



X. COPIE, G. LASCAULT, O. PAZIAUD, O. PIOT
Centre Cardiologique du Nord, SAINT-DENIS.

L'incompétence chronotrope, définie comme l'impossibilité d'accélérer la fréquence cardiaque pour satisfaire les besoins métaboliques, a une valeur pronostique démontrée dans de nombreuses études.

Sa correction, parfois par la mise en place d'un stimulateur cardiaque, permet de diminuer les symptômes.

En revanche, il n'y a pas de lien établi entre la correction d'une incompétence chronotrope et l'amélioration du pronostic vital.

Incompétence chronotrope

L'incompétence chronotrope est définie comme l'impossibilité d'accélérer la fréquence cardiaque pour satisfaire les besoins métaboliques. Il peut s'agir d'une incompétence chronotrope du nœud sinusal, ou du rythme d'échappement ventriculaire en cas de bloc auriculo-ventriculaire complet, ou éventuellement d'une régulation inadaptée du nœud auriculo-ventriculaire en cas de trouble du rythme supraventriculaire.

Les traductions cliniques de l'incompétence chronotrope sont variées. La fréquence cardiaque peut ne pas atteindre la fréquence maximale théorique, ou la fréquence maximale peut être atteinte avec retard. Parfois, la fréquence cardiaque sous-maximale ou la fréquence cardiaque en récupération sont anormales. Enfin, la fréquence cardiaque peut être instable au cours de l'exercice.

Comme les expressions cliniques de l'incompétence chronotrope sont variées, sa prévalence n'est pas précisément connue et diffère en fonction de la définition retenue et de la population étudiée. La prévalence varie de 3 à 11 % chez les patients adressés pour un test d'effort [1] à plus de 40 % chez les patients porteurs d'un stimulateur cardiaque, voire plus de 60 % dans la fibrillation auriculaire.

Pour aider l'approche clinique et le diagnostic, Katritsis et Camm ont proposé une définition pratique et simplifiée de l'incompétence chronotrope. Ils proposent de retenir comme incompétence chronotrope l'impossibilité d'atteindre 80 % de la fréquence maximale théorique selon la définition d'Astrand (220 - âge).

Au-delà du diagnostic de l'incompétence chronotrope, nous verrons sa valeur pronostique, les indications et modalités de traitement, enfin le problème posé par la programmation et le réglage de l'asservissement des stimulateurs cardiaques.

■ VALEUR PRONOSTIQUE DE L'INCOMPÉTENCE CHRONOTROPE

La réponse chronotrope à l'effort fait l'objet depuis de nombreuses années d'une évaluation de sa valeur pronostique. En 1996, l'équipe de Framingham publiait dans *Circulation* le résultat du suivi de 1 575 hommes ayant eu une

épreuve d'effort, en l'absence de traitement bêtabloquant [2]. Dans ce travail, 21 % des sujets n'avaient pas pu atteindre 85 % de la fréquence maximale théorique. Au cours du suivi, 55 décès sont survenus (dont 14 de maladie coronaire), et 95 cas d'insuffisance coronaire ont été constatés. L'incapacité chronotrope était indépendamment associée à une surmortalité et un surcroît d'événements coronaires.

Dans le travail de Jouven sur la cohorte parisienne ayant eu une épreuve d'effort entre 1967 et 1972, l'incapacité chronotrope était associée à une surmortalité par mort subite, avec un risque relatif proche de 6 [3]. La valeur pronostique de l'incapacité chronotrope a aussi été étudiée dans des populations plus ciblées que ces grandes cohortes. Chez les sujets recevant un traitement bêtabloquant, en dehors de l'insuffisance cardiaque, l'incapacité chronotrope garde sa valeur pronostique [4]. Dans ce travail, l'incapacité chronotrope était un facteur de risque indépendant des autres facteurs de risque traditionnels. En présence d'une insuffisance coronaire, l'incapacité chronotrope reste un facteur pronostique indépendant de la sévérité de l'atteinte coronaire [5]. Les fumeurs ont aussi plus fréquemment une incapacité chronotrope et celle-ci est associée à une surmortalité [6]. Dans l'insuffisance cardiaque, en présence ou non d'un traitement bêtabloquant, l'incapacité chronotrope est associée à un mauvais pronostic, mais cette valeur pronostique n'est pas indépendante du pic de consommation en oxygène [7].

