

# Apport des intervalles de temps systoliques dans l'évaluation de la fonction ventriculaire gauche: Etude bicentrique.

## Evaluation of left ventricular function by systolic time intervals.

Kammoun Ikram<sup>1</sup>, Zakhama Lilia<sup>2</sup>, Boussaidi Houcem<sup>1</sup>, Mimouni Mejdi<sup>2</sup>, Marrakchi Sonia<sup>1</sup>, Slama Iskander<sup>2</sup>, Naccache S<sup>1</sup>, Herbegue Basma<sup>2</sup>, Ibn El Hadj Zied<sup>1</sup>, Boussabah Elhem<sup>2</sup>, Jebri Faten<sup>1</sup>, Thameur Moez<sup>2</sup>, Addad Faouzi<sup>1</sup>, Benyoussef Soraya<sup>2</sup>, Kachboura Salem<sup>1</sup>

1 : Service de cardiologie, hôpital des forces de sécurité Intérieure la Marsa, université El Manar de Tunis

2 : Service de cardiologie, hôpital de l'Ariana, université El Manar de Tunis

### RÉSUMÉ

**Prérequis** : L'évaluation de la fonction systolique ventriculaire gauche, habituellement basée sur l'évaluation de la fraction d'éjection, est de plus en plus complétée par d'autres techniques plus performantes comme le 3D et le « speckle tracking ». Mais, ces méthodes sont contraignantes et ne sont pas toujours disponibles dans notre pratique courante. Une alternative intéressante pour l'étude de la fonction systolique du ventricule gauche serait la mesure des intervalles de temps systoliques (ITS).

**But** : Le but de ce travail est d'établir une corrélation entre la fraction d'éjection du ventricule gauche et les ITS représentés par le temps pré-éjectionnel (TEP), le temps éjectionnel (TE) aortiques et leur rapport (TPE/TE).

**Méthodes** : Il s'agit d'une étude ayant inclus prospectivement 109 patients consécutifs recrutés au niveau de deux centres d'échographie entre septembre et novembre 2012. Les patients inclus avaient un rythme sinusal avec une fréquence cardiaque <100 cycles/mn. Nous avons exclu ceux ayant une instabilité hémodynamique, une fibrillation auriculaire, un pace maker ou des prothèses valvulaires. Les intervalles de temps systoliques étudiés sont le temps de pré-éjection aortique (TPE) mesuré du début du QRS jusqu'au début du flux aortique, le temps d'éjection ventriculaire gauche (TE) mesuré entre le début et la fin du flux aortique, puis nous avons calculé le rapport TPE moyen /TE moyen.

**Résultats** : Notre étude a inclus 109 patients répartis en 74 hommes (68%) et 35 femmes (32%) avec un sexe ratio de 2,1. L'âge moyen était de 57,3±16 ans. La FEVG moyenne était de 58±16%. Le TPE était significativement plus allongé en cas de baisse de la fraction d'éjection ( $r=0,49; p<0,0001$ ). TE l'était d'autant plus court que la fraction d'éjection était altérée ( $r=0,44$  ;  $p<0,0001$ ). Le rapport TPE/TE était par conséquent significativement augmenté en cas de dysfonction VG ( $r=0,63$ ,  $p<0,0001$ ). Une valeur seuil du rapport TPE/TE >0,33 a permis de prédire une FEVG <35% avec une sensibilité de 85% et une spécificité de 78%.

**Conclusion** : Les intervalles de temps systoliques, d'acquisition simple, faisable même en cas de mauvaise échogénicité du patient, représentent une alternative intéressante pour l'étude de la fonction systolique du ventricule gauche.

