

L'indice de fonction cardiaque par thermodilution transpulmonaire

Cardiac function index measured using transpulmonary thermodilution

J. Perny · B. Levy

Reçu le 30 septembre 2011 ; accepté le 22 février 2012
© SRLF et Springer-Verlag France 2012

Résumé L'indice de fonction cardiaque (IFC) obtenu par thermodilution transpulmonaire (système Picco) pourrait être une alternative à l'échographie cardiaque dans l'évaluation de la fonction myocardique contractile. Deux études se sont intéressées à l'IFC comme marqueur de la fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG) : elles ont permis de montrer que l'IFC est corrélé à la FEVG, qu'il n'est pas modifié par l'expansion volémique et qu'il est augmenté sous traitement inotrope. Un IFC inférieur ou égal à 4,1/min doit faire suspecter une FEVG inférieure à 45 %, et un IFC inférieur ou égal à 3,2/min laisse présager d'une FEVG inférieure à 35 %. Cependant, l'IFC est un reflet de la fonction contractile globale : il ne présage pas de l'atteinte ventriculaire et une dysfonction ventriculaire droite prépondérante peut aboutir à une sous-évaluation de la FEVG estimée par l'intermédiaire de l'IFC. L'IFC étant le rapport du débit cardiaque (DC) sur le volume télédiastolique des quatre cavités cardiaques, il peut être également sous-évalué en cas de dilatation des cavités cardiaques (chez les patients avec une arythmie complète par fibrillation auriculaire par exemple). Aussi, l'échographie cardiaque reste l'examen clé pour confirmer le diagnostic, permettant notamment d'éliminer une dysfonction ventriculaire droite et précisant certaines anomalies morphologiques. L'IFC obtenu par thermodilution transpulmonaire permet le dépistage d'une dysfonction contractile gauche et le suivi sous traitement inotrope.

Mots clés Indice de fonction cardiaque · Fraction d'éjection du ventricule gauche · Thermodilution transpulmonaire · Choc

Abstract Cardiac function index (CFI) provided by transpulmonary thermodilution (Picco system) might be a reliable indicator of left ventricular systolic ejection function

(LVEF), usually assessed by echocardiography. Two studies have tested the ability of CFI to detect a left ventricular dysfunction: the results have shown that CFI was correlated with LVEF, was not altered with fluid expansion, and increased with inotropic drug infusion. $CFI \leq 4.1/\text{min}$ suggested $LVEF < 45\%$, whereas $CFI \leq 3.2/\text{min}$ predicted $LVEF < 35\%$. However, CFI reflects global myocardial function. A right ventricular dilatation may underestimate CFI and therefore LVEF. Since CFI is the ratio between cardiac output and global end diastolic volume, a marked atrial dilatation (such as in permanent atrial fibrillation) might also underestimate CFI and LVEF. Thus, echocardiography must be performed every time the CFI value is decreased, in order to exclude a right ventricular dilatation. CFI provided by transpulmonary thermodilution is a reliable indicator of left ventricular systolic function. CFI is able to detect a myocardial dysfunction and to monitor changes in LVEF caused by inotropic drugs.

Keywords Cardiac function index · Left ventricular ejection fraction · Transpulmonary thermodilution · Shock

Introduction

Le monitoring cardiovasculaire constitue un élément essentiel de la prise en charge des patients en défaillance cardio-circulatoire : il aide au diagnostic et permet de guider la thérapeutique, en précisant le profil de l'état de choc, l'existence ou non d'une dysfonction cardiaque et en appréciant l'état volémique du patient. Même si les techniques de monitoring disponibles sont nombreuses (cathéter artériel pulmonaire, échographie cardiaque, doppler œsophagien, système Picco...), aucune d'elles n'est idéale, c'est-à-dire peu invasive, fournissant des informations fiables, reproductibles et permettant une adaptation optimale du remplissage, des agents inotropes et des vasopresseurs.

