

UNIVERSITÉ DE PICARDIE JULES VERNE
FACULTÉ DE MÉDECINE D'AMIENS

Année 2020

N° 2020 - 31

**EFFET DE LA REPONSE AU REMPLISSAGE VASCULAIRE
SUR LE STRAIN VENTRICULAIRE GAUCHE : ETUDE SUR
VOLONTAIRE SAIN**

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE (DIPLOME D'ÉTAT)
SPÉCIALITÉ ANESTHÉSIE-RÉANIMATION
PRÉSENTÉE ET SOUTENUE
LE MARDI 28 AVRIL 2020
PAR Ilyes **BEKHEIT**

PRÉSIDENT DU JURY : **Monsieur le Professeur Hervé DUPONT**

MEMBRES DU JURY : **Madame le Professeur Claire ANDREJAK**
Monsieur le Professeur Charles SABBAGH

DIRECTEUR DE THÈSE : **Monsieur le Professeur Yazine MAHJOUB**

A mon maître et président du jury,

Monsieur le Professeur Hervé DUPONT

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

(Anesthésie-Réanimation)

Chef du service de Réanimation Chirurgicale

Chef du Pôle Anesthésie-Réanimations

Vous me faites l'honneur de présider cette thèse.

Je vous remercie pour la qualité de l'enseignement en Anesthésie-Réanimation dont j'ai pu bénéficier tout au long de mon cursus.

Veillez trouver, par ce travail, le témoignage de ma reconnaissance et de mon profond respect.

A mon maître,

Madame le Professeur Clair ANDREJAK

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier
(Pneumologie)

Je vous suis très reconnaissant d'avoir accepté de juger ce travail.

Soyez assuré de ma gratitude et de mon profond respect.

A mon maître et directeur de thèse,

Monsieur le Professeur Yazine MAHJOUB

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

Anesthésiologie, réanimation, médecine d'urgence

Responsable de l'unité de réanimation Cardiaque Thoracique Vasculaire et Respiratoire

Merci de m'avoir encadré et fait confiance pour ce travail.

Je vous en suis profondément reconnaissant.

Vos conseils et encouragements m'ont été très précieux.

Vous avez su m'apporter la rigueur nécessaire à la réalisation de ce travail.

Soyez assuré de mon profond respect et de ma réelle sympathie.

A mon maître,

Monsieur le Professeur Charles SABBAGH

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

(Chirurgie digestive)

Je vous suis très reconnaissant d'avoir accepté de juger ce travail.

Soyez assuré de ma gratitude et de mon profond respect.

SOMMAIRE

1	SOMMAIRE.....	7
2	RESUME	8
3	INTRODUCTION	10
4	MATERIEL ET METHODE	12
4.1	Critères d'inclusion	12
4.2	Critères de non inclusion.....	12
4.3	Ethique	12
4.4	Données recueillies.....	13
4.4.1	Données démographiques :.....	13
4.3.2	Paramètres hémodynamiques :.....	13
4.3.3	Données échographiques	13
4.5	Protocole de l'étude.....	14
4.6	Analyse statistique.....	15
5	RESULTATS.....	16
6	DISCUSSION.....	19
7	CONCLUSION	23
8	BIBLIOGRAPHIE	24

2. RESUME

Introduction : L'imagerie de *strain* étudiant la déformation myocardique par la méthode du *speckle tracking* a émergé ces dernières années comme un outil de quantification de la fonction et de la contractilité intrinsèque myocardique. Sa place grandit dans l'évaluation des défaillances cardiaques. Le but de l'étude était d'évaluer l'effet du remplissage vasculaire sur le *strain longitudinal global* (SLG) selon la réponse au remplissage.

Matériel et méthode : Nous avons mené une étude prospective non interventionnelle monocentrique en centre de recherche clinique. Les critères d'inclusion étaient des patients adultes sains de pathologies cardiorespiratoires, recevant un remplissage vasculaire (RV) par 500 ml de sérum salé isotonique (SSI) afin d'évaluer l'effet du remplissage. Une échographie cardiaque était réalisée avant remplissage pour recueillir les différents marqueurs de la fonction myocardique : l'intégrale temps vitesse aortique (VTIAo), le fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG), le débit cardiaque (DC), la vitesse de l'onde E, la vitesse de l'onde E', le rapport E/E' et la valeur du *strain longitudinal global* (SLG). Le remplissage était réalisé et une nouvelle échographie était pratiquée. Les patients étaient alors classés en 2 groupes selon leur réponse au remplissage définie par une augmentation de la VTIAo > 10%. Les précédents paramètres étaient à nouveau mesurés notamment le SLG. Les résultats étaient exprimés en moyenne \pm écart-type (ET). Les variables ont été comparées à l'aide de tests de U-Mann-Whitney pour les variables indépendantes ou d'un test de Wilcoxon pour les variables appariées.

