

EVALUATION DE LA SURFACE MITRALE PAR LA MÉTHODE DE LA ZONE DE CONVERGENCE DANS LE RÉTRÉCISSEMENT MITRAL : APPLICATION CLINIQUE.

Lilia Zakhama, Abdelfatteh Abed, Elhem Boussabeh, Besma Boukhris, Sana Neffati, Rim Saad, Ali Jendoubi, Emna Bennour, Soraya BenYoussef.

Service de Cardiologie. Hôpital des Forces de Sécurité Intérieure. La Marsa.

L. Zakhama, A. Abed, E. Boussabeh, B. Boukhris, S. Neffati, R. Saad, A. Jendoubi, E. Bennour, S. BenYoussef.

L. Zakhama, A. Abed, E. Boussabeh, B. Boukhris, S. Neffati, R. Saad, A. Jendoubi, E. Bennour, S. BenYoussef.

EVALUATION DE LA SURFACE MITRALE PAR LA MÉTHODE DE LA ZONE DE CONVERGENCE DANS LE RÉTRÉCISSEMENT MITRAL : APPLICATION CLINIQUE.

DETERMINATION OF MITRAL VALVE AREA IN PATIENTS WITH MITRAL STENOSIS BY THE FLOW-CONVERGENCE METHOD: CLINICAL APPLICATION

LA TUNISIE MEDICALE - 2009 ; Vol 87 (n°06) : 391 - 397

LA TUNISIE MEDICALE - 2009 ; Vol 87 (n°06) : 391 - 397

RÉSUMÉ

Prérequis : L'évaluation par échocardiographie classique de la surface mitrale dans le rétrécissement mitral a ses limites. Une nouvelle technique se basant sur la mesure de la zone de convergence (ou PISA) a été proposée pour l'estimation de la surface mitrale.

Buts : (1) Comparer la précision de la PISA par rapport à la planimétrie et le temps de demi-pression dans la mesure de la surface mitrale et (2) étudier l'impact de l'insuffisance mitrale et la fibrillation auriculaire sur la précision de la mesure par PISA.

Méthodes : Nous avons mesuré la surface mitrale par les 3 méthodes chez 35 patients consécutifs atteints d'un rétrécissement mitral rhumatismal, âgés en moyenne de $40,1 \pm 13,5$ ans, 19 patients étaient en FA et 15 avaient une insuffisance mitrale ≥ 2 .

Résultats : Nous avons démontré une corrélation positive entre la mesure par la PISA et la planimétrie ($r=0,83$, $p<.001$). La concordance entre les 2 méthodes était moins bonne (coefficient de corrélation intraclasse = $0,85$, mais un intervalle de confiance large : IC95% [0,68-0,9]) expliquant la sous estimation de la surface mitrale calculée par PISA par rapport à la planimétrie : $1,42 \pm 0,47$ cm² versus $1,56 \pm 0,41$ cm² respectivement, ($p<.001$). Il n'y avait pas de différence significative entre la mesure par PISA et par méthode du temps de demi-pression, respectivement $1,42 \pm 0,47$ cm² versus $1,43 \pm 0,46$ cm². La sous estimation de la SM par PISA n'avait pas d'implication pratique puisque sa sensibilité pour détecter les rétrécissements mitraux serrés (défini comme une surface mitrale $\leq 1,5$ cm²) est restée bonne à 90% avec une valeur prédictive négative de 83%. La corrélation entre PISA et planimétrie est restée statistiquement significative en cas de fibrillation auriculaire : $r = 0,84$, $p<.001$ et en cas d'insuffisance mitrale ≥ 2 : $r=0,83$, $p<.001$.

Conclusion : La mesure de la surface mitrale par PISA peut être une bonne alternative à la mesure invasive en cas de limitations des autres méthodes classiques échocardiographiques. Ou cette technique est rentable en cas de fibrillation auriculaire ou d'insuffisance mitrale associée.

SUMMARY

Background : Classic echocardiographic methods to estimate mitral valve area (MVA) in the mitral stenosis (MS) has several limitations. Recently, the proximal isovelocity surface area (PISA) method has been shown to be accurate for calculating MVA.

Aims : This study sought to 1) compare the accuracy of the PISA method to planimetry and Doppler pressure half-time (PHT) methods for echocardiographic estimation of MVA and 2) to evaluate the effect of atrial fibrillation (AF) and significant mitral regurgitation (MR) on the accuracy of the PISA method.

Methods : In 35 patients with rheumatic mitral stenosis, the mitral valve areas were determined by two-dimensional echocardiographic planimetry, pressure half-time and proximal flow convergence region. 19 patients had atrial fibrillation and 15 had associated mitral insufficiency ≥ 2 .

Results : The correlation between PISA and planimetry areas was significant ($r=0,83$, $p<.001$). The intraclass correlation coefficient was $0,85$ but with a large confidence interval (IC95% [0,68-0,9]) explaining the significant underestimation of MVA by PISA method: $1,42 \pm 0,47$ cm² versus $1,56 \pm 0,41$ cm² respectively, ($p<.001$). There was no significant difference between PISA and PHT areas : $1,42 \pm 0,47$ cm² versus $1,43 \pm 0,46$ cm. Underestimation of MVA par PISA method didn't have real clinical implication : the sensibility of diagnosing severe MS (MVA $\leq 1,5$ cm²) was 90% with a negative predictive value of 83%. The correlation was good in patients with AF ($r = 0,84$, $p<.001$) and with significant MR ($r=0,83$, $p<.001$).

