

Recommandations de la Société française de cardiologie concernant la pratique des épreuves d'effort chez l'adulte en cardiologie

Les premiers travaux concernant la pratique de l'épreuve d'effort datent d'une cinquantaine d'années [1]. Depuis, cet examen a pris une place essentielle parmi les explorations non invasives cardiologiques. Ses indications se sont multipliées, justifiant la publication périodique de recommandations concernant leur pratique [2]. Cela a été favorisé par des progrès considérables, parmi lesquels il faut citer le moyennage des complexes avec analyse automatique de la repolarisation, les calculs de probabilité et le couplage à d'autres méthodes d'évaluation telles que l'échocardiographie, l'imagerie isotopique, ou la mesure de la consommation en oxygène.

Le champ d'application de l'épreuve d'effort s'étant élargi, il a paru opportun de remettre à jour les indications et les conditions de pratique des épreuves d'effort. La publication récente de recommandations par la Société européenne de cardiologie [3] et l'*American Heart Association* [4], a été l'occasion de confronter différents points de vue. Bien que le risque de décès au cours des épreuves d'effort soit faible [5], environ 1 décès par arythmie ventriculaire pour 75 000 à 100 000 examens, d'autres accidents peuvent survenir (infarctus du myocarde, bloc auriculoventriculaire, arythmie supraventriculaire, etc.) avec une plus grande fréquence. Dans tous les cas, le pronostic de l'accident dépend de la rapidité d'intervention, de l'expérience de l'équipe ainsi que des moyens disponibles. Une partie de ces accidents pourrait probablement être évitée si les précautions et les contre-indications étaient parfaitement respectées.

Ces recommandations concernent la pratique de l'épreuve d'effort standard. Nous avons volontairement exclu les recommandations concernant son utilisation couplée avec des méthodes d'imagerie telles que l'échocardiographie ou les explorations isotopiques, qui nécessitent une réflexion spécifique. Mais rappelons que les mesures de sécurité sont les mêmes qu'il s'agisse de l'environnement ou de la qualification des personnels.

CONDITIONS TECHNIQUES NÉCESSAIRES À LA PRATIQUE DES ÉPREUVES D'EFFORT

Personnel

Les épreuves d'effort en cardiologie doivent être conduites par un cardiologue. Il est responsable du contrôle de qualité du laboratoire et de la sécurité du patient. Il rédige le compte rendu final. Il doit être entraîné à la pratique de cet examen et aux manœuvres de réanimation. Il doit être assisté obligatoirement par une deuxième personne, infirmière entraînée, ou, si besoin, médecin.

Le local et les conditions d'examen

L'épreuve d'effort doit être faite dans une pièce suffisamment spacieuse, bien ventilée, permettant aisément les déplacements autour du patient. La température doit être contrôlée et située dans la fourchette des 18 à 22 °C avec éventuellement une climatisation. L'humidité doit être faible. Un lit d'examen doit être présent, susceptible de recevoir le patient lors de la récupération ou en cas de malaise. La pièce doit être équipée d'un téléphone, de fluides (oxygène et vide) et de tout le matériel de réanimation nécessaire (détaillé au chapitre « Moyens de sécurité »). Le local de l'épreuve d'effort doit se situer à proximité immédiate d'un secteur de réanimation (Unité de soins intensifs cardiologiques, réanimation médicale, réanimation postopératoire, ou salle de réveil), susceptible de recevoir le patient en cas de nécessité. Dans un centre de réadaptation cardiaque, un local équipé de 1 à 2 lits de surveillance intensive permet l'attente du SAMU et le transfert ultérieur en réanimation.

Équipement

Deux types d'ergomètres sont habituellement utilisés: la bicyclette et le tapis roulant. La bicyclette ergométrique est très utilisée en Europe, peu coûteuse, permettant de bons tracés électrocardiographiques en limitant les artéfacts musculaires et facilitant la mesure de la pression artérielle à l'effort. Elle doit être étalonnée régulièrement. Le tapis roulant a l'avantage de «normaliser» le travail par rapport au poids du patient et de faire apparaître plus facilement une ischémie myocardique, car l'effort implique plus de masses musculaires que celui réalisé sur bicyclette. L'atteinte de la fréquence cardiaque maximale demande plus de force musculaire sur bicyclette que sur tapis roulant. Dans certains cas d'impotence des membres inférieurs, il peut être utile de disposer d'un ergomètre à bras.

L'enregistrement de l'électrocardiogramme se fait sur un enregistreur multipistes (3 au minimum). Il apparaît actuellement indispensable que l'enregistreur permette un moyennage des complexes, évitant les artéfacts et permettant une analyse automatique de la repolarisation sur l'ensemble des dérivations. Il faut que les repères d'analyse de la repolarisation soient réglables et que le système ait démontré sa fiabilité. Il est toujours préférable, voire indispensable (en cas d'utilisation du document dans un but scientifique ou d'expertise), de disposer également d'enregistrements non moyennés. Enfin il faut veiller à la conservation à long terme des documents, notamment lorsqu'on utilise un enregistreur thermique.

La mesure de la pression artérielle se fait au moyen d'un manomètre à mercure, éventuellement d'un appareil de mesure automatique sous réserve qu'il soit fiable. L'épreuve d'effort est surveillée grâce à un moniteur affichant au minimum trois dérivations sélectionnées et un complexe moyenné en permanence choisi par l'utilisateur, permettant d'analyser la repolarisation ventriculaire. Il est nécessaire de mesurer la fréquence cardiaque, de détecter des modifications de la repolarisation ou la survenue de troubles du rythme. Il est utile de pouvoir stocker les données de l'épreuve sur disquette pour les revoir ensuite en détail.

Moyens de sécurité

Il existe un certain nombre de contre-indications à l'épreuve d'effort (tableau I). La sécurité est assurée d'abord par l'examen préalable fait par le cardiologue responsable du test, qui vérifie l'absence de contre-indication. Il conviendra d'être tout particulièrement vigilant en cas d'altération connue de la fonction ventriculaire gauche (un échocardiogramme préalable peut être utile en cas de doute), d'anomalies de la repolarisation pouvant faire suspecter une hypokaliémie, de troubles du rythme à l'état de base. L'élément essentiel de sécurité est la présence sur place d'un matériel de

réanimation complet et régulièrement contrôlé (permettant l'aspiration, la ventilation trachéale, l'intubation et la défibrillation), des médicaments nécessaires, de moyens de perfusion et surtout d'un personnel entraîné. De la Trinitrine (spray) doit rester à portée de main de l'examineur. Il est important d'avoir organisé d'avance les modalités de transfert du patient dans un lit de réanimation en cas de complication.

