



Disponible en ligne sur
 ScienceDirect
 www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

 www.em-consulte.com



MISE AU POINT

Apport de l'échocardiographie Doppler dans le diagnostic et la prise en charge des tamponnades

Role of echocardiography-Doppler in diagnosis and management of cardiac tamponade

G. Lheritier^{a,b}, P. Vignon^{a,b,*,c}

^a CIC-P Inserm 0801, 87042 Limoges, France

^b Service de réanimation polyvalente, CHU Dupuytren, 2, avenue Martin-Luther-King, 87042 Limoges, France

^c Université de Limoges, 87000 Limoges, France

Reçu le 24 novembre 2009 ; accepté le 5 janvier 2010

Disponible sur Internet le 22 janvier 2010

MOTS CLÉS

Tamponnade ;
 Hématome
 médiastinal ;
 Échocardiographie ;
 Doppler

Résumé La tamponnade cardiaque désigne le retentissement circulatoire d'un épanchement péricardique compressif. Il s'agit d'une urgence diagnostique et thérapeutique. En raison de sa maniabilité et de son caractère non invasif, l'échocardiographie Doppler offre un apport diagnostique idéal. Dans un contexte de pathologie médicale, la tamponnade est souvent secondaire à un épanchement péricardique liquidien circonférentiel qui entrave le retour veineux et le remplissage du cœur droit. L'échocardiographie transthoracique (ETT) permet d'identifier en mode bidimensionnel la présence d'un épanchement péricardique pathologique et son caractère compressif, avant tout sur les cavités cardiaques droites. Les variations respiratoires opposées des vitesses Doppler mitrales et tricuspides qui témoignent du retentissement hémodynamique de l'épanchement péricardique ne sont valides qu'en ventilation spontanée. Dans un contexte de défaillance circulatoire après chirurgie cardiaque ou traumatisme thoracique grave, la tamponnade peut être localisée, soit du fait d'un hémopéricarde cloisonné, soit en rapport avec un hématome médiastinal compressif. L'échocardiographie transœsophagienne (ETO) est alors indispensable car l'ETT manque de sensibilité. Sa tolérance n'est pas un facteur limitant dans ce contexte car les patients sont ventilés. L'ETO met alors en évidence l'hématome et la cavité cardiaque comprimée en regard. Ces tamponnades localisées, qu'elles soient en péricarde cloisonné ou extrapéricardiques, peuvent comprimer sélectivement les cavités cardiaques gauches. Dans tous les cas, l'échocardiographie permet de guider au mieux un geste évacuateur. Ainsi, l'échocardiographie Doppler est une aide précieuse pour l'identification et la prise en charge des tamponnades dont le diagnostic et le choix du traitement restent fondés sur des critères cliniques.

© 2010 Société de réanimation de langue française. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : philippe.vignon@unilim.fr (P. Vignon).

KEYWORDS

Tamponade;
 Mediastinal
 hematoma;
 Echocardiography;
 Doppler

Summary Cardiac tamponade refers to the circulatory compromise secondary to a compressive pericardial effusion. Tamponade is a vital emergency that requires rapid diagnosis and prompt treatment. Echocardiography Doppler is a portable, non invasive imaging modality, which is ideally suited in this setting to rapidly confirm the clinical suspicion of tamponade and help guiding therapeutic management. Tamponade is typically the result of a circumferential pericardial effusion secondary to a medical disease that impairs venous return and right heart filling. Transthoracic echocardiography (TTE) allows the identification of a compressive pericardial effusion using two-dimensional imaging, with primarily collapsed right cardiac cavities. Increased respiratory variations of Doppler velocities of mitral and tricuspid blood flows reflect the hemodynamic compromise secondary to the compressive pericardial effusion, but are only present in spontaneously breathing patients. After cardiac surgery or severe blunt chest trauma, circulatory failure may be secondary to a localized tamponade associated with a loculated hemopericardium or a compressive mediastinal hematoma. In this clinical setting, transesophageal echocardiography (TEE) is required because TTE has a poor sensitivity. TEE is usually well tolerated since those patients are mechanically ventilated. It allows the accurate identification of both the mediastinal hematoma and collapsed cardiac cavity. Importantly, localized tamponade may result in the elective compression of left cardiac cavities. In all cases, echocardiography helps guiding therapy, whether it relies on a pericardocentesis or surgery. Echocardiography Doppler constitutes a valuable help for the identification and therapeutic management of patients with circulatory failure associated with cardiac tamponade.