■ EFFET DE L'INCOMPÉTENCE CHRONOTROPE SUR LA TOLÉRANCE À L'EFFORT

Au-delà de sa valeur pronostique, l'incapacité chronotrope est associée à une diminution de la tolérance à l'effort. Au cours de l'effort, la demande en oxygène par les tissus croît. Pour assurer cette demande supplémentaire, plusieurs mécanismes s'associent. Le débit sanguin est redistribué préférentiellement vers les tissus produisant l'effort, ces tissus augmentent leur taux d'extraction de l'oxygène, et surtout le débit cardiaque augmente. Le débit cardiaque est le produit du volume d'éjection et de la fréquence cardiaque ($DC = VES \times FC$).

Chez un sujet normal, l'effort maximum est produit par une augmentation du volume d'éjection de 150 % par rapport aux valeurs de repos, une augmentation de 300 % de la fréquence cardiaque, et une augmentation de l'extraction d'oxygène de 250 %. Ces modifications permettent une multiplication par 10 du travail par rapport aux valeurs

de repos. La **figure 1** illustre les contributions respectives de la fréquence cardiaque et du volume d'éjection à l'augmentation du débit cardiaque à l'effort. Un point supplémentaire est la rapidité d'adaptation de la fréquence cardiaque à un niveau d'effort donné (**fig. 2**). Chez le sujet normal, cette adaptation de la fréquence cardiaque est obtenue en 60 à 90 secondes. Ces données physiologiques doivent être présentes à l'esprit lorsque l'on va décider de l'implantation d'un stimulateur cardiaque en présence d'une incapacité chronotrope, et lors du réglage de l'asservissement.

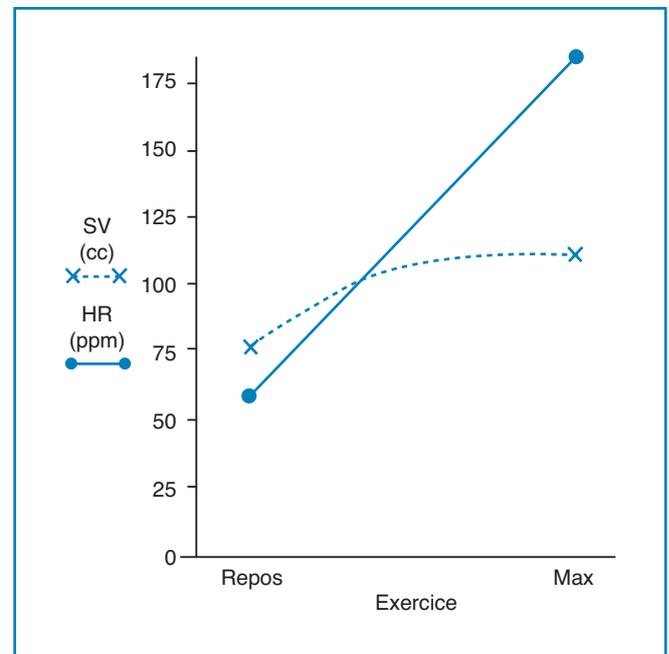


Fig. 1 : Réponse normale du volume d'éjection (SV) et de la fréquence cardiaque (HR) à l'exercice.