TABLEAU I - CONTRE-INDICATIONS À L'ÉPREUVE D'EFFORT

Absolues

- . infarctus du myocarde récent (3 à 5 jours)
- . angor instable
- . sténose serrée du tronc commun de la coronaire gauche connue
- . troubles du rythme graves non contrôlés
- . rétrécissement aortique serré symptomatique
- . insuffisance cardiaque non contrôlée
- . embolie pulmonaire, phlébite en évolution
- . myocardite, péricardite, endocardite en évolution
- . incapacité physique et refus du patient
- . thrombus intraventriculaire gauche dans les suites d'un infarctus du myocarde, surtout s'il est mobile

Relatives

- . sténose valvulaire modérée
- . anomalies électrolytiques
- . hypertension artérielle systémique ou pulmonaire
- . cardiomyopathie hypertrophique et/ou obstructive
- . anévrisme ventriculaire
- . non coopération du patient
- . bloc auriculo-ventriculaire de haut degré
- . maladies générales évolutives

Informatisation

L'apport de l'informatique, notamment la numérisation du signal électrocardiographique, est tellement essentiel pour la qualité du diagnostic qu'il doit devenir obligatoire. La conversion analogique-numérique permet l'analyse des complexes, leur moyennage et leur stockage. Elle permet de plus de coupler l'ergomètre (tapis roulant ou bicyclette) à l'enregistreur en programmant à l'avance les paliers d'effort et la récupération. Enfin, l'informatique permet de créer ou d'utiliser une base de données. Lorsque le test est fait chez des patients suspects d'insuffisance coronaire, il est alors possible de calculer la probabilité pré-test de maladie, basée sur l'âge, le sexe, les facteurs de risque et les symptômes. La probabilité post-test [6, 7] résulte d'une part de la probabilité pré-test et d'autre part des résultats de l'épreuve d'effort (symptômes et intensité des critères d'ischémie).

RÉALISATION PRATIQUE

Il faut éviter de pratiquer l'épreuve d'effort dans les 2 heures suivant un repas copieux. Le patient ne doit pas avoir fumé durant l'heure précédant l'examen. Il est informé des modalités du

déroulement de l'épreuve d'effort et de la nécessité de signaler l'apparition de tout nouveau symptôme.

Dérivations enregistrées

Le choix des dérivations est essentiel pour la sécurité et pour les performances diagnostiques du test. On enregistre les 12 dérivations habituelles de l'électrocardiogramme au repos. Ensuite, on surveille en permanence trois d'entre elles (comportant notamment V5) sur un moniteur. A ces dérivations on peut ajouter ou substituer les dérivations bipolaires CM5, CC5, LM5. Certaines équipes utilisent les dérivations de Franck X, Y, Z. Pour que la qualité des tracés soit correcte, il faut que la préparation de la peau soit parfaite, associant dégraissage et éventuellement légère abrasion superficielle du derme. Les électrodes périphériques doivent être placées sous la clavicule ou sur la crête de l'omoplate, et sur la crête iliaque. Les électrodes des précordiales sont placées suivant le schéma habituel (figure suivante).

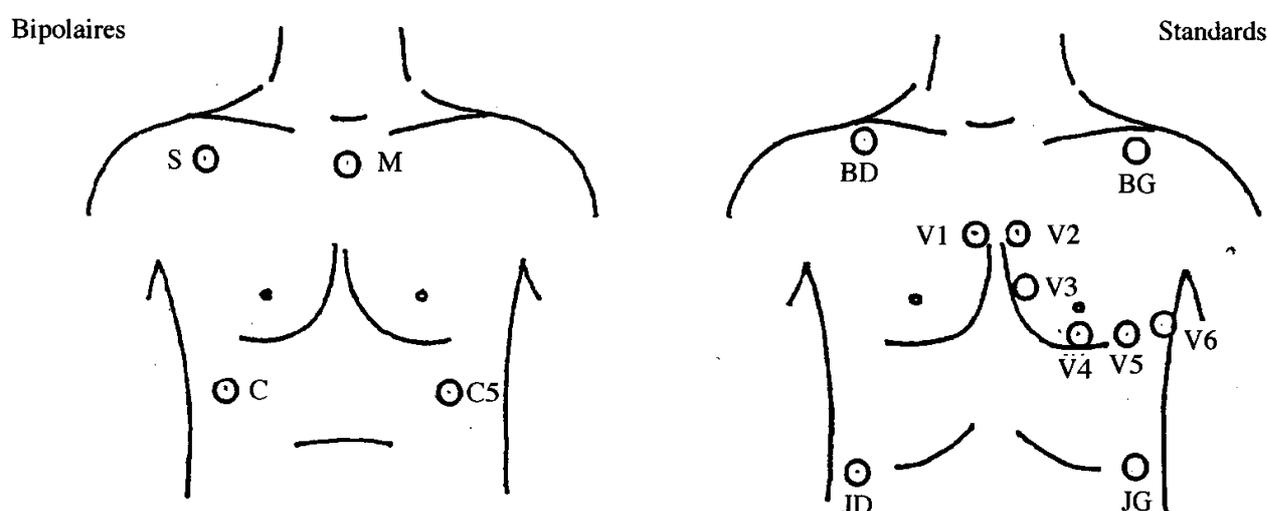


FIG. - Emplacement usuel des électrodes au cours de l'épreuve d'effort, en utilisant des dérivations bipolaires (CM5, CC5, CS5) ou standard (12 dérivations).

Protocoles

Les protocoles d'épreuve d'effort utilisés sur bicyclette ergométrique ou sur tapis roulant sont nombreux. Ils influencent d'une certaine manière les résultats [3]. Il est donc utile de standardiser les procédures. Les protocoles impliquant une montée en charge rapide ne sont pas toujours utilisables chez certains patients (convalescents, sujets non entraînés). Au contraire, les tests trop lents font que le patient risque d'être épuisé avant l'apparition des anomalies. Il est probablement utopique de vouloir standardiser totalement les épreuves d'effort. Néanmoins, il semble se dégager un consensus sur les recommandations suivantes [3] :

- pour les épreuves d'effort sur bicyclette ergométrique, les protocoles habituels (30 watts toutes les 3 minutes) gardent des adeptes. Cependant, pour avoir une bonne régularité de la réponse à l'effort et notamment pour pouvoir mesurer la consommation en oxygène, les protocoles à montée régulière ont la faveur des spécialistes :

. pour les sujets sains, la détection de l'insuffisance coronaire et les indications rythmologiques, les paliers recommandés sont de 20 watts par minute ;

. en cas d'insuffisance cardiaque et chez les patients à risque, les paliers conseillés sont de 10 watts par minute ;

. lorsqu'une épreuve d'effort standard est négative ou douteuse malgré une forte probabilité pré-test, une deuxième épreuve « abrupte » avec départ à un niveau d'effort élevé et progression rapide de la charge peut être indiquée ;

- pour les efforts sur tapis roulant, il est recommandé de réserver le protocole de Bruce aux patients les plus valides (tableau II), et d'utiliser chez les moins valides un protocole de Bruce modifié ou un protocole de Balke.