© 2010 Société de réanimation de langue française. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Introduction

La tamponnade cardiaque désigne le retentissement circulatoire d'un épanchement péricardique compressif. Il s'agit d'une urgence thérapeutique dont les étiologies sont très variées. Les principales causes médicales sont les épanchements liquidiens d'origine néoplasique, infectieuse, ou inflammatoire, et l'hémopéricarde satellite d'une dissection aortique aiguë ou compliquant une procédure invasive notamment en cardiologie interventionnelle (pose de pacemaker, ablation par radiofréquence) [1]. La tamponnade est également une complication fréquente de la chirurgie cardiaque. Elle est plus rarement à l'origine d'un état de choc dans les suites d'un traumatisme thoracique. Le diagnostic est avant tout clinique. La classique triade de Beck associant collapsus, pouls paradoxal et signes d'insuffisance cardiaque droite est rarement présente. La présentation clinique est plus volontiers protéiforme selon le contexte clinique et parfois trompeuse. Pourtant, la nécessité d'une prise en charge thérapeutique urgente impose un diagnostic précoce. C'est pourquoi l'échocardiographie est un examen de choix dans cette indication car elle est rapidement mise en œuvre au lit du patient et non invasive. Elle permet ainsi de conforter rapidement la suspicion clinique de tamponnade et d'orienter le traitement.

Forme classique : tamponnade en péricarde libre

Dans sa forme classique, la tamponnade est secondaire à un épanchement péricardique circonférentiel non cloisonné qui comprime le cœur. C'est la forme clinique habituelle de la tamponnade qui survient en contexte médical. La faible distensibilité du péricarde fait que la constitution

rapide d'un épanchement péricardique, quel qu'en soit le volume, entraîne une élévation importante de la pression intrapéricardique (Fig. 1). Celle-ci se transmet aux cavités cardiaques, ce qui explique la tendance à l'égalisation des pressions entre le péricarde et les cavités cardiaques droites appelée adiaastolie. Cette gêne au remplissage du ventricule droit entraîne à son tour un effondrement de l'éjection du

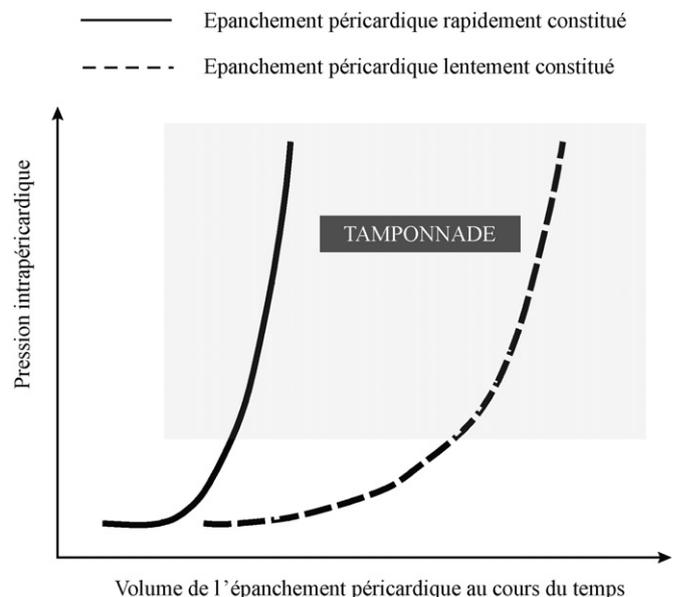


Figure 1 Représentation schématique de la courbe pression-volume du péricarde selon le mode de constitution d'un épanchement liquidien pathologique. Plus que le volume absolu de l'épanchement, c'est sa vitesse de constitution qui conditionne l'augmentation de pression intrapéricardique, donc la tolérance hémodynamique.

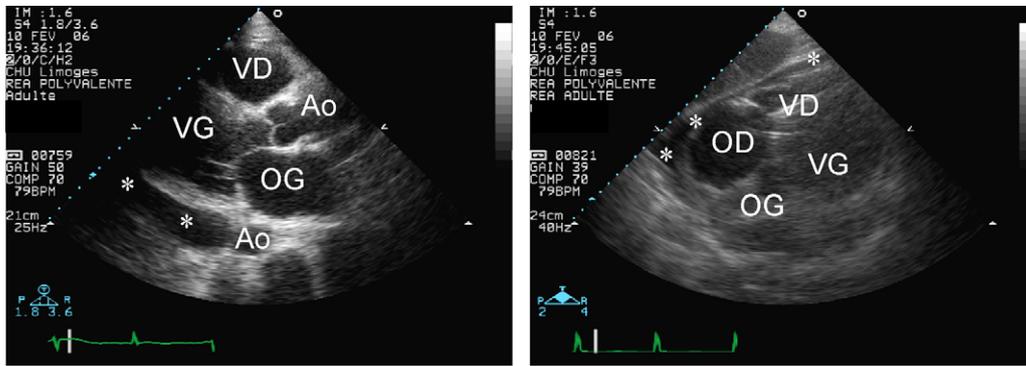


Figure 2 Épanchement péricardique modéré identifié en échocardiographie transthoracique. En vue parasternale grand axe, l'épanchement péricardique est visible en regard de la paroi inférieure du cœur, zone anatomiquement la plus déclive (à gauche, astérisques). En vue sous-costale, l'épanchement prédomine dans les zones déclives, en regard les cavités droites (à droite, astérisques). OD : oreillette droite ; OG : oreillette gauche ; VD : ventricule droit ; VG : ventricule gauche ; Ao : aorte thoracique.

