

Evaluation de la fonction ventriculaire droite dans l'infarctus du myocarde inférieur par analyse du mouvement annulaire tricuspide

Sana Fennira, Sonia Labbène, Yassin Ellouze, Selma Longo, Sondos Kraiem.

Service de cardiologie. Hôpital Habib Thameur.
Université Tunis El Manar. Tunisie

S. Fennira, S. Labbène, Y. Ellouze, S. Longo, S. Kraiem.

S. Fennira, S. Labbène, Y. Ellouze, S. Longo, S. Kraiem.

Evaluation de la fonction ventriculaire droite dans l'infarctus du myocarde inférieur par analyse du mouvement annulaire tricuspide

Right ventricular function by the tricuspid annular motion in inferior myocardial infarction

LA TUNISIE MEDICALE - 2011 ; Vol 89 (n°04) : 364 - 368

LA TUNISIE MEDICALE - 2011 ; Vol 89 (n°04) : 364 - 368

RÉSUMÉ

But : Evaluer l'apport de l'analyse du mouvement annulaire tricuspide par le doppler tissulaire dans le diagnostic d'extension au ventricule droit (VD) après infarctus du myocarde inférieur (IDM)

Méthodes : Etude prospective réalisée chez 65 patients hospitalisés pour infarctus du myocarde et qui ont été comparés à 24 sujets sains. L'examen écho-cardiographique standard a été complété par l'étude du mouvement systolique de l'anneau tricuspide au TM et l'analyse des vitesses de l'anneau tricuspide par doppler tissulaire pulsé. La topographie de l'IDM était antérieure dans 30 cas et inférieure chez 39 patients dont 9 présentaient des signes électriques d'IDM étendu au VD.

Résultats : Nous avons trouvé chez les patients ayant présenté une nécrose inférieure, une diminution significative de l'amplitude du mouvement annulaire tricuspide au TM par rapport aux sujets sains (20 vs 25 mm, $p < 0.001$). Le pic de vitesse systolique de l'anneau tricuspide est diminué chez les patients atteints d'IDM inférieur comparé aux sujets sains et à ceux ayant présenté un IDM antérieur (respectivement 11.5, 15, 14 cm/s, $p < 0.001$). Dans le groupe de patients atteints d'IDM inférieur, nous avons constaté que les patients ayant présenté une extension au VD avaient une diminution significative du mouvement de l'anneau tricuspide (16 vs 23mm, $p < 0.001$), du pic de la vitesse systolique de l'anneau tricuspide (11 vs 13.5cm/s, $p < 0.001$), du pic de la vitesse protodiastolique (Ea) (9 vs 12.5cm/s, $p < 0.001$) et du pic tardif de la vitesse diastolique (Aa) (14 vs 18cm/s, $p < 0.001$).

Conclusion : La technique de l'enregistrement du mouvement et des vitesses de l'anneau tricuspide est simple, non invasive et d'un grand apport pour l'évaluation de la fonction ventriculaire droite après IDM inférieur. Elle permet ainsi un diagnostic précoce et une prise en charge rapide qui peuvent aider à améliorer le pronostic.

SUMMARY

Aim: To assess the method of tricuspid annular motion and tricuspid annular velocity in the study of the right ventricular function after inferior myocardial infarction.

Methods: 65 patients with myocardial infarction were studied prospectively. The infarction site was anterior in 30 cases and inferior in 35 cases. 9 patients with inferior infarctus had electrocardiographic signs of right ventricular infarction. 24 healthy individuals served as control patients. The standard echocardiography was completed by the analysis of systolic motion of the tricuspid annulus with the use of M-mode and the recording of tricuspid annular velocity with the use of pulsed-wave tissue imaging.

Results: The tricuspid annular motion was significantly reduced in inferior myocardial infarction compared with that in healthy individuals (20 and 25 mm, $p < 0.001$). The peak systolic velocity of the tricuspid annulus was significantly reduced in inferior myocardial infarction compared with that in healthy individuals and patients with anterior infarction (11.5; 15; 14 cm/s, $p < 0.001$). In the group of patients with inferior infarction, the tricuspid annular motion was significantly lower in patients with right ventricular infarction than in patients without right ventricular infarction (16 and 13 mm, $p < 0.001$). The patients with right ventricular infarction had also a significantly decreased peak systolic tricuspid annular velocity (11 and 13.5cm/s, $p < 0.001$), peak early diastolic velocity (9 and 12.5cm/s, $p < 0.001$) and late diastolic velocity (14 and 18 cm/s, $p < 0.001$).