Pour standardiser de façon plus complète les épreuves d'effort d'un pays à l'autre, certains auteurs ont proposé le protocole STEEP [8] qui a l'avantage d'induire une consommation en oxygène comparable sur bicyclette ergométrique et sur tapis roulant (tableau III, page suivante).

Surveillance

La fréquence cardiaque et la pression artérielle sont mesurées au repos. On avertit le patient qu'il devra au cours de l'épreuve d'effort signaler la survenue de tout symptôme. La fréquence cardiaque est évaluée en permanence. La pression artérielle est mesurée toutes les trois minutes et au maximum de l'effort. L'électrocardiogramme est enregistré au repos, puis chaque minute et au maximum de l'effort. Pendant toute l'épreuve, la surveillance du moniteur permet de rechercher des anomalies de la repolarisation ou des troubles du rythme. La durée de l'épreuve d'effort doit être mesurée grâce à un chronomètre.

Critères d'arrêt

L'épreuve est arrêtée par le cardiologue pour l'une ou l'autre des raisons suivantes (tableau IV, page suivante) :

- apparition de symptômes limitant l'épreuve (douleur, dyspnée, fatigue, malaise). L'utilisation de l'échelle de Borg [9] peut permettre (tableau V, page suivante) de les quantifier avec précision;
- pression artérielle systolique supérieure à 260 mm Hg ;
- apparition d'une anomalie ayant une valeur diagnostique ;
 - . modifications significatives du segment ST ;
 - . symptômes dont se plaint le patient ;
- raisons de sécurité : troubles du rythme ou de la conduction, chute de pression artérielle, sous-décalage de ST massif et brutal, signes de bas débit.

Ces critères d'arrêt doivent être mentionnés dans le compte rendu final.

TABLEAU II - PROTOCOLES

	Durée (min)	Durée totale (min)	Vitesse du tapis (mph)	Pente (%inclinaison)	METs
Protocole de Bruce					
Palier					
. 0	3	1	1,7	0	1,5
		2	1,7	0	2,0
		3	1,7	0	2,0
. 0,5	3	4	1,7	5	2,6
		5	1,7	5	3,1
		6	1,7	5	3,1
. 1	3	7	1,7	10	3,4
		8	1,7	10	4,8
		9	1,7	10	5,1
. 2	3	10	2,5	12	5,7
		11	2,5	12	6,6
		12	2,5	12	7,1
. 3	3	13	3,4	14	8,0
		14	3,4	14	9,1
		15	3,4	14	10,0
. 4	3	16	4,2	16	10,6
		17	4,2	16	13,0
		18	4,2	16	14,0
. 5	3	19	5,0	18	14,3
		20	5,0	18	15,0
		21	5,0	18	15,7
. 6	3	22	5,5	20	16,6
		23	5,5	20	18,3
		24	5,5	20	18,9
Protocole de Balke					
Palier					
. 1	2	2	2,0	0	2
. 2	2	4	2,0	2,5	2,66
. 3	2	6	2,0	5,0	3,33
. 4	2	8	2,0	7,5	4,00
. 5	2	10	2,0	10,0	4,66
. 6	2	12	2,0	12,5	5,33
. 7	2	14	2,0	15,0	6,00
. 8	2	16	2,0	17,5	6,66
. 9	2	18	2,0	20,0	7,33

. 10 2 20 2,0 22,5 8,00

TABLEAU III - PROTOCOLE STEEP

	Paliers (min)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tapis roulant															
Vitesse															
(mph)	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5	4,2	5,0
Vitesse															
(km/h)	2,4	3,2	3,2	3,2	4,0	4,0	4,0	4,8	4,8	4,8	5,6	5,6	5,6	6,7	8,0
Pente (%)	0	0	1,5	3	3	5	7	7	9	11	11	13	16	16	16
Bicyclette (*)															
Poids (kg)															
. 50	15	20	25	30	40	50	60	70	85	95	110	125	145	170	185
. 55	15	20	30	35	45	55	65	80	95	105	125	140	160	185	205
. 60	15	25	30	40	45	60	70	85	100	115	135	150	175	200	225
. 65	20	25	35	40	50	65	80	90	110	125	145	165	190	220	240
. 70	20	25	35	45	55	70	85	100	120	135	155	175	205	235	260
. 75	20	30	40	45	60	75	90	105	125	145	170	190	220	250	280
. 80	25	30	40	50	65	80	95	115	135	155	180	200	235	270	295
. 85	25	35	45	55	65	85	100	120	145	165	190	215	250	285	315
. 90	25	35	45	55	70	90	105	130	150	175	200	225	265	300	335
. 95	25	35	50	60	75	95	115	135	160	180	215	240	280	320	350
. 100	30	40	50	65	80	100	120	140	170	190	225	250	295	335	370

* : protocole montrant la charge (en watts) imposée à chaque palier en fonction du poids du sujet.

TABLEAU IV - CRITÈRES D'ARRÊT DE L'ÉPREUVE D'EFFORT

Absolus

- . chute de la pression artérielle systolique (sous les valeurs basales), malgré l'augmentation de la charge
- . pression artérielle systolique > 260 mmHg
- . douleur angineuse croissante
- . sus-décalage de ST de type Prinzmetal, en l'absence d'infarctus du myocarde
- . signes de bas débit (cyanose, pâleur, troubles cérébraux)
- . troubles du rythme ventriculaire graves (dont ESV multifocales, triplets, salves) ou de conduction
- . impossibilité technique de surveiller l'électrocardiogramme ou la pression artérielle
- . demande impérative du patient

Relatifs

- . sous-décalage de ST majeur
- . changement d'axe de QRS marqué

- . fatigue, dyspnée, crampes des membres inférieurs
- . troubles du rythme de gravité moindre (notamment supraventriculaires)

Après l'arrêt de l'effort

On observe une période de récupération d'au moins 6 minutes suivant les protocoles et les patients. Lors d'une épreuve sur tapis roulant, il est habituel de diminuer progressivement la charge pendant une minute et d'allonger ensuite le patient. Sur bicyclette ergométrique, la charge est diminuée progressivement, le patient restant généralement en position assise. Dans tous les cas, une surveillance des patients jusqu'au retour à la normale de la fréquence cardiaque, de la pression artérielle systolique et de l'électrocardiogramme est nécessaire. Il faut se méfier tout particulièrement du risque de troubles du rythme pendant cette période. Il est indispensable de continuer les enregistrements de l'électrocardiogramme toutes les 3 minutes, voire toutes les minutes, et de surveiller attentivement le moniteur.