ventricule gauche qui explique la défaillance circulatoire. En ventilation spontanée, l'inspiration diminue la pression pleurale donc la pression péricardique et favorise ainsi le retour veineux systémique. L'interdépendance ventriculaire explique que le ventricule gauche a une diminution de son volume d'éjection systolique pendant l'inspiration car il est alors restreint par le remplissage accru du ventricule droit dans le péricarde inextensible. En cas de tamponnade, ce phénomène est amplifié et à l'origine du pouls paradoxal (diminution inspiratoire de l'amplitude du pouls). L'échocardiographie transthoracique (ETT) est la méthode de choix pour confirmer le diagnostic de tamponnade suspecté cliniquement [1]. L'imagerie bidimensionnelle permet de visualiser l'épanchement péricardique tandis que le doppler permet d'évaluer le retentissement hémodynamique de celui-ci.

Épanchement péricardique liquidien

Dès que le sac péricardique contient plus de 25mL de liquide, l'épanchement apparaît sous forme d'un espace vide d'écho pendant tout le cycle cardiaque [1]. Un épanchement péricardique est pathologique lorsqu'il persiste en diastole. Lorsque l'épanchement n'est pas cloisonné et

de faible volume, il se collecte préférentiellement dans la zone la plus déclive du sac péricardique, en regard de la paroi inférieure et postérieure du cœur. La vue sous-costale est donc particulièrement utile car elle explore cette région anatomique (Fig. 2). Les diagnostics différentiels sont les franges graisseuses (lorsque l'épanchement semble siéger uniquement en regard du ventricule droit par vue sous-costale), l'épanchement liquidien pleural gauche, et l'ascite. Lorsque l'épanchement péricardique atteint un volume plus important, il devient circonférentiel et visible dans toutes les vues en ETT. Lorsqu'il est très volumineux, on peut observer un aspect de « cœur dansant » qui est la traduction échocardiographique de l'alternance électrique. Puisque c'est la vitesse de constitution plus que le volume de l'épanchement péricardique qui conditionne son retentissement hémodynamique, il importe surtout d'en évaluer la tolérance plutôt que d'essayer de le quantifier à l'aide de l'échocardiographie.

Épanchement péricardique compressif : tamponnade

En imagerie bidimensionnelle, la tamponnade se traduit par la compression d'une ou plusieurs cavités cardiaques en

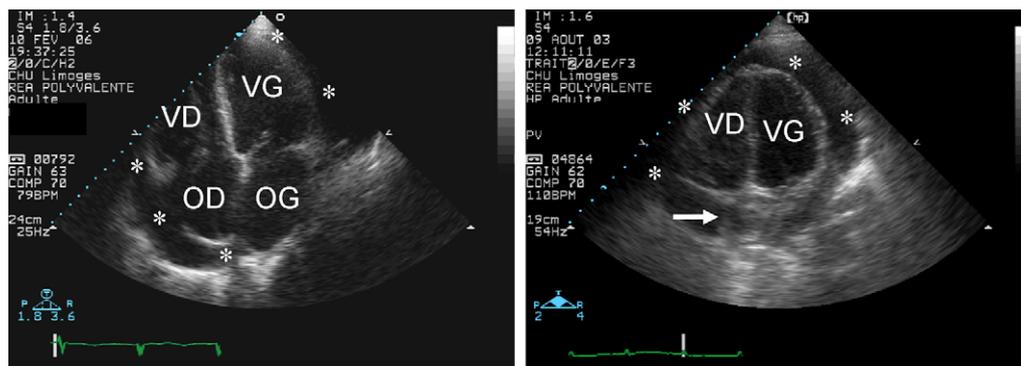


Figure 3 Épanchements péricardiques circonférentiels identifiés chez deux patients distincts en vue apicale des quatre cavités. Chez le premier patient, l'épanchement péricardique n'a aucun retentissement hémodynamique (à gauche, même patient qu'à la Fig. 2, astérisques). Chez le second patient qui est en état de choc, le volume de l'épanchement paraît comparable (à droite, astérisques), mais il existe un collapsus holodiastolique de l'oreillette droite qui reflète la tamponnade (flèche). OD : oreillette droite ; OG : oreillette gauche ; VD : ventricule droit ; VG : ventricule gauche.