Conclusion : The PISA method may be considered as reliable alternative method for estimation of the MVA in MS. Its accuracy is good in AF and associated MR.

MOTS - CLÉS

Rétrécissement mitral, Echocardiographie Doppler, Zone de Convergence, Temps de demi-pression. Planimétrie

KEY - WORDS

Mitral stenosis, echocardiography, doppler, proximal isovelocity surface area, planimetry, Doppler pressure half-time

تقييم المساحة التاجية بواسطة طريقة منطقة التقارب خلال التضييق التاجي : التطبيق السريري.

الباحثون : ل. زحامة - أ. عابد - أ. بوسباح - ب. بورخيس - س. نطاتي - ر. سعد - ع. جندوبي - أ. بن نور - س. بن يوسف.

الهدف من هذه الدراسة هو مقارنة الطرق التقليدية في تقييم المساحة التاجية أثناء التضييق التاجي مع التقنية الجديدة التي تتمثل في قياس منطقة التقارب (سابقاً) نستنتج من خلال هذه الدراسة أن هذه الطريقة الجديدة مميزة كبديل للطرق التقليدية خاصة في حال وجود رجفان أذيني أو قصور تاجي.

L'estimation précise de la surface mitrale (SM) est une étape essentielle dans l'arbre décisionnel de la prise en charge de tout rétrécissement mitral (RM). Depuis les années 70, l'échocardiographie-Doppler s'est imposée comme moyen d'évaluation non invasive de la SM. Deux méthodes de pratique courante en sont ressorties : la planimétrie bidimensionnelle (BD) et la mesure du temps de demi pression (ou Pressure Half Time=PHT). Cependant, plusieurs études récentes ont démontré que ces méthodes échocardiographiques classiques ont des limitations importantes : la planimétrie BD, considérée comme le gold standard échographique, est fortement entravée par les calcifications valvulaires et les mauvaises fenêtres échocardiographiques parasternales petit axe.(1) De même, la formule de Hatle par la mesure de la PHT est très corrélée à la compliance du ventricule gauche et ne peut être appliquée en cas d'association à une valvulopathie fuyante significative.(2) Au début des années quatre-vingt-dix, la mesure de la zone de convergence (ou Proximal Isovelocity Surface Area des anglo-saxons = PISA), a été proposée pour l'estimation de la surface mitrale.(3,4) Mais cette méthode n'a pas eu l'adhésion de l'ensemble des échocardiographistes car malgré une base physique attrayante reposant sur le principe de continuité au niveau d'un seul orifice (et donc cette méthode est théoriquement indifférente aux éventuelles fuites concomitantes), elle nécessite des facteurs de correction de l'angle des feuillets mitraux en diastole, entravant la précision de la mesure et rendant sa pratique longue et laborieuse.

Le but de notre travail était : 1/ de comparer la méthode de la PISA aux autres techniques d'évaluation de la SM 2/ d'étudier l'impact de l'insuffisance mitrale (IM) et la fibrillation auriculaire (FA) sur la précision de la mesure par PISA et 3/ d'estimer sa faisabilité dans la routine d'un laboratoire d'échocardiographie.

MÉTHODES

Patients

Trente cinq patients consécutifs ayant un rétrécissement mitral rhumatismal ont été recrutés prospectivement au service de Cardiologie de l'Hôpital Régional de Sidi Bouzid durant la période allant de juin à août 2007. Il s'agissait de 27 femmes et 8 hommes, d'âge moyen = $40 \pm 13,5$ ans. 7 patients avaient eu une commissurotomie mitrale percutanée (CMPC) en moyenne

6 ans auparavant. 16 patients étaient en rythme sinusal (47,5%) et 19 en fibrillation auriculaire. 15 patients avaient une insuffisance mitrale grade 2 ou plus (tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques générales de la population. NYHA= Classe fonctionnelle selon la New York Heart Association, VG= Ventricule gauche, DTD= Diamètre télédiastolique du ventricule gauche, OG= Oreillette gauche, PAPs= Pression artérielle pulmonaire systolique

Paramètre	Moyenne \pm écart type, ou nombre (%)
Age	40,1 \pm 13,5 ans
Sexe féminin	27 (77%)
Classe NYHA > II	10
Fréquence cardiaque (bpm)	74 \pm 10
Fibrillation auriculaire	19 (54%)
Fuite mitrale \geq 2	15 (43%)
Fuite aortique \geq 2	3
Diamètre OG (mm)	49,6 \pm 7
Surface OG (cm ²), apicale 4 cavités	34 \pm 9 (19 à 56 cm ²)
DTD en mm	51,2 \pm 6
Fraction d'éjection VG (par Teicholtz)	65,4 \pm 4,5 % (53 à 73%)
PAPs en mmHg	38,2 \pm 10,6
Score Wilkins (sur 16)	7,8 \pm 2,4

Echocardiographie-doppler

Nous avons utilisé un échographe Hewlet-Packard Sonos 1500 avec une sonde transducteur de 2,5-MHz. L'examen échocardiographique a été mené en décubitus latéral gauche. Pour tous les paramètres, 3 mesures au moins ont été effectuées (5 en cas de fibrillation auriculaire) puis moyennées.