Résultats : 29 patients ont été inclus. 10 ont été considérés comme répondeurs et 19 non-répondeurs. Les patients *répondeurs* par rapport à ceux considérés *non répondeurs* n'avaient pas de différence significative de la variation du SLG ($-22 \pm 2\%$ vs $-22 \pm 3\%$; $p=0,9$).

Conclusion : Ces données ne retrouvent pas de différence significative de variation du SLG en fonction de la réponse au remplissage. Des évaluations sur un plus large effectif sont nécessaires pour conclure sur la dépendance du SLG aux conditions de charge.

Mots clefs : remplissage vasculaire, *Strain Longitudinal Global*, déformation myocardique.

3. INTRODUCTION

Selon la relation de Frank-Starling, plus le volume télédiastolique augmente, plus l'énergie produite par ce dernier pour éjecter le sang augmente. Elle prédit l'augmentation progressive de la force de contraction au fur et à mesure que le remplissage ventriculaire s'opère. Cependant au-delà des conditions optimales de contraction du ventricule, la force de contraction va diminuer, avec un risque de surcharge volumique du cœur gauche et d'œdème pulmonaire.

L'échocardiographie cardiaque évaluant cette relation est actuellement suggérée en première ligne dans l'évaluation de patients en réanimation lorsque cette question se pose [1]. Mais l'utilisation des indices conventionnels de fonction systolique ou diastolique ne peut pas précisément refléter la vraie fonction cardiaque chez ces patients. Par exemple, l'évaluation traditionnelle de la dysfonction systolique par la fraction d'éjection ventriculaire gauche (FEVG) est dépendante des conditions de charge.

Récemment, le *Speckle Tracking Echography* (STE), émerge comme un meilleur marqueur de la fonction ventriculaire gauche intrinsèque [2]. Cette échocardiographie de suivi des marqueurs acoustiques est une technique informatique de traitement des images issues de l'échocardiographie, basée sur l'analyse des interférences générées par les ondes ultrasonores réfléchies, permettant d'identifier et de suivre les éléments structurels cardiaques au cours du temps. Sa nouveauté repose sur la capacité technologique de suivre les marqueurs acoustiques naturels (appelés *Speckle*) dans le myocarde pendant le cycle cardiaque. Cette technologie permet d'évaluer la déformation ou "strain" du myocarde pendant la systole et la diastole. Elle a été décrite pour la première fois en 2004 comme une méthode ne dépendant pas de l'angle acoustique [3], basée sur la génération d'échos ultrasonores (« mouchetés ») représentant des zones discrètes du myocarde suivies tout au long du cycle cardiaque [4]. Le strain représente la différence entre la longueur finale de chaque segment par rapport à sa longueur de repos et peut

être mesuré dans différents plans : longitudinal (de la base à l'apex), radial (axe intérieur court), et circonférentiel (axe court rotationnel). Mimant ainsi le mouvement de rotation ou "twist" observé lors de la contraction du ventricule gauche. Son évaluation est effectuée au cours de l'échocardiographie au lit du patient, et le strain longitudinal global (SLG) est la mesure de strain la plus couramment signalée. Il représente le rapport de la variation maximale de la longueur longitudinale du myocarde durant la systole par rapport à sa longueur initiale en diastole. Des valeurs plus négatives de SLG indiquent une meilleure fonction systolique gauche. À ce jour, le SLG a fait l'objet d'études approfondies en cardiologie, notamment dans sa supériorité face à la FEVG. Les études réalisées jusqu'à présent se sont essentiellement intéressées à des cœurs défaillants. Soit sur des défaillances chroniques dans le domaine de la cardiologie soit sur des défaillances aiguës dans le domaine de la réanimation essentiellement les patients en état de septicité sévère ou choc septique. Et alors que des études animales suggèrent que le remplissage augmente la valeur absolue du SLG [5], seules deux études ont été réalisées chez patients sains et retrouvaient à ce sujet des résultats contradictoires [6,7]. Notre hypothèse est que le remplissage vasculaire a un impact différent sur la déformation myocardique selon que les patients répondent ou non au remplissage vasculaire c'est à dire qu'ils augmentent ou pas leur intégrale temps-vitesse aortique (VTiAo) suite au remplissage vasculaire.

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'effet d'une variation rapide des conditions de charge (remplissage vasculaire) sur la déformation myocardique longitudinale (*strain longitudinal global*) chez des patients à fonction cardiaque non altérée.

4. MATERIEL ET METHODE

Il s'agit d'une étude prospective non interventionnelle sur volontaire sain réalisée au Centre de Recherche Clinique (CRC) du CHU Amiens-Picardie.

4.1 CRITERES D'INCLUSION

- Patients adultes sains.
- Absence d'antécédents cardio-vasculaires ou respiratoires connus.

4.2 CRITERES DE NON-INCLUSION

- Patient mineur.
- Refus de participation.
- Toute contre-indication à la perfusion de NaCl 0,9%.
- Patient privé de liberté.
- Femme enceinte.
- Echogénicité du patient insuffisante.

