

Faut-il rééduquer les coronariens au seuil ventilatoire ?

C. Ferrand-Guillard¹, B. Ledermann², N. Kotzki¹, C. Bénéaim¹, P. Givron¹,
P. Messner-Pellenc², J. Pélissier^{1*}

¹Unité de rééducation et réadaptation cardio-vasculaire, département de médecine physique et réadaptation, CHU Carémeau, 30029 Nîmes cedex, France ; ²unité de rééducation et réadaptation cardio-vasculaire, service de cardiologie, CHU Carémeau, 30029 Nîmes cedex, France

RÉSUMÉ

OBJECTIFS : Comparer l'efficacité du réentraînement à l'effort chez le coronarien en fonction de la fréquence cardiaque (Fc) d'entraînement déterminée lors de l'épreuve d'effort selon deux modalités : FEK selon la formule de Karvonen = 70 % (Fc max - Fc repos) + Fc repos, ou FES = fréquence cardiaque mesurée au seuil ventilatoire (SV).

TYPE : Essai clinique randomisé en double aveugle.

MÉTHODE : Vingt-quatre patients coronariens récents ($54 \pm 9,5$ ans), de sexe masculin, ont été répartis en deux groupes après randomisation sur leur fréquence d'entraînement : FES ($n = 11$) ou FEK ($n = 13$). Le programme d'entraînement était identique pour tous les patients (cinq sessions quotidiennes par semaine, durant quatre semaines), mais différait quant à la Fc d'entraînement. Les évaluations ont eu lieu le matin du premier et du dernier jour du protocole : épreuve d'effort avec mesure de la Fc et du double produit au repos, à l'effort sous-maximal et maximal, avec mesure de la consommation d'oxygène et des échanges gazeux au repos et à l'effort maximal ; tests fonctionnels spécifiques reposant sur des activités de vie quotidienne ; évaluation de la dyspnée à l'effort maximum ; mesure de la qualité de vie par le SF36. Il était noté les traitements pris et en particulier les bêtabloquants.

RÉSULTATS : Les deux groupes étaient comparables sur les données paramétriques anthropométriques (poids, taille, âge) ainsi que non paramétriques (traitement médical, comorbidité...). Alors que FES et FEK étaient différentes ($p < 10^{-6}$), il y avait une augmentation de la puissance et de la consommation d'oxygène au SV (+ 42,6 %, $p < 10^{-6}$; + 18,6 %, $p < 10^{-5}$) et à l'intensité maximale

(+ 18,7 %, $p < 10^{-6}$; 14,2 %, $p < 10^{-5}$), et la différence entre les deux groupes était non significative ; le double produit était significativement réduit au repos (-13,9 %, $p < 10^{-5}$) et à l'effort sous-maximal (-10,6 %, $p < 10^{-3}$). La Fc à l'effort (seuil, sous-max et max) augmentait dans le groupe FES sans variation significative dans le groupe FEK (-1,8 % vs + 5,8 %, $p < 0,05$; -8,3 % vs - 1,8 %, $p < 0,04$; 0,1 % vs 8,2 %, $p < 0,05$), les différences étant significatives au SV ($p = 0,05$), à l'effort sous-maximal ($p = 0,037$) et maximal ($p = 0,05$). La dyspnée était plus marquée dans le groupe FES mais la perception de la qualité de vie était comparable.

DISCUSSION ET CONCLUSION : Ces résultats confirment l'efficacité d'un programme d'entraînement chez le coronarien, que la fréquence cardiaque d'entraînement soit déterminée par la formule de Karvonen ou par le seuil ventilatoire. Il y a un effet chronotrope négatif plus marqué du travail à intensité plus élevée dans le groupe entraîné selon la formule de Karvonen ce qui correspond à un moindre coût cardiaque pour un même effort. © 2002 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

fréquence d'entraînement / seuil ventilatoire / consommation maximale d'oxygène / réentraînement des coronariens

ABSTRACT

Rehabilitation of patients with coronary artery disease: do they need an exercised program based on ventilatory threshold?

