



H. HOOREMAN¹, D. PINHAS²
 Service de Cardiologie, CH, ARGENTEUIL¹.
 Service de Cardiologie, Hôpital Simone Veil, EAUBONNE².

Cinq tests d'effort au banc d'essai

ou comment choisir entre thallium d'effort, écho d'effort, VO₂ max, test de marche 6 minutes et épreuve d'effort standard?

Malgré son caractère volontiers schématique, caricatural, voire provocateur, un essai comparatif des différentes modalités des tests d'effort nous a paru utile à plusieurs points de vue :

- les cinq méthodes utilisables arrivent quasiment à maturité, avec une large avance pour l'épreuve d'effort standard et encore quelques zones d'ombre pour l'échographie d'effort, notamment en matière de valvulopathies,
- les tutelles et/ou responsables administratifs incitent de plus en plus le cardiologue clinicien à privilégier le meilleur rapport "coût-efficacité" dans le choix des différentes méthodes d'explorations, dans une démarche diagnostique de "bon père de famille", évitant notamment les doublons et les examens non consensuels,
- la tendance générale à la rapidité du diagnostic et de la sanction thérapeutique, y compris chirurgicale, ne permet pas toujours de présenter au patient un arbre décisionnel du type binaire: symptomatique ou non, si oui tel examen, sinon tel autre, etc. L'exemple caricatural est celui de l'insuffisance coronaire qui peut comporter de nombreuses étapes après la douleur thoracique initiale: consultation du généraliste, puis du cardiologue, ECG de repos, puis éventuellement d'effort, parfois suivi d'une scintigraphie, voire d'une coronarographie si le doute persiste...

On conçoit aisément que l'avenir, et notamment la Tarification A l'Activité (T2A), rendra presque obligatoire la demande immédiate de l'examen le plus pertinent pour parvenir au plus vite au diagnostic final, à la sortie du patient, et donc à l'accueil d'un autre... Le système de cotation par + dans le **tableau I** est certainement critiquable, voire arbitraire, mais il nous a paru refléter notre pratique quotidienne.

Globalement, le choix de la meilleure exploration d'effort à proposer à tel patient particulier s'effectuera à partir :

- de la question posée : diagnostic ou suivi de la maladie coronaire ou de l'insuffisance cardiaque, suspicion de problème rythmologique,
- des disponibilités locales en matériel comme en personnel (préférence d'une interprétation couplée cardiologique et pneumologique pour la VO₂),
- du degré d'urgence à résoudre le problème,
- des pathologies associées : existence d'une fenêtre ultrasonore correcte, pathologie orthopédique associée, risque d'attaque de panique (VO₂), risque important de faux positif de l'épreuve d'effort standard (hypertendu, porteur de prolapsus mitral, troubles de repolarisation présents au repos, troubles métaboliques ou médicamenteux...) ou ECG de base non ou mal interprétable : BBG, présence d'un PM, troubles de repolarisation "féminins" ou ethniques,
- dans une certaine mesure, du choix du patient avec de toute façon comme point commun à toutes les méthodes la nécessité de consentement éclairé.

■ DANS L'INSUFFISANCE CORONAIRE

L'épreuve d'effort standard a l'immense mérite de son ancienneté, d'une méthodologie bien standardisée et de sa facilité d'accès. Néanmoins, même en utilisant tous les critères "secondaires" habituels (apparition d'hémibloc ou de bloc de branche, disparition de l'onde q, test refait sous trinitrine, profil tensionnel en récupération, incompetence chronotrope...), il arrive que le meilleur opérateur soit obligé de confirmer son diagnostic, dans un sens ou dans l'autre, en recourant à une imagerie par scintigraphie ou échographie.

