

Strain bidimensionnel en cas de lésions du tronc commun gauche.

Bidimensional Strain in Case of Left Main Coronary Artery Disease.

Selim Boudiche, Faten El Ayech, Fathia Mghaieth, Manel Ben Halima, Nadim Khedher, Hatem Aloui, Sana Ouali, Abdeljelil Farhati, Noureddine Larbi, Mohamed Sami Mourali.

Service des Explorations Fonctionnelles et de Réanimation Cardiologiques, Hôpital La Rabta, Tunis

Résumé

Introduction : La détection non invasive échocardiographique de coronaropathie nécessite généralement une épreuve de stress ; les anomalies régionales de la cinétique pariétale (ARCP) sont souvent absentes au repos. Le 2D strain longitudinal est un paramètre sensible et précoce de dysfonction myocardique ; des anomalies peuvent être détectées au repos chez les patients présentant des lésions coronaires significatives. Leur corrélation avec la sévérité des lésions coronaires reste toutefois à établir. Le but de cette étude était d'évaluer la valeur discriminative du strain bidimensionnel longitudinal des lésions du TCG, d'une coronaropathie moins sévère mono ou bitronculaire.

Méthodes : Trente patients suspects de coronaropathie ont eu une coronarographie et une échocardiographie avec étude du strain longitudinal régional (SLR), global (SLG). Les patients ont été groupés et comparés en fonction des lésions coronaires ; un groupe sténose du TCG (n = 15), et un groupe contrôle mono ou bitronculaire (n = 15).

Résultats : Les deux groupes étaient comparables en termes d'âge (65.8 ± 10 vs 63.7 ± 8.7 ans, $p=0.550$), de prévalence du diabète (53% vs 47%, $p=0.71$), de l'hypertension artérielle (53% vs. 27%, $p=0.136$) et des ARCP au repos. Le SLG était significativement plus bas dans le groupe TCG avec des réductions concordantes du SLR dans les territoires des artères interventriculaire antérieure et circonflexe. La courbe Receiver operating characteristic (ROC) a montré que le SLG pouvait détecter efficacement les lésions du TCG (aire sous la courbe = 0.86, IC à 95%, 0.72 à 1.00). La valeur seuil de -18.5% a permis de distinguer ces lésions avec une spécificité de 93.3% et sensibilité de 80%.

Conclusion : Un SLG au repos supérieur à -18,5% pourrait faire suspecter une coronaropathie avec atteinte du TCG en particulier quand il existe des anomalies concomitantes des territoires antérieur et latéral.

Mots-clés

Echocardiographie, ischémie myocardique, insuffisance coronarienne

Summary

Background: Non-invasive echocardiographic detection of coronary artery disease (CAD), usually requires a stress test since regional wall motion abnormalities (RWMA) are not always evident at rest. Strain is a more sensitive parameter of myocardial systolic dysfunction and may be abnormal at rest in patients with obstructive CAD. The aim of this study was to assess the predictive value of two-dimensional longitudinal strain in the discrimination of severe CAD involving left main (LM) from less severe CAD with one- or two-vessel disease.

Methods: We evaluated whether regional and global longitudinal strain (RLS, GLS) of left ventricle using 2D speckle tracking method might be useful for screening of severe CAD. Thirty patients who underwent coronary angiography and echocardiography were included. Patients were grouped according to the coronary angiographic findings as follows; LM CAD group with LM± three-vessel CAD (n=15), and control group with one- or two-vessel CAD (n=15).

Results: Both groups were comparable with regard to age (65.8 ± 10 vs. 63.7 ± 8.7 years, $p=0.550$), the prevalence of diabetes (53% vs. 47% $p=0.71$), hypertension (53% vs. 27%, $p=0.136$) and RWMA at resting echocardiogram. GLS was significantly reduced in LM CAD group with consistent reductions in the RLS in territories of left anterior descending and left circumflex coronary arteries. Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis demonstrated that GLS could effectively detect patients with LM CAD (area under the curve =0.86, 95% CI 0.72–1.00), and -18,5% appears to be a helpful cut off value for discriminating those with LM CAD (specificity =93,3% and sensitivity = 80%).

Conclusion: A GLS at rest lower than -18.5% could be useful for detecting patients with LM CAD especially when associated with concomitant abnormalities in anterior and lateral territories.