Conclusion: The method of recording the motion and velocity of tricuspid annulus is simple and can be used to assess right ventricular function in patients with inferior myocardial infarction.

Mots-clés

Infarctus du myocarde, Echocardiographie doppler, Fonction ventriculaire droite

Key-words

Myocardial infarction, Doppler echocardiography, Right ventricular function

L'infarctus du myocarde du ventricule droit (IDM du VD) se voit dans 40-50% des infarctus du myocarde de localisation inférieure (1, 2). L'atteinte du VD au cours de l'IDM antérieur est possible (5%) (2). L'IDM isolé du VD est exceptionnel (0,5 à 2%) (3,4). Le diagnostic précoce de l'IDM du VD est important en pratique clinique afin d'envisager un traitement adapté visant à maintenir des conditions de remplissage optimales pour le ventricule gauche. L'échocardiographie doppler est un examen clé dans le diagnostic positif de l'IDM du VD mais l'évaluation de la cinétique du ventricule droit reste difficile en raison de sa géométrie complexe.

Le but de notre travail est d'évaluer l'apport des nouvelles techniques écho-cardiographiques de l'étude du mouvement annulaire tricuspide, en particulier par le doppler tissulaire, dans l'évaluation de la fonction ventriculaire droite en vue d'un diagnostic positif précoce de l'extension au VD après infarctus du myocarde inférieur.

PATIENTS ET MÉTHODES

1- Patients

Il s'agit d'une étude prospective intéressant 65 patients (54 hommes et 11 femmes) d'âge moyen 58 ± 8 ans, hospitalisés pour infarctus du myocarde.

L'IDM est diagnostiqué sur le caractère de la douleur, les signes électriques et l'augmentation des enzymes cardiaques. L'IDM était antérieur dans 30 cas et inférieur dans 35 cas. Il y avait des signes d'extension au VD, définis par un sus-décalage du segment ST supérieur à 0.1 mV en V3R et V4R chez neuf des patients hospitalisés pour IDM inférieur.

Par ailleurs, nous avons exploré 24 témoins sains (18 hommes et 6 femmes) d'âge moyen 59 ± 7 ans.

2- Echocardiographie

L'échocardiographie doppler a été réalisée dans un délai inférieur à une semaine de la date de l'IDM (en moyenne 4 jours) avant tout geste de revascularisation. L'examen a été

effectué avec un appareil ATL HDI 5000 équipé d'un système «phased Array» et de la technique doppler tissulaire. Les mesures ont été faites sur les incidences habituelles et selon les recommandations de la société américaine d'échocardiographie. La fraction d'éjection du VD a été calculée par la méthode de Simpson. Le mouvement annulaire tricuspide a été enregistré en mode TM au niveau de la paroi libre du ventricule droit sur la coupe apicale 4 cavités. La cinétique segmentaire du VD a été évaluée sur les coupes : para sternale grand axe, para sternale petit axe passant par les piliers du ventricule gauche et la coupe apicale 4 cavités.

Le flux tricuspide, enregistré au doppler pulsé sur la coupe apicale 4 cavités, permet de mesurer la vitesse de l'onde (E) proto diastolique, la vitesse de l'onde (A) télé diastolique, le rapport E/A et le temps de décélération de l'onde E (TDE). L'insuffisance tricuspide (IT) a été évaluée au doppler continu et au doppler couleur (extension du jet). Elle a été classée de 0 à 4 en fonction de sa sévérité. La pression systolique du VD (PSVD) a été calculée à partir de l'IT. Le mouvement annulaire tricuspide au doppler tissulaire a été obtenu en activant la fonction doppler tissulaire. Les meilleurs enregistrements du flux ont été obtenus avec des filtres bas. Pour minimiser les bruits, le volume d'échantillonnage a été placé au niveau de l'anneau tricuspide de la paroi libre du VD sur la coupe apicale 4 cavités. Durant la systole, une onde positive (S) est enregistrée quand l'anneau bouge vers l'apex. Durant la diastole, l'anneau se déplace vers la base et deux ondes négatives sont enregistrées : Ea pendant la phase précoce de la diastole et Aa en télé-diastole. Le mouvement de l'anneau tricuspide au doppler tissulaire a été également étudié au niveau de la paroi septale de l'anneau tricuspide.