Le coût additionnel ne permet pas d'aller **d'emblée à l'imagerie systématique couplée**. Ainsi, en fonction de la popu-

► Epreuves d'effort

	Thallium d'effort	Echographie d'effort	VO ₂ max	Test de marche 6 minutes (TM6)	Epreuve d'effort "standard"
Valeur dans l'insuffisance coronaire	Robuste +++	Robuste +++	+	± (angor?)	Solide ++
Valeur dans l'insuffisance cardiaque	+	++	+++ (diagnostic)	++ (suivi)	++
Valvulopathie	±	++ à +++	++	±	++ (RAO)
Valeur en rythmologie	±	±	±	-	+++
Valeur dans l'HTA	+ (faux + de l'EE standard)	+ (faux + de l'EE standard)	±	±	++ (profils tensionnels)
Accessibilité	+	+	+	++	++
"Notre avis"	Excellent dans l'insuffisance coronaire; intérêt majeur si risque important de faux + de l'EE standard; coût élevé; possibilité de sensibiliser un test sous-maximal par un couplage à la Persantine.	Excellent dans l'insuffisance coronaire et dans les valvulopathies; coût raisonnable, mais opérateur dépendant et courbe d'apprentissage; intérêt si risque important de faux positif de l'EE standard; possibilité d'utiliser un effort "virtuel" (écho-dobu...).	Valeur particulière dans les pathologies intriquées cardiopneumologiques et en réadaptation; contraintes techniques; courbe d'apprentissage.	Valeur particulière en réadaptation, coût quasi nul; possibilité de délégation de tâche à un personnel formé.	Excellent rapport "qualité-prix" pour les différentes rubriques testées; valeur particulière en rythmologie.

Tableau I: Avantages et inconvénients des différents tests.

lation concernée et de la prévalence supposée de la maladie coronaire (si c'est un test diagnostique), on pourra privilégier l'épreuve d'effort "simple" chez le patient au-delà de 40 ou 45 ans, candidat sportif par exemple et porteur de faibles facteurs de risque; le "rendement" de l'examen sera ici largement suffisant.

On mettra à part le cas exceptionnel du dépistage d'un éventuel trajet coronarien anormal chez un très jeune sportif ayant fait un malaise ou une douleur suspecte pendant l'effort, la mise en évidence de la malformation relève davantage de l'échographie au repos (tronc coronaire anormal?) ou du scanner coronarien, en sachant que la découverte est en fait plutôt rétrospective, après un accident passé inaperçu.

Inversement, chez un diabétique de 60 ans, par exemple candidat potentiel à une chirurgie non cardiaque programmée "suffisamment lourde", on aura certainement tout intérêt à privilégier d'emblée **une imagerie par thallium ou écho d'effort** qui renseignera de plus sur la localisation et le carac-

tère "parlant ou non parlant" de sténoses coronaires que l'on a de toute façon de fortes chances de devoir constater si ce n'est dilater, voire pointer, préalablement au geste envisagé... Il en est de même **pour le premier "état des lieux" au décours d'angioplasties et pontages** du fait de la valeur localisatrice ajoutée des imageries.

Dans cette optique d'imagerie couplée à l'épreuve d'effort, l'échographie et le thallium ont sans doute une sensibilité et une spécificité assez proches, respectivement 75 et 90 %, en tout cas meilleures que celles de l'épreuve d'effort standard. Ce dernier point est très important car un test négatif en échographie comme en scintigraphie permet **réellement** de se rassurer sur le très faible risque d'événement sérieux dans l'avenir. Ce sont finalement des critères d'échogénicité et d'accessibilité qui décideront de la méthode d'imagerie à utiliser, mais, au risque de se répéter, essentiellement :

- si la prévalence de la maladie coronaire est élevée, d'une part,
- ou si, d'autre part, on exige une réponse la plus formelle possible, alors même que l'on a de fortes chances de constater en épreuve d'effort standard un faux positif ou un test sous-maximal