Keywords

Echocardiography, myocardial ischemia, coronary disease.

Correspondance

Dr Selim Boudiche

Service des Explorations Fonctionnelles et de Réanimation Cardiologiques, Hôpital La Rabta, Tunis

e mail: selim.boudiche@gmail.com

INTRODUCTION

Les lésions du tronc commun gauche (TCG) sont observées dans 4 à 6% des coronarographies [1-3] et constituent un sous-groupe à haut risque avec une mortalité particulièrement élevée en l'absence d'intervention thérapeutique [4]. La détection échocardiographique non invasive de l'ischémie myocardique, dans les coronaropathies, même sévères, nécessite habituellement une épreuve de stress étant donné que les anomalies de la cinétique segmentaire sont inconstantes au repos [5]. Plusieurs études ont rapporté une bonne sensibilité de l'imagerie 2D strain au repos dans la détection précoce de la coronaropathie et la prédiction de sa sévérité même en l'absence d'anomalies de la cinétique segmentaire et de normalité de la fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG) à l'état de base [6].

Nous nous sommes proposés dans ce travail d'évaluer l'intérêt de l'étude de la fonction ventriculaire gauche par l'imagerie 2D Strain dans la détection et la détermination de l'étendue de l'ischémie myocardique au repos afin de différencier une coronaropathie sévère du tronc commun gauche (TCG) d'une atteinte non sévère mono ou bitronculaire.

METHODES

POPULATION DE L'ETUDE

Nous avons réalisé, entre janvier 2015 et décembre 2015, au service des Explorations Fonctionnelles et de Réanimation Cardiologiques de l'hôpital « La Rabta » une étude prospective, longitudinale, évaluative. Nous avons comparé dans cette étude les données de 2 groupes, le premier incluant 15 patients présentant une lésion significative ($\geq 50\%$) du TCG à la coronarographie, appelé groupe « sténose du TCG » à un groupe de 15 patients présentant des lésions significatives ($\geq 70\%$) mono ou bitronculaires des autres artères épicaudiques majeures, appelé groupe « contrôle ». Les deux groupes étaient appariés sur l'âge, les facteurs de risque cardiovasculaires et la présentation clinique.

Nous avons exclus les patients avec des antécédents d'infarctus du myocarde (IDM) et/ou d'intervention coronaire percutanée ou de pontage aorto-coronaire, les patients se présentant pour un syndrome coronarien avec sus-décalage du segment ST ou en période post-IDM, les patients ayant une FEVG $< 50\%$, une insuffisance cardiaque congestive, une instabilité hémodynamique, des pathologies intercurrentes significatives pouvant interférer avec l'étude de strain telle une valvulopathie mitrale ou aortique significative (\geq grade 2), une arythmie, une cardiomyopathie hypertrophique (épaisseur septale en diastole ≥ 15 mm et/ou masse ventriculaire gauche ≥ 120 g/m²sc), des QRS larges ≥ 120

ms ou une atteinte péricardique ainsi que les patients dont les images échocardiographiques étaient non compatibles avec l'étude des paramètres du 2D strain. Nous avons exclu du groupe « contrôle » l'association de sténoses serrées de l'IVA proximale et de la CX proximale pouvant prêter à confusion sur le plan physiopathologique avec celles du TCG.

ETUDE ECHOGRAPHIQUE ET CRITERES DE JUGEMENT :

L'ETT est réalisée à l'admission par un Appareil VIVID E9 de General Electric, équipé d'un transducteur de 2,5-5 MHz, muni d'une sonde matricielle M5S sous enregistrement électrocardiographique. Les acquisitions ont été faites en boucles bidimensionnelles et en utilisant les données du Doppler couleur et spectral, dans les incidences para-sternale et apicale (coupes 4, 2, et 3 cavités).

A l'échocardiographie standard, nous avons réalisé l'étude de la cinétique pariétale segmentaire en se basant sur la segmentation standard établie par les dernières recommandations des sociétés savantes américaines et européennes en 17 segments [7].

L'indice de cinétique pariétale globale « wall motion score index » (WMSI) a été calculé en effectuant la somme des WMSI de chacun des 17 segments analysés qu'on divise par le nombre de segments analysés (soit 17) et le calcul de l'indice de cinétique pariétale régionale dans les territoires des 3 principales artères coronaires est effectué selon l'attribution des segments à la distribution artérielle coronaire [8] représentée sur la figure 1.