3- Analyse statistique

Les valeurs ont été exprimées par leur moyenne plus ou moins une déviation standard. Les comparaisons ont été faites à l'aide d'un logiciel d'étude statistique EPT-INFO avec détermination de la valeur seuil qui doit être inférieure ou égale à 0,05.

Tableau 1 : Fuite tricuspide, anomalies de la cinétique du VD et PSVD

| Anomalie de la cinétique du VD | IDM antérieur (n=30) | IDM inférieur (n=35) | IDM inférieur avec extension au VD (n=9) | IDM inférieur sans extension au VD (n=26) |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|---|--|
| Fuite | 1 (3.3%) | 5 (14.21%) | 5 (55.5%) | 0 |
| tricuspide > 2+ | 1 (3.3%) | 3 (8.5%) | 3 (33.3%) | 0 |
| PSVD (mm Hg) | 27 ± 5 | 25 ± 6 | 30 ± 6 | 24 ± 5 NS |

PSVD = pression systolique du VD

Tableau 2 : Mouvement annulaire tricuspide au doppler tissulaire pulsé à la paroi libre du VD : témoin, IDM antérieur, IDM inférieur

| | Témoins (n=24) | IDM antérieur (n=30) | IDM inférieur (n=9) | P |
|---------|-------------------|-------------------------|---------------------|----------|
| Ea cm/s | 15 ± 2 | 13 ± 3 | 11.5 ± 2.1 | < 0.001* |
| Aa cm/s | 16 ± 3 | 18 ± 3 | 16.5 ± 4 | NS |
| Ea/Aa | 0.9 ± 0.4 | 0.7 ± 0.2 | 0.69 ± 0.2 | NS |
| S cm/s | 15 ± 3 | 14 ± 4 | 11.5 ± 3 | < 0.001* |

*Comparaison patients atteints d'IDM (antérieur ou inférieur) aux témoins

RESULTATS

1- Echocardiographie conventionnelle

Les dimensions du ventricule gauche (DTDVG (mm) : 52 ± 4 vs 47 ± 5 ; $p < 0.001$) et de l'oreillette gauche (DTDOD (mm) : $38,5 \pm 3$ vs 30 ± 2 ; $p < 0.001$) sont significativement plus élevées chez les patients atteints d'IDM par rapport aux sujets témoins. La taille du VD est significativement plus importante chez les sujets atteints d'IDM inférieur par comparaison aux sujets sains et à ceux atteints d'IDM antérieur (28 mm vs respectivement 23 et 24 mm, $p < 0.001$).

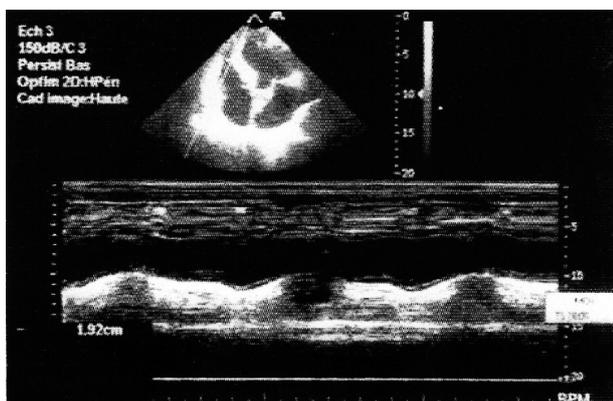
Dans le groupe des patients atteints d'IDM inférieur, la taille du VD est significativement plus élevée en cas d'extension au VD (29 mm vs 26 mm, $p < 0.001$).