### Mots-clés

fonction systolique ventriculaire, échocardiographie, intervalles de temps systoliques

### SUMMARY

**Background**: Evaluation of left ventricular systolic function, usually based on the assessment of the ejection fraction, is increasingly supplemented by other more sophisticated techniques such as 3D echocardiography and speckle tracking. However these methods require a high technicality and a good echogenicity. As heart failure leads to lengthening of aortic pre-ejectional time (PET) and shortening of left ventricular ejection time (ET), systolic time intervals (STI) were proposed for the evaluation of systolic myocardial performance.

**Aim**: to establish a correlation between left ventricular ejection fraction (LVEF) and STI and determine a cut-off value of PET/ET ratio to diagnose a LVEF inferior to 35%.

**Methods**: 109 consecutive patients referred to two echocardiographic laboratories had measurements of STI and LVEF estimated by Simpson biplane method. Patients included were in sinus rhythm with a heart rate <100 beats per minute. Patients with atrial fibrillation, pacemaker or prosthetic valves were excluded.

**Results**: Feasibility of STI measurements was 100%. A significant negative correlation between PET and LVEF was found ( $r=-0.49$ ,  $p<0.0001$ ). LVEF was also significantly correlated to ET ( $r=0.44$ ,  $p<0.0001$ ). PET/ET ratio was significantly correlated to LVEF ( $r=-0.63$ ,  $p<0.0001$ ). Receiver operating curve analyses revealed a cut-off value of PET/ET ratio of 0.33 to diagnose a LVEF <35% with a sensitivity of 85% and a specificity of 78%.

**Conclusion**: STI, easy to obtain and useful in case of poor quality echographic window, are an interesting alternative to evaluate systolic left ventricular function and may be used to detect alteration of LVEF.

### Key- words

Left ventricular function, echocardiography, systolic time intervals

L'évaluation de la fonction systolique ventriculaire gauche est une étape essentielle dans tout examen échocardiographique. Elle est habituellement basée sur l'évaluation de la fraction d'éjection ventriculaire gauche, éventuellement complétée par d'autres techniques comme le 3D et le «speckle tracking». Mais, ces méthodes nécessitent une haute technicité, du temps et ne sont pas toujours disponibles dans notre pratique courante. Une alternative intéressante pour l'étude de la fonction systolique du ventricule gauche serait la mesure des intervalles de temps systoliques aortiques. En effet, ces mesures, basées sur le mode doppler pulsé, sont caractérisées par leur simplicité, leur reproductibilité et leur rapidité d'acquisition. Par ailleurs, elles ont l'avantage d'éviter les contraintes dues à une mauvaise échogénicité du patient. Nous avons mené une étude ayant pour but d'établir une corrélation entre la fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG) mesurée en Simpson biplan et les intervalles de temps systoliques (ITS) représentés par le temps pré-éjectionnel (TEP), le temps éjectionnel (TE) aortiques et leur rapport (TPE/TE) qui sont mesurés en mode doppler pulsé, et de définir une valeur seuil de ce rapport permettant de prédire avec le meilleur couple sensibilité/spécificité une dysfonction ventriculaire gauche.

## PATIENTS ET METHODES

Nous avons mené une étude prospective ayant inclus 109 patients consécutifs recrutés au niveau de deux centres d'échocardiographie entre septembre et novembre 2012.

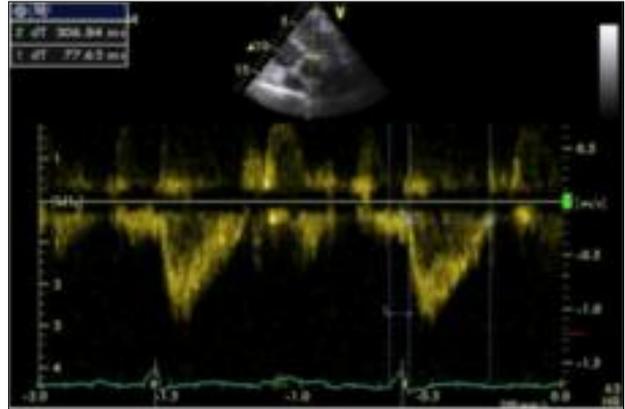
Nous avons inclus dans cette étude des patients en rythme sinusal avec une fréquence cardiaque <100 cycles/mn. Les patients qui n'ont pas été inclus dans l'étude avaient un ou plusieurs des critères suivants : Une instabilité hémodynamique, une fibrillation auriculaire, un bloc de branche gauche ou droit complet, les patients ayant un pace maker ou des prothèses valvulaires. N'ont pas été inclus également les patients ayant une mauvaise échogénicité ne permettant pas l'étude de la fraction d'éjection par la méthode Simpson. Les échocardiographies doppler transthoraciques ont été réalisées sur un appareil General Electric de type VIVID E9 pour 60 patients et sur un appareil VIVID 7 pour 49 patients.