4.3 ETHIQUE

Cette étude a reçu l'accord du comité d'éthique indépendant local (CPP Nord-Ouest II, Amiens, France ; référence PI2018-843-0006). Elle a respecté la déclaration d'Helsinki concernant les principes éthiques en recherche médicale impliquant des êtres humains et recommandations STROBE. Chaque participant a fourni un consentement écrit avant la procédure et après information éclairée. Une compensation matérielle a été offerte.

4.4 DONNEES RECUEILLIES

4.4.1 Données démographiques :

Les données démographiques suivantes ont été collectées pour chaque participant : âge en années, poids en kg, taille en m, indice de masse corporelle (IMC) exprimé par le rapport poids/taille² en kg.m⁻²

4.4.2 Paramètres hémodynamiques :

Pression Artérielle Systolique (PAS), Pression Artérielle Diastolique (PAD), Pression Artérielle Moyenne (PAM), Fréquence cardiaque (Fc).

4.4.3 Données échographiques

Les mesures sont réalisées en utilisant un échographe Philips CX50® (Ultrasound system Philips, Suresnes, France) équipé d'une sonde à fréquence variable (de 2 à 4 MHz).

Chaque mesure est moyennée sur 4 cycles cardiaques.

Sont ainsi recueillis :

En coupe para sternal grand axe :

- En mode bidimensionnel :

- Diamètre de la chambre de chasse du ventricule gauche (Dcc).

En coupe apicale des 4 cavités :

- En mode bidimensionnel :

- Volume ventriculaire gauche en télé systole (VTSVG) et télé diastolique (VTDVG).

- Calcul de la Fraction d'éjection (FE) par la méthode de Simpson :

$$FE = (VTDVG - VTSVG) / VTDVG.$$

Le VES a été calculé selon la formule $VES=SxITV$ (cm³). L'intégrale temps-vitesse sous aortique (ITV) a été obtenu en moyennant trois mesures, réalisées en doppler pulsé, en vue apicale 5 cavités.

- En Mode Doppler :

- Mesure de l'onde E de remplissage VG en protodiaslae en doppler Pulsée
- Mesure en Doppler tissulaire de l'onde E' protodiastolique

Mesures en mode 2D strain :

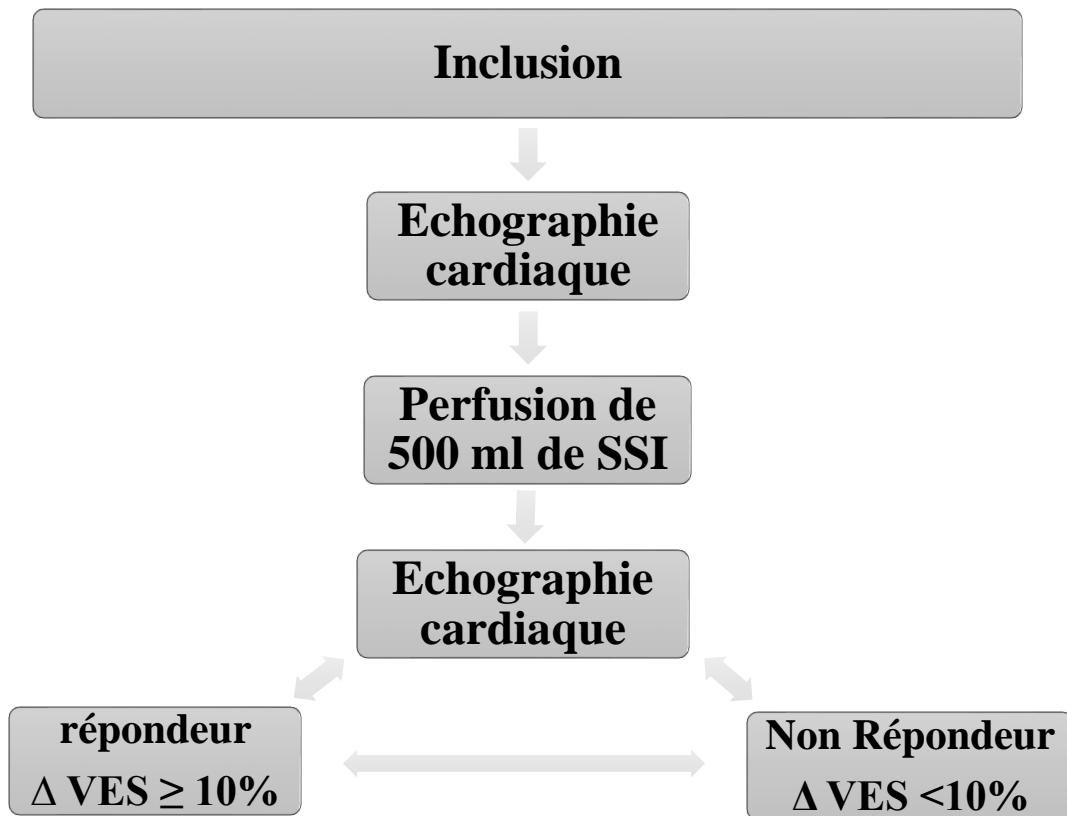
Les mesures sont effectuées sur les boucles 2D obtenues en ETT standard (coupe apicale 4 cavités, apicale 2 cavités et apicale 3 cavités) et sont traitées *off-line*.

