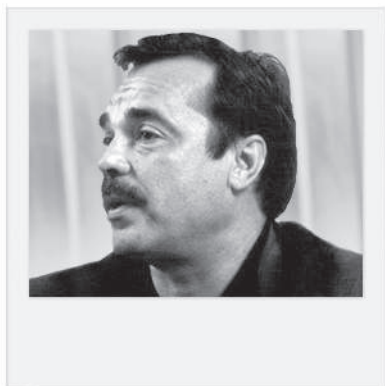


## REPÈRES PRATIQUES

### Exploration

# Peut-on interpréter un test d'effort sous-maximal ?



→ D.M. MARCADET  
Clinique Turin, PARIS.

**L**a première question qu'il faut se poser devant un test d'effort "sous-maximal", c'est de savoir s'il est vraiment sous-maximal. On parlera de test sous-maximal lorsque l'effort a été interrompu précocement soit par l'opérateur soit par manque de motivation du sujet et non pas en raison de signes cliniques ou ECG imposant l'arrêt.

Le test d'effort doit être maximal ou limité par les symptômes pour pouvoir être interprétable. Depuis quelques années, de nombreuses publications ont attiré l'attention sur le profil fréquentiel à l'effort et notamment sur l'existence d'une insuffisance chronotrope pouvant être à la fois un signe parfaitement corrélé avec la présence de lésions coronaires significatives mais aussi comme facteur pronostique d'événements cardiaques.

Il est donc important de savoir, lorsque la fréquence maximale théorique (FMT) n'a pas été atteinte, s'il s'agit d'une insuffisance chronotrope ou d'un test sous-maximal.

### La fréquence maximale théorique (FMT) atteinte

La plupart du temps, l'opérateur considère que le test est sous-maximal lorsque la fréquence cardiaque atteinte au maximum de l'effort ne dépasse pas 85 % de la FMT cal-

culée suivant la formule d'Astrand :  $220 - \text{âge}$  [1]. Cette formule est cependant critiquée et certains auteurs comme Tanaka [2] ont proposé une autre formule plus adaptée pour nos patients :  $208 - [0,7 \times \text{âge}]$ . Brawner [3] propose, pour les patients cardiaques, notamment ceux traités par bêtabloquants :  $164 - [0,7 \times \text{âge}]$ . Enfin, Gulati [4] a proposé une formule pour les femmes :  $206 - [0,88 \times \text{âge}]$  (**tableau I**).

Lorsque la FMT est atteinte, il faut apprécier si la puissance atteinte correspond à celle attendue et observer chez le sujet des signes de fatigue ou d'intolérance. En effet, une fréquence cardiaque inférieure à 85 % de la FMT peut correspondre soit à un effort sous-maximal soit à une insuffisance chronotrope lorsque notamment la puissance prédite a été atteinte.

**Pour savoir si un effort est maximal, on doit se baser sur plusieurs critères et non pas uniquement sur la fréquence cardiaque atteinte !**

Astrand	$220 - \text{âge}$
Tanaka	$208 - (0,7 \times \text{âge})$
Brawner	$164 - (0,7 \times \text{âge})$
Gulati (femmes)	$206 - (0,88 \times \text{âge})$

**TABLEAU I :** Calcul de la FMT suivant les formules de différents auteurs.

### La puissance atteinte au cours de l'exercice

C'est le reflet de l'état du sujet et de l'existence ou non d'une pathologie sous-jacente. La puissance prédite est souvent indiquée par la machine d'épreuve d'effort elle-même (il faudra dans ce cas vérifier le type de formule utilisé). On la détermine à partir de données cliniques tenant compte de l'âge, du sexe, de la taille, du poids et du niveau de pratique sportive. Il existe plusieurs formules qui, toutes, partent d'une évaluation de la dépense énergétique exprimée en METs (un MET représente la consomma-

Age	Homme	Femme
20-29	12	10
30-39	12	10
40-49	11	9
50-59	10	8
60-69	9	8
70-79	8	8

**TABLEAU II :** METs attendus en fonction de l'âge (d'après GF. Fletcher) : (1 MET = 3,5 mL/min/kg d'O<sub>2</sub>).

tion d'oxygène au repos, soit 3,5 mL/min/kg), comme par exemple celle de Fletcher (**tableau II**) [5].

En dehors d'une mesure directe de la consommation d'oxygène, on peut évaluer les METs réalisés à partir de la formule suivante : METs = watts x 0,079, pour un test effectué sur vélo et METs = (Vitesse\* x [0,1 + (pente x 1,8)] + 3,5)/3,5 pour un test effectué sur tapis roulant (**tableau III**).

Par exemple, à vélo, un homme de 60 ans qui effectue un test de 120 watts a développé 120 x 0,079, soit **9,48 METs**. Cet effort correspond au METs attendus en fonction de l'âge (**tableau II**), on peut donc estimer qu'il est proche de la puissance maximale. Bien entendu, il faudra tenir compte de son entraînement physique qui, s'il est soutenu, va lui permettre d'avoir une capacité plus grande. Il faudra évaluer, par interrogatoire, en appréciant le type d'activité physique, le degré de sédentarité du sujet (**tableau IV**).

