

# Première mondiale : évaluation automatisée de la cinétique segmentaire de la paroi du ventricule gauche

## Cotation de la cinétique pariétale segmentaire automatisée par l'IA (Auto SWM)

Michal Yaacobi, responsable stratégie médicale

Eli Raz, responsable produit

Jane Vogel, MD, chef de produit senior

David Prabhu, PhD, MBA, chercheur clinique

### Présentation

L'échocardiographie transthoracique est l'outil d'imagerie non invasive le plus utilisé pour détecter les troubles de la cinétique segmentaire (RWMA) lors des examens échocardiographiques de routine. Les anomalies de la cinétique pariétale du ventricule gauche constituent un indicateur indépendant d'événements cardiovasculaires défavorables et de mortalité chez les patients atteints de maladies cardiovasculaires, telles que l'infarctus du myocarde, les troubles de la synchronisation ou certaines cardiopathies congénitales.<sup>1,2</sup> L'index de score de la cinétique pariétale (WMSI, Wall Motion Score Index) correspond à la moyenne des scores attribués à l'ensemble des segments du ventricule gauche, rassemblés en un paramètre unique. La valeur pronostique du WMSI a été étudiée chez des patients présentant un infarctus aigu du myocarde, et plusieurs travaux suggèrent que cet index est plus performant que la fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG) pour prédire la mortalité.<sup>3-5</sup> Une étude plus récente indique également que le WMSI est un meilleur prédicteur de la mortalité à 12 mois que la FEVG chez les patients présentant un infarctus du myocarde avec sus-décalage du segment ST (STEMI) traités par intervention coronarienne percutanée (ICP).<sup>6</sup>

Une évaluation précise des troubles de la cinétique pariétale segmentaire est donc essentielle pour identifier les infarctus du myocarde aigus et chroniques. Il est également essentiel de distinguer les causes ischémiques des causes non ischémiques, comme certaines cardiomyopathies. Aujourd'hui, l'évaluation de la cinétique pariétale repose encore principalement sur une analyse visuelle, fortement dépendante de la formation et du niveau d'expertise de l'opérateur. Par conséquent, cette évaluation visuelle des troubles de la cinétique segmentaire peut entraîner une variabilité interobservateur.<sup>7-9</sup>

En s'appuyant sur l'intelligence artificielle, Philips a développé un outil robuste de cotation automatique de la cinétique pariétale segmentaire (Auto Segmental Wall Motion Scoring, Auto SWM), directement intégré au système d'échographie au sein de l'application 2D Auto LV, afin de permettre une évaluation rapide et objective des troubles de la cinétique pariétale du ventricule gauche. Auto SWM est une application unique en son genre qui propose automatiquement des scores de cinétique pariétale pour le ventricule gauche.

## Description de l'algorithme SWM

L'outil Auto SWM de Philips fournit une analyse pour chacun des 17 segments du ventricule gauche définis par l'American Society of Echocardiography (ASE).<sup>10</sup> L'outil classe automatiquement chaque segment dans l'une des trois catégories suivantes :

### 1 – Normokinétique

### 2 – Hypokinétique

### 3 – Akinétique

(Remarque : l'application inclut également les segments dyskinétiques et anévrysmaux dans cette catégorie)

Dans notre approche, nous exploitons l'intelligence artificielle (IA) pour attribuer un score à 16 segments du ventricule gauche, tandis que le 17e segment correspond à la moyenne des quatre segments apicaux. Un WMSI global est ensuite obtenu en calculant la moyenne statistique des scores des 17 segments.

Nous mettons l'IA à profit en extrayant, pour chaque segment, un ensemble de paramètres caractéristiques, puis en appliquant un modèle d'apprentissage automatique qui attribue un score à chaque segment à partir de ces paramètres. Concrètement, ces paramètres sont calculés en délimitant d'abord le contour du ventricule gauche, puis en s'appuyant sur ce contour pour dériver, pour chaque segment, trois grandes familles de caractéristiques.

- **Vitesse**

Vitesse à laquelle un segment se déplace

- **Déplacement**

Distance parcourue par un segment au cours d'un cycle cardiaque

- **Déformation**

Distance parcourue par un segment par rapport à sa longueur initiale

Ces caractéristiques sont pondérées par l'algorithme d'IA, qui en déduit ensuite, pour chaque segment, une classification dans l'une des trois catégories décrites plus haut : normokinétique, hypokinétique ou akinétique.