Concernant la fonction myocardique contractile, seule l'échographie cardiaque, par l'intermédiaire de la fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG), en permet une

J. Perny (✉) · B. Levy
Service de réanimation médicale Brabois,
CHU de Nancy-Brabois, institut Louis-Mathieu,
rue du Morvan, F-54511 Vandœuvre-lès-Nancy, France
e-mail : j.perny@chu-nancy.fr

évaluation validée [1–4]. L'échographie cardiaque est néanmoins une technique spécialisée, nécessitant un matériel adéquat et un opérateur compétent, disponible 24 heures/24, ce qui n'est pas le cas de toutes les unités de réanimation [3]. Le système de thermodilution transpulmonaire type Picco, désormais largement utilisé par les réanimateurs, peut constituer une alternative à l'échographie cardiaque dans le dépistage et le suivi d'une dysfonction myocardique contractile, grâce à ces deux indicateurs de fonction cardiaque : l'indice de fonction cardiaque (IFC) et la fraction d'éjection globale (FEG).

L'objectif de cet article est, d'une part, de rappeler comment la technique Picco permet d'obtenir ces indices et, d'autre part, de préciser leur intérêt en pratique clinique, tant pour le diagnostic que pour le suivi thérapeutique.

Rappel sur le système Picco

Rappels techniques

Le système Picco est un moniteur de surveillance hémodynamique disponible en France depuis 1999 et commercialisé par la société Pulsion Medical System (Munich, Allemagne). Il s'agit d'une technique de monitoring invasive nécessitant un abord veineux central « cave supérieur » et un cathéter artériel fémoral spécifique (calibre 5 French) muni d'une thermistance, reliés tous les deux au moniteur Picco.

Le Picco associe deux principes distincts, la thermodilution transpulmonaire d'une part et l'analyse de l'onde de pouls d'autre part :

- l'analyse de l'onde de pouls repose sur l'analyse, battement par battement, de la courbe de pression artérielle : elle est basée sur la relation de proportionnalité entre le volume d'éjection systolique (VES) ventriculaire gauche et la surface sous la partie systolique de la courbe de pression artérielle (volume d'éjection = surface sous la courbe \times facteur de calibration). Après calibration du système par un bolus de traceur froid, elle permet d'obtenir en continu le débit cardiaque (DC) [5], le VES et la variation du volume d'éjection systolique (VVES) ;
- la thermodilution transpulmonaire permet quant à elle d'obtenir d'autres indicateurs comme les indicateurs statiques de volémie et les IFC. Il s'agit d'une technique discontinue, nécessitant à chaque fois l'injection d'un traceur froid au niveau de la voie centrale ; la thermistance située au niveau du cathéter artériel enregistre alors une courbe de thermodilution : l'analyse mathématique de cette courbe permet d'obtenir le DC et les volumes intrathoraciques, à partir desquels le Picco détermine l'IFC et la FEG.

Détermination du DC et des volumes sanguins par thermodilution

Le DC est calculé selon le principe de Stewart-Hamilton (l'aire sous la courbe est inversement proportionnelle au débit circulant) ; cette mesure est fiable comparativement au cathéter artériel pulmonaire, avec une très bonne reproductibilité, la variabilité intermesure étant inférieure à 5 % [5,6].

Après avoir été injecté au niveau de la voie veineuse centrale, l'indicateur thermique va se diluer successivement dans le cœur droit, la circulation pulmonaire (et l'interstitium), les cavités cardiaques gauches et l'aorte descendante. La thermistance située au niveau du cathéter artériel fémoral enregistre alors une courbe de thermodilution ; celle-ci est caractérisée par un temps de transit moyen (MTt) et un temps de décroissance exponentiel (DSt) de l'indicateur thermique, permettant le calcul de différents volumes :

- le produit du DC par le MTt est égal au volume de distribution thermique intrathoracique (VTIT) : il est composé du volume sanguin intrathoracique (VSIT) et de l'eau pulmonaire extravasculaire (EPEV) ;
- le produit du DC par le DSt est le volume de distribution pulmonaire (volume thermique pulmonaire ou VTP) : celui-ci correspond au volume sanguin pulmonaire (VSP) et à l'EPEV ;
- le volume télédiastolique global (VTDG) correspond au volume télédiastolique des quatre cavités cardiaques [7,8] : il résulte de la différence entre le VTIT et le VTP, à savoir : $VTDG = (DC \times MTt) - (DC \times DSt)$ (Fig. 1).

Calcul des IFC

Le moniteur Picco calcule automatiquement l'IFC et la FEG à partir du VTDG :

- l'IFC correspond au rapport du DC par le VTDG : $IFC = DC/VTDG$, en min^{-1} ;
- la FEG est définie par le rapport entre le VES et le quart du VTDG : $FEG = VES/(VTDG/4)$, en %.

