



M. COURNOT
Centre Hospitalier du Val d'Ariège,
Foix et INSERM U558, TOULOUSE.

Valeur pronostique de la capacité à l'effort

Différents paramètres permettant d'évaluer la capacité à l'effort ont prouvé leur intérêt pronostique chez le sujet asymptomatique.

Au-delà de l'évaluation du niveau global d'exercice physique, utile mais délicat en pratique clinique, la majorité des informations proviennent de l'épreuve d'effort.

La capacité fonctionnelle peut être évaluée par la symptomatologie fonctionnelle au cours de l'examen, la durée de l'exercice lors d'un protocole standardisé ou l'intensité de l'activité mesurée en METs au cours d'une épreuve sur tapis roulant.

La fonction chronotrope et la balance sympathique/parasympathique peuvent être évaluées simplement par la capacité à atteindre 85 % de la FMT, l'augmentation de la fréquence cardiaque à l'effort et la récupération (qui doit être supérieure à 12 bpm en 1 minute ou 42 bpm en 2 minutes).

Ces critères apportent des informations supplémentaires sur le risque d'événement ou de décès coronaire par rapport à une évaluation basée sur les facteurs de risque classiques et les modifications du segment ST à l'effort chez l'homme et chez la femme.

Si la capacité à l'effort doit être évaluée lors de toute épreuve d'effort, les implications thérapeutiques chez le sujet sain ne sont pas encore déterminées.

Deux approches sont utilisées dans la prévention primaire de la maladie coronaire. La première repose sur le dépistage et le traitement des facteurs de risque modifiables. Cette approche peut également comprendre l'évaluation explicite du risque absolu du patient par des équations de risque issues des études de cohorte (Framingham, SCORE). La seconde stratégie implique la réalisation d'explorations complémentaires qui, au-delà de l'évaluation des facteurs de risque majeurs, pourraient fournir une information supplémentaire sur le risque. Parmi celles-ci, l'évaluation de la capacité à l'effort apporte des renseignements pronostiques précieux et a fait l'objet de nombreux travaux au cours des vingt dernières années.

■ ÉVALUATION DE LA CAPACITÉ À L'EFFORT PAR L'INTERROGATOIRE

La capacité à l'effort constitue un reflet du niveau global d'activité physique de l'individu. Depuis la publication de Morris *et al.* sur les conducteurs de bus dans le *Lancet* en 1953, l'effet bénéfique de l'activité physique dans la prévention de la maladie cardiovasculaire a été bien documentée. De nombreuses études ont rapporté un effet protecteur de l'activité physique sur le risque de mortalité toutes causes, de maladie cardiovasculaire et de diabète en population générale. Une activité physique modérée ou intense correspond respectivement à une augmentation d'espérance de vie à 50 ans de 1,1 an et 3,2 ans [1]. L'effet bénéfique est observé pour des niveaux modérés d'activité physique de loisir, indiquant qu'il n'est pas nécessaire de pratiquer une activité sportive intense pour avoir un bénéfice cardiovasculaire [2].

Dans ces études, le niveau d'activité physique était évalué par l'interrogatoire d'une façon précise avec une reconstitution quantitative de la dépense énergétique. Ces méthodes de recherche sont difficilement applicables à une consultation médicale et il n'existe pas d'évaluation simple du niveau d'activité physique validée à des fins pronostiques.

■ EVALUATION DE LA CAPACITE A L'EFFORT PAR L'EPREUVE D'EFFORT

En pratique cardiologique, la majorité des paramètres fournissant une information sur la capacité à l'effort sont fournis par l'épreuve d'effort. La mesure de la VO₂ max n'étant pas couramment indiquée en routine lors de l'exploration d'un sujet sain qui n'est pas sportif de haut niveau, différents paramètres d'effort ont été étudiés, allant du plus simple au plus élaboré (*tableau I*) :