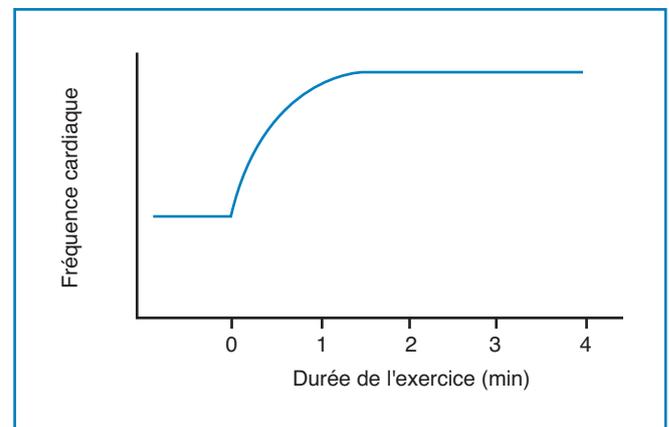


Fig. 2 : Temps nécessaire à l'obtention de l'équilibre de la fréquence cardiaque pour un niveau d'exercice donné.

■ TRAITEMENT DE L'INCOMPÉTENCE CHRONOTROPE

Avant de décider du traitement d'une incompétence chronotrope, il faut en évaluer le retentissement fonctionnel. L'interrogatoire du patient est au premier plan, même si beaucoup minimisent leurs symptômes, ayant progressivement adapté leur activité à leur capacité d'effort. Dans ce cas, objectiver l'incompétence chronotrope au cours d'une épreuve d'effort sur un enregistrement Holter de 24 heures ou dans les mémoires du stimulateur cardiaque permet éventuellement d'envisager un traitement spécifique (fig. 3).

L'incompétence chronotrope est parfois secondaire à un traitement médicamenteux. Si le bêtabloquant, l'inhibiteur

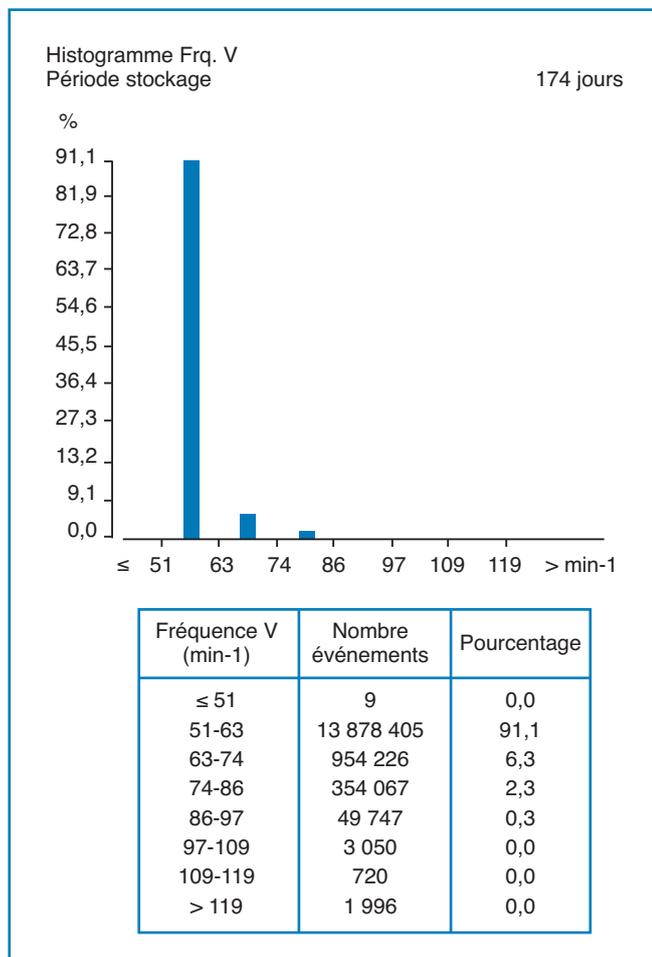


Fig. 3 : Exemple d'incompétence chronotrope chez un patient porteur d'un stimulateur cardiaque qui rapporte des "douleurs dans les jambes" à la marche. Sur cet histogramme de fréquence ventriculaire, la fréquence cardiaque ne dépasse que très rarement 60/min, et n'atteint jamais 100/min. En l'absence de maladie artérielle, ces "douleurs" étaient en fait la traduction d'une incompétence chronotrope, et se sont amendées après la mise en route de l'asservissement.

calcique, le digitalique ou le traitement antiarythmique ne sont pas strictement indispensables, leur posologie sera diminuée ou ils seront remplacés par un autre traitement sans effet sur la fonction chronotrope. Cette attitude est souvent possible dans le traitement d'une hypertension artérielle légère à modérée, plus difficile dans l'hypertension artérielle sévère, l'angor, l'insuffisance cardiaque, ou les troubles du rythme récidivants.