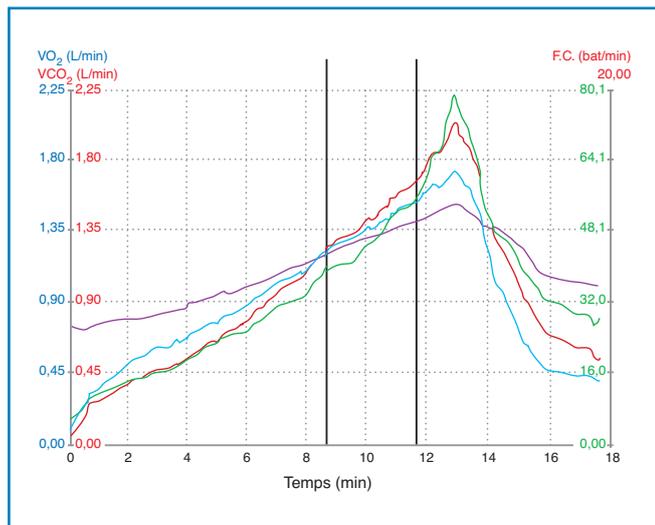


Fig 1 : Diagramme de VO₂, candidat sportif tout-venant. Les deux lignes verticales figurent les seuils ventilatoires 1 et 2, la FC idéale d'entraînement se situe entre les deux.

ou non interprétable, etc. C'est notamment le cas des patientes suspectes d'insuffisance coronaire, en surpoids, diabétiques, fumeuses ou ex-fumeuses, ou peu capables d'effort; elles sont nombreuses... et de plus en plus souvent coronariennes !

Si l'on s'attarde sur le point précis du risque de test sous-maximal, dont on va tenter d'améliorer la rentabilité avec une imagerie échographique ou scintigraphique, le match "ultrasons contre isotopes" doit également tenir compte, pour rester impartial :

- de la possibilité d'un effort "virtuel" en écho, sous la forme de **l'échographie-dobutamine**, avec cette fois une fréquence maximale possible,
 - d'une sensibilisation de l'effort par la **Persantine**, lors de la scintigraphie,
- mais l'on déborde alors du cadre strict du banc d'essai des différentes méthodes d'exploration d'effort.

Si le motif de la demande de test d'effort comporte également d'éventuels conseils d'entraînement et beaucoup moins une réponse coronaire formelle du fait d'une faible prévalence, une VO₂ d'emblée fournira une fréquence cardiaque idéale d'entraînement, contemporaine du seuil ventilatoire (**fig. 1**).

La remarque est valable pour le premier test d'effort effectué lors d'un séjour en centre de réadaptation.

En dehors de cas particulier de la réadaptation, la VO₂ max et le TM 6 minutes n'ont pas d'intérêt **diagnostique** ici, sauf insuffisance cardiaque associée.

■ DANS L'INSUFFISANCE CARDIAQUE ET LES VALVULOPATHIES

L'épreuve d'effort simple nous a depuis longtemps appris que la dysfonction systolique du VG pouvait déjà se manifester par une faible montée tensionnelle, une faible performance, une récupération longue, etc., mais c'est bien entendu la VO₂ max qui trouve là sa place de choix : plafonnement rapide du pouls d'oxygène, larges oscillations de la VO₂, évolution de l'équivalent pour le CO₂, temps de demi-décroissance de la VO₂ en récupération. C'est également le seul moyen d'identifier le seuil ventilatoire, la part pneumologique associée éventuelle, et de définir précisément un programme de réadaptation.

La valeur pronostique de la mesure de la VO₂ est établie dans l'insuffisance cardiaque, avec un risque très élevé en dessous du seuil de 10 mL/kg/mn. Son accessibilité est parfois médiocre et elle nécessite des contrôles réguliers de qualité et de calibration. De ce fait, on peut lui préférer, pour le suivi de l'insuffisance cardiaque, le test de marche 6 mn. Les Centres de Réadaptation et les Unités de prise en charge de l'insuffisance cardiaque y ont largement recours, pour d'évidentes raisons de coût quasi nul et de possibilité de délégation à du personnel qualifié (kinésithérapeutes). Il en a été de même dans les études initiales d'évaluation de la resynchronisation par la stimulation biventriculaire, où le périmètre de marche au TM 6 minutes faisait partie des critères étudiés.

En matière de dysfonction systolique du VG, on mettra tout de même au crédit du thallium d'effort, outre la diminution de la FEVG à l'effort, la mise en évidence de la **dilatation du VG et l'augmentation du bruit de fond pulmonaire**.