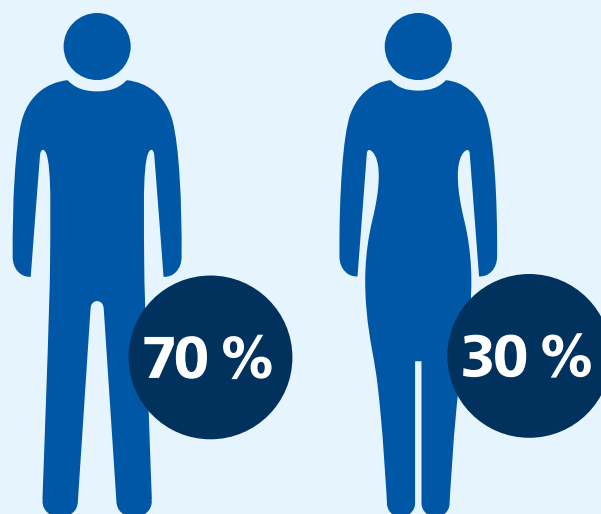
## Données d'apprentissage

Le cœur du modèle d'intelligence artificielle de l'application Auto SWM a été entraîné à partir de 735 examens échocardiographiques cliniques, associés à leurs scores de cinétique pariétale du ventricule gauche sur 17 segments. Ces scores ont été extraits de comptes rendus d'échocardiographie clinique relus et validés par des cardiologues certifiés. La population de l'étude comprenait 70 % d'hommes et 30 % de femmes, avec un âge moyen de  $63,5 \pm 14,5$  ans. Parmi ces patients, 20 % présentaient une fonction ventriculaire gauche normale et 44 % (330 patients) avaient des antécédents d'infarctus du myocarde. Par ailleurs, l'ensemble de ces données a été jugé d'une qualité d'image suffisante pour l'évaluation automatisée par SWM à partir des vues apicales 2, 3 et 4 cavités.



### Population de patients

Âge moyen de  $63,5 \pm 14,5$  ans



## Flux de travail simplifié

L'utilisation de l'algorithme Auto SWM se déroule en quatre étapes, détaillées ci-après et illustrées à la Figure 1 :

- 1** Acquisition des images et sélection des vues apicales 2, 3 et 4 cavités appropriées.
- 2** Génération automatique des scores de cinétique pariétale du ventricule gauche par l'algorithme Auto SWM.
- 3** Relecture des scores automatisés de cinétique pariétale et, si besoin, ajustement des résultats proposés par Auto SWM.
- 4** Validation par l'utilisateur des scores finaux.

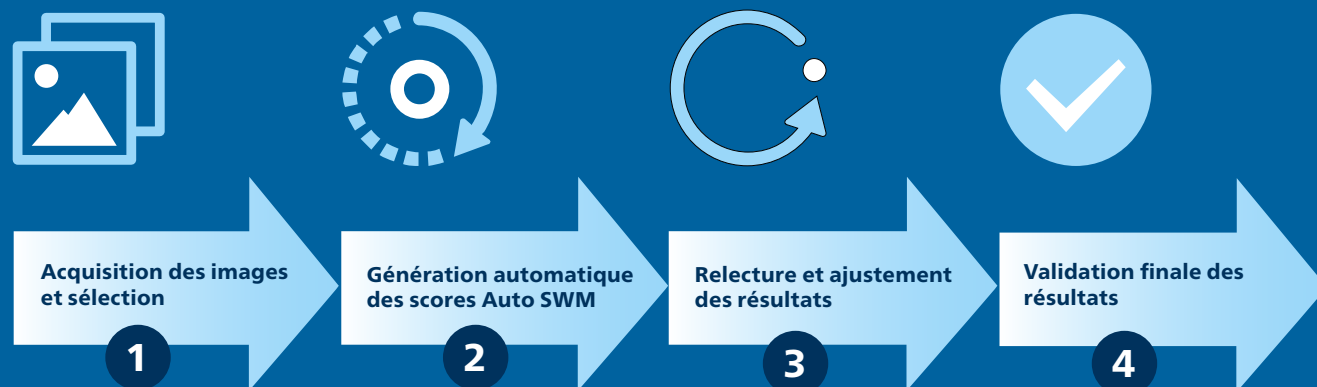


Figure 1 Vue d'ensemble du flux de travail Auto SWM.