TABLEAU V - ÉCHELLE DE BORG

Degré	Symptômes (douleurs thoraciques)
0	Absolument rien
0,5	Extrêmement faible (à peine décelable)
1	Très faible
2	Faible (légère)
3	Modérée
4	Assez forte
5	Forte
6	-
7	Très forte
8	-
9	-
10	Extrêmement forte (presque maximale) Maximale

Compte rendu final

En fin d'examen, le cardiologue responsable rédige un compte rendu qui doit contenir toutes les informations concernant le patient, le lieu de l'examen, sa date, l'indication du test, le traitement suivi, l'analyse de l'électrocardiogramme de repos, au cours de l'effort et à la récupération, les symptômes, l'évolution du pouls et de la pression artérielle, les critères d'arrêt. Les anomalies constatées sur les tracés moyennés doivent être confirmées sur les tracés simples. Si la possibilité existe, il est souhaitable de conclure en termes de probabilité post-test d'insuffisance coronaire. Des conclusions claires doivent être proposées, associées si besoin à des commentaires, et signées par le cardiologue. En cas d'épreuve très positive, il faut informer le cardiologue du patient, et/ou le médecin traitant, si possible par téléphone, afin que toutes les mesures thérapeutiques ou de surveillance soient prises.

INDICATIONS DE L'ÉPREUVE D'EFFORT

Les recommandations qui sont proposées sont classées en

- indications reconnues de l'épreuve d'effort ;
- indications possibles ;
- contre-indications ou non-indications.

Insuffisance coronaire

L'épreuve d'effort vise à identifier l'ischémie myocardique d'effort, à la quantifier et à évaluer la tolérance à l'effort des patients. Elle permet de plus d'apprécier le risque ultérieur d'événements cardiaques et d'évaluer les effets des interventions.

Sujets asymptomatiques; dépistage de l'insuffisance coronaire

Dans cette population le risque de faux positifs est important du fait de la faible prévalence de la maladie. Les indications de l'épreuve d'effort sont donc limitées, d'autant plus que le coût de ce dépistage est élevé et que tout incident dans ce cas serait considéré comme inacceptable.

Indications possibles:

- sujets asymptomatiques de plus de 40 ans, mais ayant des facteurs de risque d'insuffisance coronaire ;
- sujets asymptomatiques de plus de 40 ans, mais exerçant une profession qui engage la sécurité collective, pour lesquels un avis cardiologique documenté est nécessaire, exemple: conducteurs de transports en commun, pilotes d'avion, etc. ;
- sujets souhaitant reprendre une activité sportive intense.

Non-indication:

- patients asymptomatiques chez lesquels la probabilité pré-test est très faible, de l'ordre de 10 %.

Patients ayant des symptômes ou des signes évocateurs d'insuffisance coronaire (en dehors de l'infarctus ou des suites de revascularisation)

L'épreuve d'effort est pratiquée essentiellement pour faire ou confirmer le diagnostic d'insuffisance coronaire, et pour évaluer les performances du patient. Dans cette situation, il est souhaitable d'arrêter les médicaments anti-angineux, donnés souvent en anticipation du diagnostic. La prise de Trinitrine d'action immédiate ne doit pas avoir eu lieu dans la demi-heure précédant l'examen. Les critères de positivité sont bien connus: sous-décalage du segment ST de plus de 1 mm, situé 0,06 à 0,08 seconde après le point J, horizontal ou descendant, sus-décalage de ST en l'absence d'infarctus, mais aussi, de façon plus contestée, modifications de l'onde R, inversion de l'onde U, boucle ST/FC à l'effort et à la récupération, etc. [10-12]. La durée de l'épreuve et les critères d'arrêt sont des éléments importants à prendre en considération. On sait que la spécificité du test et sa valeur prédictive dépendent de la prévalence de la maladie coronaire dans la population étudiée [6]. Il est donc très important de connaître la probabilité pré-test d'insuffisance coronaire.

Un tableau (tableau VI) est fourni en annexe, mais il est basé sur des populations nord américaines où la prévalence est plus élevée que dans la population française. A partir des résultats de l'examen, la probabilité post-test peut être calculée en fonction de tables et donner un résultat, exprimé non plus de façon binaire (épreuve positive ou négative), mais en probabilité d'atteinte coronaire [7].

TABLEAU VI – PROBABILITÉ DE CORONAROPATHIE (%) EN FONCTION DE L'ÂGE, DU SEXE ET DE LA NATURE DES SYMPTÔMES CHEZ DES FEMMES ET DES HOMMES N'AYANT PAS D'ANTÉCÉDENTS D'INFARCTUS DU MYOCARDE (PRÉVALENCE OU PROBABILITÉ *A PRIORI*) [13]

	Sous-décalage de ST (mV)	angor typique		angor possible ou atypique		Douleur non spécifique		asymptomatique	
		homme	femme	homme	femme	homme	femme	homme	femme
Âge (années)									
30-39	0,00-0,04	25	7	6	1	1	< 1	< 1	< 1
	0,05-0,09	68	24	21	4	5	1	2	4
	0,10-0,14	83	42	38	9	10	2	4	<1
	0,15-0,19	91	59	55	15	19	3	7	1
	0,20-0,24	96	79	76	33	39	8	18	3
	> 0,25	99	93	92	63	68	24	43	11
40-49	0,00-0,04	61	22	16	3	4	1	1	<1
	0,05-0,09	86	53	44	12	13	3	5	1
	0,10-0,14	94	72	64	25	26	6	11	2
	0,15-0,19	97	84	78	39	41	11	20	4
	0,20-0,24	99	93	91	63	65	24	39	10
	> 0,25	>99	98	97	86	87	53	69	28
50-59	0,00-0,04	73	47	25	10	6	2	2	1
	0,05-0,09	91	78	57	31	20	8	9	3
	0,10-0,14	96	89	75	50	37	16	19	7
	0,15-0,19	98	94	86	67	53	28	31	12
	0,20-0,24	99	98	94	84	75	50	54	27
	> 0,25	99	99	98	95	91	78	81	56
60-69	0,00-0,04	79	69	32	21	8	5	3	2
	0,05-0,09	94	90	65	52	26	17	11	7

0,10-0,14	97	95	81	72	45	33	23	15
0,15-0,19	99	98	89	83	62	49	37	25
0,20-0,24	99	99	96	93	81	72	61	47
> 0,25	99	> 99	99	98	94	90	85	76

Il faut rappeler que la notion de faux positifs ou de faux négatifs résulte de la comparaison des résultats du test avec ceux de la coronarographie tenue pour examen de référence. Plus la probabilité pré-test est faible, plus le risque de faux positif est important. C'est le cas en particulier chez la femme. D'autres situations peuvent induire des faux positifs [14] : l'anémie, les anomalies électrolytiques, le prolapsus valvulaire mitral, le bloc de branche gauche, le syndrome de Wolff-Parkinson-White, l'hypertrophie ventriculaire gauche, les traitements digitaliques ou par antiarythmiques modifiant la repolarisation. Au contraire les faux négatifs sont favorisés par la pratique des examens sous traitement anti-angineux ou lorsque l'épreuve d'effort est sous-maximale.