Rappelons ici l'importance d'utiliser un **protocole d'effort** adapté (de préférence avec une progression de la charge linéaire, en rampe) pour pouvoir obtenir une puissance maximale. On s'aidera, par exemple, du normogramme et du questionnaire d'activité établi par Myers (**fig. 1, tableau IV**) [6] pour choisir le protocole à utiliser.

Beaucoup de tests sous-maximaux non interprétables le sont en fait en raison de l'utilisation d'un mauvais protocole d'effort. La plupart du temps, les opérateurs utilisent

Vélo	Tapis roulant
METs = Watts x 0,079	$METs = \frac{Vitesse * x [0,1 + (pente \times 1,8)] + 3,5}{3,5}$
1 litre d'O <sub>2</sub> = 5,05 kcal/min	
1 watt = 0,014 kcal	

**TABLEAU III :** Calcul des METs sur vélo et sur tapis.

- 1 MET :** manger, s'habiller, travailler à un bureau.
- 2 METs :** prendre une douche, faire ses courses, cuisiner, descendre 8 marches.
- 3 METs :** marcher lentement 100 à 200 m sur un terrain plat. Travaux modérés dans la maison, comme passer l'aspirateur, balayer le sol, porter ses courses.
- 4 METs :** travaux légers, peindre, passer une tondeuse motorisée.
- 5 METs :** marcher vigoureusement, danser, laver une voiture.
- 6 METs :** jouer 9 trous de golf en portant son sac, pousser une tondeuse non motorisée.
- 7 METs :** porter 30 kg, travaux d'extérieurs, creuser, bêcher, marcher en montée.
- 8 METs :** porter ses courses dans un escalier, déplacer un poids lourd, courir lentement sur un terrain plat, gravir les escaliers rapidement.
- 9 METs :** faire du vélo à allure modérée, scier du bois, sauter à la corde lentement.
- 10 METs :** Nager rapidement, faire du vélo en montée, courir à 10 km/h.
- 11 METs :** porter un poids lourd (comme un enfant) plus de 2 étages. Faire du ski de fond ou du vélo rapidement de manière soutenue.
- 12 METs :** courir rapidement de manière soutenue à plus de 12 km/h.
- 13 METs :** toute activité compétitive, incluant celles qui comprennent des sprints intermittents, course à pied ou aviron en compétition, randonnée à vélo.

**TABLEAU IV :** D'après le "Veterans Specific Activity Questionnaire".

le protocole qui a été programmé dans "la machine" : soit le protocole de Bruce sur tapis roulant soit 30 watts d'augmentation toutes les 2 ou 3 minutes sur bicyclette ergométrique. Il est actuellement recommandé d'utiliser des protocoles rampe, avec une progression linéaire (ou toutes les minutes) de la charge en commençant à 20 % de la charge prédite avec un incrément de 10 %/minute. Prenons par exemple une femme sédentaire de 75 ans et un homme actif de 50 ans. Pour la première, suivant le normogramme proposé par Myers, on attend 5 ou 6 METs, soit 60 à 75 watts ; et pour l'homme 11 à 12 METs, soit 140 à 150 watts. Pour les deux sujets, le protocole 30 watts ne sera pas adapté : un incrément de 15 watts/min pour l'homme et de 5 ou 10 watts/min pour la femme permettront d'obtenir un test maximal plus facilement en une dizaine de minutes.

## Quels sont les signes d'un effort maximal ?

Il existe à l'évidence une difficulté à maintenir l'effort demandé. Le sujet ne peut pas maintenir la vitesse de marche sur le tapis roulant ou la vitesse de pédalage sur le vélo, qui devient inférieure à 40 tours par minute. Il peut apparaître des mouvements ataxiques avec risque de chute sur le tapis. La plupart des ergomètres étant asservis, il est nécessaire de maintenir une vitesse de pédalage rapide lorsque la charge augmente.

## REPÈRES PRATIQUES

### Exploration

En dehors de la difficulté musculaire à maintenir l'effort (et cela peut être en rapport avec une pathologie musculo-tendineuse ou articulaire), il faut rechercher une hyperventilation. Dans les cas où une mesure des gaz expirés a été réalisée pendant le test d'effort, un quotient respiratoire ( $VO_2/VCO_2$ ) supérieur à 1,1 traduit un effort maximal.

Le test sera donc sous-maximal s'il n'apparaît aucun des 3 critères suivants : FMT non atteinte, puissance prédite non atteinte et pas de signe clinique évident d'effort maximum. Dans ce cas, bien entendu, le test ne sera pas interprétable. Si, en revanche, on constate que l'effort prédit a été atteint, qu'il existe des signes d'effort maximal comme décrits plus haut et que la FMT n'est pas atteinte, on parlera alors d'insuffisance chronotrope.