Le paramètre mesuré par le logiciel Philips CMQ® (Philips, Suresnes, France) est le *strain longitudinal global* (SLG) qui est la somme des strain de chaque paroi du VG.

L'exploitation des données échocardiographiques a été réalisée à postériori par un médecin en aveugle.

4.5 PROTOCOLE DE L'ETUDE

Les volontaires sains étaient à jeun depuis la veille à minuit (liquides, solides et tabac) soit depuis au moins 9 heures. Les données démographiques étaient recueillies puis les constantes cliniques. Un cathéter veineux périphériques de 20 gauge était posé au pli du coude gauche par un médecin anesthésiste. Une première échocardiographie était réalisée avant le remplissage vasculaire (RV). Une perfusion de 500ml de sérum salé isotonique était réalisée en 10 minutes puis une seconde échographie était réalisée. Les volontaires étaient divisés en 2 groupes selon leur réponse au remplissage: si l'ITV augmentait d'au moins 10%, les volontaires étaient considérés comme répondeurs (R) et comme non-répondeurs (NR) dans le cas contraire.



Protocole de l'étude. VES= Volume d'Ejection Systolique.

4.6 ANALYSE STATISTIQUE

Les données ont été exprimées en moyenne \pm écart-type (ET). Les variables ont été comparées à l'aide de tests de U-Mann-Whitney pour les variables indépendantes ou d'un test de Wilcoxon pour les variables appariées.

Les variations de VES, ont été calculées comme suit :

Variation (%)= $100 \times (\text{valeur après RV} - \text{de base}) / \text{valeur de base}$. Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel IBM SPSS (SPSS, version 24, IBM, New York, NY).

Le seuil de signification statistique a été fixé à $p < 0,05$.

5. RESULTATS

Données démographiques et cliniques	Répondeur n=10	Non répondeurs n=19	p
Age (ans)	26± 2	25± 2	0,4
Poids (kg)	75 ±13	78± 13	0,5
Taille (m)	180 ±8	180 ±9	0,9
IMC (kg.m ⁻²)	23± 2	24± 5	0,8
FC (base)	67 ±11	66± 8	0,9
PAS (base)	123 ±17	126 ±14	0,3
PAD (base)	71 ±14	70± 9	0,7
PAM (base)	79 ±10	86 ±9	0,12

Variables	Répondeurs (n=10)	Non Répondeurs (n=19)	p
Variation VES (%)	20 ±9	4± 9	<0.0001
PAM			
Avant RV	79 ±10	86 ±9	0,12
Après RV	78 ±8	85 ±9	0,3
VES (ml)			
Avant RV	65 ±11	78 ±8	0,006
Après RV	78 ±9*	75 ±11	0,42
DC (ml.min⁻¹)			
Avant RV	4,5±1,1	5,1±0,6	0,11
Après RV	5,1 ±0,7	4,7 ±0,9	0,3
FE VG (%)			
Avant RV	62 ±9	62 ±7	0,88
Après RV	60 ±6	60 ±6	0,67
Onde E (cm/s)			
Avant	87 ±16	88± 18	0,5
Après	94 ±14	87 ±13	0,22

Onde E'(cm/s)			
Avant RV	18± 4	20 ±3	0,36
Après RV	20 ±4	18 ±3	0,91
E/E'			
Avant RV	5± 2	4,5 ±1	0,5
Après RV	5 ±1	4 ±3	0,5
Strain longitudinal global			
Avant RV	23 ±3	23 ±3	0,9
Après RV	22± 2	22± 3	0,9

RV : remplissage vasculaire, **VES** : volume d'éjection systolique, **IC** : index cardiaque. FEVG: fraction d'éjection du ventricule gauche. * p<0,05 comparaison de la même variable avant et après remplissage.

6. DISCUSSION

Cette étude clinique prospective non interventionnelle évalue l'impact du remplissage vasculaire sur la déformation myocardique notamment en étudiant le strain longitudinal global (SLG) avant et après remplissage vasculaire. Elle ne montre pas de modification significative du strain, que les patients soient répondeurs ou non au remplissage vasculaire.