L'analyse du flux tricuspide pulsé a montré que la vitesse de l'onde E et le rapport E/A sont significativement plus élevés dans l'IDM inférieur que dans l'IDM antérieur (0.53 ± 0.1 vs 0.48 ± 0.2 ; $p < 0.001$ et 1.29 ± 0.24 vs 1.05 ± 0.12 ; $p < 0.001$ respectivement). Il n'y a pas de différence significative concernant l'onde A et le temps de décélération de l'onde E (TDE). Une insuffisance tricuspide moyenne à sévère et des anomalies de la cinétique du VD ont été notées essentiellement chez les patients ayant une extension au VD. Il n'existe pas de différence significative concernant la pression systolique du VD (PSVD) quelque soit le siège de l'IDM (tableau 1).

2- Mouvement annulaire tricuspide au TM

Le mouvement systolique de l'anneau tricuspide au mode TM est significativement plus diminué chez les patients victimes d'IDM comparé aux sujets sains (23 et 20mm vs 25mm ; $p < 0.001$). Cette baisse est plus marquée chez les patients avec IDM inférieur (figure 1).

Figure 1 :



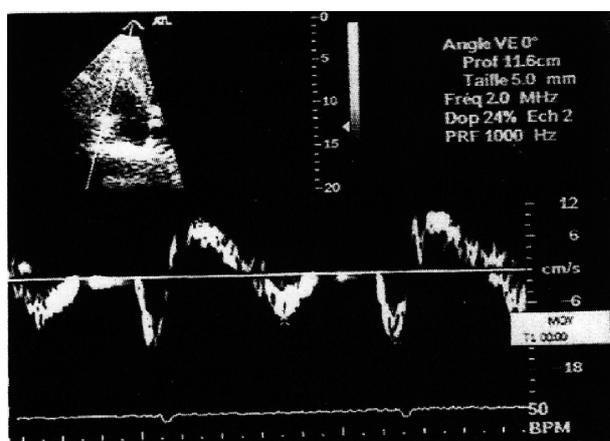
3- Mouvement de l'anneau tricuspide au doppler tissulaire à la paroi libre du VD

La vitesse du flux systolique à l'anneau tricuspide en cas d'IDM inférieur est significativement plus basse comparée à celle des sujets sains et des sujets atteints d'IDM antérieur (11.5 ± 2.1 vs 15 ± 3 et 14 ± 4 respectivement ; $p < 0.001$) (tableau 2). La

vitesse de l'onde Ea est plus basse chez les patients ayant un IDM inférieur ou antérieur que chez les sujets sains (respectivement 11.5 ± 2.1 et 13 ± 3 vs 15 ± 2 ; $p < 0.001$). Il n'y a pas de différence significative concernant la vitesse de l'onde Aa chez les patients présentant un IDM et chez les sujets témoins (tableau 2).

Les vitesses des flux systolique (S), proto diastolique (Ea) et télé diastolique (Aa) à l'anneau tricuspide sont comparables dans l'IDM antérieur et l'IDM inférieur sans extension au VD. Dans le groupe des patients hospitalisés pour IDM inférieur, la diminution de la vitesse du flux systolique S, des ondes Ea, Aa et du rapport Ea/Aa est statistiquement significative en cas d'extension au VD (tableau 3) (figure 2).

Figure 2 :



4- Mouvement de l'anneau tricuspide au doppler tissulaire pulsé au niveau du septum inter ventriculaire

Les vitesses systoliques et proto diastoliques sont significativement plus diminuées chez les sujets ayant eu un IDM que chez les sujets sains (tableau 4).