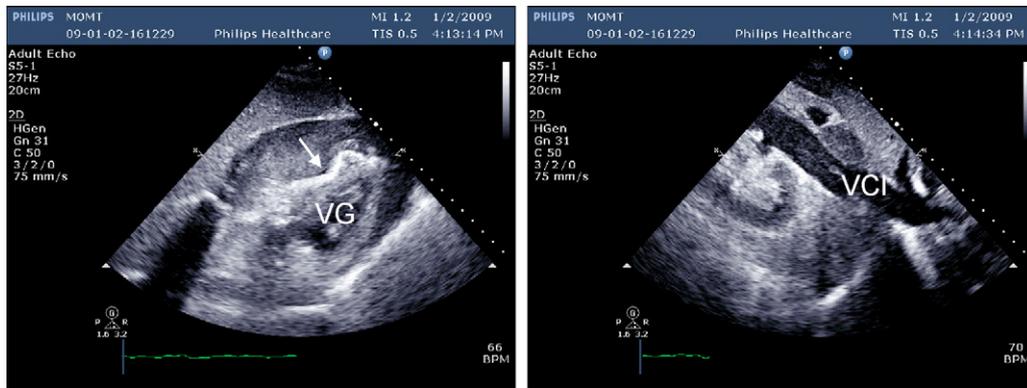


Figure 4 Tamponnade secondaire à un hémopéricarde chez une patiente ayant une dissection aiguë de l'aorte ascendante. Une échocardiographie transthoracique par voie sous-costale est réalisée en raison d'un collapsus brutal accompagné d'une turgescence jugulaire majeure. L'examen révèle une compression hodiastolique de la paroi libre du ventricule droit par l'hémopéricarde constitué très rapidement (à gauche, flèche). La veine cave inférieure apparaît dilatée avec du contraste spontané en raison de la gêne au retour veineux (à droite). VG : ventricule gauche ; VCI : veine cave inférieure.

diastole. Les cavités droites sont les premières concernées car la pression intracavitaire y est la plus basse, et pendant la diastole, celle-ci devient inférieure à la pression dans le péricarde. La compression de l'oreillette droite est reflétée par l'inversion de la courbure de sa paroi libre en diastole [2]. C'est un signe sensible car précoce de tamponnade [3]. Une inversion intermittente (en télédiastole) et isolée ne témoigne pas d'une gêne pertinente du retour veineux alors qu'une compression prolongée (plus du tiers de la durée de la diastole) est un signe de mauvaise tolérance hémodynamique de l'épanchement péricardique (Fig. 3). La compression du ventricule droit est un signe moins sensible mais plus spécifique [4]. Un collapsus hodiastolique est un signe de gravité. Chez les patients en ventilation spontanée, la veine cave inférieure est dilatée et perd son collapsus inspiratoire physiologique [5] (Fig. 4). Enfin, le septum interventriculaire tend à bomber vers la cavité ventriculaire gauche pendant l'inspiration et vers celle du ventricule droit pendant l'expiration, car son mouvement traduit l'interaction des ventricules dans le sac péricardique sous pression en fonction des variations respiratoires du retour veineux au cœur droit.

Aux signes de compression d'une ou plusieurs cavités cardiaques en diastole, s'associe une accentuation des variations respiratoires des vitesses Doppler intracardiaques en présence d'une tamponnade. Les signes Doppler sont valides uniquement en ventilation spontanée. Ils ne sont pas utilisables chez les patients sous ventilation mécanique qui génère des variations de pression pleurale opposées (car positives). L'examen Doppler pulsé des valves atrioventriculaires est plus sensible que l'imagerie bidimensionnelle pour le diagnostic de tamponnade [6,7]. Physiologiquement, les vitesses Doppler transtricuspidales augmentent à l'inspiration (25% ou plus) alors que les vitesses transmitrales diminuent d'environ 10 à 15% [1,6]. En présence d'une tamponnade, les variations des vitesses Doppler tricuspides et mitrales sont nettement accentuées pendant l'inspiration, de l'ordre de +80% et -40%, respectivement [6,8]. Les variations respiratoires des vitesses Doppler enregistrées au niveau des valves aortique et pulmonaire sont également accentuées en cas de tamponnade [6,8]. Sur le profil Doppler veineux

hépatique, les vitesses diastoliques antérogrades sont diminuées, voire abolies pendant l'expiration et l'onde de reflux accentuée [6,8]. Les données concernant les modifications Doppler observées au cours de la tamponnade sous ventilation mécanique ne sont qu'expérimentales. Lors d'une tamponnade créée chez le chien, les auteurs ont observé une baisse des vitesses Doppler mitrales maximales et une diminution de leurs variations au cours du cycle respiratoire au fur et à mesure de la mise sous tension du sac péricardique [9]. Cela nécessite d'être confirmé en clinique. Le diagnostic de tamponnade est donc souvent difficile chez les patients ventilés car il repose essentiellement sur les signes d'imagerie bidimensionnelle décrits plus haut, qui manquent globalement de sensibilité.