La planimétrie bidimensionnelle a été faite par voie latérosternale gauche en coupe transverse petit axe. La mesure de la SM est effectuée au sommet de l'entonnoir mitral lorsque venant de la pointe du VG, on perd les extrémités distales des 2 piliers et que se dessinent les contours de l'orifice mitral. La planimétrie des contours de l'orifice mitral a été faite au moment de l'ouverture maximale en protodiastole.

Un flux transmitral par Doppler continu a été obtenu par voie apicale 4 cavités en se guidant par le Doppler couleur. Nous avons mesuré le temps de demi-décroissance (PHT= $V_{max} \times 1/\sqrt{2}$) et dérivé la SM à partir de l'équation empirique de Hatle:

SM=220/PHT. Nous avons réalisé une planimétrie de ce même flux pour calculer le gradient diastolique moyen entre l'oreillette gauche (OG) et le ventricule gauche (VG).

Mesure de la surface mitrale par la méthode PISA

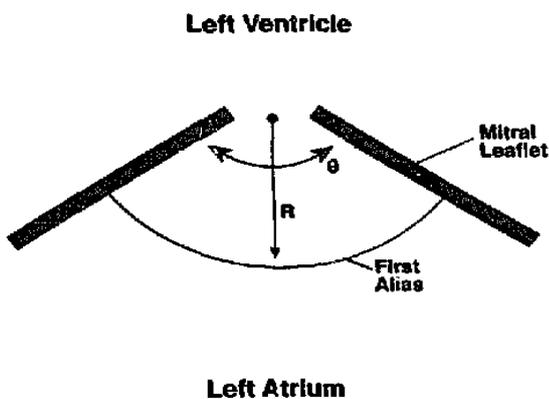
La théorie de la PISA (fig 1) dérive du principe de l'équation de continuité : le sang convergeant vers l'orifice mitral sténosant va former une zone de flux laminaire sur le versant auriculaire, qui s'accélère progressivement s'organisant en une succession de surfaces d'isovitesse de forme hémisphérique, disposées de façon concentrique. Selon l'équation de continuité, le débit mesuré au niveau d'un hémisphère d'isovitesse est égal au débit à travers l'orifice mitral sténosant. Donc : $2 \pi R^2 \cdot Va = SM \cdot Vmax$, où

- R : est le rayon de l'hémisphère d'isovitesse
- Va : vitesse au niveau de cet hémisphère= vitesse d'aliasing
- SM : surface mitrale
- Vmax : vitesse maximale au niveau de l'orifice mitral= vitesse maximale de E du flux diastolique mitral

On en dérive : $SM = 2\pi R^2 \cdot Va / Vmax$

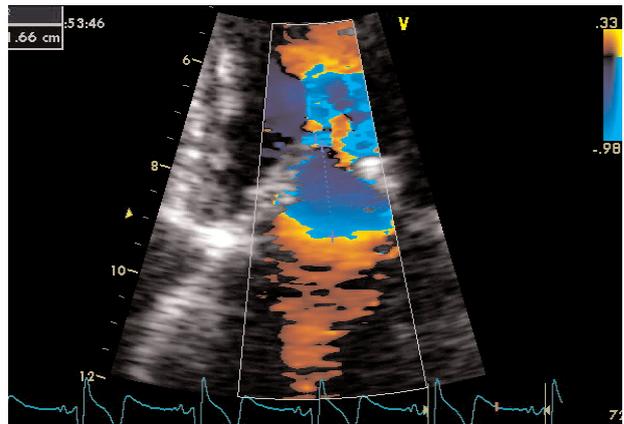
Mais l'ouverture en dôme des valves mitrales rhumatismales impose une correction angulaire³ : Le flux converge vers l'orifice sur un arc θ délimité par la face auriculaire des 2 feuillets mitraux (hémisphère tronqué). La formule finale est donc : $SM = 2\pi R^2 \cdot Va / Vmax \cdot \theta / 180$

Figure 1 : Schéma de la PISA. R=distance de l'orifice mitral à l'interface, θ = angle formé par les valves mitrales au maximum de leur ouverture : la surface d'isovélocité est ainsi réduite par l'angulation des feuillets mitraux, elle ne forme plus un hémisphère complet.



En pratique, nous avons utilisé la voie apicale incidence 4 cavités pour tous les patients. Le secteur du Doppler couleur a été rétréci à la zone de la valve mitrale et l'image a été zoomée pour limiter les erreurs de mesure. Puis la ligne de base a été remontée jusqu'à une vitesse d'aliasing Va comprise entre 1/5 et 1/6 de Vmax et permettant une bonne visualisation de l'interface bleu – orange. L'orientation du transducteur a été ajustée en temps réel pour dégager le rayon maximal de la zone de convergence. L'image a été par la suite enregistrée puis déroulée lentement par la cineloop jusqu'à obtenir la meilleure PISA (fig 2).

Figure 2 : Mesure du rayon R de la PISA sur une incidence apicale 4 cavités, la vitesse d'aliasing Va étant à 33 cm/s.



Le rayon R a été mesuré parallèlement au faisceau US, depuis l'interface bleu – orange jusqu'au sommet des valves mitrales. Ce dernier a été localisé au niveau du rétrécissement maximal de la zone couleur de la PISA au niveau de l'extrémité des valves mitrales, en s'aidant parfois de la suppression du codage couleur sur l'image gelée sur l'écran. Nous avons pris des mesures répétées de R jusqu'à obtenir au moins 3 mesures concordantes (<15% de variation).