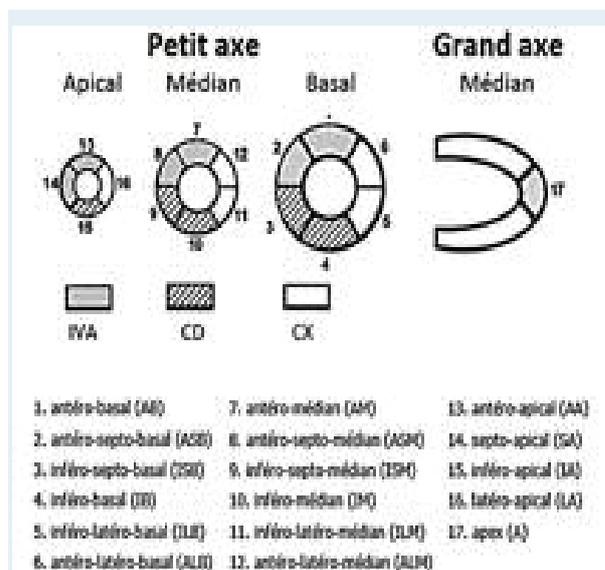


Figure 1 : Segmentation ventriculaire gauche en 17 segments selon les recommandations de l'ASE / EACI publiées en 2015 [7] et territoires des 3 principales artères coronaires [8].

A l'échocardiographie 2D strain, nous avons quantifié la déformation myocardique longitudinale en se basant sur l'étude du strain longitudinal systolique. Une acquisition de 3 boucles bidimensionnelles, harmoniques, en échelle de gris, dans l'incidence apicale en coupes 4, 2 et 3 cavités, en incluant tout le volume du VG à étudier a été réalisée. Le myocarde était automatiquement divisé en 6 segments dans chacune des 3 incidences apicales et les valeurs analysées aux différents points au sein de chacun des 18 segments, tels que définis par les dernières recommandations des sociétés savantes américaines et européennes [7] (Figure 2), étaient représentées sous forme de courbes dans des diagrammes spécifiques.

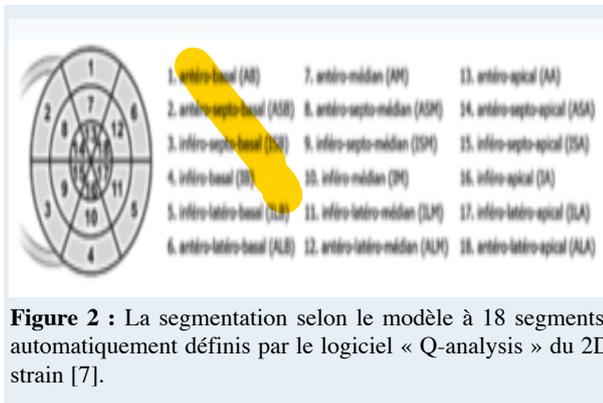


Figure 2 : La segmentation selon le modèle à 18 segments, automatiquement définis par le logiciel « Q-analysis » du 2D strain [7].

Les valeurs du strain sont exprimées en pourcentage. Les indices suivants de la fonction systolique ont été relevés [9] :

- Le Pic systolique du strain longitudinal « pic systolic longitudinal strain » (PSLS) segmentaire défini par le strain maximal survenant au cours de la phase d'éjection aortique, correspondant à chacun des 18 segments du VG.
- Les PSLs des différentes coupes apicales 4, 2 et 3 cavités, obtenus automatiquement.
- Le Strain longitudinal global (SLG) calculé en moyennant les PSLs obtenus automatiquement à partir de chacune des coupes apicales
- Le strain longitudinal régional (SLR) dans le territoire de l'IVA, la CX et la CD a été défini par la somme des valeurs des PSLs segmentaires correspondants à chacun des territoires coronaires, divisée par le nombre de segments analysés, suivant les formules suivantes :
 - SLR de l'IVA= $\sum \text{PSLS (ASB+ASM+ASA+ISA+AB+AM+AA)}/7$
 - SLR de la CX= $\sum \text{PSLS (ALB+ALM+ALA+ILB+ILM+ILA)}/6$
 - SLR de la CD= $\sum \text{PSLS (ISB+ISM+IB+IM+IA)}/5$