L'échographie a déjà fourni, au repos, à peu près tous les éléments permettant d'identifier la nature et le degré de l'insuffisance cardiaque. L'apport additionnel de l'exploration échographique d'effort est certain, mais reste devoir faire l'objet de recommandations précises, en matière de valvulopathie notamment. L'insuffisance mitrale organique peut justifier une échographie **d'effort** (*tolérance fonctionnelle réelle ? HTAP d'effort ?*). Il en est de même pour l'insuffisance mitrale fonctionnelle des cardiopathies ischémiques : dans ce domaine, **une augmentation du volume de régurgitation mitrale fonctionnelle à l'effort** pourrait isoler un sous-groupe de patients à haut risque (Piérard). Plus généralement, l'échographie d'effort pourrait trouver une place de choix en matière de discordance entre une valvulopathie jugée peu sévère au repos et un patient particulièrement symptomatique, ou à l'inverse chez un patient "asymptomatique", dont les mesures échogra-

- Dyspnée, angor, syncope, lipothymie.
- Augmentation de PAS < 20 mmHg à l'effort, stagnation ou chute PAS.
- Niveau d'effort < 80 % de la valeur attendue en fonction de l'âge et du sexe.
- Sous-décalage de ST > 2 mm sans explication coronaire associée.
- Arythmie ventriculaire sévère.

Tableau II : Epreuve d'effort et rétrécissement aortique. Critères de positivité.

phiques de repos sont alarmantes (rétrécissement mitral ++). On rappelle pour mémoire l'intérêt de l'épreuve d'effort "simple" dans le cas très particulier du rétrécissement aortique asymptomatique mais serré, avec des indications reconnues, mais dans des conditions de surveillance, en particulier tensionnelle, renforcées ; des critères de positivité non explicable par des lésions coronaires associées feront partie de la discussion de l'indication opératoire (tableau II).

La valeur ajoutée de l'échographie d'effort par rapport au test d'effort "simple" en matière de RAO serré asymptomatique reste, à notre connaissance, à devoir être précisée. Le RAO en bas débit a fait l'objet de nombreux travaux étudiant l'échographie sous dobutamine (existence d'une réserve contractile ?), mais pas l'échographie d'effort.

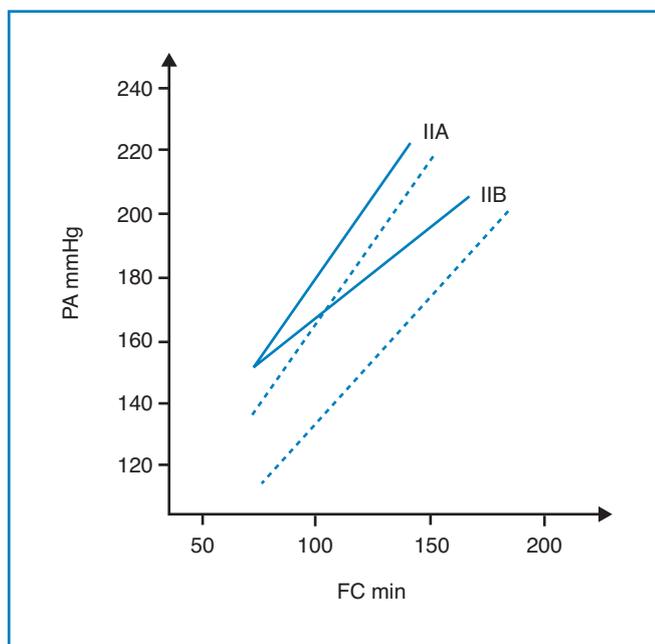


Fig. 2 : Profils tensionnels d'effort : HTA de repos et d'effort (II A) et HTA de repos normalisée à l'effort (II B), d'après Mallion et al.