PURPOSE: To compare the efficiency of two programs of exercise-based rehabilitation that are different for heart rate (HR) training in patients with coronary artery disease: heart rate (HR) according to Karvonen formula (HR train

ing =70% (max HR –rest HR) +rest HR) or HR recorded at the gas exchange ventilatory threshold (VT).

TYPE: Controlled randomised clinical trial.

SETTING: Cardiovascular rehabilitation unit.

METHOD: Twenty-four male patients (54 ± 9.5 years old) with coronary artery disease were allocated at random to one of the two groups: KHR group ($n=13$) according to Karvonen formula ($n=11$), and VTHR group according to VT determined by exertion test ($n=13$). The exercised-based program was similar for all the patients, differing only in HR training (five daily sessions a week for four weeks). Assessment tests were performed at D1 and D28 and included: - an exercise test with measure of HR and double product (HR \times blood pressure) at rest, submaximal and maximal intensity, with measure of oxygen consumption and gas exchanges at rest and at maximum exercise; - specific functional tests based on daily life activities; - dyspnea assessment at maximal intensity; - quality of life measurement by SF36. It was taken notice of the drugs taken by the patients, specially betablockers.

RESULTS: At inclusion, the two groups were not different for parametric (age, body mass index) and non parametric values (medical or surgical treatment, comorbidity). Even though HR training was significantly different ($p < 10^{-6}$), at the end of the program there was a significant increase of power and oxygen consumption at VT (+42.6%, $p < 10^{-6}$; +18.6%, $p < 10^{-5}$) and at maximal intensity (+18.7%, $p < 10^{-6}$; 14.2%, $p < 10^{-5}$), but differences between the two groups were not significant; double product was significantly lower at rest (-13.9%, $p < 10^{-5}$) and at submaximal exertion (-10.6%, $p < 10^{-3}$). Yet, the two groups differed in HR, and HR increased in VTHR group and decreased in KHR, the difference being significant at VT ($p = 0.05$), at submaximal ($p = 0.037$) and maximal exercise ($p = 0.05$). Dyspnea at maximal intensity was higher in VTHR but SF36 values were not different.

DISCUSSION AND CONCLUSION: These results confirm the efficiency of cardiac training program according to Karvonen formula as to ventilatory threshold. However, there is a negative chronotropic effect of cardiac training according to Karvonen formula with a higher intensity, which corresponds to a less cardiac work for a same activity.

© 2002 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

heart rate training / ventilatory threshold / maximum oxygen consumption / cardiac rehabilitation for coronary heart diseases

La rééducation et la réadaptation cardiovasculaire du patient coronarien ont prouvé leur intérêt en améliorant la performance à l'effort [9, 21] tout en contribuant à réduire la mortalité [19, 20]. La prise en

charge associée des techniques de rééducation visant à accroître la performance et la tolérance à l'effort et des mesures de réadaptation orientées vers des activités de la vie quotidienne et professionnelle ; cette phase est mise à profit pour enseigner au patient à gérer les facteurs de risques.

Une prise en charge initiale plus précoce et plus incisive, des traitements médicamenteux plus efficaces, des gestes de revascularisation plus fréquents, conduisent les équipes de rééducation et de réadaptation cardiovasculaire à prendre en charge une population plus nombreuse et plus diversifiée [23]. Les disparités de cette population, en terme de traitement et de déconditionnement, posent le problème du choix du niveau d'entraînement aérobie, élément clé de la réussite. Classiquement, le niveau de d'entraînement est fixé en fonction des paramètres maximaux obtenus à l'épreuve d'effort initiale [1, 12]. L'intensité de l'entraînement est couramment déterminée à partir de la fréquence cardiaque selon la formule de Karvonen ; cependant ce seul critère de la fréquence cardiaque (au repos comme maximale enregistrée lors du test d'effort) peut s'avérer imprécis, d'autant plus que les bêtabloquants sont aujourd'hui davantage prescrits [16].

L'entraînement au seuil ventilatoire a fait ses preuves chez le sujet âgé [1, 17], en pathologie respiratoire [29, 32] et plus récemment chez le patient insuffisant cardiaque [26], mais une seule étude concerne le coronarien [28]. Ce seuil a des bases théoriques solides : il correspond au niveau d'exercice ou de consommation d'oxygène (O₂) auquel survient un accroissement non linéaire de la ventilation pulmonaire lorsque l'effort se poursuit. Il correspond en fait au seuil d'accumulation des lactates lors d'un effort croissant. Il est individualisé selon l'âge, le sexe, le niveau de performance du sujet [34, 35]. Étant proche du seuil d'apparition de la dyspnée à l'effort, le travail à son niveau est bien toléré [4].