ANALYSE STATISTIQUE

Les comparaisons de 2 moyennes sur séries indépendantes ont été effectuées au moyen du test t de Student pour séries indépendantes, et en cas de faibles effectifs par le test non paramétrique de Mann et

Whitney. Les comparaisons de pourcentages sur séries indépendantes ont été effectuées par le test du chi-deux de Pearson, et en cas de significativité au test du chi-deux et de non-validité de ce test, la comparaison de 2 pourcentages, se fait par le test exact bilatéral de Fisher. La valeur diagnostique d'un test par référence à un diagnostic a été étudiée en calculant la sensibilité et la spécificité de ce test, et ses valeurs prédictives positive et négative. Une transformation des variables quantitatives en variables qualitatives à deux modalités a été possible. Pour la détermination du seuil auquel il faut « couper » la variable quantitative, nous avons établi des courbes ROC (Receiver Operating Characteristic). Les intervalles de confiance (IC), sensibilité, spécificité, VPP et VPN ont été calculés par le programme EpiTable du logiciel EPI-Info 6.04d. Dans tous les tests statistiques, le seuil de signification a été fixé à 0,05.

RESULTATS

Les 2 groupes étaient comparables vis-à-vis de l'âge, de la prévalence des FRCV. Il est à noter une nette prévalence masculine dans les 2 groupes. De même, les 2 groupes étaient comparables par rapport aux antécédents cardio-vasculaires et aux comorbidités respiratoires et rénales (Tableau 1).

Tableau 1 : Données générales de la population d'étude.

	Groupe « sténose du TCG »	Groupe « contrôle »	P
Age (ans)	65.8 ± 10	63.7 ± 8.7	0.550
Sexratio	1.5	14	0.04
Diabète	8/15 (53%)	7/15 (47%)	0.715
HTA	8/15 (53%)	4/15 (27%)	0.136
Dyslipidémie	6/15 (40%)	4/15 (27%)	0.439
Tabac	7/15 (47%)	10/15 (67%)	0.269
Hérédité	1/15 (7%)	0/15 (0%)	0.309
Antécédent d'angor stable	4/15 (27%)	0/15 (0%)	0.1
Antécédent d'IRC	2/15 (13%)	2/15 (13%)	1.000

TCG : Tronc Commun Gauche, HTA : HyperTension Artérielle, IRC : Insuffisance Rénale Chronique.

La présentation clinique était le plus souvent soit un angor stable (chez 33% du groupe « sténose du TCG » et « 47% du groupe « contrôle ») soit un infarctus du myocarde sans sus-décalage persistant du segment ST (chez 47% et 33% des patients des 2 groupes respectivement). L'angor instable était le motif de consultation chez 20% (3/15) des patients dans les 2 groupes (p=ns), (Tableau 2).

Tableau 2 : Présentation clinique dans le groupe « sténose du TCG » et le groupe « contrôle ».

	Groupe « sténose du TCG »	Groupe « contrôle »	P
Angor stable	5/15 (33%)	7/15 (47%)	0.456
Angor instable	3/15 (20%)	3/15 (20%)	1.000
NSTEMI	7/15 (47%)	5/15 (33%)	0.456

TCG : Tronc Commun Gauche, NSTEMI : Infarctus du Myocarde sans Élévation persistante du segment ST.

Parmi les 15 patients avec « sténose du TCG », 67% avaient un statut tritronculaire. Dans le groupe « contrôle », 73% des patients avaient un statut monotronculaire et 27% des lésions bitronculaires, (Tableau 3).

Tableau 3 : Données angiographiques dans le groupe « sténose du TCG » et le groupe « contrôle ».

	Groupe « sténose du TCG »	Groupe « contrôle »	P
TCG	15/15 (100%)	0/15 (0%)	–
- Proximal	0/15	–	–
- Corps	3/15 (20%)	–	–
- Distal	9/15 (60%)	–	–
- Atteinte diffuse	3/15 (20%)	–	–
IVA	13/15 (87%)	10/15 (67%)	0.195
CX	11/15 (73%)	3/15 (20%)	0.003
CD	10/15 (67%)	6/15 (40%)	0.143
Statut coronarien			
- MonoT	0	11/15 (73%)	<0.0001
- BiT	5/15 (33%)	4/15 (27%)	1.000
- TriT	10/15 (67%)	0	<0.0001

TCG : Tronc Commun Gauche, IVA : InterVentriculaireAntérieure, CX : CirconfleXe, CD : Coronaire Droite, MonoT : MonoTronculaire, BiT : BiTronculaire, TriT : TriTronculaire.