Les échocardiogrammes ont été effectués selon les recommandations de la Société Américaine d'Echocardiographie (ASE) [1]. Les dimensions ventriculaires gauches ont été déterminées par le mode TM et la fonction systolique du VG a été évaluée par la mesure de la FEVG selon la méthode Simpson biplan.

### Mesure des intervalles de temps systoliques (ITS)

Nous avons mesuré deux temps : le temps d'éjection systolique (TE) et le temps pré-éjectionnel aortique (TPE). La mesure a été basée sur une acquisition en doppler pulsé, et ils ont été exprimés en millisecondes (ms) (Figure 1). Le temps d'éjection systolique aortique (TE) a été mesuré entre le début et la fin du flux aortique, sur une incidence apicale cinq cavités en plaçant le volume d'échantillonnage juste en dessous de l'anneau aortique. Ce temps d'éjection ventriculaire a été mesuré entre les deux clics marquant le début et la fin du flux aortique. Le temps pré-éjectionnel aortique (TPE) correspond au délai entre le début de l'onde Q du QRS et le début de l'éjection aortique concomitante à l'ouverture des sigmoïdes aortiques.

**Figure 1 :** Flux doppler pulsé au niveau de la chambre de chasse ventriculaire gauche recueilli en 5 cavités : Mesure des temps de prééjection et du temps d'éjection aortique.



### Etude statistique

Les données ont été analysées au moyen du logiciel SPSS® version 15.0. La comparaison de plusieurs (> 2) moyennes sur séries indépendantes a été effectuée au moyen du test F de Snedecor d'analyse de la variance paramétrique (ANOVA à un facteur). Les liaisons entre 2 variables quantitatives ont été étudiées par le coefficient de corrélation de Pearson. Dans tous les tests statistiques, le seuil de signification a été fixé à 0,05. **RESULTATS** Notre étude a inclus 109 patients répartis en 74 hommes (68%) et 35 femmes (32%), d'âge moyen = 57,3±16 ans avec des extrêmes entre 19 et 79 ans. La FEVG moyenne était de 58±16% (extrêmes de 18 et 81%). L'échocardiographie était normale dans 22% des cas, 27% avaient une cardiopathie ischémique et 51% avaient une cardiopathie autre (hypertensive, valvulaire ou cardiomyopathie dilatée). 71% des patients avaient une fraction d'éjection conservée (50%).

### Intervalles de temps systoliques

Nous n'avons pas retrouvé de corrélation entre les différents ITS et les mensurations du VG (diamètres et volumes télédiastoliques et télésystoliques). Le TPE était significativement plus allongé en cas de baisse de la fraction d'éjection ( $r=-0,49$  ;  $p<0,0001$ ). Le TE était d'autant plus court que la fraction d'éjection était altérée ( $r=0,44$  ;  $p<0,0001$ ). Il y'avait une corrélation négative statistiquement significative entre le rapport TPE/TE et la FEVG ( $r=-0,63$  ;  $p<0,0001$ ) (Tableau I). Un seuil du TPE >94 ms a permis de prédire une FEVG<35% avec une sensibilité de 67% et une spécificité de 71%. Un seuil du TE < 280 ms a permis de prédire une FEVG <35% avec une sensibilité de 73 % et une spécificité de 68%. Le meilleur couple sensibilité-spécificité pour prédire une FEVG <35%, a été obtenu par un seuil du rapport TPE/TE >0,33 avec 85% et 78% respectivement. La valeur prédictive négative de ces différents ITS était bonne (entre 93 et 97), par contre la valeur prédictive positive était mauvaise (entre 26 et 37) (Tableau II).