Vmax a été déterminée tout de suite après sur la même incidence par un flux Doppler continu (fig 3). En cas de FA, ne pouvant calculer chaque Vmax avec son R correspondant, nous avons préféré moyenniser plusieurs cycles (5 à 7 cycles).

L'angle θ a été mesuré sur une image figée apicale 4 cavités où on voyait bien les valves mitrales et leurs extrémités. 2 droites ont été tracées de l'insertion de chaque valve mitrale jusqu'à son extrémité. L'angle obtenu ainsi a été estimé visuellement (fig 4).

Figure 3 : Mesures répétées du pic de la vitesse transmitrale Vmax en Doppler continu, par voie apicale, incidence 4 cavités.

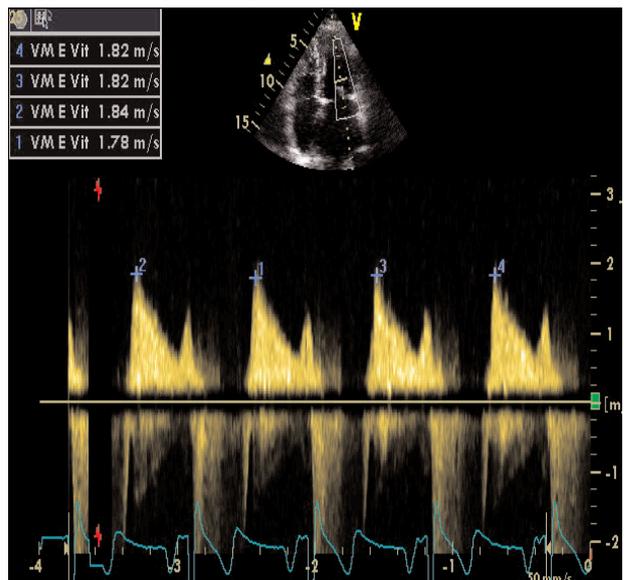
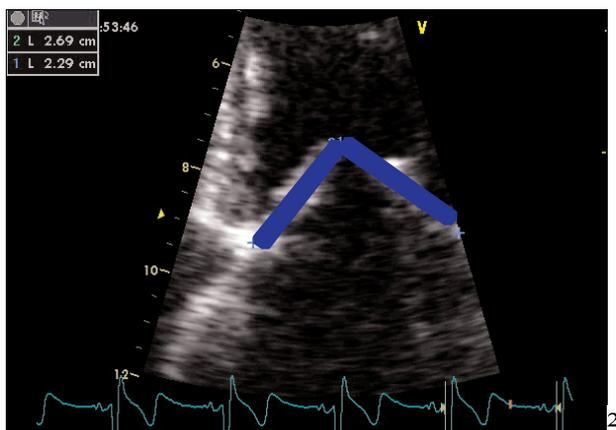


Figure 4 : Mesure de l'angle α entre les feuillets mitraux au maximum de leur ouverture



Analyse statistique des résultats

Les données ont été saisies au moyen du logiciel Excel et analysées au moyen du logiciel SPSS version 11.0. Les tests de corrélation de Pearson ont été appliqués pour comparer les 3 différentes méthodes de mesure de la SM. La concordance entre les différentes méthodes a été évaluée par le coefficient de corrélation intra-classe. Les comparaisons de moyennes ont été réalisées au moyen du test t de Student pour séries appariées. Le seuil de significativité a été défini pour un $p < 0.05$.

RÉSULTATS

La détermination de la surface mitrale par PISA a pu être faite dans tous les cas. La vitesse d'aliasing V_a utilisée était de $32 \text{ cm/s} \pm 6$ (extrêmes de 20 à 42 cm/s) correspondant en moyenne à 17% de la V_{max} . Le rayon R de la PISA était de $1.53 \pm 0.23 \text{ cm}$. L'angle α était en moyenne de $101 \pm 17^\circ$ avec des extrêmes de 70 et 150° .

Le gradient moyen diastolique transmitral était de $8,9 \pm 3,8 \text{ mmHg}$ (3 à 19 mmHg). Il existait une corrélation négative statistiquement significative entre le gradient moyen transmitral et la SM mesurée par planimétrie ($r = -0.596, p < .001$), par PHT ($r = -0.512, p < .001$) et par PISA ($r = -0.517, p < .001$).

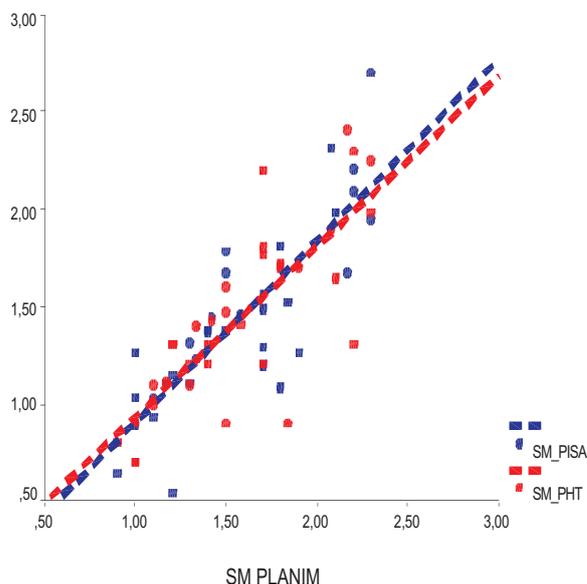
Méthode PISA versus planimétrie bidimensionnelle et PHT pour la mesure de la surface mitrale :

Nous avons d'abord testé la corrélation entre les 3 méthodes considérées 2 à 2. Il y avait une corrélation positive statistiquement significative entre la mesure de la SM par planimétrie et sa mesure par PISA ou PHT (tableau 2, fig 5).