■ DANS L'HYPERTENSION ARTERIELLE

On connaît la description classique faite par les équipes bordelaises et grenobloises des différents profils tensionnels d'effort, des valeurs de référence selon l'âge et le sexe, ainsi que la bonne reproductibilité des mesures à court et à long terme. L'épreuve d'effort standard trouve là une de ses indications "historiques" mais toujours d'actualité, notamment chez les sujets soumis au quotidien à des contraintes physiques importantes, professionnelles ou de loisir.

L'examen peut aider à la prise de décision, médicamenteuse (HTA de repos et d'effort) ou non (HTA de repos normalisée à l'effort) (fig. 2).

De ce point de vue, une imagerie par scintigraphie ou échographie d'effort n'apporte pas d'informations supplémentaires, sous réserve toutefois de la possibilité, grâce à l'imagerie, d'innocenter d'éventuels faux positifs de l'épreuve d'effort standard, fréquemment attribués à une HVG post-hypertensive. VO₂ max et TM 6 n'ont ici pas d'indication privilégiée.

■ EN RYTHMOLOGIE

Ici encore, l'épreuve d'effort standard reste l'examen de base, avec un opérateur qui ne sera pas "intellectuellement occupé" au déchiffrement d'un deuxième écran consacré à la VO₂ ou à l'échographie par exemple. Chacun se souvient de la qualité irréprochable du tracé ECG réclamée par nos anciens, avant l'ère de l'informatisation systématique. C'était, et c'est encore toujours nécessaire pour bien dégager les ondes P, mesurer un couplage d'ESV, identifier les troubles conductifs d'effort et notamment les hémiblocs, mesurer précisément la largeur des QRS, reconnaître un fonctionnement normal en Wenckebach d'un pace maker au-delà de sa FC max, quantifier une insuffisance chronotrope et constater la disparition brutale d'une onde delta de préexcitation (fig. 3 a, b, et c).

Dans le cas très particulier des défibrillateurs implantables, il est possible dans l'avenir que l'épreuve d'effort joue un rôle (à définir...) par le biais de la recherche de la **microalter-nance de l'onde T** à l'effort sous maximal, si le coût du matériel devient plus raisonnable.

Le TM 6 minutes est ici "hors sujet". Le thallium et l'échographie d'effort n'ont pas d'autre mérite que de rattacher – éventuellement – des troubles conductifs ou rythmiques à une cardiopathie notamment ischémique.

