predict fluid responsiveness.

Level 1; QoE moderate (B)

7. We recommend that in shock, low values of commonly used static measures of preload such as CVP, RAP, PAOP (for example less than 4 mmHg) and ventricular volumes, should lead to immediate fluid resuscitation with careful monitoring.

Level 1; QoE low (C)

8. We recommend a fluid challenge to predict fluid responsiveness. A fluid challenge consists of either immediate administration (for example 10–15 minutes) of 250 cc of crystalloid or colloid equivalent (eventually repeatable, if indicated) or a straight-leg raise with a goal of obtaining a rise in CVP of at least 2 mmHg. A positive response includes measures of improved cardiac function and tissue perfusion.

Level 1; QoE low (C)

9. We do not recommend the routine use of dynamic measures of fluid responsiveness (including but not limited to pulse pressure variation, aortic flow changes, systolic pressure variation, respiratory systolic variation test, and collapse of vena cava).

Level 1; QoE high (A)

There may be some advantage to these measurements in highly selected patients

Level 1; QoE moderate (B)