Si une modification de traitement médicamenteux n'est pas possible, le traitement d'une incompétence chronotrope sévère repose sur l'implantation d'un stimulateur cardiaque. Dans les recommandations de l'ACC/AHA/NASPE de 2002 sur les indications d'implantation de stimulateur cardiaque, l'incompétence chronotrope symptomatique est une indication de classe I, mais avec un niveau de preuve C (consensus d'expert) [8]. Si l'incompétence chronotrope s'associe à des épisodes de bradycardie symptomatique, l'indication est relativement facile à poser, et l'incompétence chronotrope n'apparaît pas comme le premier motif d'implantation du stimulateur cardiaque.

En revanche, on discute parfois de l'implantation d'un stimulateur cardiaque pour une incompétence chronotrope isolée, sans bradycardie de repos, ni pauses paroxystiques. Dans notre expérience, cette éventualité est très rare chez les patients en rythme sinusal, sans cardiopathie sous-jacente. Pour retenir cette indication, il faut mettre en balance les risques et complications de la stimulation cardiaque avec l'effet attendu de l'asservissement de la fréquence cardiaque à l'effort. Même si les capteurs d'asservissement et leurs algorithmes de réglage ont fait de gros progrès, ils ne remplacent pas parfaitement une fonction chronotrope normale. Il est ainsi difficile de faire mieux que le nœud sinusal si la fréquence cardiaque s'accélère spontanément au-delà de 100/mn.

Si l'indication d'implantation est retenue, on choisira avec soin le stimulateur cardiaque. Le type de capteur d'asservissement doit être considéré. Pour simplifier, quasiment tous les stimulateurs asservis ont un accéléromètre, sensible aux mouvements et déplacements du patient. Certains stimulateurs ont un second capteur, et il s'agit alors généralement d'un capteur de ventilation, adaptant la fréquence cardiaque à la fréquence respiratoire du patient. Les accéléromètres permettent une augmentation rapide de la fréquence cardiaque, dès le début de l'effort, mais peuvent manquer de spécificité. La combinaison de deux capteurs permettrait une meilleure adaptation à l'effort, en particulier par rapport à l'accéléromètre seul [9]. Au-delà du capteur lui-même, son réglage est essentiel pour

- La mise en évidence d'une incompétence chronotrope au cours d'une épreuve d'effort est associée à un mauvais pronostic.
- La correction d'une incompétence chronotrope peut relever d'une modification du traitement médicamenteux ou de la mise en place d'un stimulateur cardiaque.
- L'ajustement de l'asservissement sur un stimulateur cardiaque reste parfois délicat, mais la gestion des différents capteurs s'améliore progressivement avec les algorithmes développés par les constructeurs.

permettre un bon asservissement à l'effort. Un progrès récent en stimulation cardiaque est l'apparition d'algorithmes qui permettent l'adaptation automatique de l'asservissement au cours du temps, tenant compte de l'activité du patient.

Une question qui se pose fréquemment dans le suivi des patients en consultation est la nécessité ou non de mettre en route l'asservissement. La majorité des stimulateurs cardiaques conservent en mémoire les fréquences cardiaques passées du patient. Si le patient rapporte une dyspnée d'effort et que les mémoires montrent un défaut patent d'accélération de la fréquence cardiaque, l'asservissement doit bien sûr être activé. Les cas discordants sont cependant fréquents, le patient minimisant une dyspnée d'effort alors qu'il existe une incompétence chronotrope complète, ou attribuant à un défaut du stimulateur cardiaque une dyspnée d'autre origine.

