



PHILIPS

Échographie

HeartModel^{A.I.}

Quantification échocardiographique transthoracique tridimensionnelle automatisée des cavités cardiaques gauches

Diego Medvedofsky MD, Ivan Salgo MD, Lynn Weinert BSc, Victor Mor-Avi PhD, Roberto M. Lang MD
University of Chicago Medical Center, Chicago, Illinois, États-Unis

La quantification des cavités cardiaques est un élément essentiel de l'échocardiographie transthoracique (ETT). Elle inclut les volumes télédiastolique (VTD) et téléstolique (VTS) du ventricule gauche (VG), le volume maximal téléstolique de l'oreillette gauche (OG) et la fraction d'éjection du VG (FEVG). Les recommandations récentes relatives à la quantification des cavités cardiaques¹ préconisent la mesure systématique des volumes du VG et de l'OG par échocardiographie bidimensionnelle (2DE) ou tridimensionnelle (3DE) dans toute étude clinique.

Aujourd'hui, la 3DE en temps réel est un outil précieux pour l'évaluation des volumes du VG et de l'OG, ainsi que de la fraction d'éjection du VG. De nombreuses études ont montré que la 3DE est plus précise et plus reproductible que la 2DE, car elle permet une mesure directe des volumes, sans recourir à des hypothèses géométriques sur la forme des cavités tout en limitant les artefacts liés aux coupes tronquées. Malgré ces atouts reconnus, la 3DE n'est pas encore utilisée de manière systématique en pratique clinique pour plusieurs raisons,

notamment la nécessité d'une expertise spécifique en 3DE et le temps supplémentaire requis pour l'acquisition et l'analyse des volumes tridimensionnels. Pour que la 3DE soit réalisée de façon systématique en pratique clinique, il est indispensable de disposer d'une quantification entièrement automatisée, afin d'éviter toute interruption ou tout ralentissement du flux de travail.

Philips a récemment développé HeartModel^{A.I.}, un logiciel d'analyse d'ETT 3D entièrement automatisé qui permet la détection simultanée des surfaces endocardiques de l'OG et du VG tout au long du cycle cardiaque. Il repose sur un algorithme d'analyse adaptative qui combine une identification fondée sur une base de connaissances de la forme et de l'orientation globales initiales, suivie d'une adaptation individualisée pour chaque patient (Figure 1). Le processus débute par une estimation, effectuée par le logiciel, de l'image télédiastolique du VG fondée sur une analyse du mouvement réalisée au voisinage du sommet de l'onde R sur l'électrocardiogramme. À partir de cette image, l'orientation globale de la cavité est

déterminée, puis l'image télésystolique du VG est estimée grâce à une analyse du mouvement permettant d'identifier la plus petite cavité ventriculaire gauche. Dans un premier temps, le système repère les images télédiastolique et télésystolique du VG. Il génère ensuite, pour chacune d'elles, des modèles préliminaires du VG et de l'OG en s'appuyant sur la surface endocardique détectée automatiquement et sur des informations d'une base de données d'ETT 3D dédiée aux cavités gauches. Cette base de données rassemble un large éventail de morphologies télédiastoliques et télésystoliques d'OG et de VG, issues d'environ 1 000 examens d'ETT 3D présentant des qualités d'image variables et réalisés chez des patients présentant un large spectre de dimensions et de performances fonctionnelles. Le logiciel confronte alors les caractéristiques du volume ventriculaire analysé aux formes de référence de la base, afin d'identifier le modèle le plus adapté. La forme sélectionnée est ensuite ajustée localement au volume du ventricule gauche analysé, au moyen d'une série d'étapes successives. Les images télédiastolique et télésystolique sont finalement confirmées en évaluant les volumes du VG au voisinage de la télésystole et de la télédiastole, puis en retenant respectivement les images correspondant aux volumes maximal et minimal. L'algorithme est conçu pour s'adapter à des conditions d'imagerie très diverses, qu'il s'agisse de zones de perte du signal, d'artefacts d'encombrement acoustique, de variations de forme ventriculaire ou encore de l'orientation du cœur par rapport à la sonde. Comme pour les mesures manuelles, il reste toutefois nécessaire de visualiser un nombre minimal de segments du contour endocardique (environ 14 à 15 des 17 segments du VG) pour obtenir une estimation fiable du volume de la cavité. L'algorithme présente un comportement de convergence déterministe lorsqu'il est relancé sur un même jeu de données, ce qui se traduit par une absence de variabilité entre les analyses répétées. Une fois le modèle final ajusté, les contours de l'OG et du VG sont affichés sur des coupes 2D issues des données d'échocardiographie 3D, en vues 4, 3 et 2 cavités, aux temps télédiastolique et télésystolique (Figure 2). Si l'utilisateur n'est pas satisfait des contours proposés, il peut les modifier manuellement.