**Variabilité intra et inter-observateur:** Nous avons retrouvé une très bonne corrélation entre les mesures effectuées par le même observateur pour le TPE ( $r=0,9$  ;  $p<0,01$  avec une différence moyenne de 1±10 ms), ainsi que pour le TE ( $r=0,92$  ;  $p<0,01$  avec une marge d'erreur de 3±19ms). La variabilité inter-observateur était également

très bonne pour le TPE ( $r=0,96$  ;  $p<0,01$  avec une marge d'erreur de  $1\pm 10$ ms), de même pour le TE ( $r=0,98$  ;  $p<0,01$  avec une marge d'erreur de  $2\pm 17$ ms).

**Tableau 1 :** Valeurs moyenne des intervalles de temps systoliques selon la fraction d'éjection ventriculaire gauche

	FEVG<35% n=15	FEVG : 35%- 50% n=16	FEVG>50% n=78	r	p
TPE (ms)	112 ± 32	99 ± 25	8 ± 17	-0,49	<0,0001
TE (ms)	248 ± 37	265 ± 38	303 ± 42	0,44	<0,0001
TPE/TE	0,45 ± 0,11	0,38 ± 0,12	0,26 ± 0,06	- 0,63	<0,0001

FEVG : Fraction d'éjection ventriculaire gauche. TE : temps d'éjection aortique. TPE : temps de pré-éjection aortique.

**Tableau 2 :** Précision des intervalles de temps systolique pour une fraction d'éjection ventriculaire gauche <35%

	TPE	TE	TPE/ TE
Seuil choisi	94 ms	< 280 ms	0,33
IC à 95%	[0,63–0,92]	[0,68–0,91]	[0,82–0,96]
Sensibilité	67%	73%	85%
Spécificité	71%	68%	78%
VPP	27%	26%	37%
VPN	93%	94%	97%

TE : temps d'éjection aortique. TPE : temps de pré-éjection aortique. VPP : Valeur prédictive positive, VPN : Valeur prédictive négative, IC : Intervalle de confiance

## DISCUSSION

Dans notre étude, la FEVG était bien corrélée aux différents ITS. Une dysfonction ventriculaire gauche systolique entraînait un allongement significatif du TPE ( $r=-0,49$  ;  $p<0,0001$ ), un raccourcissement du TE ( $r=0,44$  ;  $p<0,0001$ ) avec un rapport TPE/TE plus élevé ( $r=-0,63$ ,  $p<0,0001$ ). Une valeur du rapport TPE/TE >0,33 a permis de prédire une FEVG < 35% avec une sensibilité de 85% et une spécificité de 78%.

Plusieurs études ont montré que toute altération de la performance ventriculaire gauche retentit sur les ITS ainsi que sur les autres paramètres d'évaluation de la fonction systolique du VG [2-5].

Dans l'étude menée par Réant et al [3] portant sur 134 malades insuffisants cardiaque et 43 sujets témoins, les ITS étaient significativement corrélés à la FEVG avec un coefficient de corrélation de -0,71 pour le TPE, de 0,64 pour le TE et -0,78 pour le rapport TPE/TE. Ces mêmes auteurs ont également établi une corrélation entre les ITS et d'autres paramètres d'évaluation de la fonction systolique du VG tels que la vitesse de l'onde S' de l'anneau mitrale au doppler tissulaire ( $r=-0,59$ ), le volume d'éjection systolique ( $r=-0,53$ ) ou encore le 2D strain longitudinal ( $r=0,75$ ) [4].