Ces indices sont en théorie indépendants de la précharge cardiaque et considérés comme des équivalents à la fraction d'éjection ventriculaire, celle-ci étant le rapport du VES sur le VTDG.

Intérêt de l'IFC en pratique clinique

Actuellement, seuls deux travaux ont étudié l'intérêt de l'IFC dans le monitoring des patients de réanimation, Combes et al. en 2004 [1] et Jabot et al. en 2009 [2].

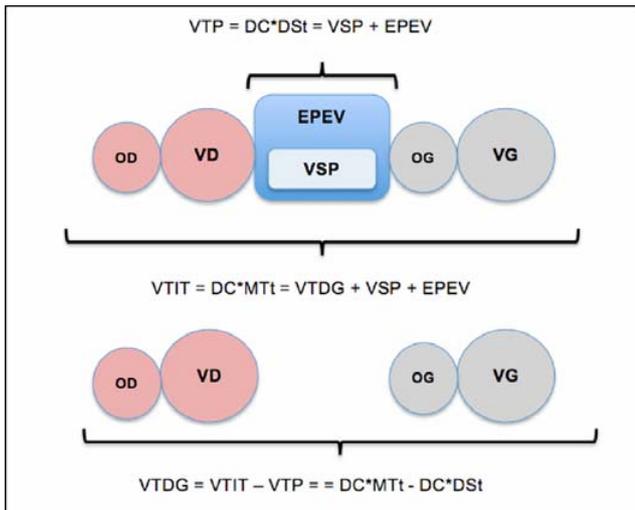


Fig. 1 Les différents volumes obtenus par thermodilution transpulmonaire

VTP : volume thermique pulmonaire ; DC : débit cardiaque ; DSt : temps de décroissance exponentiel ; VSP : volume sanguin pulmonaire ; EPEV : eau pulmonaire extravasculaire ; VTIT : volume thermique intrathoracique ; MTt : temps de transit moyen ; VTDG : volume télédiastolique global ; VSP : volume sanguin pulmonaire ; OD : oreillette droite ; VD : ventricule droit ; OG : oreillette gauche ; VG : ventricule gauche.

L'objectif principal de ces études était de voir si l'IFC obtenu par thermodilution transpulmonaire était un indicateur fiable de la fonction myocardique contractile : les auteurs comparaient l'IFC, obtenu par thermodilution transpulmonaire, à la FEVG, déterminée par échographie cardiaque.

Les caractéristiques essentielles des patients inclus sont détaillées dans le Tableau 1 : il s'agissait d'une population hétérogène de patients de réanimation, dont la principale cause d'admission était le sepsis sévère ou l'état de choc septique. Il est à noter que les patients avec des antécédents de trouble du rythme ou une dysfonction ventriculaire droite étaient exclus dans l'une des études [1].

Corrélation IFC et FEVG

Ces deux travaux ont permis de mettre en évidence une corrélation statistique forte entre l'IFC et la FEVG. Combes et al. montraient sur 30 mesures couplées IFC/FEVG que l'IFC était corrélé à la FEVG ($r = 0,87 ; p < 0,0001$), la FEVG étant obtenue par échographie transœsophagienne [1]. L'analyse de 96 mesures dans l'étude de Jabot et al. montrait également une excellente corrélation entre l'IFC et la FEVG ($r = 0,67 ; p < 0,0001$), la FEVG étant déterminée par échographie transpariétale [2].

Dans une population de 30 patients en état de choc cardiogénique [9], nous avons confirmé que la FEVG était corrélée à l'IFC avec un coefficient de corrélation à 0,52

Tableau 1 Caractéristiques principales des patients

	Combes et al. ICM 2004	Jabot et al. CCM 2009
Nombre de patients	33	39
Sex-ratio homme/femme	3,12	1,29
SAPS II	53 ± 20	64 ± 22
Cause d'admission		
Sepsis sévère/choc septique	48 %	64 %
Choc cardiogénique	15 %	15 %
Déresse respiratoire aiguë	15 %	21 %
Autres	21 %	–
Critères d'exclusion	Dysfonction VD Antécédents d'ACFA	Échogénicité médiocre

VD : ventricule droit ; ACFA : arythmie complète par fibrillation auriculaire.