Indications reconnues :

- confirmation du diagnostic d'insuffisance coronaire en cas de symptômes évocateurs ;
- évaluation de l'importance des symptômes et de la gêne fonctionnelle.

Contre-indications:

- angor instable ou suspicion d'infarctus du myocarde très récent.

Patients ayant une insuffisance coronaire connue

L'épreuve d'effort est pratiquée surtout pour surveiller l'évolutivité de l'état du patient ou pour apprécier son pronostic. Certaines équipes préfèrent que l'épreuve d'effort soit pratiquée après arrêt progressif du traitement anti-angineux. Bien que le risque soit faible, cela peut induire un « rebond » à l'arrêt du traitement, en particulier avec les bêtabloquants.

Indications reconnues :

- surveillance à court et à long terme de patients ayant une insuffisance coronaire connue ;
- évaluation du pronostic chez les patients ayant une insuffisance coronaire connue ;
- évaluation préalable et surveillance au cours d'un programme de réadaptation cardiaque ;
- évaluation préalable et surveillance des thérapeutiques ;
- recherche d'une aggravation de l'insuffisance coronaire en cas de douleur thoracique ou d'électrocardiogramme de repos modifié.

Contre-indications:

- angor instable ou suspicion d'infarctus du myocarde très récent.

Patients atteints d'infarctus du myocarde récent

Les indications de l'épreuve d'effort dans ce domaine concernent surtout l'évaluation du pronostic et de la tolérance fonctionnelle. La tendance actuelle s'oriente vers une épreuve d'effort précoce (7e-14e jour), sous-maximale ou limitée par les symptômes, avant la sortie de l'hôpital. La pratique de l'épreuve sans traitement anti-angineux (et notamment sans bêtabloqueurs) est discutée. A l'expérience, le risque entraîné par l'arrêt du traitement est très faible et les performances du test

sont améliorées. Les critères d'arrêt de l'épreuve d'effort sont ceux cités ci-dessus. Les anomalies que l'on doit rechercher pour évaluer le pronostic sont l'existence d'un sous-décalage du segment ST (témoignant d'une ischémie myocardique résiduelle), la présence de troubles du rythme ventriculaire, les anomalies du profil tensionnel (indirectement liées à la fonction ventriculaire), ou une durée d'effort brève. Parmi ces anomalies, seules celles qui sont reliées à la fonction ventriculaire semblent avoir une valeur pronostique appréciable [15, 16], prédictive de décès ultérieurs. Il s'agit d'une durée d'effort brève (< 6 minutes), traduisant une capacité fonctionnelle abaissée, et des anomalies du profil tensionnel (pression artérielle systolique n'atteignant pas 130 mmHg au maximum de l'effort ou gain inférieur à 30 mmHg). La constatation d'une ischémie myocardique a une valeur pronostique plus contestée. La présence de troubles du rythme ventriculaire induits par l'effort n'a pas de valeur pronostique unanimement reconnue.

Indications reconnues :

- évaluation du risque et détermination de la capacité fonctionnelle après infarctus du myocarde ;
- évaluation préalable et surveillance au cours d'un programme de réadaptation cardiaque.

Contre-indications :

- angor post-infarctus précoce ;
- insuffisance cardiaque décompensée ;
- troubles du rythme ou de conduction sévères.

Patients ayant subi une revascularisation myocardique (pontage ou angioplastie)

La place de l'épreuve d'effort dans ce cadre est plus récente [17,18]. L'évaluation doit être pratiquée avec les mêmes précautions que lors d'une évaluation scientifique des médicaments anti-angineux, c'est-à-dire en standardisant les procédures et en tenant compte des traitements associés. Une épreuve d'effort d'évaluation précédant le geste de revascularisation est bien entendu nécessaire. Un test précoce donne des informations sur le résultat immédiat de l'intervention, mais ce n'est que plus tard que l'on peut apprécier le résultat définitif. Le long recul dont on dispose aujourd'hui permet d'affirmer que le test n'a aucune influence délétère sur les résultats de la revascularisation elle-même. Les résultats sont par contre quelquefois difficilement interprétables (risque de faux positifs), notamment lors des épreuves précoces après angioplastie. Il est parfois nécessaire, lorsque l'ECG de repos est atypique (bloc de branche gauche, hypertrophie ventriculaire gauche, syndrome de Wolff-Parkinson-White) , d'associer à l'épreuve d'effort une scintigraphie myocardique [19]. L'interprétation des résultats doit tenir compte de la chronologie du test, des symptômes et des lésions coronaires avant revascularisation.

Indications reconnues :

- évaluation systématique avant et après revascularisation :
 - . précoce, vers le 10e-15e jour après angioplastie ou pontage aortocoronaire ;
 - . tardive, six mois après angioplastie ou pontage aortocoronaire ;
- évaluation en cas de réapparition ou d'aggravation des symptômes ;
- évaluation périodique (par exemple annuelle) ;
- évaluation préalable et surveillance au cours d'un programme de réadaptation cardiaque.

Contre-indication :

- angor instable ou suspicion d'infarctus du myocarde très récent.

Évaluation des médicaments

L'épreuve d'effort est largement utilisée dans cette indication. La méthodologie doit en être particulièrement rigoureuse [3]. L'épreuve d'effort s'intègre dans un protocole et un schéma d'étude contrôlés (contre placebo ou médicament de référence). Les précautions à prendre concernent la stabilité du patient qui doit être vérifiée par épreuves d'efforts répétées avant l'inclusion. Les épreuves doivent être ensuite pratiquées toujours au même horaire, dans les mêmes conditions, par la même personne et avec le même matériel. Les documents sources (ECG non moyennés) servent à l'analyse. Les critères d'évaluation recommandés sont la durée de l'effort, le travail total fourni au moment de l'arrêt, le délai d'apparition de la douleur thoracique, si elle existe et celui d'un sous-décalage de ST de 1 mm, qui est un critère fiable. Il peut être analysé sous forme de courbes actuarielles en cas de disparition de la positivité au cours de l'essai (en cas d'amélioration). La variable manquante peut être censurée et remplacée par la durée totale de l'effort.