En l'absence d'accélération complète de la fréquence cardiaque, même si le patient ne rapporte pas de symptôme, il est parfois bénéfique de mettre en route l'asservissement. Dans ce cas, il faut prendre garde de ne pas provoquer des symptômes nouveaux, comme des palpitations liées à une soudaine accélération de la fréquence cardiaque, parfois inappropriée à des efforts modérés. Parfois, la mise en route de l'asservissement peut déclencher un angor chez les patients âgés ou à risque d'insuffisance coronaire, cette maladie coronaire ayant pu être masquée par l'absence préalable d'accélération de la fréquence cardiaque.

■ CONCLUSION

L'incompétence chronotrope est un marqueur pronostique retrouvé dans de nombreuses études comprenant les diverses populations qu'un cardiologue voit régulièrement. Il est en revanche loin d'être certain que la correction de l'incompétence chronotrope permette une amélioration du pronostic vital du patient. Certains cas relèvent de la stimulation cardiaque, parfois pour l'incompétence chronotrope elle-même, mais plus souvent chez un patient déjà porteur d'un stimulateur cardiaque ou d'un défibrillateur se pose la question de la mise en route de l'asservissement et de son réglage. Dans ce cadre, c'est l'amélioration fonctionnelle qui est recherchée, l'amélioration du pronostic vital étant purement spéculative, voire douteuse. ■

Bibliographie

1. ELLESTAD MH, WAN MK. Predictive implications of stress testing: follow-up of 2700 subjects after maximal treadmill stress testing. *Circulation*, 1975; 21: 363-9.
2. LAUER MS, OKIN PM, LARSON MG, EVANS JC, LEVY D. Impaired heart rate response to graded exercise. Prognostic implications of chronotropic incompetence in the Framingham heart study. *Circulation*, 1996; 93: 1520-6.
3. JOUVEN X, EMPANA JP, SCHWARTZ PJ, DESNOS M, COURBON D, DUCIMENTIERE P. Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. *N Engl J Med*, 2005; 352: 1951-8.
4. KHAN MN, POTHIER CE, LAUER MS. Chronotropic incompetence as a predictor of death among patients with normal electrograms taking betablockers (metoprolol or atenolol). *Am J Cardiol*, 2005; 96: 1328-33.
5. DRESING TJ, BLACKSTONE EH, PASHKOW FJ, SNADER CE, MARWICK TH, LAUER MS. Usefulness of impaired chronotropic response to exercise as a predictor of mortality, independent of the severity of coronary artery disease. *Am J Cardiol*, 2000; 86: 602-9.
6. SRIVASTAVA R, BLACKSTONE EH, LAUER MS. Association of smoking with abnormal exercise heart rate responses and long-term prognosis in a healthy, population-based cohort. *Am J Med*, 2000; 109: 20-6.
7. WITTE KK, CLELAND JG, CLARK AL. Chronic heart failure, chronotropic incompetence, and the effects of beta blockade. *Heart*, 2006; 92: 481-6.
8. GREGORATOS G, ABRAMS J, EPSTEIN AE, FREEDMAN RA, HAYES DL, HLATKY MA, KERBER RE, NACCARELLI GV, SCHOENFELD MH, SILKA MJ, WINTERS SL. ACC/AHA/NASPE 2002 guideline update for implantation of cardiac pacemakers and antiarrhythmia devices: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (ACC/AHA/NASPE Committee on Pacemaker Implantation). *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2002; 13: 1183-99.
9. LASCAULT G, PANSARD Y, SCHOLL JM, ABRAHAM P, DUPUIS JM, VICTOR J, COPIE X, ALONSO C, SARRAZIN E. Dual chamber rate responsive pacing and chronotropic insufficiency. Comparison of double and respiratory sensors. *Arch Mal Cœur*, 2001; 94: 190-5.