Tableau 2 : Corrélation entre les différentes méthodes. 2D= Planimétrie bidimensionnelle, PISA= Proximal isovelocity area, PHT= Pressure half time, SM= surface mitrale, r= Coefficient de corrélation.

Méthode	Patients (n)	SM (cm^2)	r	p
2D	35	$1,56 \pm 0,41$		
PHT	34	$1,43 \pm 0,46$	0,79	< .001
PISA	35	$1,42 \pm 0,47$	0,83	< .001

Figure 5 : Corrélation entre la surface mitrale mesurée par planimétrie bidimensionnelle, par la méthode de demi-pression et par la méthode de la zone de convergence.



Dans une 2^{ème} étape, nous avons testé la concordance entre la planimétrie et la PISA pour déterminer la SM chez un patient donné : celle-ci était bonne avec un coefficient de corrélation intraclasse de 0,82, mais un intervalle de confiance large : IC95% [0,68-0,9]. De même, la concordance entre planimétrie et la PHT était bonne avec un coefficient de corrélation intraclasse de 0,78 mais également un intervalle de confiance large : IC95% [0,61-0,88].

Ceci explique la différence statistiquement significative retrouvée à la comparaison des moyennes de la SM mesurée par les 3 méthodes :

En effet, la SM était significativement sous estimée par la PHT et par la PISA : respectivement $1.56 \pm 0.41 \text{ cm}^2$ versus $1.43 \pm 0.46 \text{ cm}^2, p < .001$ et $1.42 \pm 0.47 \text{ cm}^2, p < .001$. Par contre, Il n'y avait pas de différence significative entre la PISA et la PHT comparée à la planimétrie ($p = \text{NS}$). Devant cette sous estimation de la SM par la méthode PISA comparée à la planimétrie malgré une bonne corrélation, nous avons cherché à savoir si la mesure de la SM par PISA aura une incidence en pratique sur les décisions thérapeutiques. Selon les dernières recommandations des sociétés savantes^{5,6} la SM décisive est de $1,5 \text{ cm}^2$. Sur les 19 RM serrés diagnostiqués par planimétrie, 17 ont été reconnus par la méthode de la PISA. La sensibilité de la PISA donc pour diagnostiquer un RM serré était de 90%, mais la spécificité était moins bonne à 63%. La valeur prédictive positive était de 74% et la valeur prédictive négative à 83%. La corrélation entre la PISA et la planimétrie était resté bonne en cas de FA (coefficient de corrélation $r = 0,84, p < .001$) (fig 6) et en présence d'une IM ≥ 2 ($r = 0,83, p < .001$) (fig 7). La durée de la mesure SM par méthode PISA estimée chez 5 patients (dont 3 en FA) = 12 ± 9 minutes.

Figure 6 : Corrélation de la surface mitrale par PISA et planimétrie en fonction du rythme cardiaque sinusal ou fibrillation auriculaire.

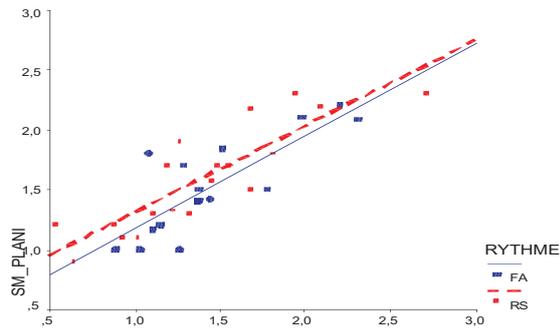
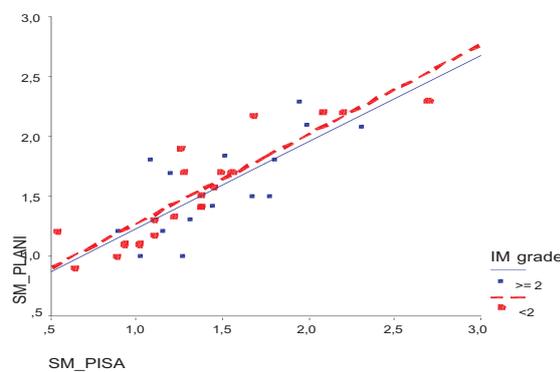


Figure 7 : Corrélation de la surface mitrale par PISA et planimétrie en fonction de l'existence ou non d'une insuffisance mitrale de grade ≥ 2 .



DISCUSSION

Dans notre série, nous avons trouvé une bonne corrélation de la mesure de la SM par méthode PISA et par planimétrie BD. Ceci a été rapporté par plusieurs équipes. (2-4,7-11) Elle a été d'abord validée par Rodriguez³ en 1993 sur une série de 40 patients ($r=0.86$, erreur standard= 0.24 cm^2 entre la mesure SM par la formule hémodynamique de Gorlin et par méthode PISA). Bennis et al⁷ ont démontré une excellente corrélation des 2 méthodes ($r=0.93$, $p<.0001$) dans une série consécutive de 108 RM rhumatismal. La méthode PISA est bien corrélée à la mesure directe de l'orifice anatomique mitral après résection chirurgicale de la valve mitrale pour un remplacement valvulaire mitral ($r=0.54$, $p<.002$).⁽⁹⁾