Dès lors on peut s'interroger sur l'efficacité, la tolérance et la compliance chez le patient coronarien d'une technique d'entraînement à l'effort dont l'intensité est fixée par ce seuil ventilatoire. Ce travail vise à comparer les effets sur la performance à l'effort, le retentissement fonctionnel, la tolérance, et la perception de la qualité de vie de deux techniques d'entraînement, l'une dont l'intensité est fixée par la formule de Karvonen, l'autre par la détermination initiale du seuil ventilatoire.

MÉTHODOLOGIE

L'étude est prospective, contrôlée en double aveugle, incluant des patients coronariens pris en charge pour rééducation et réadaptation dans l'unité spécialisée du département de médecine physique et réadaptation (CHU de Nîmes, UFR Montpellier-Nîmes), du 1^{er} février 1998 au 28 février 1999.

Le protocole d'étude avait été soumis au comité d'éthique de l'établissement (CPPRB) et accepté en janvier 1998. Les objectifs, le déroulement, les risques encourus et les bénéfices potentiels liés à l'inclusion dans l'étude ont été expliqués à chaque patient préalablement à l'inclusion et leur consentement écrit a été recueilli.

Critères d'inclusion et d'exclusion

Parmi les patients de sexe masculin admis dans l'unité durant la période d'étude, ont été inclus de façon systématique les patients de moins de 65 ans, ayant présenté un premier infarctus du myocarde, dans un délai de dix jours à trois mois avant l'inclusion dans l'étude, ou un épisode d'angor dans les trois mois précédant l'inclusion. Le traitement initial pouvait avoir été médical (médicamenteux, thrombolyse ou angioplastie) ou chirurgical (pontage : délai d'inclusion dans l'étude de six semaines à trois mois après l'intervention). Ont été exclus de l'étude les patients de 65 ans ou plus, ou ayant une altération significative de la fonction ventriculaire gauche (fraction d'éjection ventriculographique ou échographique inférieure à 50 %), ou présentant une contre-indication absolue ou relative à l'épreuve d'effort sur cycloergomètre selon les recommandations de la Société française de cardiologie [24], ou incapables de comprendre le contenu de l'étude, ou ayant refusé de donner leur consentement par écrit.

Constitution des groupes. Randomisation

Les patients ont été répartis par tirage au sort à l'issue de l'épreuve d'effort en deux groupes :

- groupe FES : patients entraînés à la fréquence cardiaque correspondant au seuil ventilatoire mesuré ;
- groupe FEK : patients entraînés à la fréquence selon la formule de Karvonen = $FcR + 70\%$ ($FcMax. - FcR$) [1, 12, 13].

À partir de la dixième inclusion dans chaque groupe, il a été procédé à une stratification à partir des paramètres anthropométriques, cliniques, thérapeutiques, afin d'obtenir des groupes comparables.

Le patient connaissait la valeur chiffrée de sa propre fréquence d'entraînement mais n'avait pas la possibilité de connaître le groupe auquel il appartenait. L'évaluateur méconnaissait tout au long de l'étude le groupe d'appartenance du patient.

Évaluation

Chaque patient était évalué dans les mêmes conditions, le matin du premier et du dernier jour du protocole de rééducation. Cette évaluation comprenait :