- Un des plus grossiers, mais aussi des plus simples, est l'exploitation des signes fonctionnels à l'effort. Dans une étude finlandaise ayant suivi 2 014 sujets sains pendant 25 ans, le seul fait de devoir interrompre l'épreuve d'effort en raison d'une dyspnée correspondait à une augmentation du risque de décès et du risque coronaire d'environ 70 % par rapport aux sujets ayant arrêté pour fatigue musculaire, épuisement général ou FMT atteinte [3].
- Une mesure plus évoluée de la capacité fonctionnelle passe par la quantification de la dépense énergétique en équivalents métaboliques (METs). Un MET représente une consommation

en oxygène d'environ 3,5 mL/kg/min. Plusieurs études de cohorte ont confirmé que la charge d'effort évaluée en METs était associée à la survenue d'événements cardiovasculaires. La quantité de METs fournis par le patient au cours de son épreuve d'effort est en règle générale affichée automatiquement par les logiciels d'épreuve d'effort. Plusieurs abaques sont disponibles pour apprécier la normalité de la charge en fonction de l'âge et du sexe [4]. Un résultat en METs inférieur au 25^e percentile pour l'âge et le sexe témoigne d'une capacité fonctionnelle altérée (ces chiffres sont en général voisins de 10 METs pour les hommes et 8 pour les femmes). Bien entendu, ces seuils ne sont pas valables pour les sujets ayant pris un traitement bêta-bloquant dans les 48 heures. Cette mesure offre l'avantage d'être reproductible et donc de permettre au sujet de suivre le niveau de son ré-entraînement sur plusieurs épreuves d'effort. Inversement, son inconvénient principal en pratique est d'exiger un contrôle de la durée mais aussi de l'intensité de l'effort tout au long de l'épreuve, ce qui n'est possible en routine qu'au cours d'une épreuve d'effort sur tapis roulant.

- L'incapacité à atteindre 80 ou 85 % (selon les auteurs) de la fréquence cardiaque maximale théorique, qui était la définition

Auteur	Année	Nombre de sujets	Durée de suivi	Marqueur étudié	Test d'effort	Prévalence de l'anomalie (%)	Valeur prédictive (%)	Ajusté sur facteurs de risque
Ekelund <i>et al.</i>	1988	3 106	8,5	Durée d'effort	Bruce Mod.	-	NA	Oui
Lauer <i>et al.</i>	1996	1 575	7,7	FMT atteinte	Bruce	21	14	Oui
Wei <i>et al.</i>	1999	25 174	24	MET	Tapis	19	5,4	Oui
Cole <i>et al.</i>	2000	5 234	12	Récupération	Bruce Mod.	33	10	Oui
Morshedi <i>et al.</i>	2002	2 967	15	Récupération	Bruce	NA	NA	Oui
Rywik <i>et al.</i>	2002	1 083	7,9	Durée d'effort	Balke Mod.	NA	NA	Oui
Mora <i>et al.</i>	2003	2 994	20,3	MET et récupération	Bruce	31	11	Oui
Gulati <i>et al.</i>	2003	5 721	9	MET	Bruce	NA	NA	Oui
Aktas <i>et al.</i>	2004	3 554	8	MET, récupération, ST	Bruce Mod.	-	-	Oui
Eriksen <i>et al.</i>	2004	2 014	26	Charge, FCmax, PAS	-	-	-	Oui
Mora <i>et al.</i>	2005	2 797	20	MET et récupération	Bruce	29	7,7	Oui
Jouven <i>et al.</i>	2005	5 713	23	FC repos, réponse à l'effort, récupération	Cyclo	-	-	Oui
Gulati <i>et al.</i>	2005	5 721	8,4	MET	Bruce	-	-	-
Bodegard <i>et al.</i>	2005	2 014	26	Arrêt pour dyspnée	Cyclo	9,2	24,7	Oui

Tableau I : Associations entre des marqueurs de capacité à l'effort et le risque coronaire dans des études observationnelles conduites chez des sujets asymptomatiques.

traditionnelle de l'incompétence chronotrope, est également prédictive de mortalité totale et de maladie coronaire incidente, comme cela a été retrouvé chez les hommes de la Framingham Offspring Study [5]. Il en va de même pour la durée de l'exercice mesurée en minutes dans un protocole de Balke modifié, avec un risque relatif de maladie coronaire de 0,87 par minute d'exercice dans la Baltimore Longitudinal Study [6].