L'évolution des paramètres hémodynamiques (fréquence cardiaque, pression artérielle, double produit à l'effort, au repos et au moment de l'ischémie) est un élément intéressant pour comprendre le mécanisme d'action du médicament. L'épreuve d'effort constitue un moyen simple, précis, répétitif et sûr, d'évaluation scientifique de l'effet des médicaments.

Indication reconnue :

- évaluation des effets d'un médicament anti-angineux.

Contre-indication :

- angor instable ou infarctus très récent.

Insuffisance cardiaque

L'utilisation de l'épreuve d'effort chez des patients en insuffisance cardiaque s'est développée considérablement ces dernières années. Elle permet d'objectiver et surtout de quantifier les conséquences de l'insuffisance cardiaque sur les performances physiques. Dans ce domaine, la mesure de la consommation d'oxygène a apporté beaucoup, permettant de mieux évaluer la capacité fonctionnelle d'un patient [20] et le pronostic [21]. Disposant d'un instrument précis, il a été ensuite possible d'évaluer les effets des traitements, des interventions et de la réadaptation chez l'insuffisant cardiaque.

Épreuve d'effort chez des patients suspects ou atteints d'insuffisance cardiaque

À un stade relativement précoce, le patient insuffisant cardiaque n'a que peu de symptômes au repos. L'épreuve d'effort provoque leur apparition et permet quelquefois de comprendre leur étiologie (ischémie myocardique, troubles du rythme, etc.). Elle permet d'évaluer avec précision la capacité fonctionnelle du patient au moment des symptômes.

L'épreuve d'effort avec analyse des gaz expirés permet une évaluation précise. L'utilisation de classifications, telle celle de Weber et coll. [20], permet d'évaluer la gravité du malade et les effets du traitement ou des interventions (tableau VII).

TABLEAU VII - CLASSIFICATION DES INSUFFISANTS CARDIAQUES.

Classe	Gêne fonctionnelle	V O ₂ max (l/min/kg)	Seuil anaérobie (l/min/kg)
A	Absente	> 20	> 14

B	Modérée	16 à 20	11 à 14
C	Importante	10 à 15	8 à 10
D	Sévère	<10	<8

D'après K.T. Weber et coll. [20].

Les appareillages les plus récents permettent des mesures cycle par cycle. On peut ainsi déterminer le pic maximal de consommation d'oxygène (VO_2), le niveau du seuil ventilatoire anaérobie. Néanmoins les précautions techniques habituelles sont essentielles pour disposer d'une mesure reproductible et fiable. Il faut en particulier s'assurer régulièrement de l'absence de fuite et du parfait étalonnage du système de mesure.

Indications reconnues :

- évaluation de la capacité fonctionnelle et de l'importance des symptômes ;
- diagnostic de la cause des symptômes (ischémie, trouble du rythme, etc.) ;
- confirmation de l'indication d'une transplantation cardiaque ;
- détermination de la cause cardiaque ou pulmonaire d'une dyspnée.

Indications possibles :

- évaluation du pronostic ;
- détermination et surveillance du niveau d'entraînement physique.

Contre-indications :

- œdème aigu récent du poumon ;
- insuffisance cardiaque en rapport avec une sténose aortique ;
- sténose associée du tronc commun de la coronaire gauche ;
- myocardite ou péricardite évolutive ;
- hypertension artérielle pulmonaire au repos (pression systolique > 60 mmHg) ;
- thrombus intraventriculaire volumineux ou pédiculé ;
- embolie pulmonaire.

Épreuve d'effort et évaluation des traitements de l'insuffisance cardiaque

L'épreuve d'effort peut être pratiquée pour évaluer les résultats d'un traitement ou d'une intervention chez un patient insuffisant cardiaque, en complément de l'examen clinique. Mais en général l'épreuve d'effort est surtout utilisée pour l'évaluation des traitements dans le cadre d'essais thérapeutiques. Dans cette perspective, il faut pouvoir évaluer des patients [3] ayant des symptômes reproductibles, une altération franche de la fonction ventriculaire gauche et un niveau de performance diminué (inférieur à 20 ml/kg/min de consommation d'oxygène). Les protocoles d'évaluation utilisés font appel le plus souvent à une bicyclette ergométrique et à des paliers de 10 watts par minute, avec un niveau de départ de 30 à 50 watts. Les paramètres mesurés sont le pic de consommation d'oxygène (l'atteinte d'un plateau dans ce cadre est exceptionnelle), le seuil ventilatoire anaérobie qui est un élément important évaluant les performances que le patient peut atteindre de façon quotidienne. Il est quelquefois difficile à mesurer. On peut se baser sur un rapport $\text{VCO}_2 / \text{VO}_2$ supérieur à 1, une cassure de la courbe mesurant la ventilation ou un croisement des courbes de VO_2 et de VCO_2 .

La reproductibilité doit être irréprochable dans le cadre des essais thérapeutiques. Seules plusieurs mesures permettraient de la vérifier [22], mais elles induisent parallèlement un effet d'entraînement qui fausse les résultats. L'utilisation de l'échelle de Borg [9] permet de mieux quantifier l'intensité des symptômes et d'assurer une meilleure reproductibilité.

Indication reconnue :

- évaluation d'un médicament dans le cadre d'un essai thérapeutique.

Indication possible :

- évaluation d'un traitement chez un patient insuffisant cardiaque.

Contre-indications :

- cf. paragraphe 1.

Troubles du rythme

Diagnostic et mécanisme des troubles du rythme

L'épreuve d'effort a démontré son utilité [23] pour révéler le type et le mécanisme du trouble du rythme, pour mettre en évidence les symptômes qu'ils induisent et évaluer le pronostic [24]. Elle permet également d'apprécier l'efficacité d'un traitement antiarythmique [25]. Il s'agit d'épreuves d'effort à relativement haut risque, nécessitant de bien poser les indications et de s'entourer de toutes les précautions nécessaires en matière de sécurité. De plus le manque de reproductibilité, notamment dans l'évaluation des arythmies ventriculaires, doit rendre leur interprétation très prudente [26].