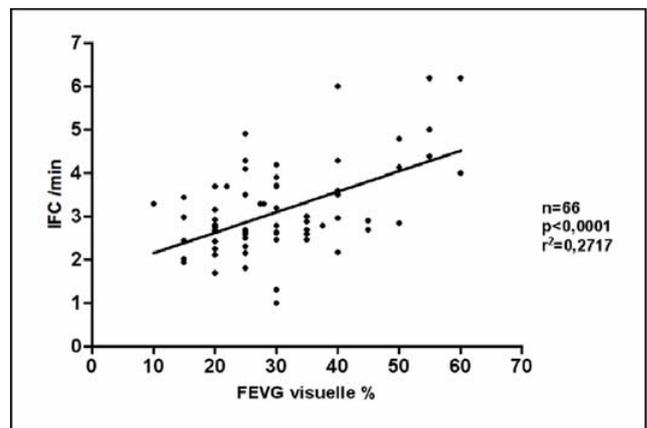


Fig. 2 Corrélation statistique IFC/FEVG dans une population en état de choc cardiogénique [9] : 30 patients ; 66 couples de mesures IFC/FEVG

($r^2 = 0,27$) (Fig. 2) ; ces patients avaient une dysfonction contractile sévère puisque sur les 66 couples de mesures IFC/FEVG réalisées, la FEVG moyenne était de 31 % [19–43] (valeurs extrêmes).

L'IFC obtenu par thermodilution transpulmonaire semble donc corrélé à la FEVG obtenue par échographie cardiaque chez les patients de réanimation, quel que soit le tableau hémodynamique.

IFC et modifications thérapeutiques

Pour être considéré comme un marqueur de fonction contractile du ventricule gauche, l'IFC doit être indépendant

des conditions de précharge et donc ne pas être modifié par l'expansion volémique ; il doit également permettre de suivre l'évolution de la FEVG sous traitement et, de ce fait, être augmenté sous traitement inotrope.

- IFC et remplissage vasculaire : sur 48 couples de mesures avant/après remplissage, Jabot et al. ont démontré que l'IFC (comme la FEVG) était statistiquement inchangé ; dans cette étude, l'indication de remplissage était posée sur des critères stricts de précharge dépendance (épreuve de lever de jambes, variation de la pression pulsée) [2] ;
- IFC et traitement inotrope : Jabot et al. avaient retrouvé une augmentation significative de l'IFC et de la FEVG sous traitement inotrope pour 24 patients (et 48 couples de mesures avant/après majoration des inotropes) : l'IFC et la FEVG passaient respectivement de 3/min ($\pm 1,5$) à 3,8/min ($\pm 1,7$), et de 30 % (± 9) à 38 % (± 10) après augmentation de la dobutamine (augmentation significative pour l'IFC et la FEVG ; $p < 0,05$) [2].

Dans notre travail portant sur des patients en état de choc cardiogénique [9], nous avons également mis en évidence une augmentation de l'IFC sous traitement inotrope ($p = 0,013$) ; pour ces 16 couples de mesures, l'IFC moyen avant traitement était de 2,8/min ($\pm 0,87$) et l'IFC après traitement était de 3,27/min ($\pm 1,5$).

L'IFC paraît donc être un bon marqueur de la fonction contractile puisqu'il n'est pas modifié par l'expansion volémique et qu'il augmente sous traitement inotrope.

Capacité de l'IFC à prédire une FEVG basse

Les deux études ont permis d'obtenir des valeurs seuils d'IFC permettant de dépister une altération de la FEVG, cette valeur étant considérée comme ayant un impact sur la thérapeutique puisqu'elle pouvait faire discuter l'utilisation d'un traitement inotrope. Combes et al. concluaient qu'un IFC supérieur à 4/min était prédictif d'une FEVG supérieure ou égale à 40 % (sensibilité de 86 % et spécificité de 88 %) [1]. Pour Jabot et al., un IFC inférieur ou égal à 4,1/min reflétait une FEVG inférieure à 45 % (sensibilité de 89 % et spécificité de 67 %) et un IFC inférieur ou égal à 3,2/min permettait de prédire une FEVG inférieure à 35 % (sensibilité de 81 % et spécificité de 88 %) [2].

Dans notre population en état de choc cardiogénique [9], un IFC inférieur à 3,47/min permettait de prédire une FEVG inférieure ou égale à 35 % (sensibilité de 79 % ; spécificité de 67 % ; aire sous la courbe de 0,79) (Fig. 3).