DISCUSSION

Cette étude montre l'intérêt de l'utilisation combinée des différentes techniques de l'échocardiographie doppler, en particulier l'étude du mouvement annulaire tricuspide par le doppler tissulaire, dans le diagnostic d'infarctus du VD. Parmi les signes écho-cardiographiques directs de l'IDM du VD, l'akinésie de la paroi inférieure du VD est le signe le plus important mais il n'est objectivé que dans 50% des cas (5). De même, l'augmentation du diamètre du VD avec majoration du rapport VD/VG n'est présente que dans 50% des cas (5). Le mouvement paradoxal du SIV est un signe moins spécifique (5, 6). L'altération de la fonction ventriculaire droite peut être évaluée par la mesure de la fraction du raccourcissement du VD sur la coupe apicale 4 cavités (7). L'analyse du flux de l'insuffisance pulmonaire montre que la conjonction d'une PHT < 150 ms et d'un rapport de vélocité à mi-diastole sur la vélocité

Tableau 3 : Mouvement annulaire tricuspide au doppler tissulaire pulsé enregistré à la paroi libre du VD chez les patients atteints d'IDM inférieur avec ou sans extension au VD

| | IDM inférieur avec extension au VD (n=9) | IDM inférieur sans extension au VD (n=26) | P |
|---------|---|--|---------|
| Ea cm/s | 9 ± 2 | 12.5 ± 3 | < 0.001 |
| Aa cm/s | 14 ± 4 | 18 ± 5 | < 0.001 |
| Ea /Aa | 0.65 ± 0.2 | 0.74 ± 0.3 | < 0.001 |
| S cm/s | 11 ± 2 | 13.5 ± 3 | |

Tableau 4 : Mouvement annulaire tricuspide au doppler tissulaire pulsé enregistré au niveau du SIV chez les sujets sains et chez les patients atteints d'IDM

| | Témoins | IDM antérieur (n=30) | IDM inférieur (n=35) | IDM inférieur avec extension au VD (n=9) | IDM inférieur sans extension au VD (n=26) |
|---------|------------|-------------------------|-------------------------|---|--|
| Ea cm/s | 11 ± 3 | 7 ± 2° | 7.5 ± 2° | 7.2 ± 1 | 7.7 ± 1.4 |
| Aa cm/s | 12 ± 3 | 11 ± 3 | 9.8 ± 3 | 9.05 ± 2 | 10.4 ± 2 |
| Ea/Aa | 0.95 ± 0.5 | 0.64 ± 0.2 | 0.83 ± 0.3 | 0.82 ± 0.2 | 0.78 ± 0.3 |
| S cm/s | 9 ± 1.5 | 7 ± 2° | 7.3 ± 1° | 6.5 ± 1.6 | 7.8 ± 2* |

° Comparaison entre sujets témoins et ceux atteints d'IDM (p<0.001)

* Comparaison entre sujets atteints d'IDM inférieur avec extension au VD à ceux sans extension au VD (p<0.001).

initiale inférieur à 0.5 est en faveur de l'extension au VD avec une sensibilité de 100%, une spécificité de 89%, une valeur prédictive positive de 94% et une valeur prédictive négative de 100% (8).

La mesure de l'excursion systolique du plan de l'anneau tricuspide est une technique non coûteuse et non influencée par la structure complexe et la forme asymétrique du VD (9). Elle permet une évaluation de la fonction systolique ventriculaire droite. En effet, il existe une relation linéaire entre la fraction d'éjection du VD et l'excursion systolique de l'anneau tricuspide ($r=0.92$, $p<0.001$, $n=30$) (10). Cette méthode trouve également tout son intérêt dans le diagnostic d'IDM avec extension au VD. L'étude d'Alam et al (6), menée chez 71 patients admis pour IDM, a démontré une diminution significative de l'amplitude du mouvement annulaire tricuspide chez les patients ayant une nécrose inférieure par rapport aux sujets sains et à ceux ayant un IDM antérieur. Ces constatations concordent avec les résultats de notre étude. Samed et al (11) ont étudié la valeur pronostique du mouvement annulaire tricuspide en cas d'IDM inférieur. Ils ont trouvé une mortalité plus élevée lorsque le mouvement annulaire tricuspide est inférieur ou égal à 15 mm.