Pour analyser les déplacements et déformations du myocarde, il est donc possible d'utiliser la méthode du *speckle tracking*. Cette méthode est basée sur l'analyse des interférences générées par les ondes ultrasonores réfléchies qui produisent une image de type *speckle*. Chaque région d'image numérique, appelée *kernel* (grain ou noyau en français), possède son propre signal de marqueurs acoustiques ; il peut donc être identifié et suivi pendant le cycle cardiaque par des logiciels d'algorithmes spécifiques [8]. La contraction ventriculaire systolique gauche est un phénomène complexe, en raison de l'orientation des fibres musculaires myocardiques. Il s'agit d'une combinaison de contractions longitudinales, circonférentielles et radiales. Un raccourcissement de 15% des fibres longitudinales du myocarde conduit à un épaissement radial de 40% et à une modification de 60% de la FEVG dans un cœur normal [9]. Cette contraction dans différents plans entraîne une déformation du VG en torsion pendant la systole, jouant un rôle clé pour l'aspiration pendant la diastole, ainsi que pour la FEVG pendant la systole. Ainsi, cette déformation myocardique présente un intérêt fonctionnel majeur au cours du cycle cardiaque [10]. Plusieurs techniques échocardiographiques ont été développées afin d'étudier les déformations du myocarde. Bien que l'imagerie tissulaire dérivée du Doppler ait été introduite il y a plusieurs années, cette technologie présente quelques inconvénients, tels que la dépendance angulaire, l'interférence sonore, ainsi que la variabilité intra-observateur et inter-observateur [11]. L'échocardiographie de *Speckle tracking* est apparue plus récemment comme une alternative en étudiant les marqueurs acoustiques naturels dans le ventricule gauche. Le strain est donc un indice sans dimension et représente un changement fractionnel,

généralement de la longueur, et peut être écrit mathématiquement comme : $(L-L_0) / L_0$. Dans cette formule, L est la longueur du myocarde après déformation et L_0 est la longueur originale. Par convention, le strain normal a une valeur négative pendant la systole et une valeur positive pendant la diastole. La valeur de SLG a été reconnue dans divers domaines. Le SLG est utile dans le diagnostic ou le pronostic des stades précoces d'insuffisance cardiaque [12], dans la cardiotoxicité dans la chimiothérapie [13], la cardiomyopathie hypertrophique [14], la dysfonction myocardique liée à la grossesse [15], l'amylose cardiaque [16] et la cardiomyopathie infraclinique chez des patients avec insuffisance rénale chronique [17]. De plus, SLG s'est trouvé avoir une bonne reproductibilité et une variabilité intra-observateur insignifiante, dans des nombreux cas surpassant l'échocardiographie conventionnelle, bien que des différences d'inter-observateur petites mais significatives persistent toujours [18].

Plusieurs résultats de notre étude sont particulièrement intéressants et nouveaux.

Les volontaires ne sont pas tous répondeurs en remplissage. Ceux qui répondent semblent avoir un VES à l'état basal moins élevé. Ici malheureusement la littérature n'est pas riche concernant les volontaires sains. Mais en se basant sur le postulat de la courbe de Frank-Starling, on peut bien imaginer que chez des patients qui n'ont à fortiori pas de défaillance cardiaque, l'effet du remplissage d'un même volume aura d'autant plus d'effet que la relation sera placée basse dans la courbe. Une des hypothèses est que le volume contraint n'est pas suffisamment augmenté par le remplissage pour induire une augmentation du retour veineux. L'autre hypothèse est que le concept de réserve de précharge n'est pas universel et que certaines personnes sont d'emblée sur le plateau de la courbe de Frank-starling.

La relaxation du ventricule gauche n'est pas modifiée par le remplissage vasculaire. Là encore la relation de Frank-Starling nous aide à comprendre. D'autant plus que l'on sait que la marge pour le remplissage est plus grande chez des patients en bonne santé sans dysfonction cardiaque sous-jacente. En revanche, les pressions de remplissage ne s'élèvent pas chez les volontaires

sains qu'ils soient répondeurs ou pas contrairement aux patients en choc septique. Dans le choc septique, la précharge est variable selon le remplissage, les drogues vasoactives, le degré d'altération endothéliale et la fuite vasculaire. La postcharge dépendante de la sévérité de la septicité (vasoplégie et utilisation de vasoconstricteurs) cause des changements de charge, de pression et donc de FE qui ne sont pas nécessairement liés à de vraies variations de contractilité myocardique intrinsèque [19]. Si bien que certains auteurs ont émis l'hypothèse que chez les patients les plus sévères, la vasoplégie et la précharge réduite peuvent favoriser une fraction d'éjection préservée ou élevée [20], alors que la restauration de la postcharge pourrait démasquer la faible contractilité intrinsèque du ventricule [21]. Dans le choc septique, on retrouve une corrélation inverse entre les indices de contractilité cardiaque et la postcharge [22], ceci montre que les conditions de charge impactent sur la contractilité dans cette population. La corrélation avec la précharge est moins retrouvée du fait du remplissage vasculaire concomitant à l'évaluation dans cette atteinte [22]. Enfin on peut noter une piste intéressante dans la littérature, à savoir que les patients en état de choc avec des pressions de remplissage élevées après remplissage pourraient avoir une hyperadrénergicité qui aboutit à la cardiomyopathie septique qui limite à son tour le remplissage [23].