L'analyse des principales données de l'échocardiographie conventionnelle a montré une comparabilité des 2 groupes en ce qui concerne les dimensions, les volumes, l'épaisseur relative et la masse ventriculaires gauches (p=ns). La FEVG était en moyenne de 60.1 ± 8.9% vs. 57.9 ± 4.6%, (p=0.4). Les PRVG étaient élevées dans 20% vs. 13% des cas, (p=0.624) et la PAPS était en moyenne de 29.1 ± 9.4 vs. 27.9 ± 4.2 mmHg dans les 2 groupes respectivement (p=0.636).

Par ailleurs, l'analyse semi-quantitative de la cinétique pariétale segmentaire par le WMSI a conclu à un WMSI similaire entre les 2 groupes, (1.1 ± 0.1 dans les 2 groupes ; p=0.981). Il n'y avait également pas de différence statistiquement significative concernant le

WMSI dans les territoires de l'IVA, de la CX et de la CD (p=0,599 ; 0,882 et 0,06 respectivement), (Tableau 4).

Tableau 4 : Wall Motion Score Index global et régional dans les territoires de l'artère interventriculaire antérieure, de l'artère circonflexe et de l'artère coronaire droite dans le groupe « sténose du TCG » et le groupe « contrôle ».

	Groupe « sténose du TCG »	Groupe « contrôle »	P
WMSI	1.1 ± 0.1	1.1 ± 0.1	0.981
WMSI IVA	1.1 ± 0.2	1.1 ± 0.3	0.599
WMSI CX	1.1 ± 0.2	1.1 ± 0.2	0.882
WMSI CD	1.1 ± 0.2	1.1 ± 0.1	0.06

TCG : Tronc Commun Gauche, WMSI : Wall Motion Score Index, IVA : InterVentriculaire Antérieure, CX : CirconfleXe, CD : Coronaire Droite.

L'analyse des données de l'échocardiographie 2D strain a montré un SLG significativement plus bas dans le groupe « sténose du TCG » par rapport au groupe « contrôle » (-16.7 ± 2.8 % vs. -20.2 ± 1.6 %, p<0.0001).

Cette baisse significative du SLG dans le groupe « sténose du TCG » était liée à une baisse concordante du SLR dans les territoires de l'IVA (p<0.0001) et de la CX (p<0.0001) alors que le SLR relatif au territoire de la CD était comparable dans les 2 groupes (p=0.320), (Figure 3).

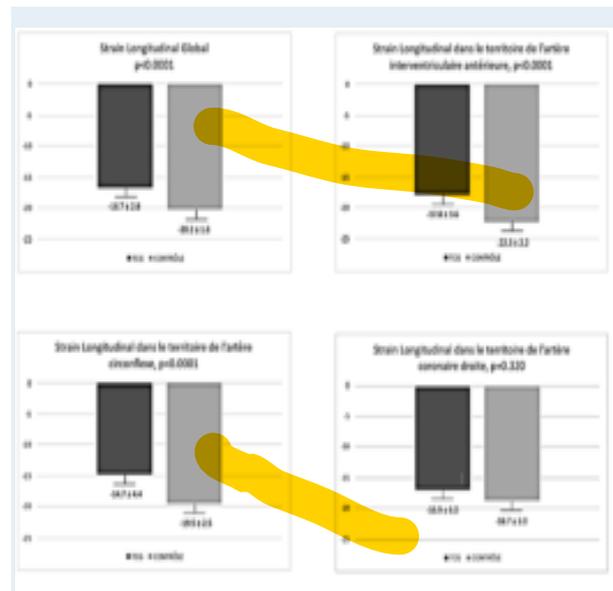


Figure 3 : Comparaison du strain longitudinal systolique global et régional dans le groupe « sténose du TCG » par rapport au groupe « contrôle ».

TCG : Tronc Commun Gauche, SLG : Strain Longitudinal Global, PSLS : Pic Systolique du Strain Longitudinal, IVA : InterVentriculaire Antérieure, CX : CirconfleXe, CD : Coronaire Droite.