Guide à la péricardocentèse

Non seulement l'ETT permet de confirmer le diagnostic clinique de tamponnade et d'évaluer l'importance de son retentissement hémodynamique, mais elle facilite également son traitement en guidant la péricardocentèse. L'évacuation de l'épanchement péricardique compressif peut être réalisée au lit du malade par ponction ou par voie chirurgicale au bloc opératoire. L'échocardiographie permet d'orienter le geste et d'en apprécier l'efficacité. En cas de ponction, la réalisation d'une épreuve de contraste lors de l'ETT permet de confirmer la bonne position de l'aiguille dans le sac péricardique [10]. Ainsi guidée, la péricardocentèse a peu de complications [11].

Autres formes cliniques de tamponnades

Formes anatomiques

Mis à part la forme classique de tamponnade où l'épanchement péricardique est circonferentiel et non cloisonné, il existe d'autres formes anatomiques en rapport avec des épanchements intrapéricardiques cloisonnés (sang coagulé, pus) ou extrapéricardiques. Le retentissement hémodynamique est alors lié à la compression de la cavité

cardiaque qui se situe en regard de l'épanchement ou de la collection. Dans ces cas, chacune des quatre cavités cardiaques peut être sélectivement comprimée, en particulier l'oreillette ou le ventricule gauche. Le piège est alors d'éliminer à tort une tamponnade devant la vacuité du péricarde ou l'absence de compression des cavités cardiaques droites alors que la gêne au remplissage du cœur se situe au niveau du cœur gauche. Il faudra alors chercher soigneusement une inversion de courbure isolée des parois des cavités cardiaques gauches, même peu étendue et brève en diastole, qui pourra être le seul témoin de la tamponnade [12]. C'est pourquoi l'échocardiographie transœsophagienne (ETO) est ici l'examen de choix car l'ETT manque de sensibilité, en particulier pour l'identification des hématomas rétro-auriculaires [13,14]. La tolérance de l'ETO ne se pose généralement pas car les patients en postopératoire de chirurgie cardiaque ou admis pour polytraumatisme chez lesquels surviennent ces tamponnades localisées sont en règle ventilés. Exceptionnellement, l'hématome compressif peut se situer dans le médiastin antérieur lorsqu'il est en rapport avec une fracture sternale ou une lésion d'une artère mammaire interne [15]. Il comprime alors préférentiellement le ventricule droit qui est situé antérieurement dans le médiastin.

Contexte clinique

Chirurgie cardiaque

La tamponnade est une complication classique de la chirurgie cardiaque. Elle peut être secondaire à un épanchement péricardique circonférentiel mais aussi à la constitution d'un hématome extrapéricardique compressif au contact du cœur. L'hématome se situe alors généralement dans le médiastin postérieur, le sac péricardique restant libre. L'hématome rétro-auriculaire est la principale cause de tamponnade extrapéricardique dans ce contexte. Le retentissement hémodynamique dépend de la localisation et de la taille de l'hématome qui peut comprimer chacune des quatre cavités cardiaques, voire plusieurs d'entre elles. La localisation rétro-auriculaire droite est la plus fréquente [13].

Traumatismes thoraciques

Les traumatismes cardiovasculaires regroupent un grand nombre de lésions de nature variable dont la tamponnade est une complication fréquente. On distingue les traumatismes thoraciques fermés qui peuvent entraîner des lésions du cœur et des gros vaisseaux, notamment de l'aorte thoracique, et les traumatismes thoraciques pénétrants qui exposent au risque de plaie cardiaque.

Chez les blessés qui se présentent avec un traumatisme pénétrant dans le précordium (*cardiac box* des Anglo-Saxons correspondant à la zone délimitée par les lignes médioclaviculaires en dehors, les clavicules en haut et l'aument costal en bas), l'ETT permet la recherche d'un hémopéricarde [16]. Dans ce contexte, la constatation d'un hémopéricarde indique une exploration chirurgicale à la recherche d'une plaie du cœur sous-jacente [16,17]. L'ETO est alors réservée à l'évaluation peropératoire d'éventuelles lésions cardiaques internes

qui nécessiteraient une correction chirurgicale concomitante.