Du fait de sa valeur pronostique, l'étude de la fonction systolique du VD après infarctus est d'une importance capitale. Toutefois, elle reste difficile à cause de sa forme complexe. Le doppler tissulaire est une nouvelle technique utilisée récemment dans l'évaluation de la fonction ventriculaire droite. Nageh et al (12) ont trouvé une corrélation statistiquement significative entre Sa et la fraction du raccourcissement de surface du VD ($r=0.78$, $p<0.001$). De même, il a été démontré que la corrélation entre Sa à l'anneau tricuspide et la FEVD isotopique est statistiquement significative ($r=0.64$, $p<0.001$) (13). Soulignons aussi l'intérêt pronostique de ce paramètre chez les

patients en insuffisance cardiaque. En effet, une Sa < 10.8cm/s s'accompagne d'une augmentation de la mortalité et de l'incidence d'évènements cardiaques (14).

Dans l'étude d'Alam et al (6) il a été noté que la vitesse du flux systolique à l'anneau tricuspide était diminuée de façon significative chez les patients ayant un infarctus du myocarde inférieur par rapport aux sujets sains et à ceux ayant un infarctus du myocarde antérieur (12,2 cm/s vs 14,5 cm/s ± 2 14,5 cm/s ± 3, respectivement $p<0.001$). Dans le groupe de patients ayant un IDM du VD, les vitesses annulaires tricuspides Sa, Ea et Aa étaient diminuées de façon significative par rapport aux sujets n'ayant pas eu d'extension au VD (10,3 ± 1,8 cm/s, 8,2 ± 1 cm/s, 13,6 ± 3,5 cm/s vs 13,3 ± 2 cm/s, 13 ± 2,7 cm/s, 17,7 ± 4,7cm/s respectivement ; $p<0,001$). Ceci reflète la dysfonction systolique et diastolique du ventricule droit. Ces vitesses annulaires sont similaires chez les patients ayant un IDM antérieur ou inférieur sans extension au VD. Ces constatations ont été retrouvées dans notre étude. De même, Yilmaz et al (15) ont démontré chez 48 patients admis pour IDM inférieur, que les vitesses annulaires tricuspide systolique Sa et proto-diastolique Ea sont diminuées de façon significative chez les patients avec IDM du VD par comparaison aux patients sans atteinte du VD (8,5 ± 0,84 cm/s, 10,9 ± 3,28 cm/s vs 16,63 ± 2,31 cm/s, 19,39 ± 4,3 cm/s respectivement ; $p<0,001$). Dans une étude menée chez 15 patients hospitalisés pour IDM inférieur avec extension au VD, les auteurs (16) ont démontré que les vitesses systoliques tissulaires, le strain et le strain rate étaient significativement diminués dans les segments basaux et les segments moyens de leurs parois libres du VD par comparaison aux patients ayant un IDM inférieur sans extension au VD. Ozdemir et al (17) ont trouvé que Sa < 12 cm/s permet de faire le diagnostic d'extension au VD avec une sensibilité et une spécificité élevée (81%, 82% respectivement).

Dans l'IDM inférieur, la diminution des vitesses tissulaires du VD corrélée non seulement avec le degré d'atteinte du VD mais aussi avec son pronostic (18).

Le doppler tissulaire à l'anneau tricuspide connaît cependant quelques limites (13, 19) qui sont en rapport avec l'influence du mouvement de translation cardiaque et l'influence de la pression artérielle pulmonaire puisqu'il existe une corrélation négative entre la pression artérielle pulmonaire systolique et l'onde Sa. De même une fuite tricuspide augmente le mouvement de l'anneau tricuspide indépendamment de la fonction ventriculaire droite.