Aussi, un IFC inférieur à 4/min dépiste de façon fiable une altération modérée de la FEVG et un IFC inférieur à 3,5/min témoigne d'une dysfonction contractile sévère.

Limites de l'IFC

Mauvaise estimation des volumes et sous-évaluation de la FEVG

L'IFC est calculé par rapport au VTDG, celui-ci correspondant au volume des quatre cavités cardiaques. Le VTDG peut donc être surestimé dans certaines situations, à l'origine d'une sous-évaluation de l'IFC. Ainsi, les patients avec des arythmies chroniques (responsables d'une dilatation sévère de l'oreillette gauche) ou aux antécédents d'anévrisme de l'aorte abdominale étaient exclus de l'étude de Combes et al. [1]. Dans ce travail, la corrélation IFC/FEVG était ainsi très forte ($r = 0,87$).

L'arythmie cardiaque par fibrillation auriculaire (ACFA) est cependant un antécédent fréquent, notamment dans une population de patients âgés et/ou dans les unités de réanimation avec un recrutement cardiologique. Dans notre travail [9], les patients aux antécédents de troubles du rythme n'étaient pas exclus et plus de 45 % des patients présentaient des antécédents d'ACFA chronique : l'IFC était statistiquement corrélé à la FEVG. Cependant, le coefficient de corrélation ($r = 0,52$) est plus faible que celui de deux autres études, notamment celle de Jabot et al. [2] ($r = 0,67$) qui n'excluait pas les patients aux antécédents de trouble du rythme. Dans ces deux études, les valeurs d'IFC permettant de prédire une FEVG inférieure ou égale à 35 % sont proches, l'IFC étant respectivement de 3,47/min [9] et 3,3/min [2].

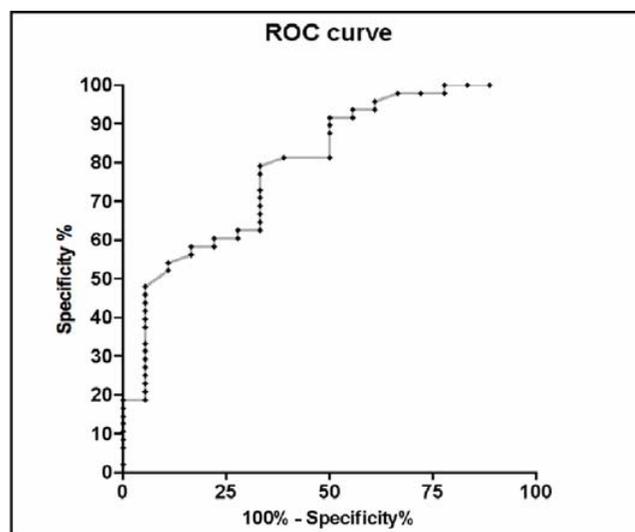


Fig. 3 Courbe ROC montrant la capacité de l'IFC à prédire une FEVG inférieure ou égale à 35 % dans une population en état de choc [9]

Se = 79 % ; Sp = 67 % ; aire sous la courbe = 0,79.

Patients avec une dysfonction ventriculaire droite

L'IFC reflète la fonction contractile globale, c'est-à-dire celle du ventricule gauche et celle du ventricule droit : il résulte, en effet, du rapport du DC sur le volume des quatre cavités cardiaques. Une diminution de l'IFC traduit donc une altération de la fonction contractile, sans présager du ventricule atteint (ventricule gauche, ventricule droit, ou les deux).

Combes et al. avaient exclu de leur analyse statistique trois patients avec une dysfonction ventriculaire droite : pour ces patients, la FEVG prédite par l'IFC était d'ailleurs sous-estimée de plus de 20 % par rapport à la FEVG réellement mesurée en échographie cardiaque [1].

Dans l'étude de Jabot et al., les patients avec une dysfonction ventriculaire droite n'étaient pas exclus de la population étudiée. Au total, 11 patients (soit 22 mesures) présentaient une dysfonction ventriculaire droite, définie par une dilatation du ventricule droit avec une aire télédiastolique du ventricule droit sur celle du ventricule gauche supérieure à 0,6. L'analyse statistique de ce sous-groupe de patients montrait qu'il existait une corrélation de l'IFC avec la FEVG ($r = 0,46$), cette corrélation étant inférieure à celle de la population générale, bien que la différence ne soit statistiquement pas significative. Les auteurs rapportaient qu'un IFC inférieur à 4,1/min permettait de prédire une FEVG inférieure ou égale à 45 %, avec une bonne sensibilité de 92 % mais une spécificité basse à 50 % [2].