Malgré cette bonne corrélation, la concordance dans notre série était moyenne avec une tendance à sous-estimer la SM par méthode PISA. Nous avons essayé d'expliquer ce résultat en analysant les paramètres recueillis pour le calcul de la SM par PISA :

Choix de la vitesse d'aliasing : La théorie de la PISA repose sur la supposition que la forme de la zone de convergence est bien hémisphérique. En réalité cette zone est plutôt elliptoïde⁽¹⁴⁾ et nécessite donc la mesure de 2 rayons orthogonaux (en petit et grand axe) pour une mesure précise de la SM. Ceci est hautement compliqué en pratique courante, poussant à opter

pour un modèle hémisphérique plus simple bien qu'il risque de sous estimer la SM.⁽¹²⁾ On comprend donc, que le choix de la Va soit très important mais la Va idéale n'a pas été standardisée dans l'évaluation de la SM, car la zone de convergence dans le RM est très facile à dégager avant même le réglage de la limite de Nyquist et on a tendance, en pratique courante, à mesurer le rayon R dès la visualisation d'une interface bleu-orange. Dans notre étude, la Va utilisée en moyenne était de $32 \pm 6 \text{ cm/s}$ soit 17% de la Vmax de E. Deng⁽¹⁴⁾ s'est intéressé au calcul de la SM à des Va différentes, la SM a été sous-estimée avec l'augmentation progressive de la Va : La différence nette entre la SM mesurée par PISA et celle mesurée par BD passe de $-0.06 \pm 0.23 \text{ cm}^2$ pour une Va de 21 cm/s à $-1.24 \pm 0.9 \text{ cm}^2$ pour une Va de 45cm/s. La Va conseillée dans la plupart des séries se situe entre 20 et 23 cm/s. (7, 10,15) Donc, une 1ère explication aux résultats de notre étude pourrait être la vitesse d'aliasing relativement trop élevée utilisée pour la mesure de R.

Mesure du rayon R de la PISA : Contrairement à la mesure de R dans les fuites valvulaires, où il pourrait être difficile de délimiter la zone de convergence, cette mesure était facile dans notre étude : l'interface bleu-orange était nette et bien dessinée et le sommet des valves mitrales était également bien visible, ces valves étant fibreuses voire calcifiées.

Temps de la mesure de R : Dans notre étude, nous avons mesuré le rayon maximal de la PISA, obtenu en déroulant l'image enregistrée séquence par séquence par la cineloop, sans nous préoccuper de la position exacte dans la diastole. La plupart des auteurs ont utilisé cette méthode.^{3,7} Messika-Zeitoun⁽¹⁸⁾ a déjà démontré que la SM par PISA était restée indifférente aux variations physiologiques de Vmax au cours de la diastole.

Mesure de l'angle α : Théoriquement, l'angle α doit être mesuré avec précision sur une image imprimée en utilisant un rapporteur.^(13, 19) Essayer de le mesurer directement sur l'écran avec un rapporteur conduit à des erreurs d'estimation. Dans notre étude et pour des raisons de praticabilité, nous avons opté pour une appréciation visuelle de l'angle α . L'angle α moyen mesuré chez nos patients était de $101 \pm 17^\circ$. C'est la même moyenne retrouvée par plusieurs auteurs.^{15, 19, 20} Messika-Zeitoun¹⁹ a essayé dans une série de 48 patients de calculer la PISA avec des angles différents : 90, 95, 100, 105 et 110° . Seule la surface mesurée avec un angle de 100° était bien corrélée à la SM calculée avec l'angle mesuré par un rapporteur et la SM mesurée par planimétrie BD : respectivement, $1.34 \pm 0.75 \text{ cm}^2$ versus $1.34 \pm 0.64 \text{ cm}^2$ et $1.38 \pm 0.56 \text{ cm}^2$, $r=0.91$, $p<.0001$. L'auteur propose de calculer la SM avec un angle α fixe de 100° pour tous les malades sous réserve que l'estimation visuelle de α se rapproche de cette valeur.

Donc, il n'y avait d'explication technique pour expliquer la sous-estimation de la SM par la méthode PISA par rapport à la planimétrie dans notre étude. A noter, qu'une telle sous estimation a été retrouvée par d'autres auteurs, elle serait expliquée par le fait que ces 2 méthodes ne mesurent pas exactement la même entité ; en effet, la méthode PISA donne une estimation physiologique de la surface effective de l'orifice au niveau de la vena contracta alors que la planimétrie donne une surface anatomique qui est en général un peu plus large.^(3,19)

Comparaison de la méthode de la zone de convergence avec le temps de demi-pression

Dans notre étude, la corrélation de la mesure SM par PISA avec la mesure par PHT est très bonne ainsi que la concordance. Cette comparaison a été faite pratiquement dans toutes les séries étudiant la zone de convergence dans le RM.^{1,3,13} Elle est toujours statistiquement significative avec un r allant de 0.6613 à 0.89,3 $p < .0001$. La supériorité de la mesure SM par PISA a été démontré dans les suites immédiates (24–48 heures) d'une commissurotomie mitrale percutanée (DMPC).¹³

Précision de la méthode PISA en cas de fibrillation auriculaire Dans notre série, la PISA est restée bien corrélée à la planimétrie BD aussi bien en cas de FA qu'en rythme sinusal. Les rares études qui n'ont pas exclu systématiquement les patients en FA de leur série sont arrivées à la même conclusion.^{4,7,20} En cas de FA, il est recommandé de 1/ mesurer le rayon R en protodiastole, l'angle α et Vmax sur plusieurs (10) cycles et de les moyenner, et 2/ choisir les RR les plus longs (>300ms) pour effectuer cette mesure. Cette méthodologie risque d'être très longue en pratique courante. Au fait, même en cas de FA, la Vmax varie seulement de 3.3% en moyenne d'un cycle à l'autre et R varie de 5.2%.³ Ceci explique que, malgré toutes ces entraves, la présence d'une FA ne diminue pas la précision de la mesure SM par PISA.