Références

1. Daubert JC, Langella B, Besson C et al. Fréquence et pronostic de l'atteinte ventriculaire droite à la phase aiguë de l'infarctus du myocarde. Arch Mal C?ur 1980; 73: 785-94.
2. Daubert JC, Langella B, Descaves C, Leleyour T, Bourdonnet C. Les infarctus du ventricule droit. Ann Cardiol Angéio 1984; 33: 27-34.
3. Gouffault J, Daubert JC. L'infarctus du ventricule droit. Historique, signes cliniques et électrocardiographiques. Ann Cardiol Angéio 1985; 34: 449-50.
4. Pasquali V, De Place C, Mabo Ph, Bedossa M, Leberton H, Daubert JC. L'infarctus isolé du ventricule droit : étude clinique et échocardiographique. Ann Cardiol Angéio 1992; 41: 69-76.
5. Baudouy M, Benoît Ph, Blaive B, Blanc Ph, Camous JP, Ferrari E, Gibelin P, Gunnes S, Jourdan J, Raybaud F. Le ventricule droit. Mediocoarma, 330, Paris : Générale Graphique, 1995; 96p.
6. Alam M, Wardell J, Anderson E, Samed BA, Nordlander R. Right ventricular function in patients with first inferior myocardial infarction: Assessment by tricuspid annular motion and tricuspid annular velocity. Am Heart J 2000; 139: 710-5.
7. Godenir JP, Danchin N, Neimann JL et al. Infarctus du ventricule droit. Apport de l'échocardiographie bidimensionnelle. Ann Cardio Angéio 1985 ; 34 : 461-4.
8. Logeart D, Cohen A, Chauvel C, et al. Evolution clinique, échocardiographique et doppler de la dysfonction ischémique ventriculaire droite associée à un infarctus inférieur. Arch Mal C?ur 1997 ; 90 : 363-9.
9. Ueti OM, Camarago EE, Ueti A de A, Lima-Filho EC, Nogueira EA. Assessment of right ventricular function with Doppler echocardiography indices derived from tricuspid annular motion: comparison with radionuclide angiography. Heart 2002; 88: 244-8.
10. Kaul S, Ti CH, Hopkins JM, Salah PM. Assessment of right ventricular function using two dimensional echocardiography.

CONCLUSION

L'échocardiographie doppler est un examen non invasif non coûteux et disponible qui occupe une place importante dans le diagnostic de l'infarctus du VD. Les nouvelles techniques d'enregistrement du mouvement et des vitesses de l'anneau tricuspide sont d'un grand apport pour l'évaluation de la fonction ventriculaire droite après IDM inférieur. Elles permettent ainsi un diagnostic précoce et une prise en charge rapide afin d'améliorer le pronostic de l'infarctus du VD. D'autres nouvelles techniques échographiques telles que le «Strain», le «strain rate», l'échocardiographie de contraste et l'échocardiographie tridimensionnelle semblent être très prometteuses pour le diagnostic de l'atteinte ischémique ventriculaire droite.

- Eur Heart J 2001; 22: 1485-95.
11. Samed BA, Alam M, Jensen-Urstad K. Prognostic impact of right ventricular involvement as assessed by tricuspid annular motion in patients with acute myocardial infarction. Am J Cardiol 2002; 90: 778-81.
12. Nageh MF, Kopelan HA, Zoghbi WA, Nagueh SF. Estimation of mean right atrial pressure using tissue Doppler imaging. Am J Cardiol 1999; 84: 1448-51.
13. Meluzin J, Spinarova L, Bakala J, et al. Pulsed Doppler tissue imaging of the velocity of tricuspid annular systolic motion: A new, rapid, and non-invasive method of evaluating right ventricular systolic function. Eur Heart J 2001; 22: 340-8.
14. Meluzin J, Spinarova I, Dusek L, Toman J, Hude P, Krejci J. Prognostic importance of the right ventricular function assessed by Doppler tissue imaging. Eur J Echocardiography 2003; 4: 262-71.
15. Yilmaz M, Erol MK, Acikel M, Sevimli S, Alp N. Pulsed Doppler tissue imaging can help to identify patients with right ventricular infarction. Heart vessels 2003; 18: 112-6.
16. Sevimli S, Gundogdu F, Aksakal E, Arslan S, Tas H, Islamoglu Y. Right ventricular strain and strain rate properties in patients with right ventricular myocardial infarction. Echocardiography. 2007;24:732-8.
17. Ozdemir K, Altunkeser BB, Içli A, Ozdil H, Gok H. New parameters in identification of right ventricular myocardial infarction and proximal right coronary artery lesion. Chest 2003; 124: 219-26.
18. Gondi S, Dokainish H. Right ventricular tissue Doppler and strain imaging: ready for clinical use? Echocardiography 2007;24:522-32.
18. Meluzin L, Spinarova L, Bakala J et al. Tricuspid annular velocity measurement. Simple and accurate solution for a delicate problem? Eur Heart J 2001; 22: 280-2.