Dans l'étude menée par Ian G et al, ayant inclus 45 patients, la corrélation entre le rapport TPE/TE et la FEVG était significative avec un coefficient de corrélation de - 0,8 [6].

En dehors de la FEVG, plusieurs paramètres peuvent influencer les

valeurs des ITS. En effet, les ITS peuvent varier en fonction de la fréquence cardiaque nécessitant ainsi des facteurs de corrections [7, 8]. Le rapport TPE/TE a été mieux corrélé à la fraction d'éjection que le TPE ou TE seuls, et il a été considéré comme indépendant de la fréquence cardiaque. Cependant, cette notion reste encore un sujet de controverse [9, 10]. Dans notre étude, pour éviter toute confusion, nous avons exclu les patients tachycardes avec une fréquence cardiaque >100 bpm. La largeur des QRS a été considérée également comme un facteur influençant la mesure des ITS [4] : une corrélation significative a été retrouvée entre la largeur des QRS et le TPE d'une part ( $r=0,56$ ,  $p<0,0001$ ) et le rapport TPE/TE d'autre part ( $r=0,43$ ,  $p<0,0001$ ). Ces données ont été confortées par ceux de Weissler et al [11] qui ont proposé des facteurs de correction pour chacun du TPE et du rapport TPE/TE en fonction de la largeur des QRS ([QRS]):

> TPE (corrigé) = 0,46 [QRS] + TPE

> (TPE/TE) (corrigée) = 0,017 [QRS] + (TPE/TE)

Dans notre étude, nous avons exclu les patients ayant un bloc de branche complet. Les ITS pourraient être influencés également par les conditions de charge [4].

### Intérêt des ITS par rapport aux autres techniques :

Malgré que la mesure des ITS soit moins séduisante que les nouvelles techniques telles que l'échocardiographie tridimensionnelle, le 2D strain ou l'IRM, elle présente néanmoins quelques avantages : - C'est une technique qui peut être réalisée sur tout appareil d'échocardiographie alors que les nouvelles techniques échocardiographiques nécessitent un plateau technique très sophistiqué présent seulement sur les échographes de dernières générations, très onéreux. - C'est une technique simple, fiable et rapide contrairement à d'autres outils qui nécessitent de l'expérience, une courbe d'apprentissage et plus de temps d'analyse. - C'est surtout une technique utile en cas de mauvaise fenêtre échographique car le doppler pulsé permet de se passer d'une image 2D de bonne qualité. - Les intervalles de temps systoliques trouvent leurs applications dans différentes cardiopathies tels que les cardiopathies ischémiques, hypertensive ou la fibrillation atriale [12, 13]. - Ils peuvent être utilisés pour l'évaluation initiale d'une dysfonction ventriculaire gauche, pour le suivi à long terme ou pour une évaluation thérapeutique.

Les patients coronariens ayant un rapport TPE/TE allongé ont un pronostic plus réservé sur cinq ans d'évolution [14, 15]. D'autres études ont démontré que certains traitements tels que les bêta-bloquants ont un effet bénéfique seulement chez les patients qui ont déjà un rapport TPE/TE altéré [16]. Les ITS ont aussi servi à la surveillance des modifications hémodynamiques survenant en cours d'hémodialyse [17].

Certains proposent les ITS comme un outil supplémentaire pour l'évaluation échographique de la cardiomyopathie dilatée [18].

### Limites de l'étude

Plusieurs cardiopathies ont été exclues de cette étude, tels que la fibrillation auriculaire, les stimulateurs cardiaques ou les prothèses valvulaires. La valeur seuil du rapport TPE/TE de 0,33 a permis de prédire une altération sévère de la fonction systolique du VG (FEVG <

35%) avec un bon couple sensibilité-spécificité. Cependant, aucune valeur discriminative n'a été objectivée pour identifier une dysfonction VG modérée (FEVG entre 35 et 50%).