Au-delà de la capacité fonctionnelle, de nombreux travaux se sont concentrés sur l'évaluation de la fonction chronotrope et de la balance sympathique à l'effort. Différents marqueurs témoignant d'un déséquilibre du système nerveux autonome au profit du sympathique sont associés au risque cardiovasculaire. Tout d'abord, une récupération sub-optimale de la fréquence cardiaque semble associée au risque coronaire. Cette réponse vagale insuffisante était définie par une baisse de fréquence cardiaque de moins de 42 bpm deux minutes après l'arrêt de l'effort dans la Framingham Offspring Study et la Lipid Research Clinic, avec un risque relatif d'événement coronaire entre 1,2 et 1,9. D'autres travaux ont proposé un seuil de diminution de 12 bpm après la première minute d'arrêt [7]. L'Enquête Prospective Parisienne [8] isolait quant à elle un groupe de patients avec une baisse de fréquence cardiaque inférieure à 25 bpm une minute après l'arrêt, avec un risque relatif de mort subite de 2,1. Signalons que les sujets qui n'ont pas atteint 80 % de la FMT étaient exclus. Cette étude insistait également sur le défaut d'augmentation adéquate de la fréquence cardiaque lors d'une épreuve d'effort maximale, avec un risque relatif de mort subite de 4 pour les sujets ne pouvant afficher une augmentation de plus de 89 bpm. La combinaison de la fréquence cardiaque de repos, de la réponse à l'effort et de la baisse de la fréquence cardiaque en récupération a donné naissance au concept de "profil de fréquence cardiaque" à l'effort.

■ VALEUR PRONOSTIQUE ADDITIONNELLE AU-DELA DES FACTEURS DE RISQUE

De façon générale, tous les résultats donnés ci-dessus ont pris en compte les facteurs de risque traditionnels de la maladie coronaire et les risques relatifs sont ajustés sur ces facteurs de risque. Cependant, la question de connaître l'apport de ces marqueurs de capacité physique à l'effort au-delà de l'évaluation des facteurs de risque classiques et de l'interprétation des modifications du segment ST reste fondamentale et plusieurs études y ont été consacrées.

Dans la cohorte norvégienne d'Erikssen *et al.* [9], l'intégration de 4 paramètres d'effort (charge cumulée, fréquence car-

- ▶ Différentes mesures de la capacité d'effort sont associées au risque d'événement coronaire et au risque de décès cardiovasculaire dans des cohortes prospectives.
- ▶ Un arrêt de l'épreuve d'effort pour dyspnée isolée est associé à une augmentation du risque cardiovasculaire.
- ▶ La capacité fonctionnelle, mesurée en METs, est un critère pronostique robuste, mais doit être évaluée sur tapis roulant.
- ▶ Une réponse chronotrope insuffisante à l'effort ou une mauvaise récupération (> 12 bpm après une minute ou 50 bpm environ après deux minutes) sont également associées à un excès de risque.
- ▶ Une évaluation de la capacité à l'effort est justifiée lors de toute épreuve d'effort.
- ▶ En dehors d'un intérêt motivationnel pour le sujet et de la possibilité de quantifier les progrès réalisés, les implications thérapeutiques des anomalies retrouvées restent encore à déterminer.

diacque maximale, pression systolique à 100 W et analyse du ST) à un modèle comprenant les facteurs de risque classiques permet d'améliorer la prédiction du risque coronaire. Dans la cohorte américaine de Lauer [10], une épreuve d'effort anormale était définie par un sous-décalage de ST, une capacité fonctionnelle en METs anormale (< 25^e percentile) ou une récupération anormale (diminution de la FC < 12 bpm à 1 minute ou extrasystoles ventriculaires fréquentes). En utilisant cette définition, une épreuve d'effort anormale apportait une information supplémentaire par rapport aux facteurs de risque, en particulier chez les patients avec le risque SCORE le plus élevé (atteignant un risque de mortalité de 1 % par an).