Indications reconnues :

- mise en évidence de la cause des symptômes liés à l'effort (palpitations, malaises, syncopes) ;
- diagnostic du mode de déclenchement et du mécanisme de la tachycardie ;
- évaluation du rôle du système nerveux autonome et de la réponse chronotrope ;
- localisation d'un bloc auriculoventriculaire ;
- effets de l'effort sur les troubles du rythme supraventriculaire ou ventriculaire ;
- syndrome du QT long congénital ;
- évaluation du risque en cas de syndrome de Wolff-Parkinson-White ;
- évaluation des effets des médicaments antiarythmiques ;
- recherche d'arythmies supraventriculaires et ventriculaires dans les cardiomyopathies hypertrophiques ou dilatées.

Indications possibles :

- maladie de l'oreillette ;
- identification des patients à risque d'effet proarythmogène d'antiarythmiques de classe 1 a et 1 c.

Contre-indications :

- celles des épreuves d'effort en général.

Réglage des pacemakers

La plupart des pacemakers actuellement implantés permettent au cœur de s'accélérer à l'effort. Cette réponse peut être réglée. L'utilité de l'épreuve d'effort est de permettre :

- de vérifier le bon fonctionnement du stimulateur. Le test d'effort permet de vérifier la qualité de la détection et de la stimulation au niveau atrial ou ventriculaire ;
- de rechercher une conduction rétrograde. Il en résulte la nécessité de régler correctement la période réfractaire auriculaire post-ventriculaire ou de mettre en route des algorithmes spéciaux destinés à éviter la genèse de tachycardie par réentrée électronique [27] ;

- de régler les capteurs d'asservissement permettant d'accélérer la fréquence cardiaque à l'effort. L'épreuve d'effort permet d'évaluer l'accélération en cours d'épreuve et de la régler. Le tapis roulant est en général préféré à la bicyclette ergométrique. L'apport d'une mesure simultanée de la consommation d'oxygène, non indispensable en général, permettrait d'affiner les réglages pour obtenir de meilleures performances physiques [26].

Indication reconnue :

- évaluation de la réponse en fréquence du pacemaker à l'effort et réglages du pace-maker : asservissement en fréquence, écoute auriculaire, délai auriculoventriculaire.

Valvulopathies

L'épreuve d'effort peut être utilisée pour reproduire les symptômes d'effort du patient, évaluer sa capacité fonctionnelle, quantifier le résultat des traitements médicaux ou chirurgicaux [28]. Elle peut aider à porter les indications chirurgicales [29]. Son utilité pour détecter une insuffisance coronaire associée est contestée du fait notamment de l'hypertrophie myocardique souvent présente. Durant l'épreuve d'effort, une attention particulière doit être portée à l'évolution de la fréquence cardiaque, de la pression artérielle systolique (rechercher une croissance insuffisante ou une baisse, notamment en cas de rétrécissement aortique) et de la repolarisation. Un sous-décalage de ST peut témoigner d'une inadéquation entre apports en oxygène et consommation au niveau du myocarde, même sans lésion coronaire. Enfin la recherche de troubles du rythme ou de conduction doit être constante et attentive.

Indications reconnues :

- aucune.

Indications possibles :

- évaluation de la capacité physique du patient ;
- recherche d'une insuffisance coronaire associée ;
- mise en évidence des symptômes d'effort dont se plaint le patient ;
- évaluation des traitements médicaux et chirurgicaux ;
- aide à la décision d'intervention ;
- rétrécissement aortique du sujet jeune.

Contre-indications:

- sténose aortique ayant provoqué des complications à l'effort (syncope, œdème pulmonaire) ;
- hypertension artérielle pulmonaire fixée.

Hypertension artérielle

L'épreuve d'effort est utilisée pour évaluer le profil tensionnel d'effort, confirmer ainsi le diagnostic et préciser la sévérité d'une hypertension artérielle [30]. Chez les patients hypertendus, les valeurs de la pression artérielle systolique, pour des niveaux d'efforts équivalents, sont plus élevées que celles des sujets normotendus de même âge et de même sexe. La pression artérielle diastolique augmente également, mais selon une pente plus réduite. Certains auteurs ont montré que l'élévation de pression artérielle à l'effort chez des patients était corrélée au risque de mortalité ultérieure [31]. L'interprétation de la repolarisation au cours de l'épreuve d'effort n'est pas toujours facile chez les patients hypertendus, car il existe fréquemment des anomalies

électrocardiographiques de repos dues à l'hypertrophie ventriculaire ou aux traitements utilisés (diurétiques) qui risquent d'induire des faux positifs.

Indications reconnues :

- aucune.

Indications possibles :

- détermination du profil tensionnel d'effort ;
- évaluation de l'effet des thérapeutiques antihypertensives ;
- diagnostic d'aptitude au travail ou au sport dans des conditions de charge importante ;
- dépistage des hypertensions labiles ;
- élimination des fausses hypertensions (émotionnelles) ;
- détection d'une insuffisance coronaire associée.

Contre-indication:

- hypertension artérielle sévère non contrôlée.

Aptitude au travail

L'épreuve d'effort fournit des données objectives qui peuvent aider à évaluer les conditions de la reprise d'emploi après un accident cardiaque [32]. Lorsqu'il existe des problèmes de compatibilité entre l'état cardiaque et le métier antérieur, l'épreuve d'effort, lorsqu'elle est parfaitement normale, est un élément capital pour faciliter la reprise d'activité [33]. L'épreuve d'effort peut être également utilisée à titre d'examen de dépistage des sujets à risque.

Indications reconnues :

- évaluation de patients suspects d'insuffisance coronaire ;
- évaluation du risque et de la tolérance physique chez des patients après accident coronaire ou revascularisation myocardique, ou remplacement valvulaire.

Indications possibles:

- dépistage d'une insuffisance coronaire chez des sujets asymptomatiques ayant une profession à risque et de responsabilité.

CONCLUSION

Les recommandations qui sont ici proposées ont pour objectif d'aider les médecins concernés à réaliser les épreuves d'effort dans les meilleures conditions possibles de sécurité, en proposant des indications basées sur un consensus international. Néanmoins, elles sont le reflet des connaissances actuelles concernant la pratique des épreuves d'effort et devront être actualisées au fur et à mesure des progrès réalisés dans ce domaine.

Recommandations préparées par les membres du Groupe de travail « Évaluation fonctionnelle et réadaptation des cardiaques » de la Société française de cardiologie.

Rédaction: Ph. Sellier, C. Monpère, J.-P. Broustet.

Groupe de réflexion et d'éthique: G. Nicolas.

Groupe de relecture: P. Aeberhard, A. Cohen-Solal, S. Demange, H. Douard, A. Ducardonnet, C. Guérot, D. Marcadet et J.-P. Roquebrune.