## Références

- Gottdiener J S, Bednarz J, Devereux R et al. American Society of Echocardiography recommendations for use of echocardiography in clinical trials. A report from the American Society of Echocardiography's guidelines and standards committee and the task force on echocardiography in clinical trials. *J Am Soc Echocardiogr* 2004;17:1086-119.
- Boudoulas H, Karayannacos PE, Lewis RP. Effect of afterload on left ventricular performance in experimental animals. Comparison of the preejection period and other indices of left ventricular contractility. *J Med* 1982;13: 373-85.
- Lewis RP, Rittogers SE, Froester WF et al. A critical review of the systolic time intervals. *Circulation* 1977;56:146-58.
- Reant P, Dijos M, Donal E et al. Systolic time intervals as simple echocardiographic parameters of left ventricular systolic performance: correlation with ejection fraction and longitudinal two-dimensional strain. *Eur J Echocardiogr* 2010;11:834-44.
- Harley A, Starmer CF, Greenfield JC et al. Pressure-flow studies in man. An evaluation of the duration of the phases of systole. *J Clin Invest* 1969;48:895-905.
- Butwash I, Otto K, Pearlman A. Use of Doppler-Derived Left Ventricular Time Intervals for Non invasive assessment of systolic function. *Am J Cardiol* 1993;72:1331-33.
- Boudoulas H. Systolic time intervals. *Eur Heart J* 1990;11:93-104.
- Cui W, Roberson DA, Chen Z et al. Systolic and diastolic time intervals measured from Doppler tissue imaging: normal values and Z-score tables, and effects of age, heart rate, and body surface area. *J Am Soc Echocardiogr* 2008;21:361-70.
- Spodick DH, Doi YL, Bishop RL et al. Systolic time intervals reconsidered. Reevaluation of the preejection period: absence of relation to heart rate. *Am J Cardiol* 1984;53:1667-70.
- Geleris P, Raidis C, Papadimitriou M et al. Effect of hemodialysis on left ventricular performance. *J Med* 1983;14:211-22.
- Weissler AM, Harris WS, Schoenfeld CD et al. Systolic time intervals in heart failure in man. *Circulation* 1968;37:149-59.
- Weissler AM, Leonard JJ, Warren JV. Observations on the delayed first heart sound in mitral stenosis and hypertension. *Circulation* 1958;18:165-8.
- Boudoulas H, Lewis RP, Sherman JA et al. Systolic time intervals in atrial fibrillation. *Chest* 1978;74:629-34.
- Gillilan RE, Parnes WP, Khan MA et al. The prognostic value of systolic time intervals in angina pectoris patients. *Circulation* 1979;60:268-75.
- Northover BJ. Estimation of the risk of death during the first year after acute myocardial infarction from systolic time intervals during the first week. *Br Heart J* 1989;62:429-37.
- Boudoulas H, Sohn YH, O'Neill W et al. Identification of patients with improved survival following coronary bypass surgery. *Cardiology* 1984;71:247-54.
- Thomas DE, Wheeler R, Yousef ZR et al. The role of echocardiography in guiding management in dilated cardiomyopathy. *Eur J Echocardiogr* 2009;10:15-21.
- Gopal AS, Schnellbaecher MJ, Boxt LM et al. Freehand three dimensional echocardiography for determination of left ventricular volume and mass in patients with abnormal ventricles : comparison with magnetic resonance imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 1997;10:853-61.

## CONCLUSION

Les intervalles de temps systoliques représentent une alternative intéressante pour l'étude de la fonction systolique du ventricule gauche. Ces mesures, basées sur le mode doppler pulsé, sont d'acquisition simple, reproductibles et ont l'avantage d'éviter les contraintes dues à une mauvaise échogénicité du patient.