Dans une analyse récente de la Lipid Research Clinic [11], le profil d'effort à plus haut risque de mortalité cardiovasculaire était constitué par une mauvaise récupération (< 55 bpm en 2 minutes) associée à une mauvaise capacité fonctionnelle (7,5 METs pour les hommes et 10,7 METs pour les femmes). La valeur de la combinaison de la récupération et de la capacité fonctionnelle était statistiquement significative quel que soit le niveau de risque de Framingham mais, ici aussi, l'information pronostique était supérieure chez les hommes ayant un risque de base élevé (risque de Framingham à 10 ans > 10 %).

Il faut noter que la plupart de ces travaux n'ont pas réalisé d'ajustement sur le niveau global d'exercice physique tel qu'il peut être recueilli par l'interrogatoire. D'autre part, il doit être démontré que ces marqueurs de risque, au-delà de leur association significative avec le risque coronaire, permettent un meilleur classement des sujets que ne le permet l'évaluation des facteurs de risque classiques seule [12].

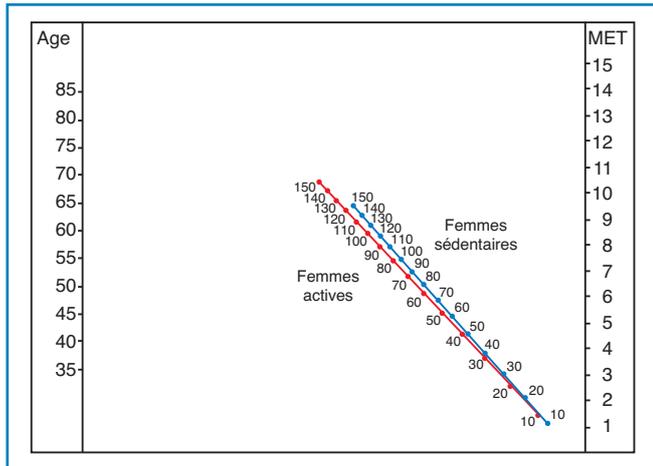


Fig. 1 : Nomogramme du pourcentage de la capacité à l'effort prédite en fonction de l'âge dans une cohorte de patientes asymptomatiques (d'après Gulati et al.).

■ CAPACITÉ A L'EFFORT CHEZ LA FEMME

La majorité des travaux cités n'ont pas inclus de femme ou n'ont pas analysé la valeur prédictive de la capacité à l'effort dans ce groupe. Deux études ont cependant apporté une contribution importante.

Dans une analyse de sous-groupe de la Lipid Research Clinics Prevalence Study, Mora [13] *et al.* retrouvaient que, contrairement aux échantillons masculins, les modifications du segment ST n'étaient pas prédictives d'événement cardiovasculaire chez la femme. En revanche, une mauvaise récupération associée à une capacité fonctionnelle anormale prédisait les décès coronaires et les décès toutes causes.

Dans leur analyse récente d'une cohorte de 5721 femmes asymptomatiques [14], Gulati *et al.* proposent une équation de régression permettant de déterminer la capacité à l'effort prédite (en METs) en fonction de l'âge : $MET = 14,7 - (0,13 \times \text{âge})$. Un nomogramme a été réalisé, permettant d'obtenir le pourcentage de la capacité prédite sans calcul (**fig. 1**). Dans cette étude, les femmes ne pouvant atteindre 85 % de la valeur prédite (en METs) avaient un risque de mortalité totale deux fois supérieur, confirmant la valeur pronostique de la capacité à l'effort déjà établie chez l'homme.