Ce nouveau logiciel entièrement automatisé a récemment été validé et s'est avéré d'une précision satisfaisante par rapport aux mesures 3D manuelles réalisées avec QLAB (3DQ)², dans une cohorte de plus de 150 patients au sein de l'Université de Chicago. Ce logiciel entièrement automatisé ouvre la voie à l'intégration des mesures volumétriques 3D du VG et de l'OG dans le processus clinique habituel, à l'échelle internationale.

Dans cette étude, notre objectif était d'évaluer le gain de temps potentiel offert par ce nouvel outil, en le comparant aux méthodes 2D et 3D conventionnelles utilisées pour mesurer les volumes du VG et de l'OG.

Méthodes

Une échocardiographie 2D et 3D a été réalisée chez 30 patients consécutifs à l'aide d'un système EPIQ équipé d'une sonde matricielle X5-1 (Philips, Andover, MA). Le temps nécessaire à l'acquisition des vues apicales 4 cavités (A4C) et 2 cavités (A2C) du VG en 2D, des vues A4C et A2C de l'OG, ainsi que d'un volume complet 3D du VG et de l'OG, a été systématiquement enregistré. Le temps nécessaire pour mesurer les volumes du VG en télédiastole et en télésystole, ainsi que le volume télésystolique de l'OG, à partir des images 2D, en appliquant la méthode biplan des disques, a été enregistré. Pour terminer, le temps d'analyse requis pour obtenir les volumes du VG et de l'OG à partir des jeux de données 3D, avec QLAB puis avec le nouveau logiciel HeartModel^{A.I.}, a également été mesuré. L'analyse HeartModel^{A.I.} a été réalisée à la fois sur un ordinateur personnel classique et directement sur le système EPIQ, avec ou sans ajustements globaux et régionaux.

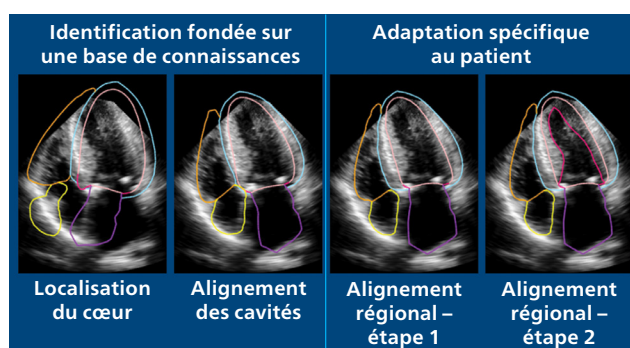


Figure 1 Prototypage de logiciel d'analyse ETT 3D.

HeartModel^{A.I.} est un programme entièrement automatisé qui permet la détection simultanée des surfaces endocardiques de l'OG et du VG. Il s'appuie sur un algorithme d'analyse adaptative combinant une identification fondée sur une base de connaissances de la forme et de l'orientation globales initiales, suivie d'une adaptation individualisée pour chaque patient.

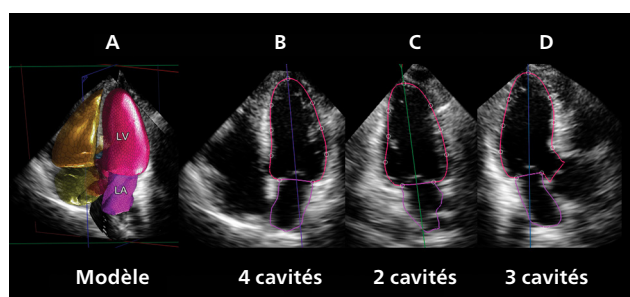


Figure 2 Contours endocardiques automatisés de l'oreillette et du ventricule gauches.