Chez les blessés admis pour un traumatisme fermé du thorax, l'ETO a une capacité diagnostique supérieure à la tomodensitométrie hélicoïdale avec injection de produit de contraste pour l'identification des lésions cardiaques traumatiques [18]. L'ETT ne doit pas être utilisée dans ce contexte car elle manque de précision diagnostique [19]. Un hémopéricarde peut être satellite d'une contusion myocardique ou plus rarement secondaire à une plaie du cœur ou des gros vaisseaux (veines caves et artère pulmonaire) dans leur trajet intrapéricardique [20]. Toutes les structures cardiaques, notamment valvulaires, peuvent être lésées [21].

Présentation clinique

La présentation clinique d'une tamponnade localisée peut être celle d'un choc obstructif classique ou rester beaucoup moins bruyante. Dans ce dernier cas, le diagnostic peut être évoqué avec retard. Dans notre expérience, les hématomas médiastinaux compressifs s'observent aussi bien après chirurgie cardiaque qu'au décours d'un traumatisme thoracique fermé avec décélération violente [22]. Seuls sept de nos 12 patients avaient une hypotension artérielle au moment du diagnostic, mais tous avaient des signes d'hypoperfusion tissulaire avec notamment une hyperlactatémie. Une cytolyse (définie par une augmentation des transaminases supérieure à quatre fois la normale) qui témoignait de la congestion veineuse hépatique associé à l'état de choc était trouvée chez neuf des 12 patients. La mortalité était élevée puisqu'elle atteignait 33 % dans cette série de petite taille [22].

Diagnostic échocardiographique

Le diagnostic échocardiographique de tamponnade localisée repose sur la mise en évidence de la collection (en règle hématique) qui comprime une ou plusieurs cavités cardiaques (droites ou gauches) en imagerie bidimensionnelle.

L'hémopéricarde est un épanchement intrapéricardique d'aspect hyperéchogène (sang frais) au sein duquel on peut individualiser des filaments de fibrine, voire des caillots qui cloisonnent l'épanchement et expliquent la possibilité de tamponnade localisée (Fig. 5).

L'hématome rétro-auriculaire apparaît comme une collection à bords relativement réguliers, arrondie ou ovoïde, de taille variable (pouvant excéder 10 cm), globalement hyperéchogène avec une échogénicité homogène ou non (Fig. 5). Le signe caractéristique en faveur de son caractère compressif est l'inversion de courbure du bord libre de l'oreillette en regard. Les turbulences circulatoires dans la cavité cardiaque comprimée se traduisent par une mosaïque de couleur (ou *aliasing*) en cartographie Doppler couleur [23]. Dans notre expérience, l'inversion de courbure de la ou des cavités comprimées est constante ainsi que l'*aliasing* en cartographie Doppler couleur [22]. Les signes Doppler de tamponnade décrits dans la tamponnade en péricarde libre ne sont pas transposables dans cette situation, ce d'autant que les patients sont sous ventilation mécanique.

Dans le contexte d'un traumatisme thoracique fermé grave, un hémomédiastin postérieur en rapport avec

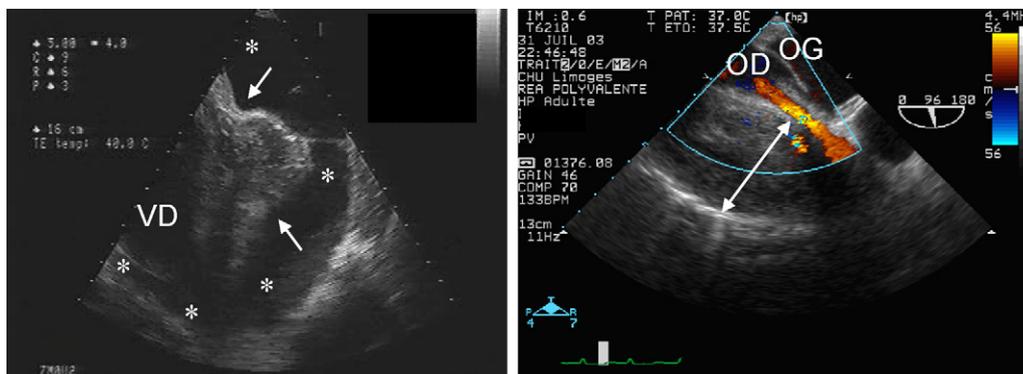


Figure 5 Exemples de tamponnades localisées diagnostiquées avec l'échocardiographie transœsophagienne chez deux patients ventilés après chirurgie cardiaque. Chez le premier patient, on visualise une compression des cavités cardiaques gauches (à gauche, flèches) par un épanchement intrapéricardique cloisonné qui épargne le cœur droit. Chez le second patient, un hématome rétro-auriculaire comprime l'oreillette droite et l'anneau tricuspide (à droite, double flèche) et rend virtuel le remplissage du ventricule droit comme le montre la réduction du courant sanguin en cartographie Doppler couleur. VD : ventricule droit ; OD, oreillette droite ; OG, oreillette gauche.