Ainsi, dans notre travail, et selon l'analyse de la courbe ROC (Figure 4), le SLG pourrait détecter efficacement les lésions du TCG avec une aire sous la courbe de 0.86, un intervalle de confiance (IC) à 95% de [0.72 - 1.00] et une valeur seuil de -18,5 % semble être utile pour distinguer ces lésions par rapport aux lésions mono ou bitronculaires avec une sensibilité de 80% (IC95% = [51 - 94%]), une spécificité de 93,3% (IC95% = [66 à 99 %]), une VPP à 92.3% (IC95% = [62% - 99%]) et une VPN à 82,4% (IC95% = [55 - 95%]).

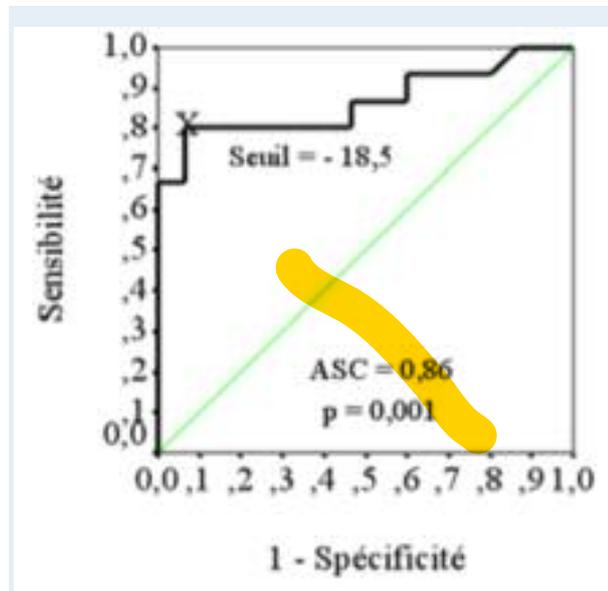


Figure 4 : Les résultats de l'analyse de la courbe « Receiver operating characteristic » (ROC) pour la détection d'une sténose du TCG.

Le SLG était ainsi supérieur à l'analyse visuelle et à l'analyse semi-quantitative de la cinétique segmentaire par le WMSI au repos pour la détection des lésions du TCG.

DISCUSSION

Nous avons démontré dans notre travail, qu'en l'absence d'une altération de la FEVG, le SLG au repos dans le groupe « sténose du TCG » était significativement plus bas que dans le groupe « contrôle ». Une valeur seuil de SLG de -18,5% a permis de distinguer une atteinte du TCG d'une atteinte mono ou bitronculaire avec une sensibilité de 80% et une spécificité de 93,3%. Cette valeur prédictive du SLG au repos pour la détection de l'atteinte du TCG est supérieure à celle de l'analyse semi-quantitative visuelle associée au calcul du WMSI qui était comparable dans les 2 groupes et ne permettait pas de les distinguer.

Plusieurs études ont rapporté la capacité du 2D strain

pour la prédiction et l'évaluation de l'étendue de l'ischémie myocardique.

Les méta-analyses de Norum IB. et al. [10] et plus récemment celle de K. Liou et al. [6], ayant colligé 10 études [11-20] incluant 1385 patients supportent la valeur du SLG au repos en tant que marqueur précoce de l'ischémie myocardique, permettant de prédire les lésions coronaires intermédiaires à serrées chez les patients symptomatiques.

Plus spécifiquement, nos résultats sont corroborés par ceux publiés par Choi JO. et al. [20] qui ont évalué le SLG du VG dans le screening des patients présentant une coronaropathie à haut risque définie par la présence d'une lésion du TCG ou d'une atteinte tritronculaire. Cette étude a colligé 108 patients et le SLG a pu être analysé chez 96 parmi eux (89%). Ces patients ont été secondairement répartis en 3 groupes selon les données de la coronarographie, un groupe à haut risque défini ci-dessus (n=38), un groupe à bas risque représenté par les patients avec des lésions mono ou bitronculaires (n=28) et un groupe contrôle indemne de coronaropathie (n=30). Aucun patient ne présentait de troubles de la cinétique segmentaire à l'échocardiographie à l'état de base. Cependant, le SLG au repos était significativement plus bas dans le groupe à haut risque avec des valeurs respectives dans les 3 groupes d'étude de $-18.0 \pm 2.3\%$ vs. $-19.4 \pm 2.4\%$ vs. $-22.0 \pm 1.5\%$, ($p < 0.001$). Dans cette étude, la valeur de SLG de -17.9% est apparue comme étant une valeur seuil permettant de distinguer les patients présentant une coronaropathie sévère avec une sensibilité de 79% et une spécificité de 79%.