■ CONCLUSION

La capacité à l'effort est largement utilisée dans l'évaluation et le suivi de l'insuffisant cardiaque ou du coronarien. Chez le sujet asymptomatique, plusieurs marqueurs comme la capacité

fonctionnelle ou la réponse chronotrope à l'effort et à la récupération ont démontré une association avec la morbi-mortalité coronaire, indépendamment des facteurs de risque. Cela justifie leur intégration systématique dans les paramètres à interpréter lors d'une exploration à l'effort du sujet sain [15]. Cependant, les implications pratiques ou thérapeutiques sont encore incertaines [16]. Le bénéfice de la prise en compte de ces paramètres devra être déterminé par des études randomisées cherchant à établir si les sujets bénéficiant d'une évaluation de la capacité à l'effort ont un risque cardiovasculaire inférieur ou reçoivent plus de traitements de prévention primaire. ■

Bibliographie

- FRANCO OH, DE LAET C, PEETERS A, JONKER J, MACKENBACH J, NUSSELDER W. Effects of physical activity on life expectancy with cardiovascular disease. *Arch Intern Med*, 2005 ; 165 : 2355-60.
- WAGNER A, SIMON C, EVANS A *et al.* Physical activity and coronary event incidence in Northern Ireland and France : the Prospective Epidemiological Study of Myocardial Infarction (PRIME). *Circulation*, 2002 ; 105 : 2247-52.
- BODEGARD J, ERIKSSON G, BJORNHOLT JV, GJESDAL K, LIESTOL K, ERIKSSON J. Reasons for terminating an exercise test provide independent prognostic information : 2014 apparently healthy men followed for 26 years. *Eur Heart J*, 2005 ; 26 : 1394-401.
- MORRIS CK, MYERS J, FROELICHER VF, KAWAGUCHI T, UESHIMA K, HIDEGAARD A. Nomogram based on metabolic equivalents and age for assessing aerobic exercise capacity in men. *J Am Coll Cardiol*, 1993 ; 22 : 175-82.
- 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.
- RYWIK TM, O'CONNOR FC, GITTINGS NS, WRIGHT JG, KHAN AA, FLEG JL. Role of nondiagnostic exercise-induced ST-segment abnormalities in predicting future coronary events in asymptomatic volunteers. *Circulation*, 2002 ; 106 : 2787-92.
- COLE CR, BLACKSTONE EH, PASHKOW FJ, SNADER CE, LAUER MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med*, 1999 ; 341 : 1351-7.
- JOUVEN X, EMPANA JP, SCHWARTZ PJ, DESNOS M, COURBON D, DUCIMETIERE P. Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. *N Engl J Med*, 2005 ; 352 : 1951-8.
- ERIKSSON G, BODEGARD J, BJORNHOLT JV, LIESTOL K, THELLE DS, ERIKSSON J. Exercise testing of healthy men in a new perspective : from diagnosis to prognosis. *Eur Heart J*, 2004 ; 25 : 978-86.
- AKTAS MK, OZDURAN V, POTHIER CE, LANG R, LAUER MS. Global risk scores and exercise testing for predicting all-cause mortality in a preventive medicine program. *JAMA*, 2004 ; 292 : 1462-8.
- MORA S, REDBERG RF, SHARRETT AR, BLUMENTHAL RS. Enhanced risk assessment in asymptomatic individuals with exercise testing and Framingham risk scores. *Circulation*, 2005 ; 112 : 1566-72.
- WARE JH. The limitations of risk factors as prognostic tools. *N Engl J Med*, 2006 ; 355 : 2615-7.
- MORA S, REDBERG RF, CUI Y *et al.* Ability of exercise testing to predict cardiovascular and all-cause death in asymptomatic women : a 20-year follow-up of the lipid research clinics prevalence study. *JAMA*, 2003 ; 290 : 1600-7.
- GULATI M, BLACK HR, SHAW LJ *et al.* The prognostic value of a nomogram for exercise capacity in women. *N Engl J Med*, 2005 ; 353 : 468-75.
- COURNOT M, FERRIERES J. Epreuve d'effort et prévention primaire. *Arch Mal Cœur Vaiss*, 2006 ; 99 : 900-8.
- FOWLER-BROWN A, PIGNONE M, PLETCHER M, TICE JA, SUTTON SF, LOHR KN. Exercise tolerance testing to screen for coronary heart disease : a systematic review for the technical support for the U.S. preventive services task force. *Ann Intern Med*, 2004 ; 140 : W9-W24.