Précision de la méthode PISA en cas d'insuffisance mitrale associée

Parmi les méthodes classiques d'évaluation de la SM, seule la planimétrie BD est validée en présence d'une IM associée. Avec les calcifications valvulaires massives souvent associées aux maladies mitrales rhumatismales rendant la planimétrie BD peu fiable, on est souvent confronté à des difficultés d'estimation de la SM dans ces cas. Dans notre étude, nous avons démontré une bonne corrélation de la PISA et la planimétrie BD avec ou sans IM. Cette constatation a été rapportée par d'autres séries^{4,7} ($r=0.94$, $p<.0001$).

Faisabilité de la méthode

Dans notre étude, la détection, la mesure de R et l'appréciation de l'angle étaient facile et rapide, d'autant plus que tous ces paramètres sont recueillis sur une seule incidence apicale 4 cavités. Le retard provient essentiellement 1/ de l'obligation de reprendre plusieurs mesures sur plusieurs cycles surtout en cas de FA, sachant qu'on peut avoir des valeurs très discordantes et qu'il faudrait refaire les mesures jusqu'à avoir plusieurs valeurs concordantes, 2/ des calculs manuels multiples de la SM après recueil des paramètres, les appareils d'échocardiographies ne

permettant pas un calcul automatique et 3/ du manque d'expérience : la durée de l'examen a nettement rétréci vers la fin de l'étude.

Limitations de l'étude

Le gold standard de la mesure SM reste le calcul angiographique par la formule de Gorlin. Pour être acceptée, une nouvelle technique doit se comparer à ce gold standard. Dans notre étude, pour des raisons de praticabilité, la mesure de référence utilisée était la planimétrie BD. Mais n'oublions pas que la planimétrie BD de l'orifice mitral est puissamment validée dans plusieurs études anatomiques⁹ pour être considérée elle-même comme le gold standard des méthodes échocardiographiques. La PISA n'a pu être testée en cas de calcifications valvulaires massives puisque ces patients ont été exclus d'emblée de l'étude pour permettre une planimétrie précise de l'orifice mitral. Nous n'avons pas étudié l'influence de l'IM selon les grades mais considéré 2 groupes selon que l'IM était $\leq 2+$ ou plus sévère parce que le nombre de patients pour chaque grade d'IM était trop restreint pour permettre une analyse statistique pertinente.

Implication clinique de l'étude

Au-delà de la satisfaction de déterminer la SM au millimètre carré près, le cardiologue clinicien cherche surtout à ne pas passer à côté d'un RM serré, défini comme une $SM \leq 1.5 \text{ cm}^2$, pour pouvoir prendre les sanctions thérapeutiques nécessaires. Dans notre étude, la bonne sensibilité de la PISA dans le diagnostic des RM serrés était de 90% et la spécificité moins bonne à 63% avec une valeur prédictive négative à 83%. Messika-Zeitoun¹⁹ a trouvé des valeurs équivalentes à 100%, 74% et 100% respectivement. Donc, la méthode PISA est très fiable pour diagnostiquer un RM serré, mais elle risque de les sur-diagnostiquer. Notre étude confirme également l'intérêt de la méthode PISA pour mesurer la SM chez les patients en FA ou ayant une IM significative associée, 2 conditions considérées comme une limitation à la mesure SM par PHT.

CONCLUSION

Nous concluons que 1/ l'estimation de la surface d'un orifice mitral sténosé par la méthode de la zone de convergence pourrait être une alternative fiable à la mesure par les méthodes échocardiographiques classiques, 2/ la méthode PISA est bien validée pour la mesure de la surface mitrale en présence d'une fibrillation auriculaire ou d'une insuffisance mitrale associée et 3/ bien que nécessitant le recueil de nombreux paramètres pour le calcul, la méthode PISA est une technique simple qui devrait être plus populaire dans les laboratoires d'échocardiographie.

RÉFÉRENCES

1. Smith MD, Handshoe R, Handshoe S. Comparative accuracy of two dimensional echocardiography and Doppler pressure half time methods in assessing the severity of mitral stenosis in patients with and without prior commisurotomy. *Circulation* 1986; 73: 100-107.
2. Nishimura R, Rihal C, Tajik J, Holmes D. Accurate measurement of the transmitral gradient in patients with mitral stenosis: a simultaneous catheterization and Doppler echocardiographic study. *J Am Coll Cardiol* 1994; 24:152-8.
3. Rodriguez L, Thomas S, Monterroso V, Weyman AE, Horrigan P,