un hématome péri-aortique volumineux peut comprimer les cavités cardiaques gauches, et en particulier l'oreillette gauche. Le diagnostic échocardiographique d'hémomédiastin repose sur la présence d'un hématome qui sépare le capteur de la sonde d'ETO de la paroi antéromédiane de l'aorte thoracique descendante de plus de 3 mm [24]. La présence de sang entre la paroi postérolatérale de l'aorte thoracique descendante et la plèvre viscérale gauche est également un signe d'hémomédiastin [24]. Lorsqu'il est volumineux, cet hémomédiastin est volontiers associé à une rupture traumatique de l'isthme aortique [25]. Les tamponnades extrapéricardiques par hémomédiastin antérieur sont rares [15,26–28]. Le diagnostic échocardiographique repose sur l'identification d'une collection thrombosée dans le médiastin antérieur qui comprime le ventricule droit dont la cavité peut devenir virtuelle [15].

Guide à la prise en charge thérapeutique

Contrairement à l'épanchement en péricarde libre rencontré en contexte médical où la péricardocentèse peut suffire au traitement de la tamponnade, les épanchements compressifs dans les suites d'une chirurgie cardiaque ou dans le cadre d'un traumatisme thoracique nécessitent toujours une prise en charge chirurgicale. Lorsque l'ETO est réitérée en peropératoire, elle permet de guider au mieux le geste d'évacuation et d'en apprécier le résultat, mais aussi de chercher d'éventuelles anomalies cardiaques associées qui auraient pu passer inaperçues avant la levée de la compression cardiaque.

Conclusion

La tamponnade cardiaque est une urgence vitale. Les causes, les formes anatomiques et les présentations cliniques sont variées et parfois à l'origine d'un retard diagnostique. Le diagnostic de tamponnade et la décision de péricardocentèse ou d'évacuation chirurgicale restent cliniques. Néanmoins, l'échocardiographie est l'examen complémentaire de choix dans cette indication. L'ETT

permet une confirmation diagnostique rapide en cas d'épanchement compressif en péricarde libre. L'ETO est impérative pour le diagnostic de tamponnade localisée en contexte postopératoire ou traumatique. Dans cette indication, l'ETO ne peut être réalisée que chez un patient déjà ventilé, ce qui est la règle dans ce contexte clinique. Les critères diagnostiques Doppler ne sont utilisables que chez le patient en ventilation spontanée. L'échocardiographie, par son caractère peu invasif, sa maniabilité et sa rapidité de mise en œuvre constitue à la fois un outil diagnostique fiable et une aide précieuse dans la prise en charge thérapeutique et le suivi des patients en défaillance circulatoire secondaire à une tamponnade.

Conflit d'intérêt

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt.

Références

- [1] Pericardial diseases. In: Feigenbaum H, Armstrong WF, Ryan T, editors. Feigenbaum's echocardiography. 6th edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005. p. 247–70.
- [2] Gillam LD, Guyer DE, Gibson TC, King ME, Marshall JE, Weyman AE. Hydrodynamic compression of the right atrium: a new echocardiographic sign of cardiac tamponade. *Circulation* 1983;68:294–301.
- [3] Kronzon I, Cohen ML, Winer HE. Diastolic atrial compression: a sensitive echocardiographic sign of cardiac tamponade. *J Am Coll Cardiol* 1983;2:770–5.
- [4] Armstrong WF, Schilt BF, Helper DJ, Dillon JC, Feigenbaum H. Diastolic collapse of the right ventricle with cardiac tamponade: an echocardiographic study. *Circulation* 1982;65:1491–6.
- [5] Himelman RB, Kircher B, Rockey DC, Schiller N. Inferior vena cava plethora with blunted respiratory response: a sensitive echocardiographic sign of cardiac tamponade. *J Am Coll Cardiol* 1988;12:1470–7.
- [6] Appleton CP, Hatle LK, Popp RL. Cardiac tamponade and pericardial effusion: respiratory variation in transvalvular flow velocities studied by Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1988;11:1020–30.