### Acquisition des images et sélection

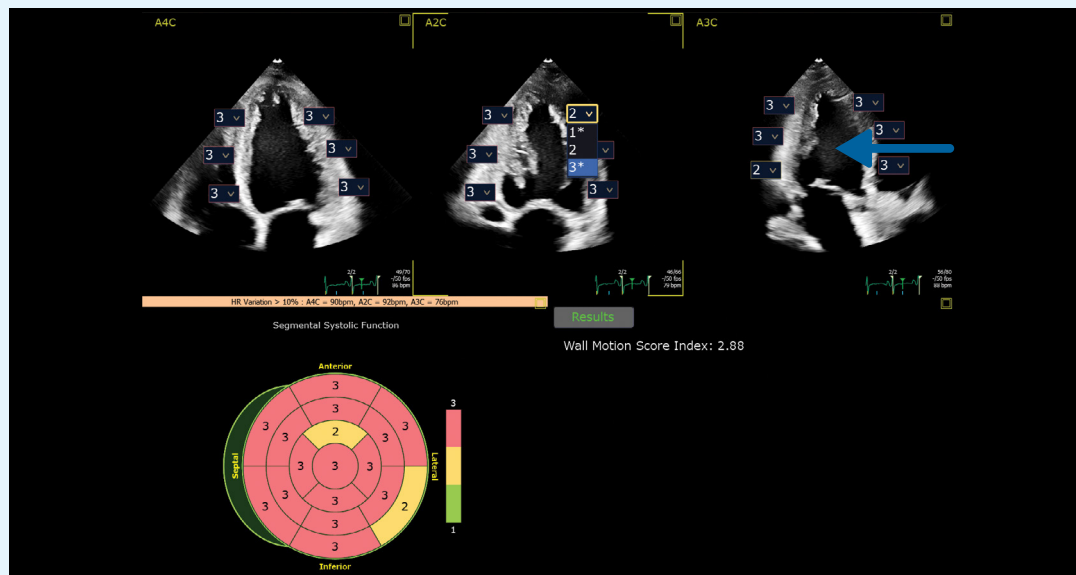
Pour utiliser Auto SWM, l'utilisateur doit d'abord acquérir des vues apicales 2, 3 et 4 cavités, conformément aux recommandations de l'ASE.<sup>10</sup> L'utilisation de l'algorithme Auto SWM sur des données dont la qualité d'image est insuffisante peut conduire à des résultats non optimaux. Une fois l'acquisition réalisée, l'utilisateur sélectionne ces vues apicales, puis lance l'application 2D Auto LV. Ces images peuvent être sélectionnées soit manuellement, soit automatiquement à l'aide de la fonction Smart View Select (SVS), lorsque SVS est activée dans le système. À noter : un astérisque apparaît sur le bouton 2D Auto LV lorsque SVS est activée et que le système a automatiquement identifié les images appropriées pour l'application 2D Auto LV. (Voir Figure 2)