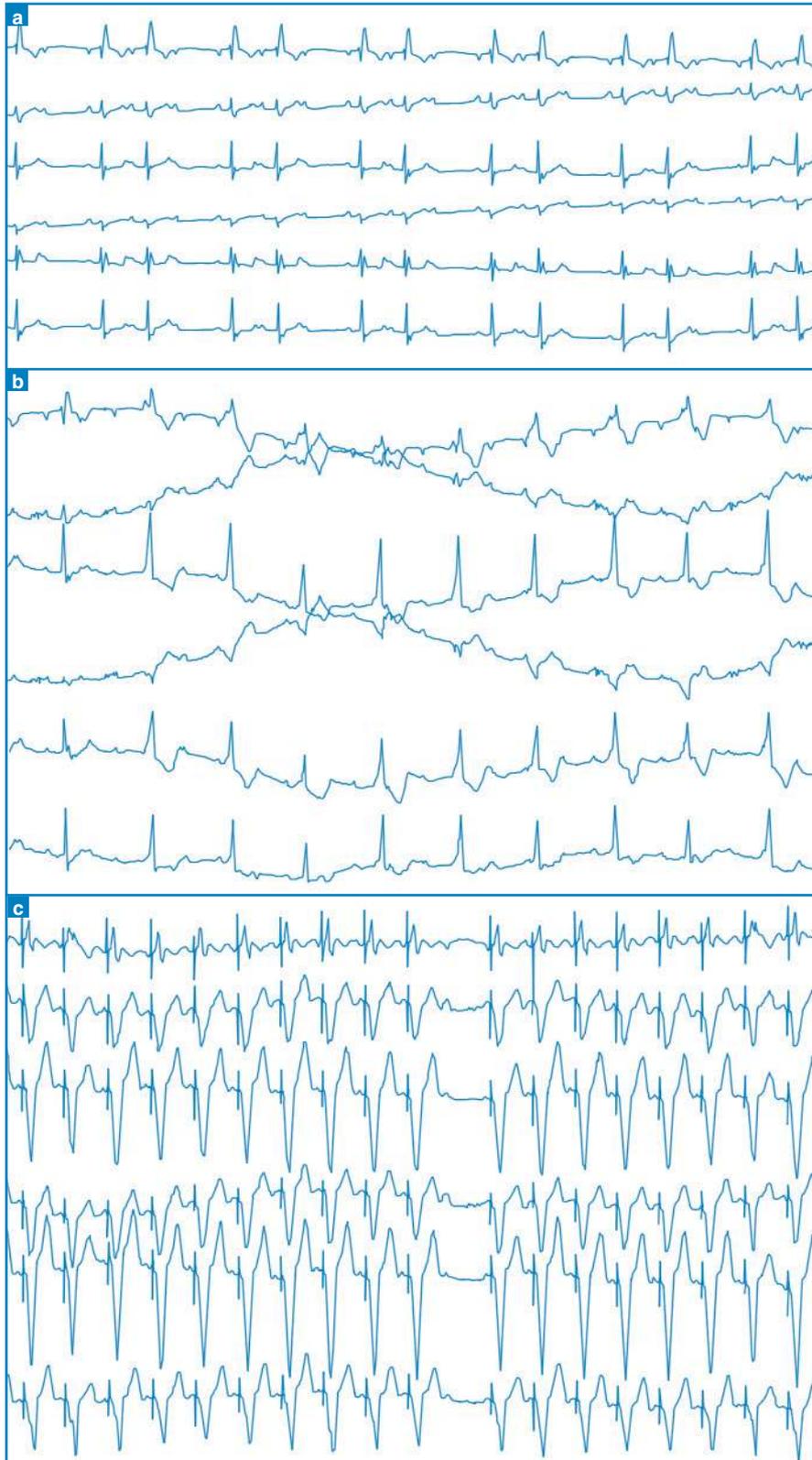


Fig 3 : Exemple de l'intérêt rythmologique de l'épreuve d'effort standard. Patient exploré pour dyspnée d'effort. **3a :** tracé de repos, bloc AV d'allure nodale; **3b :** à l'effort, bloc de haut degré. **3c :** après PM, fonctionnement en Wenckebach.

■ QUELQUES SITUATIONS PARTICULIÈRES

>>> **Le bloc de branche gauche :** thallium et surtout échographie d'effort conservent une bonne valeur diagnostique pour l'insuffisance coronaire associée. L'épreuve d'effort standard pourrait garder sa place si l'on recherche particulièrement un éventuel bloc de plus haut degré paroxystique non identifié par ailleurs...

>>> **L'entraînement électrosystolique :** mêmes remarques en ce qui concerne l'insuffisance coronaire, préférence au thallium ou à l'échographie d'effort. Sur l'aspect proprement rythmologique (défauts de détection ou de stimulation...), l'épreuve d'effort standard garde bien évidemment sa place.

>>> **La fibrillation auriculaire :** valeur préférentielle du thallium pour le diagnostic de l'insuffisance coronaire, l'épreuve d'effort simple suffit si l'on veut simplement évaluer la qualité du contrôle de la fréquence ventriculaire à l'effort ou rechercher d'autres troubles du rythme, ou encore confirmer la sollicitation permanente – donc l'efficacité – d'une stimulation biventriculaire coiffant une FA suffisamment ralentie.

On le voit, les différentes méthodes d'exploration cardiologiques d'effort, loin d'être exclusives les unes par rapport aux autres, sont le plus souvent parfaitement complémentaires, et le choix dépend finalement de la question précise posée, en sachant que les cas "frontières" sont légion. A titre d'exemple, un coronarien connu à FE altérée porteur d'une stimulation biventriculaire se plaint d'une tolérance à l'effort qui se dégrade : s'agit-il d'une évolutivité ischémique, d'un problème