Le strain global du ventricule n'est pas modifié par le remplissage vasculaire chez les volontaires sains. Cela semble être un marqueur de contractilité indépendant des conditions de charge contrairement à la fraction d'éjection. L'utilisation de STE peut probablement surmonter quelques limites de la FEVG, par rapport à la variabilité de conditions de charge. En effet, FEVG est une mesure directe du changement du volume sanguin et ainsi de la charge de volume et la charge de pression sur le myocarde [24, 25], avec une fonction systolique augmentant avec la vasoplégie et diminuant dans les états de vasoconstriction [26, 27]. Cependant, la littérature suggère que SLG peut aussi être dépendant des conditions de charge du VG, particulièrement de postcharge, avec des fibres longitudinales souffrant plus du stress mural en raison de leur

orientation. Cette supposition est confirmée chez l'animal [28] et des études cliniques [29,30,31,32]. Une étude récente a démontré que dans une population hétérogène de patients précharge-dépendants en situation critique, le SLG était significativement affecté (plus de valeurs négatives indiquant une fonction VG améliorée) après remplissage [33]. Malgré tout, le SLG a fait l'objet d'études approfondies en cardiologie. Il est maintenant bien établi que le SLG est plus sensible et plus précoce que la FEVG dans la détection de l'altération de la fonction systolique. Il est également supérieur à la FEVG dans la prédiction des événements cardiovasculaires majeurs [34]. La mesure du strain pourrait alors détecter de manière plus précoce et plus sensible la dysfonction cardiaque septique, systolique et diastolique. Et ainsi permettre d'apporter un critère de plus dans l'évaluation du remplissage vasculaire.

Il existe des limites à cette étude comme le faible nombre de patients, le caractère monocentrique, sans oublier les limites du SLG per se. D'abord du fait des différences d'algorithmes entre les logiciels, qui rendent difficile de normaliser les valeurs en raison des biais parmi les vendeurs. Mais Sa reproductibilité face aux mesures conventionnelles reste meilleure [35]. Encore maintenant, l'analyse du SLG est exécutée comme un calcul hors connexion utilisant des postes de travail éloignés. Mais les nouvelles machines d'échocardiographie ont des logiciels incorporés pour la mesure du SLG en temps réel. La cadence de STE est limitée à la cadence relativement basse, ceci peut poser problème si la fréquence cardiaque est haute. Des Études sur des malades non critiques rapportaient des qualités d'image sous-optimale dans 7-9 % d'analyse de STE [35] tandis que c'était légèrement plus élevé chez les patients septiques (13 %) [36]. La faisabilité peut ainsi devenir inférieure si le clinicien décide d'acquérir le GLS par la pondération de trois vues d'apical. Et la broncho-pneumopathie chronique obstructive pourrait être un des facteurs principaux associés à l'incapacité d'obtenir des images d'échocardiographique appropriées [37]. Cela reste néanmoins à pondérer car le STE reste toujours faisable dans un grand nombre de patients.

7. CONCLUSION

L'évaluation du *strain* myocardique par *speckle tracking* est un instrument de recherche prometteur pour la compréhension de la fonction cardiaque et de ses dysfonctionnements puisqu'il permet une analyse du mouvement cardiaque dans ses composantes longitudinales, radiales et circonférentielles.

Il semblerait que le *strain longitudinal global* soit un reflet de la contractilité intrinsèque du myocarde indépendamment des conditions de charge.

En raison de son faible effectif, notre étude ne peut conclure à une différence d'effet selon la réponse au remplissage.

Une étude sur un plus grand effectif reste nécessaire.

8. BIBLIOGRAPHIE

1. Cecconi M, De Backer D, Antonelli M, Beale R, Bakker J, Hofer C, et al. Consensus on circulatory shock and hemodynamic monitoring. Task force of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med.* 2014.
2. Vignon P, Huang SJ. Global longitudinal strain in septic cardiomyopathy: the hidden part of the iceberg? *Intensive Care Med.* 2015.
3. Leitman M, Lysyansky P, Sidenko S, Shir V, Peleg E, Binenbaum M, et al. Two-dimensional strain-a novel software for real-time quantitative echocardiographic assessment of myocardial function. *J Am Soc Echocardiogr.* 2004.
4. Mor-Avi V, Lang RM, Badano LP, Belohlavek M, Cardim NM, Derumeaux G, et al. Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASE/EAE consensus statement on methodology and indications. Japanese Society of Echocardiography. *Eur J Echocardiogr.* 2011.
5. A'roch R, Gustafsson U, Johansson G, Poelaert J, Haney M. Left ventricular strain and peak systolic velocity: responses to controlled changes in load and contractility, explored in a porcine model. *Cardiovasc Ultrasound.* 2012.
6. Anwar A, Nosir, Y Alasnag M, Llemit M.A, Elhagoly A. Quantification of left ventricular longitudinal strain by two-dimensional speckle tracking: a comparison between expert and non-expert readers. *The international journal of cardiovascular imaging.* 2013
7. Anwar A. Global and segmental myocardial deformation by 2D speckle tracking compared to visual assessment. *World journal of cardiology* 2013.
8. Desherbais L. *Le 2D strain : principe de fonctionnement.* 2009.
9. Covell JW: Tissue structure and ventricular wall mechanics. *Circulation* 2008.
10. Geyer H, Caracciolo G, Abe H. Assessment of myocardial mechanics using speckle tracking echocardiography: fundamentals and clinical applications. *J Am Soc Echocardiogr* 2010.