**2D Auto LV\***

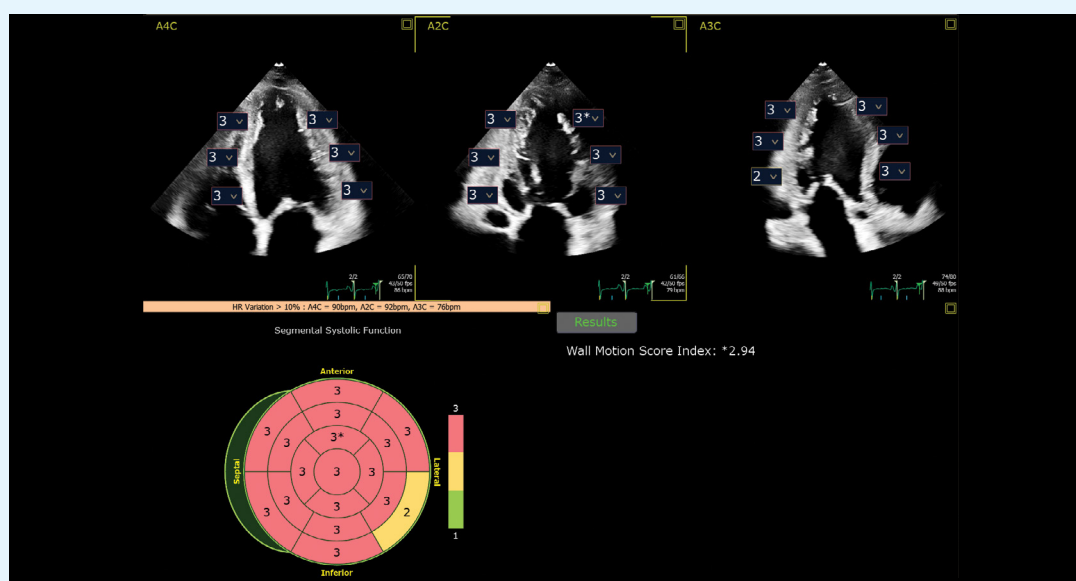
Figure 2 Bouton à l'écran permettant de lancer l'application 2D Auto LV, qui intègre la fonctionnalité Auto SWM.

## Génération des scores et relecture des résultats

Après lancement d'Auto SWM au sein de l'application 2D Auto LV, l'algorithme génère automatiquement un score pour chacun des segments du ventricule gauche. L'utilisateur doit ensuite examiner ces scores et déterminer s'il valide cette évaluation automatique. En cas de désaccord, l'utilisateur peut modifier le score afin de le faire correspondre à sa propre évaluation. Un astérisque (\*) indique qu'un score a été modifié. (Se reporter aux **Figures 3** et **4** pour une description du flux de travail de modification Auto SWM).



**Figure 3** Exemple de modification Auto SWM – partie 1. Pour modifier l'un des scores de cinétique pariétale, sélectionnez le symbole de chevron inversé (" ") situé à côté de chaque score dans les vues apicales (signalé par la flèche bleue ci-dessus). Un menu déroulant s'affiche alors et permet à l'utilisateur de modifier le score. Le flux de travail de modification Auto SWM se poursuit à la **Figure 4**.

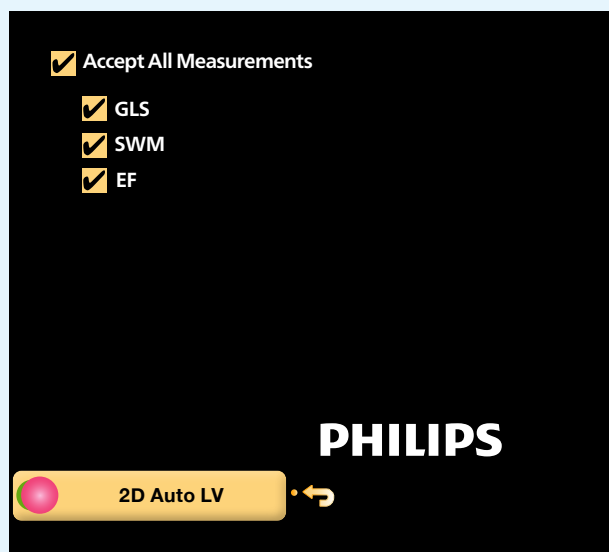


**Figure 4** Exemple de modification Auto SWM – partie 2. Si le score de cinétique pariétale d'un segment est modifié par rapport au score généré automatiquement, un astérisque ("\*") apparaît à côté de ce score, à la fois dans la vue apicale et sur la représentation en cible. En outre, un astérisque apparaîtra également à côté de l'index de score de la cinétique pariétale.

## Acceptation des résultats

Après relecture manuelle des résultats, l'utilisateur doit cocher la case du panneau "Accept All Measurements" (Accepter toutes les mesures) pour confirmer qu'il accepte les résultats. Une fois les résultats validés, l'index de score de la cinétique pariétale (WMSI) apparaît dans le compte rendu. (Voir **Figure 5**.)