Considérant les patients avec une dysfonction ventriculaire droite sévère, nous n'avons pas retrouvé de corrélation statistique sur les 13 couples de mesures IFC/FEVG [9].

Aussi, une altération de la fonction contractile du ventricule droit peut aboutir à une diminution de l'IFC, bien que la fonction contractile du ventricule gauche soit préservée ou peu altérée.

De même, si une baisse de l'IFC doit faire suspecter une altération de la fonction contractile ventriculaire, elle ne présage pas de l'atteinte ventriculaire. Une diminution de l'IFC doit alors conduire à la réalisation systématique d'une échographie cardiaque : celle-ci confirmera la dysfonction contractile, précisera quel ventricule est défaillant et apportera parfois des données morphologiques fondamentales en termes de diagnostic étiologique (troubles de la cinétique segmentaire, dysfonction valvulaire, épanchement péricardique).

Conclusion

L'IFC semble être un bon marqueur de la fonction myocardique contractile, en reflétant de façon fiable la FEVG. Les

deux seules études disponibles à l'heure actuelle ont démontré que l'IFC est corrélé à la FEVG, qu'il est indépendant des conditions de précharge et qu'il est augmenté sous traitement inotrope. Notre travail, sur une population de patients en choc cardiogénique, confirme ces résultats.

Cependant, l'existence d'une dysfonction ventriculaire droite ou d'une dilatation des cavités cardiaques peuvent représenter des limites à la pertinence de cet indice dans l'évaluation de la FEVG en la sous-évaluant. Aussi, de notre point de vue, l'évaluation de la FEVG par l'IFC obtenu par thermodilution transpulmonaire présente certains intérêts en pratique courante, sans toutefois remplacer l'échographie cardiaque : il s'agit d'un moyen de dépistage simple d'une dysfonction myocardique. La mise en évidence d'une diminution de l'IFC constitue une alerte pour le réanimateur, lui faisant suspecter une dysfonction myocardique contractile ; dès lors, une échographie cardiaque doit être systématiquement réalisée, celle-ci confirmant alors l'atteinte contractile et précisant le(s) ventricule(s) défaillant(s). Une fois l'altération de la FEVG confirmée, l'IFC en permet un monitoring fiable au jour le jour.

Conflit d'intérêt : les auteurs déclarent ne pas avoir de conflit d'intérêt.

Références

1. Combes A, Berneau JB, Luyt CE, Trouillet JL (2004) Estimation of left ventricular systolic function by single transpulmonary thermodilution. *Intensive Care Med* 30:1377–83
2. Jabot J, Monnet X, Bouchra L, et al (2009) Cardiac function index provided by transpulmonary thermodilution behaves as an indicator of left ventricular systolic function. *Crit Care Med* 37:2913–18
3. Vieillard-Baron A, Slama M, Chollet B, et al (2008) Echocardiography in the intensive care unit: from evolution to revolution? *Intensive Care Med* 34:243–9
4. Beaulieu Y (2007) Bedside echocardiography in the assessment of the critically ill. *Crit Care Med* 35:S235–S49
5. Goedje O, Hoeke K, Lichtwarck-Aschoff M, et al (1999) Continuous cardiac output by femoral arterial thermodilution calibrated pulse contour analysis: comparison with pulmonary arterial thermodilution. *Crit Care Med* 27:2407–12
6. Sakka S, Reinhart K, Meier-Hellmann A (1999) Comparison of pulmonary artery and arterial thermodilution cardiac output in critically ill patients. *Intensive Care Med* 25:843–6
7. Sakka S, Rühl C, Pfeiffer U, et al (2000) Assessment of cardiac preload and extravascular lung water by single transpulmonary thermodilution. *Intensive Care Med* 26:180–7
8. Neumann P (1999) Extravascular lung water and intrathoracic blood volume: double versus single indicator dilution technique. *Intensive Care Med* 25:216–9
9. Perny J, Levy B (2011) Indice de fonction cardiaque par thermodilution transpulmonaire : un indicateur de la fraction d'éjection du ventricule gauche dans le choc cardiogénique. *Réanimation* 20:S3