11. Castro PL, Greenberg NL, Drinko J, Garcia MJ, Thomas JD. Potential pitfalls of strain rate imaging: angle dependency. *Biomed Sci Instrum*.
12. Mignot A, Donal E, Zaroui A, Reant P, Salem A, Hamon C, et al. Global longitudinal strain as a major predictor of cardiac events in patients with depressed left ventricular function: a multicenter study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010.
13. Ho E, Brown A, Barrett P, Morgan RB, King G, Kennedy MJ, et al. Subclinical anthracycline- and trastuzumab-induced cardiotoxicity in the long-term follow-up of asymptomatic breast cancer survivors: a speckle tracking echocardiographic study. *Heart*. 2010.
14. Yajima R, Kataoka A, Takahashi A, Uehara M, Saito M, Yamaguchi C, et al. Distinguishing focal fibrotic lesions and non-fibrotic lesions in hypertrophic cardiomyopathy by assessment of regional myocardial strain using two-dimensional speckle tracking echocardiography: comparison with multislice CT. *Int J Cardiol*. 2012.
15. Shahul S, Rhee J, Hacker MR, Gulati G, Mitchell JD, Hess P, et al. Subclinical left ventricular dysfunction in preeclamptic women with preserved left ventricular ejection fraction: a 2D speckle-tracking imaging study. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2012.
16. Bellavia D, Abraham TP, Pellikka PA, Al-Zahrani GB, Dispenzieri A, Oh JK, et al. Detection of left ventricular systolic dysfunction in cardiac amyloidosis with strain rate echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2007.
17. Liu YW, Su CT, Sung JM, Wang SP, Su YR, Yang CS, et al. Association of left ventricular longitudinal strain with mortality among stable hemodialysis patients with preserved left ventricular ejection fraction. *Clin J Am Soc Nephrol*.
18. Farsalinos KE, Daraban AM, Unlu S, Thomas JD, Badano LP, Voigt JU. Head-to-head comparison of global longitudinal strain measurements among nine different vendors: the EACVI/ASE inter-vendor comparison study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015.
19. Vieillard-Baron A. Septic cardiomyopathy. *Ann Intensive Care*. 2011.

20. Jardin F, Brun-Ney D, Auvert B, Beauchet A, Bourdarias JP. Sepsis-related cardiogenic shock. *Crit Care Med*. 1999.
21. Aneman A, Vieillard-Baron A. Cardiac dysfunction in sepsis. *Intensive Care Med*. 2016.
22. Boissier F, Razazi K, Seemann A, Bedet A, Thille AW, de Prost N, et al. Left ventricular systolic dysfunction during septic shock: the role of loading conditions. 2017.
23. MJ. Lanspa, Sajid Shahul, Andrew Hersh, EL. Wilson, TD. Olsen, EL. Hirshberg, et al. Associations among left ventricular systolic function, tachycardia, and cardiac preload in septic patients. 2017.
24. Szymanski C, Levy F, Tribouilloy C. Should LVEF be replaced by global longitudinal strain? *Heart*. 2014.
25. Vieillard Baron A, Schmitt JM, Beauchet A, Augarde R, Prin S, Page B, et al. Early preload adaptation in septic shock? A transesophageal echocardiographic study. *Anesthesiology*. 2001.
26. Jardin F, Fourme T, Page B, Loubieres Y, Vieillard-Baron A, Beauchet A, et al. Persistent preload defect in severe sepsis despite fluid loading: a longitudinal echocardiographic study in patients with septic shock. *Chest*. 1999.
28. Rosner A, Bijmens B, Hansen M, How OJ, Aarsaether E, Muller S, et al. Left ventricular size determines tissue Doppler-derived longitudinal strain and strain rate. *Eur J Echocardiogr*. 2009.
29. Burns AT, La Gerche A, D'Hooge J, MacIsaac AI, Prior DL. Left ventricular strain and strain rate: characterization of the effect of load in human subjects. *Eur J Echocardiogr*. 2010.
30. Aissaoui N, Guerot E, Combes A, Delouche A, Chastre J, Leprince P, et al. Two-dimensional strain rate and Doppler tissue myocardial velocities: analysis by echocardiography of hemodynamic and functional changes of the failed left ventricle during different degrees of extracorporeal life support. *J Am Soc Echocardiogr*. 2012.