**Figure 5** Acceptation des résultats Auto SWM. Une fois la relecture et la modification des résultats Auto SWM terminées, l'utilisateur doit cocher la case du panneau "Accept All Measurements" (Accepter toutes les mesures), pour confirmer qu'il accepte les résultats.



## Étude de validation

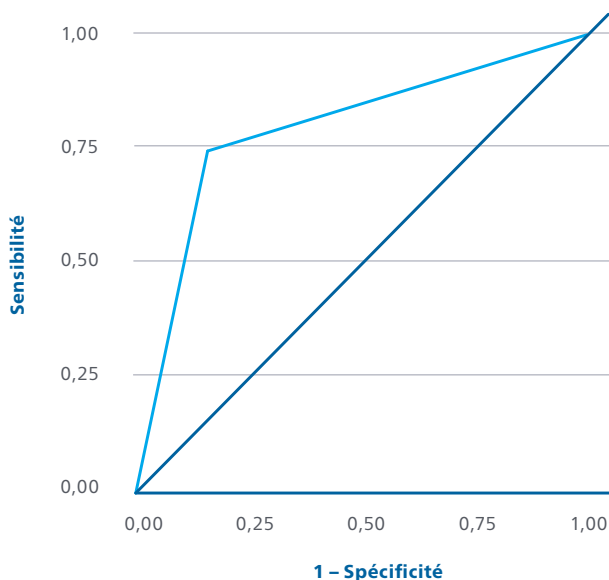
Une étude de validation rétrospective a été réalisée en interne, en comparant le WMSI généré automatiquement par l'application Auto SWM à une évaluation visuelle effectuée par un comité de consensus composé de quatre cardiologues certifiés. La population de l'étude comprenait des patients adultes (âge > 18 ans) adressés pour un examen échocardiographique, en ambulatoire ou lors d'une hospitalisation, présentant une fonction ventriculaire gauche normale ou anormale, en rythme sinusal et sans extrasystoles multiples. Les patients présentant un bloc de branche gauche (BBG) ou des examens ne comportant aucun clip éligible pour l'évaluation SWM ont été exclus.

La population de patients comprenait 161 examens d'échocardiographie, dont 64 % d'hommes et 36 % de femmes, avec un âge moyen de  $60,26 \pm 16,45$  ans. Parmi ces patients, 48 (29,8 %) présentaient une fonction ventriculaire gauche normale, 83 (51,6 %) une coronaropathie (CAD) et, au sein de ce groupe, 76 patients (91,6 %) avaient un antécédent d'infarctus du myocarde (IDM). L'algorithme a été appliqué automatiquement aux boucles pré-sélectionnées en 4 cavités apicales, 2 cavités apicales et 3 cavités apicales provenant de 161 examens. Les examens ayant fourni des résultats pour les trois incidences ont été inclus dans l'analyse. Au total, une analyse automatisée a pu être réalisée pour 143 examens sur 161 (89 %).

La courbe ROC (receiver operating curve) et l'aire sous la courbe (ASC) correspondante sont présentées à la **Figure 6**, et montrent la courbe ROC du WMSI pour Auto SWM, comparée aux résultats de référence. L'aire sous la courbe (ASC) était de 0,79.