- [7] Burstow DJ, Oh JK, Bailey KR, Seward JB, Tajik AJ. Cardiac tamponade: characteristic Doppler observations. *Mayo Clin Proc* 1988;64:312–24.
- [8] Leeman DE, Levine MJ, Come PC. Doppler echocardiography in cardiac tamponade: exaggerated respiratory variation in transvalvular blood flow velocity integrals. *J Am Coll Cardiol* 1988;11:572–8.
- [9] Faehnrich JA, Noone RB, White WD, Leone BJ, Hilton AK, Sreeram GM, et al. Effects of positive-pressure ventilation, pericardial effusion, and cardiac tamponade on respiratory variation in transmitral flow velocities. *J Cardiovasc Vasc Anesth* 2003;17:45–50.
- [10] Lardoux H, Vayre F, Pezzano M, Dubourg O. Tamponnades. In: Vignon P, Goarin JP, editors. *Échocardiographie Doppler en réanimation, anesthésie et médecine d'urgence*. Paris: Elsevier; 2002. p. 257–72.
- [11] Vayre F, Lardoux H, Pezzano M, Bourdarias JP, Dubourg O. Subxyphoid pericardiocentesis guided by contrast two-dimensional echocardiography in cardiac tamponade: experience of 110 consecutive patients. *Eur J Echocardiogr* 2000;1:66–77.
- [12] Chuttani K, Pandian NG, Mohanty PK, Rosenfield K, Schwartz SL, Udelson JE, et al. Left ventricular collapse. An echocardiographic sign of regional cardiac tamponade. *Circulation* 1991;83:1999–2006.
- [13] Kochar GS, Jacobs LE, Kotler MN. Right atrial compression in postoperative cardiac patients: detection by transeosophageal echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1990;16:511–6.
- [14] Ananthasubramaniam K, Jaffery Z. Postoperative right atrial compression by extracardiac hematoma: transeosophageal echocardiographic diagnosis in the critically ill patient. *Echocardiography* 2007;24:661–3.
- [15] Rambaud G, Desachy A, François B, Allot V, Cornu E, Vignon P, et al. Extrapericardial cardiac tamponade caused by traumatic retrosternal hematoma. *J Cardiovasc Surgery* 2001;42:621–4.
- [16] Goarin JP, Vignon P. Lésions traumatiques cardiothoraciques. In: Vignon P, Goarin JP, editors. *Échocardiographie Doppler en réanimation, anesthésie et médecine d'urgence*. Paris: Elsevier; 2002. p. 573–98.
- [17] Jimenez E, Martin M, Krukenkamp I, Barrett J. Subxyphoid pericardiotomy versus echocardiography: a prospective evaluation of the diagnosis of occult penetrating cardiac injury. *Surgery* 1990;108:676–9.
- [18] Vignon P, Boncoeur MP, François B, Rambaud G, Maubond A, Gastinne H. Comparison of multiplane transeosophageal echocardiography and contrast-enhanced helical CT in the diagnosis of blunt traumatic cardiovascular injuries. *Anesthesiology* 2001;94:615–22.
- [19] Chirillo F, Totis O, Cavarzerani A, Bruni A, Farnia A, Sarpellon M, et al. Usefulness of transthoracic and transeosophageal echocardiography in recognition and management of cardiovascular injuries after blunt chest trauma. *Heart* 1996;75:301–6.
- [20] Clements RH, Fischer II PJ. Blunt injury of the intrapericardial great vessels. *J Trauma* 2001;50:129–32.
- [21] Orliaguet G, Ferjani M, Riou B. The heart in blunt trauma. *Anesthesiology* 2001;95:544–8.
- [22] Dugard A, Marchand S, Pesteil F, François B, Pichon N, Amiel JB. Tamponnade localisée par hématome médiastinal compressif: un diagnostic difficile? *Reanimation* 2009;18(Suppl.):S79 [abstract].
- [23] Saner HE, Olson JD, Goldenberg IF, Asinger RW. Isolated right atrial tamponade after open heart surgery: role of echocardiography in diagnosis and management. *Cardiology* 1995;86:464–72.
- [24] Le Bret F, Ruel P, Rosier H, Goarin JP, Riou B, Viars P. Diagnosis of traumatic mediastinal hematoma with transeosophageal echocardiography. *Chest* 1994;105:373–6.
- [25] Vignon P, Rambaud G, François B, Preux PM, Lang RM, Gastinne H. Quantification of traumatic hemomediastinum using transeosophageal echocardiography: impact on patient management. *Chest* 1998;113:1475–80.
- [26] Kao CL, Chang JP, Chang CH. Acute mediastinal tamponade secondary to blunt sternal fracture. *J Trauma* 2000;48:157–8.
- [27] Schabelman SE, Ferdinand K, Poler M. Echocardiographic findings in a patient with tamponade due to anterior mediastinal hematoma. *South Med J* 1983;76(10):1309–11.
- [28] Irgau I, Fulda GJ, Hailstone D, Tinkoff GH. Internal mammary artery injury, anterior mediastinal hematoma, and cardiac compromise after blunt chest trauma. *J Trauma* 1995;39:1018–21.