De ce fait, le SLG au repos avec une excellente faisabilité, semble représenter un outil diagnostique important pour la détection des lésions coronaires à haut risque, particulièrement celles du TCG. Ce sous-groupe de lésions constitue un facteur prédictif de mauvais pronostic en l'absence de revascularisation myocardique de par l'étendue de l'ischémie qu'il détermine avec une large aire de myocarde à risque en cas complication aigue de cette lésion et/ou de prolongement de cette situation d'ischémie [4].

Cet apport de l'imagerie 2D strain au repos est d'autant plus important que les différents tests de stress physiques ou pharmacologiques de provocation de l'ischémie représentent un risque d'évènements indésirables et de complications graves non négligeable en cas de sténose du TCG [21]. Par ailleurs, certains de ces tests nominativement la scintigraphie myocardique, peuvent être faussement négatifs étant donné que l'ischémie est souvent équilibrée entre les différents territoires myocardiques dans cette population avec une sténose du TCG [22].

Nous avons aussi démontré dans notre travail que le SLR relatif aux territoires de l'IVA et de la CX était significativement plus bas dans le groupe « sténose du TCG » par rapport au groupe « contrôle » alors que le SLR

du territoire de la CD était comparable dans les 2 groupes. Ainsi et malgré la variabilité anatomique interindividuelle des territoires coronaires selon le calibre, l'étendue et la dominance des artères coronaires, l'application d'un modèle standard à 18 segments a permis de détecter les sténoses du TCG associant une altération plus marquée du 2D strain dans les territoires de l'IVA et de la CX conjointement.

Les principales limites de cette étude ont été le nombre réduit de patients inclus, méritant une extension des inclusions, l'absence d'un deuxième groupe de référence indemne de coronaropathie et le recours à la coronarographie seule pour le jugement du caractère significatif ou non de la lésion du TCG avec les insuffisances du luminogramme que réalise cet examen pour évaluer la sévérité fonctionnelle de ce type de lésions.

REFERENCES

1. Ragosta M, Dee S, Sarembock IJ, Lipson LC, Gimple LW, Powers ER. Prevalence of unfavorable angiographic characteristics for percutaneous intervention in patients with unprotected left main coronary artery disease. *Catheter Cardiovasc Interv Off J Soc Card Angiogr Interv.* 2006;68(3):357-62.
2. Boehrer JD, Lange RA, Willard JE, Hillis LD. Markedly increased periprocedure mortality of cardiac catheterization in patients with severe narrowing of the left main coronary artery. *Am J Cardiol.* 1992;70(18):1388-90.
3. Ragosta M. Left main coronary artery disease: importance, diagnosis, assessment, and management. *Curr Probl Cardiol.* 2015;40(3):93-126.
4. Cohen MV, Gorlin R. Main left coronary artery disease. Clinical experience from 1964-1974. *Circulation.* 1975;52(2):275-85.
5. Elhendy A, van Domburg RT, Bax JJ, Roelandt JR. Significance of resting wall motion abnormalities in 2-dimensional echocardiography in patients without previous myocardial infarction referred for pharmacologic stress testing. *J Am Soc Echocardiogr Off Publ Am Soc Echocardiogr.* 2000;13(1):1-8.
6. Liou K, Negishi K, Ho S, Russell EA, Cranney G, Ooi S-Y. Detection of Obstructive Coronary Artery Disease Using Peak Systolic Global Longitudinal Strain Derived by Two-Dimensional Speckle-Tracking: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Soc Echocardiogr Off Publ Am Soc Echocardiogr.* Article in press.
7. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2015;16(3):233-70.
8. Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, Jacobs AK, Kaul S, Laskey WK, et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart. A

CONCLUSION

Le SLG et le SLR constituent des marqueurs sensibles pour la détection précoce de l'ischémie myocardique ainsi que la prédiction de sa sévérité. Un seuil de SLG au repos supérieur à -18,5%, en dépit de son caractère subnormal, devrait attirer l'attention et faire suspecter une coronaropathie avec atteinte du TCG surtout quand il existe des anomalies concomitantes des territoires antérieur et latéral. Cette altération des paramètres du 2D strain précèdent les anomalies subjectives de la cinétique segmentaire qui était souvent jugée normale au repos.

- statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *Circulation.* 2002;105(4):539-42.
9. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr Off Publ Am Soc Echocardiogr.* 2015;28(1):1-39.e14.
10. Norum IB, Ruddox V, Edvardsen T, Otterstad JE. Diagnostic accuracy of left ventricular longitudinal function by speckle tracking echocardiography to predict significant coronary artery stenosis. A systematic review. *BMC Med Imaging.* 2015;15:25.
11. Biering-Sørensen T, Hoffmann S, Mogelvang R, Zeeberg Iversen A, Galatius S, Fritz-Hansen T, et al. Myocardial strain analysis by 2-dimensional speckle tracking echocardiography improves diagnostics of coronary artery stenosis in stable angina pectoris. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2014;7(1):58-65.
12. Chang W-T, Tsai W-C, Liu Y-W, Lee C-H, Liu P-Y, Chen J-Y, et al. Changes in right ventricular free wall strain in patients with coronary artery disease involving the right coronary artery. *J Am Soc Echocardiogr Off Publ Am Soc Echocardiogr.* 2014;27(3):230-8.
13. Dahlslett T, Karlsen S, Grenne B, Eek C, Sjøli B, Skulstad H, et al. Early assessment of strain echocardiography can accurately exclude significant coronary artery stenosis in suspected non-ST-segment elevation acute coronary syndrome. *J Am Soc Echocardiogr Off Publ Am Soc Echocardiogr.* 2014;27(5):512-9.
14. Montgomery DE, Puthumana JJ, Fox JM, Ogunyankin KO. Global longitudinal strain aids the detection of non-obstructive coronary artery disease in the resting echocardiogram. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2012;13(7):579-87.

15. Smedsrud MK, Sarvari S, Haugaa KH, Gjesdal O, Ørn S, Aaberge L, et al. Duration of myocardial early systolic lengthening predicts the presence of significant coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol.* 2012;60(12):1086-93.
16. Shimoni S, Gendelman G, Ayzenberg O, Smirin N, Lysyansky P, Edri O, et al. Differential effects of coronary artery stenosis on myocardial function: the value of myocardial strain analysis for the detection of coronary artery disease. *J Am Soc Echocardiogr Off Publ Am Soc Echocardiogr.* 2011;24(7):748-57.
17. Eek C, Grenne B, Brunvand H, Aakhus S, Endresen K, Smiseth OA, et al. Strain echocardiography predicts acute coronary occlusion in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome. *Eur J Echocardiogr J Work Group Echocardiogr Eur Soc Cardiol.* 2010;11(6):501-8.
18. Nucifora G, Schuijf JD, Delgado V, Bertini M, Scholte AJHA, Ng ACT, et al. Incremental value of subclinical left ventricular systolic dysfunction for the identification of patients with obstructive coronary artery disease. *Am Heart J.* janv 2010;159(1):148-57.
19. Tsai W-C, Liu Y-W, Huang Y-Y, Lin C-C, Lee C-H, Tsai L-M. Diagnostic value of segmental longitudinal strain by automated function imaging in coronary artery disease without left ventricular dysfunction. *J Am Soc Echocardiogr Off Publ Am Soc Echocardiogr.* 2010;23(11):1183-9.
20. Choi J-O, Cho SW, Song YB, Cho SJ, Song BG, Lee S-C, et al. Longitudinal 2D strain at rest predicts the presence of left main and three vessel coronary artery disease in patients without regional wall motion abnormality. *Eur J Echocardiogr J Work Group Echocardiogr Eur Soc Cardiol.* 2009;10(5):695-701.
21. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, Chaitman BR, Fletcher GF, Froelicher VF, et al. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). *J Am Coll Cardiol.* 2002;40(8):1531-40.
22. Kumar SP, Movahed A. Importance of wall motion analysis in the diagnosis of left main disease using stress nuclear myocardial perfusion imaging. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2003;19(3):219-24.