### Courbe ROC du modèle

Aire sous la courbe = 0,7933

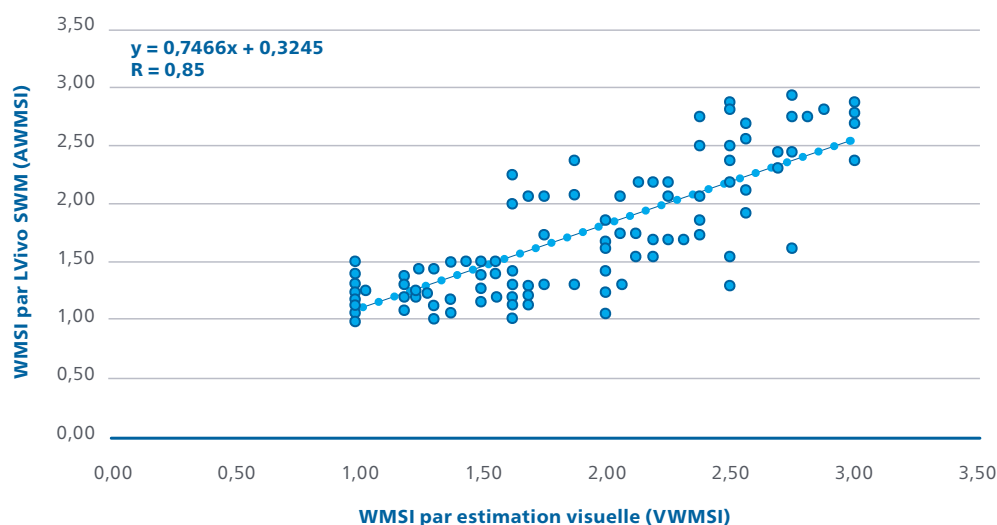


**Figure 6** Courbe ROC du WMSI pour Auto SWM, comparée aux résultats de référence. L'aire sous la courbe (ASC) était de 0,79.

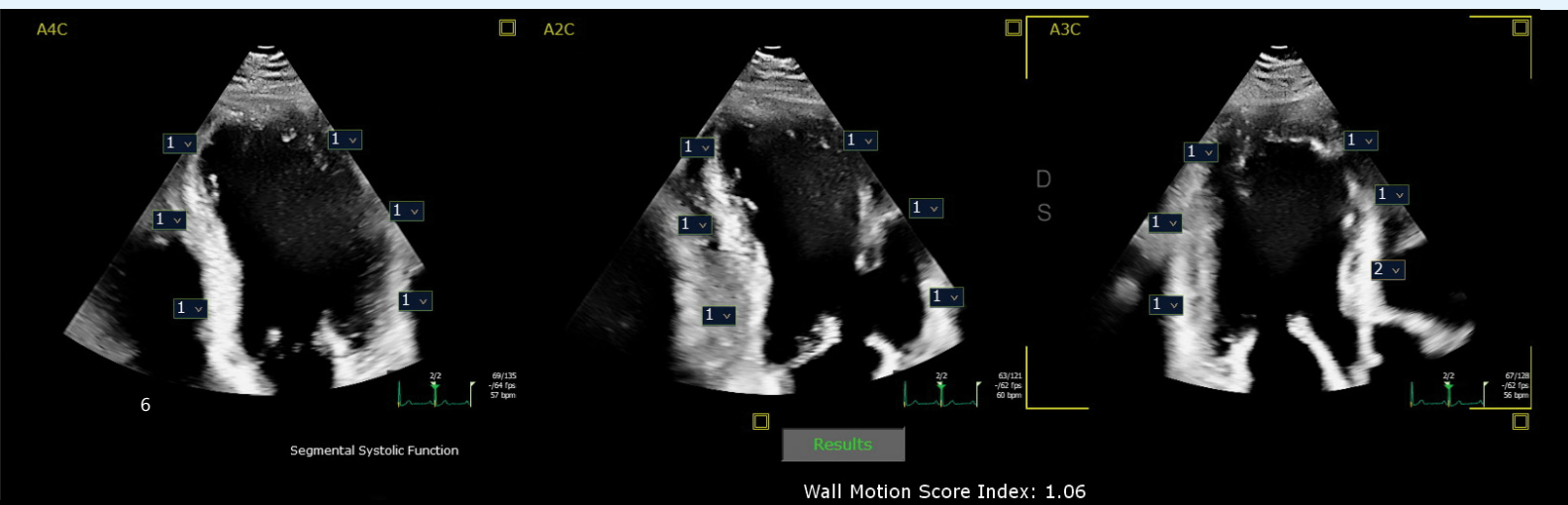
Pour les deux méthodes, les résultats ont été regroupés en deux classes : normal et anormal (un WMSI de 1,26 étant utilisé comme seuil d'anomalie). La spécificité et la sensibilité obtenues étaient respectivement de 0,85 IC (69,5 ; 94,1) et 0,74 IC (64,1 ; 82,1). L'accord global était de 77 % IC (69,2 ; 83,6). La corrélation entre le WMSI de référence et le WMSI calculé automatiquement est présentée à la **Figure 7**.