- Mueller LN. Validation of the proximal flow convergence method: calculation of orifice area in patients with mitral stenosis. *Circulation* 1993; 88: 1157-1165.
4. Rifkin R, Harper K, Tighe D. Comparison of proximal isovelocity surface area method with pressure half time and planimetry in evaluation of mitral stenosis. *J Am Coll Cardiol* 1995; 26: 458-465.
 5. Vahanian A, Baumgartner H, Bax J, et al. Guidelines on the management of valvular heart disease. *Eur Heart J* 2007; 28: 230-68.
 6. Bonow RO, Carabello BA, Chatterjee K, et al. Guidelines for the management of patients with valvular heart disease. Executive summary: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines for the Management of Patients With Valvular Heart Disease). *J Am Coll Cardiol* 2006; 48:e1-e148.
 7. Bennis A, Drighil A, Tribouilloy C, Drighil A, Chraïbi N. Clinical application in routine practice of the proximal flow convergence method to calculate the mitral surface area in mitral valve stenosis. *Int J Cardiovasc Imaging* 2002; 18 : 443-51
 8. Lee TY, Hsu TL, Tseng CJ, Chiao CD, Chiang HT. Clinical applicability for the assessment of the valvular mitral stenosis severity with Doppler echocardiography and the proximal isovelocity surface area (PISA) method. *Echocardiography* 2004; 21: 1-6.
 9. Faletta F, Pezzano A Jr, Fusco R, Mantero A, Corno R, Crivellaro W, De Chiara F, Vitali E, Gordini V, Magnani P, Pezzano A Sr. Measurement of mitral valve area in mitral stenosis: four echocardiographic methods compared with direct measurement of anatomic orifices. *J Am Coll Cardiol* 1996 ; 28 :1190-7.
 10. Deng YB, Matsumoto M, Munehira J. Determination of mitral valve area in patients with mitral stenosis by the flow convergence region method during changing hemodynamic conditions. *Am Heart J* 1996; 132: 633-41.
 11. Degertekin M, Basaran Y, Gencbay M, Yaymaci B, Dindar I, Turan F. Validation of flow convergence region method in assessing mitral valve area in the course of transthoracic and transesophageal echocardiographic studies. *Am Heart J* 1998;135: 207-14.
 12. Utsunomiya T, Ogawa T, Doshi R et al. Doppler color flow proximal isovelocity surface area method for estimating volume flow rate: Effects of orifice shape and machine factor. *J Am Coll Cardiol* 1991; 17: 1103-11.
 13. Sunil Roy TN, Krishnan MN, Koshy C, Sajeev CG, Francis J, Velayudhan CC, Venugopal K. Comparison of proximal isovelocity surface area method and pressure half time method for evaluation of mitral valve area in patients undergoing balloon mitral valvotomy. *Echocardiography* 2005; 22: 707-12.
 14. Deng YB, Matsumoto M, Wang X, Liu L, Takizawa S, Takekoshi N. Estimation of mitral valve area in patients with mitral stenosis by the flow convergence region method: selection of the aliasing velocity. *J Am Coll Cardiol* 1994; 24: 683-9.
 15. Ikawa H, Enya E, Hirano Y, Uehara H, Ozasa Y, Yamada S, Ishikawa K. Can the proximal isovelocity surface area method calculate stenotic mitral valve area in patients with associated moderate to severe aortic regurgitation? Analysis using low aliasing velocity of 10% of the peak transmitral velocity. *Echocardiography* 2001; 18: 89-95.
 16. Uzun M, Baysan O, Erinc K, Ozkan M, Sag C, Genc C, Karaeren H, Yokusoglu M, Isik E. A simple different method to use proximal isovelocity surface area (PISA) for measuring mitral valve area. *Int J Cardiovasc Imaging* 2005; 21: 633-40.
 17. Shiota T, Jones M, Valdes-Cruz LM, Shandas R, Yamada I, Sahn DJ. Color flow Doppler determination of transmitral flow and orifice area in mitral stenosis : Experimental evaluation of the proximal flow-convergence method. *Am Heart J* 1995; 129: 114-23.
 18. Messika-Zeitoun D, Fung Yiu S, Cormier B, lung B, Scott C, Vahanian A, Tajik AJ, Enriquez-Sarano M. Sequential assessment of mitral valve area during diastole using colour M-mode flow convergence analysis: new insights into mitral stenosis physiology. *Eur Heart J* 2003; 24 :1244-53.
 19. Messika-Zeitoun D, Cachier A, Brochet E, Cormier B, Lung B, Vahanian A. Evaluation of mitral valve area by the proximal isovelocity surface area method in mitral stenosis : could it be simplified ? *Eur J Echocardiography* 2007; 8: 116-21.
 20. Uzun M, Yokusoglu M. The PISA method simplified. *Eur J Echocardiography* 2007; 8: 1-2.
 21. Uzun M, Baysan O, Genc C, Yokusoglu M, Karaeren H, Isik E. A nomogram for measurement of mitral valve area by proximal isovelocity surface area method. *Echocardiography* 2007; 24: 783-88.
 22. Zamorano J, Cordeiro P, Sugeng L, MD, Perez de Isla L, Weinert L, Macaya C, Rodriguez E, Lang RM. Real-time three-dimensional echocardiography for rheumatic mitral valve stenosis evaluation. An accurate and novel approach. *J Am Coll Cardiol* 2004; 43: 2091-6.
 23. Pérez de Isla L, Casanova C, Almeria C, Rodrigo JL, Cordeiro P, Mataix L, Aubele AL, Lang R, Zamorano J. Which method should be the reference method to evaluate the severity of rheumatic mitral stenosis? Gorlin's method versus 3D-echo. *Eur J Echocardiography* 2006; doi:10.1016/j.euje.2006.08.008.