Exemple de cœur de taille normale, avec fonction systolique conservée, visualisé en télédiastole. Une coque 3D des cavités auriculaire et ventriculaire gauches est affichée sur les données 3D recadrées en vue apicale 4 cavités (A). Pour confirmation visuelle, les contours sont également affichés sur des coupes 2D reconstruites à partir du volume 3D (B–D).

Tableau 1 Temps d'acquisition et d'analyse pour les volumes du ventricule et de l'oreillette gauches, considérés séparément puis ensemble, en échocardiographie 2D, en échocardiographie 3D manuelle et avec le logiciel entièrement automatisé (HeartModel^{A.I.}).

N = 30			VG		OG		VG+OG		Total VG+OG
			Temps d'acquisition (s)	Temps d'analyse (s)	Temps d'acquisition (s)	Temps d'analyse (s)	Temps d'acquisition (s)	Temps d'analyse (s)	Temps d'acquisition + analyse (s)
2DE	A4C		21,3 ± 10,3	61,3 ± 11,3	22,2 ± 5,6	16,7 ± 1,6	43,5 ± 15,9	78,0 ± 12,9	121,5 ± 28,8
	A2C		10,9 ± 3,1	53,7 ± 9,1	9,8 ± 2,5	15,9 ± 1,9	20,7 ± 5,5	69,6 ± 11,0	90,3 ± 16,5
	Total		32,2 ± 10,7	115,0 ± 15,8	31,9 ± 6,5	32,6 ± 2,6	64,1 ± 17,2	147,6 ± 18,4	211,8 ± 35,6
3DE	Ordinateur portable	3DQ	20,0 ± 6,1	92,6 ± 30,8	Inclus dans le temps VG	52 ± 7	20,0 ± 6,1	144,4 ± 38,1	164,4 ± 44,2
		HM		26,2 ± 2,3		Inclus dans le temps VG		26,2 ± 2,3	46,2 ± 8,4
		Temps d'ajustement HM		18,5 ± 3,1		31,5 ± 3,0		50,0 ± 6,1	70,0 ± 12,1
		Total HM		44,7 ± 5,4		57,7 ± 5,3		76,2 ± 8,4	96,2 ± 14,5
	Système d'imagerie EPIQ	HM		17,1 ± 1,2		Inclus dans le temps VG		17,1 ± 1,2	37,1 ± 7,3
		Temps d'ajustement HM		15,0 ± 2,8		27,0 ± 2,7		42,0 ± 5,5	62,0 ± 11,6
		Total HM		32,1 ± 4,0		44,1 ± 3,9		59,1 ± 6,7	79,1 ± 12,8

VG = ventricule gauche, OG = oreillette gauche, ETT 2D = échocardiographie bidimensionnelle, ETT 3D = échocardiographie tridimensionnelle, 3DQ = analyse 3D manuelle (QLAB), HM = HeartModel^{A.I.}. Les valeurs sont exprimées en moyenne ± écart type.

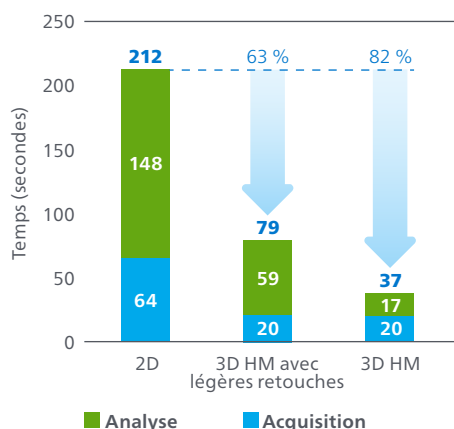


Figure 3 Temps nécessaire pour réaliser les mesures du VG et de l'OG.

En prenant l'ETT 2D comme référence, une réduction de 63 % des temps d'acquisition et d'analyse est observée avec HeartModel^{A.I.} en cas de légères retouches, et de 82 % lorsque les retouches ne sont pas nécessaires.