L'insuffisance chronotrope est fréquente. Elle est souvent responsable de l'intolérance à l'exercice et représente un facteur pronostique indépendant d'événement cardiaque et de mortalité [8]. Elle est présente dans un tiers des cas d'insuffisances cardiaques expliquant les symptômes et la diminution de la qualité de vie de ces patients. Il est donc important d'en faire le diagnostic et de rechercher l'étiologie pour proposer un traitement adapté : insuffisance coronarienne. **On parlera d'insuffisance chronotrope lorsque la FC atteinte est < 85 % de la FMT calculée suivant la formule d'Astrand ou mieux suivant celle de Tanaka. Pour plus de précision, on calculera l'augmentation de la fréquence cardiaque de réserve (FC maximale-FC de repos). Une augmentation inférieure à 80 % de la réserve signe l'insuffisance chronotrope.** Chez les patients traités par des médicaments ralentisseurs, on utilisera la formule de Brawner.

Wilkoff [7] a proposé une formule pour établir le diagnostic d'insuffisance chronotrope même lorsque le test d'effort est sous-maximal. Cette formule permet de calculer la fréquence cardiaque théorique en fonction de la consommation d'oxygène et de la puissance développée :

**FC palier = (220 - âge - FC repos) (((METs palier - 1)/(METs pic - 1))) + FC repos.**

On ne pourra utiliser cette formule que lorsque le test aura été couplé à une mesure directe de la consommation d'oxygène. Il existe une insuffisance chronotrope lorsque la FC du palier est inférieure à 80 % de la FC attendue.

### Conclusion

Un test d'effort sous-maximal n'est pas interprétable lorsqu'aucun symptôme ou signe ECG n'est apparu. Mais,

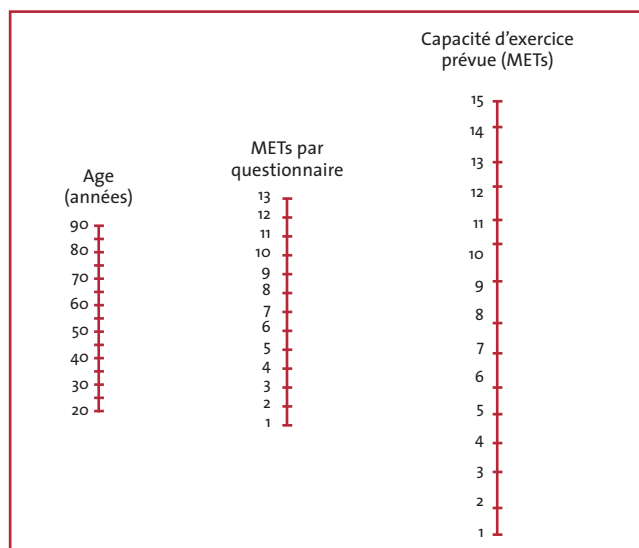


FIG. 1 : Nomogramme proposé par Myers pour déterminer les METs théorique en fonction de l'âge et d'un questionnaire d'activité.

avant de conclure que le test est effectivement sous-maximal, il faut s'assurer que le protocole d'effort utilisé a été bien adapté au sujet et qu'il n'existe pas une insuffisance chronotrope pouvant expliquer les symptômes d'intolérance à l'effort et dont l'étiologie devra être recherchée pour pouvoir adapter le traitement : stimulation cardiaque, modification des traitements d'une insuffisance coronarienne ou cardiaque et réentraînement à l'effort.

### Bibliographie

1. ASTRAND PO. Physical performance as a function of age. *JAMA*, 1968.
2. TANAKA H, MONAHAN KD, SEALS DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol*, 2001 ; 37 : 153-156.
3. BRAWNER CA, EHRMAN JK, SCHAIRER JR *et al.* Predicting maximum heart rate among patients with coronary heart disease receiving beta-adrenergic blockade therapy. *Am Heart J*, 2004 ; 148 : 910.
4. GULATI M, SHAW LJ, THISTED RA *et al.* Heart rate response to exercise stress testing in asymptomatic women: the St. James Women Take Heart Project. *Circulation*, 2010 ; 122 : 130-137.
5. FLETCHER GF *et al.* Exercise Standards for Testing and Training A Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association. *Circulation*, 2001 ; 104 : 1694-1740.
6. MYERS J, DO D, HERBERT W *et al.* A nomogram to predict exercise capacity from a specific activity questionnaire and clinical data. *Am J Cardiol*, 1994 ; 73 : 591-596.
7. WILKOFF BL, MILLER RE. Exercise testing for chronotropic assessment. *Cardiol Clin*, 1992 ; 10 : 705-717.
8. BRUBAKER PH, KITZMAN DW. Chronotropic Incompetence: Causes, Consequences, and Management. *Circulation*, 2011 ; 123 : 1010-1020.

L'auteur a déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.