Références

1. Master AM, Jaffe HL. Electrocardiographic changes after exercise in angina pectoris. *J Mt-Sinai Hosp* 1941 ; 7 : 629-32.
2. Bounhoure JP, Broustet JP, Cohen P et al. Guide pour les épreuves d'effort. Par le Groupe de travail « Epreuves d'effort et réadaptation » de la Société française de cardiologie. *Arch Mal Cœur* 1979; 72 (spécial décembre) : 1-30.
3. Dargie HJ, on behalf of the ESC Working Group on exercise physiology, physiopathology and electrocardiography. Guidelines for cardiac exercise testing. *Eur Heart J* 1993 ; 14 : 969-88.
4. Fletcher GF, Balady G, Froelicher VF et al. Exercise standard. A statement for Healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation* 1992 ; 86 : 340-4.
5. Douard H, Mora B, Broustet JP. Épreuve d'effort et tachycardie ventriculaire: l'expérience française. *Arch Mal Cœur* 1987; 80 : 263-70.
6. Bayes T. An essay towards solving problem in the doctrine of chance. *Philos Trans R Soc Lond (Biol)* 1963 ; 53 : 570.
7. Selzer A, Cohn K, Goldschlager N. On the interpretation of the exercise test. *Circulation* 1978; 58 : 193-5.
8. Northridge DB, Grand S, Henderson E, Ray S, McMurray J, Dargie HJ. A novel exercise protocol suitable for use on a treadmill or a bicycle ergometer. *Br Heart J* 1990; 64 : 313-6.
9. Borg GA. Psycho-physical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982 ; 14 : 377-87.
10. Froelicher VF. Exercise testing and training. New York: Le Jacq Publishing, 1983.
11. Ellestad MH. Stress testing, principles and practice. Philadelphia, Pennsylvania : Davis, 1975 ; 67-84.
12. Sellier P. Epreuve d'effort. *Encycl Med Chir Cœur Vaisseaux* 1990; 11003: 1-7.
13. Diamond GA, Forrester JS, Hirsh et al. Application of conditional probability analysis to the clinical diagnosis of coronary artery disease. *J Clin Invest* 1980 ; 65 : 1210-21.
14. Detrano R, Froelicher VF. Exercise testing uses and limitations considering recent studies. *Prog Cardiovasc Dis* 1988;31:173-204.
15. Krone RJ, Gillespie JA, Weld FM, Miller JP Moss AJ and the Multicenter Postinfarction Research Group. Low-level exercise testing after myocardial infarction : usefulness in enhancing clinical risk stratification. *Circulation* 1985; 71 : 80-9.
16. Fioretti P, Brower RW, Simoons ML et al. Prediction of mortality during the first year after acute myocardial infarction from clinical variables and stress test at hospital discharge. *Am J Cardiol* 1985; 55 : 1313-8.
17. Mulcahy D, Keegan J, Phadke K et al. Effects of coronary artery bypass surgery and angioplasty on the total ischemic burden : a study of exercise testing and ambulatory ST segment monitoring. *Am Heart J* 1992; 123: 597-603.
18. Bengston JR, Mark DB, Honan MB et al. Detection of restenosis after elective percutaneous transluminal coronary angioplasty using the exercise treadmill test. *Am J Cardiol* 1990 ; 65 : 28-34.
19. Dubach P, Lehmann KG, Froelicher VF. Comparison of exercise test responses before and after either percutaneous transluminal coronary angioplasty or coronary artery bypass grafting. *Am J Cardiol* 1989; 64 : 1039-41.
20. Weber KT, Kinasewitz GT, Janicki JS, Fishman AP. Oxygen utilization and ventilation during exercise in patients with chronic cardiac failure. *Circulation* 1982; 65: 1213-23.
21. Szlachic J, Massie BM, Kramer BL, Topic N, Tubau J. Correlates and pronostic implication of exercise capacity in chronic congestive heart failure. *Am J Cardiol* 1985 ; 50 : 1037-42.

22. Pinsky DJ, Ahern D, Wilson PB, Kikin ML, Packer M. How many exercise test are needed to minimize the placebo effect of serial testing in patients with chronic heart failure (abstract) ? *Circulation* 1989; 80 (suppl II) : II 426.
23. Podrid PJ, Venmditti FJ, Levine PA, Klein MD. The role of exercise testing in evaluation of arrhythmias. *Am J Cardiol* 1988 ; 62 : H 24-H 33.
24. Weinter DA, Levine SR, Klein MD, Ryan TJ. Ventricular arrhythmias during exercise testing : mechanism, response to coronary bypass surgery and prognostic significance. *Am J Cardiol* 1984 ; 53 : 1553-7.
25. Bayes de Luna A, Guindo J, Torner P et al. Value of effort testing and acute drug testing in the evaluation of antiarrhythmic treatment. *Eur Heart J* 1987; 8 (suppl I) : 77-82.
26. Leenhardt A, Thomas O, Cauchemez B et al. Intérêt de l'épreuve d'effort en rythmologie. *Arch Mal Cœur* 1995 ; 88 (suppl I) : 59-66.
27. Clementy J. Les épreuves d'effort après implantation. In : Clementy J (ed). *Les tests d'effort en stimulation cardiaque définitive*. Rueil-Malmaison: Documentation Geigy, 1994 : 59-75.
28. Hochreiter C, Borer JS. Exercise testing in patients with aortic and mitral valve disease : current applications. *Cardiovasc Clin* 1983; 13: 291-300.
29. Areskog NH. Exercise testing in the evaluation of patients with valvular aortic stenosis. *Clin Physiol* 1984; 4: 201-8.
30. Mallion JM, Baguet JP, Tremel F, Siché JP, De Gaudemaris R. Diagnostic and pronostic value of exercise testing. *J Clin Pharmacol* 1995 ; 25 : 515-9.
31. Filipovsky J, Ducimetierre P, Safar M. Prognostic significance of exercise blood pressure and heart rate in middle aged men. *Hypertension* 1992; 20 : 333-9.
32. Gohlke H, Samek L, Betz P, Roskamm H. Exercise testing provides additional prognostic information in angiographically defined sub-groups of patients with coronary artery disease. *Circulation* 1983; 68 : 979-85.
33. Monpère C, François G, Rondeau du Noyer C, Phan Van J. Return to work after rehabilitation in coronary bypass patients. Role of the occupational medicine specialist during rehabilitation. *Eur Heart J* 1988 ; 9 (suppl) : 48-53.

ARCHIVES DES MALADIES DU CŒUR ET DES VAISSEAUX, tome 90, n° 1, janvier 1997 : 77 - 91