Cette fonctionnalité a obtenu une autorisation de mise sur le marché par la FDA sur la base des résultats décrits ci-dessus. En outre, les résultats de l'étude ont également été présentés à l'ASE 2024 sous forme de résumé.<sup>11</sup>

## WMSI automatique vs estimation visuelle



**Figure 7** Corrélation du WMSI par rapport aux résultats de référence. La corrélation était de 0,85.



## Conclusion

Philips Auto SWM est une application innovante, basée sur l'IA, qui aide les cliniciens à évaluer la cinétique segmentaire du ventricule gauche dans la pratique quotidienne. Elle fournit une évaluation rapide, homogène et objective de la cinétique segmentaire du ventricule gauche, facilitant la comparaison des examens dans le temps.

## Références

1. Carluccio E, Tommasi S, Bentivoglio M, Buccolieri M, Prosciutti L, Corea L. Usefulness of the severity and extent of wall motion abnormalities as prognostic markers of an adverse outcome after a first myocardial infarction treated with thrombolytic therapy. *Am J Cardiol*. 2000;85:411–5. doi: 10.1016/s0002-9149(99)00764-x. PMID: 10728942.
2. Cicala S, de Simone G, Roman MJ, et al. Prevalence and prognostic significance of wall-motion abnormalities in adults without clinically recognized cardiovascular disease: the Strong Heart Study. *Circulation*. 2007 Jul 10;116(2):143-50. doi: 10.1161/.
3. Jurado-Román A, Agudo-Quílez P, Rubio-Alonso B, et al. Superiority of wall motion score index over left ventricle ejection fraction in predicting cardiovascular events after an acute myocardial infarction *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*. 2019 Feb;8(1):78-85. doi: 10.1177/2048872616674464. Epub 2016 Oct 13. PMID: 27738092.
4. Kan G, Visser CA, Koolen JJ, Dunning AJ. Short and long term predictive value of admission wall motion score in acute myocardial infarction. A cross sectional echocardiographic study of 345 patients. *Br Heart J*. 1986 Nov;56(5):422-7. doi: 10.1136/hrt.56.5.422. PMID: 3790378; PMCID: PMC1236887.
5. Xiang L, Wang M, You T, Jiao Y, Chen J, Xu W. Prognostic value of ventricular wall motion score and global registry of acute coronary events score in patients with acute myocardial infarction. *Am J Med Sci*. 2017 Jul;354(1):27-32. doi: 10.1016/j.amjms.2017.03.029. Epub 2017 Mar 23. Erratum in: *Am J Med Sci*. 2019 Jun;357(6):522. doi: 10.1016/j.amjms.2018.09.008. PMID: 28755728.
6. Savage ML, Hay K, Anderson B, et al. The prognostic value of echocardiographic wall motion score index in ST-segment elevation myocardial infarction. *Crit Care Res Pract*. 2022 Nov 10;2022:8343785. doi: 10.1155/2022/8343785. PMID: 36405398; PMCID: PMC9671736.
7. Hoffmann R, Borges AC, Kasprzak JD, et al. Analysis of myocardial perfusion or myocardial function for detection of regional myocardial abnormalities. An echocardiographic multicenter comparison study using myocardial contrast echocardiography and 2D echocardiography. *EUR J ECHOCARDIOGR*. 2007;8:438-448. <https://doi.org/10.1016/j.euje.2006.07.009>.
8. Schnaack SD, Siegmund P, Spes CH, et al. Transpulmonary contrast echocardiography: effects on delineation of endocardial border, assessment of wall motion and interobserver variability in stress echocardiograms of limited image quality. *Coron Artery Dis*. 2000 Oct;11(7):549-54. doi: 10.1097/00019501-200010000-00006. PMID: 11023243.
9. Slivnick JA, Gessert NT, Cotella JI, et al. Echocardiographic detection of regional wall motion abnormalities using artificial intelligence compared to human readers. *J Am Soc Echocardiogr*. 2024 Jul;37(7):655-663. doi: 10.1016/j.echo.2024.03.017. Epub 2024 Mar 30. PMID: 38556038.
10. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005 Dec;18(12):1440-63. doi: 10.1016/j.echo.2005.10.005. PMID: 16376782.
11. ASE Abstract: 24-A-1052-ASE.