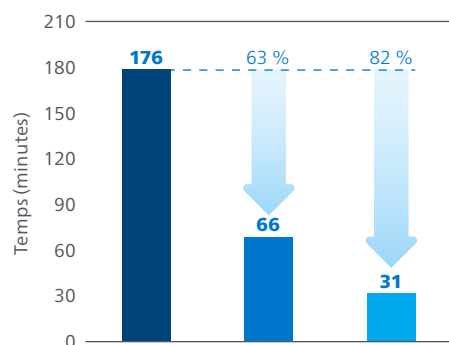


Figure 4 Temps nécessaire pour réaliser les mesures du VG et de l'OG chez 50 patients.

Dans un laboratoire d'échocardiographie à forte activité, un volume représentatif de 50 examens avec acquisition et analyse en ETT 2D mobilise près de 3 heures (176 minutes), contre 66 minutes avec HeartModel^{A.I.} en cas de légères retouches et 31 minutes seulement en mode entièrement automatisé.

Résultats

Le tableau 1 présente les données relatives au temps nécessaire pour l'acquisition et l'analyse. Dans l'ensemble, l'acquisition des images 3D nécessite moins de temps que la série de vues 2D requises pour les mesures de volume. De plus, l'analyse des images 3D est nettement plus rapide que celle des images 2D, et le temps d'analyse est encore réduit grâce à l'utilisation du logiciel automatisé HeartModel^{A.I.} (Figure 3). On observe ainsi un gain de temps global, acquisition et analyse confondues, de 82 % en mode entièrement automatisé, et encore de 63 % lorsque des retouches manuelles sont nécessaires.

Pour apprécier concrètement le temps que HeartModel^{A.I.} peut faire gagner chaque jour dans un laboratoire d'échocardiographie très sollicité réalisant 50 ETT par jour, le temps total d'acquisition et d'analyse a été extrapolé à 50 examens (Figure 4). Cet exemple représentatif montre que l'acquisition et l'analyse des volumes du VG et de l'OG en ETT 2D prennent près de 3 heures par jour. Avec HeartModel^{A.I.}, cela ne mobilise que 66 minutes avec légères retouches, ou 30 minutes en mode automatisé, soit un gain de 2 heures et 30 minutes quotidiennes pour un laboratoire classique.

Conclusion

De nombreuses études ont démontré la supériorité de l'échocardiographie 3D en termes de précision et de reproductibilité par rapport à l'échocardiographie 2D. Pour permettre son usage systématique en laboratoire, il est essentiel de déployer des méthodes automatisées qui éliminent le flux de travail chronophage actuel de la 3DE. Le logiciel entièrement automatisé HeartModel^{A.I.} a récemment été validé et a démontré une bonne précision et reproductibilité par rapport aux mesures 3D manuelles avec QLAB (3DQ).² Dans cette étude, cet outil s'avère nettement plus rapide que l'ETT 2D et l'analyse 3DE manuelle (QLAB), ce qui permet de réduire le temps d'analyse et de faciliter son intégration dans la pratique clinique.

Références

- 1 Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, Flachskampf FA, Foster E, Goldstein SA, Kuznetsova T, Lancellotti P, Muraru D, Picard MH, Rietzschel ER, Rudski L, Spencer KT, Tsang W, Voigt JU. 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.* 2015;28:1-39.
- 2 Tsang W, Salgo IS, Medvedofsky D, Takeuchi MMD, Prater D, Weinert W, Yamat M, Mor-Avi V, Patel AR, Lang RM. Real-Time Automated Transthoracic Three-Dimensional Echocardiographic Left Heart Chamber Quantification using an Adaptive Analytics Algorithm. *JACC Cardiovasc Imaging* (in press).

Le système EPIQ est un dispositif médical de classe IIa, fabriqué par Philips et dont l'évaluation de la conformité a été réalisée par l'organisme notifié BSI CE2797. Il est destiné au diagnostic médical par imagerie ultrasonore. Les actes diagnostiques sont pris en charge par les organismes d'assurance maladie dans certaines situations. Lisez attentivement la notice d'utilisation. Avril 2026