31. Choi JO, Shin DH, Cho SW, Song YB, Kim JH, Kim YG, et al. Effect of preload on left ventricular longitudinal strain by 2D speckle tracking Echocardiography. 2008.
32. Park HE, Chang SA, Kim HK, Shin DH, Kim JH, Seo MK, et al. Impact of loading condition on the 2D speckle tracking-derived left ventricular dyssynchrony index in nonischemic dilated cardiomyopathy. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2010.
33. Nafati C, Gardette M, Leone M, Reydellet L, Blasco V, Lannelongue A, et al. Use of speckle-tracking strain in preload-dependent patients, need for cautious interpretation! *Ann Intensive Care*. 2018.
34. Kalam K, Otahal P, Marwick TH. Prognostic implications of global LV dysfunction: a systematic review and meta-analysis of global longitudinal strain and ejection fraction. *Heart*. 2014.
35. Farsalinos KE, Daraban AM, Unlu S, Thomas JD, Badano LP, Voigt JU. Head-to-head comparison of global longitudinal strain measurements among nine different vendors: the EACVI/ASE inter-vendor comparison study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015.
36. Carasso S, Cohen O, Mutlak D, Adler Z, Lessick J, Reisner SA, et al. Differential effects of afterload on left ventricular longitudinal and short-axis function: insights from a clinical model of patients with aortic valve stenosis undergoing aortic valve replacement. *Am Heart J*. 2009.
37. Palmieri V, Innocenti F, Guzzo A, Guerrini E, Vignaroli D, Pini R. Left ventricular systolic longitudinal function as a predictor of outcome in patients with sepsis. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2015.

Introduction : L'imagerie de *strain* étudiant la déformation myocardique par la méthode du *speckle tracking* a émergé ces dernières années comme un outil de quantification de la fonction et de la contractilité intrinsèque myocardique. Sa place grandit dans l'évaluation des défaillances cardiaques. Le but de l'étude était d'évaluer l'effet du remplissage vasculaire sur le *strain longitudinal global* (SLG) selon la réponse au remplissage.

Matériel et méthode : Nous avons mené une étude prospective non interventionnelle monocentrique en centre de recherche clinique. Les critères d'inclusion étaient des patients adultes sains de pathologies cardiorespiratoires, recevant un remplissage vasculaire (RV) par 500 ml de sérum salé isotonique (SSI) afin d'évaluer l'effet du remplissage. Une échographie cardiaque était réalisée avant remplissage pour recueillir les différents marqueurs de la fonction myocardique : l'intégrale temps vitesse aortique (VTIAo), le fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG), le débit cardiaque (DC), la vitesse de l'onde E, la vitesse de l'onde E', le rapport E/E' et la valeur du *strain longitudinal global* (SLG). Le remplissage était réalisé et une nouvelle échographie était pratiquée. Les patients étaient alors classés en 2 groupes selon leur réponse au remplissage définie par une augmentation de la VTIAo > 10%. Les précédents paramètres étaient à nouveau mesurés notamment le SLG. Les résultats étaient exprimés en moyenne \pm écart-type (ET). Les variables ont été comparées à l'aide de tests de U-Mann-Whitney pour les variables indépendantes ou d'un test de Wilcoxon pour les variables appariées.

Résultats : 29 patients ont été inclus. 10 ont été considérés comme répondeurs et 19 non-répondeurs. Les patients *répondeurs* par rapport à ceux considérés *non répondeurs* n'avaient pas de différence significative de la variation du SLG ($-22 \pm 2\%$ vs $-22 \pm 3\%$; $p=0,9$).

Conclusion : Ces données ne retrouvent pas de différence significative de variation du SLG en fonction de la réponse au remplissage. Des évaluations sur un plus large effectif sont nécessaires pour conclure sur la dépendance du SLG aux conditions de charge.

Mots clefs : remplissage vasculaire, Strain Longitudinal Global, déformation myocardique.

Introduction: Strain imaging studying myocardial deformation by the speckle tracking method has emerged in recent years as a tool for quantifying function and intrinsic myocardial contractility. His place grew in the evaluation of cardiac defects. The purpose of the study was to assess the effect of vascular filling on global longitudinal strain (GLS) based on the response to filling.

Materials and method: We conducted a prospective, monocentric, non-interventional study in a clinical research centre. The inclusion criteria were adult patients healthy from cardiorespiratory diseases, receiving vascular filling (VF) per 500 ml of isotonic saline serum (SSI) to assess the effect of filling. Cardiac echography was performed before filling to collect the various markers of myocardial function: the aortic velocity time integral (VTIAo), the left ventricle ejection fraction (LVEF), the cardiac output (CO), the E-wave velocity, the E'-wave velocity, the E/E' ratio and the global longitudinal strain (GLS). The filling was done and a new echography was performed. Patients were then classified into 2 groups based on their fill response defined by an increase in VTIAo > 10%. The previous parameters were again measured including the SLG. The results were expressed as an average standard deviation (SD). The variables were compared using U-Mann-Whitney tests for the independent variables or a Wilcoxon test for the matched variables.

Results: 29 patients were included. 10 were considered responders and 19 non-responders. Responder patients compared to those considered non-responders did not have a significant difference in the variation in GLS (-22% vs $-22\ 3\%$; $p=0.9$).

Conclusion: These data do not reveal any significant difference in the variation of the GLS depending on the filling response. Evaluations on a larger workforce are needed to conclude on the dependence of the GLS on load conditions.

Keywords: vascular filling, Strain Longitudinal Global, myocardial deformation.