Une épreuve d'effort avec mesure des échanges gazeux

Elle était conduite selon les recommandations de la Société française de cardiologie [24]. L'effort était produit sur une bicyclette ergométrique à frein électromagnétique (ERGOLINE 900). L'enregistrement informatisé de l'électrocardiogramme se faisait sur un enregistreur multipiste, avec les 12 dérivations standard (Marquette Case 15). La fréquence cardiaque était mesurée en permanence, l'électrocardiogramme étant enregistré au repos, à l'effort et pendant la période de récupération. La pression artérielle (TA) était mesurée par méthode sphygmomanométrique et auscultatoire, au repos, toutes les trois minutes, au maximum de l'effort, et pendant la période de récupération. La mesure des échanges gazeux était réalisée à l'aide du pneumotachographe CPX (MEDGRAPHIC), qui permet une analyse cycle par cycle de la consommation d'oxygène (VO₂), de la production de dioxyde de carbone (VCO₂), et du débit ventilatoire (VE) tout au long de l'épreuve. Un spiromètre intégré permet d'analyser la fonction pulmonaire. Avant chaque épreuve une calibration automatique des analyseurs en O₂ et CO₂ était effectuée. Les patients respiraient par la bouche à travers un embout buccal, une pince sur le nez. Le premier temps de l'examen était la mesure des paramètres ventilatoires par spirométrie. Après une période d'échauffement de trois minutes à 30 Watts permettant la stabilisation des paramètres ventilatoires, la montée en charge se faisait par palier de 10 à 15 watt/mn selon le protocole de Wasserman [35]. Les patients devaient pédaler à un rythme cons

tant de 60 tours par minute. L'épreuve pouvait être interrompue en fonction des critères définis par la Société française de cardiologie [24], mais également lorsque la VO₂ maximale (VO₂Max) pouvait être considérée comme atteinte : la VO₂ restait en plateau malgré l'augmentation de la charge ou le quotient respiratoire était supérieur ou égal à 1,1 ou la fréquence cardiaque avait atteint la valeur maximale théorique (220 - l'âge) [2].

L'épreuve d'effort et la mesure des échanges gazeux recueillaient les valeurs tests : fréquence cardiaque (/mn) (Fc), consommation d'oxygène (ml/kg/mn) (VO₂), double produit (Fc × T.A. systolique) et puissance développée (W). Ces valeurs étaient recueillies au repos (*valeurs de repos*), au seuil ventilatoire (*valeurs au seuil ventilatoire*), au palier précédent celui auquel la VO₂Max avait été obtenue lors de l'épreuve initiale (*valeurs sous-maximales*). Les *valeurs maximales* étaient ainsi recueillies : la fréquence cardiaque maximale (FcMax), la consommation d'oxygène maximale (VO₂Max), le double produit, la puissance maximale ainsi que le quotient respiratoire maximal. Pour la détermination du seuil ventilatoire tel qu'il a été défini par Wasserman et al. [34], nous avons utilisé la méthode graphique de Beaver et al. [3] appelée méthode du « V-slope ». Selon cette méthode, le seuil ventilatoire est le point de rupture de la pente de la fonction exprimant la production de CO₂ (VCO₂) en fonction de la consommation d'O₂ (VO₂). Cette détermination est automatique par l'appareil de mesure des échanges gazeux et est corrigée si nécessaire visuellement par l'examineur. Le seuil est défini en fonction de la VO₂ correspondante (VO₂ seuil ou VO₂s) ; il lui correspond une fréquence cardiaque appelée Fréquence seuil (Fcs) et il survient à une puissance appelée Puissance seuil. Nous avons également calculé le pourcentage de la VO₂s et de la VO₂Max mesurée par rapport à la VO₂ maximale théorique. Enfin, le temps nécessaire pour atteindre la VO₂Max (Temps Pic) et le temps total d'exercice (Temps Total) ont été notés.

Pour chaque patient, la fréquence d'entraînement (FcE) est également calculée selon la méthode de Karvonen : $FcE = FcR + 70 \% (FcMax - FcR)$ où FcMax est la fréquence cardiaque maximale lors de l'épreuve d'effort et FcR la fréquence de repos [1, 12, 13].

Évaluation de la dyspnée ressentie lors de l'épreuve d'effort

Évaluation par l'échelle visuelle analogique (EVA) [18] et mesure de la fréquence respiratoire (FR) à l'effort maximal.

Évaluation de la perception de la qualité de vie selon le SF-36 Health Survey (SF-36)

Ce questionnaire auto-administré est constitué de 36 questions, qui évalue huit sous-échelles de la santé : activité physique (dix items), limitations dues à l'état physique (quatre items), douleur physique (deux items), vie et relations avec les autres (deux items), santé psychique (cinq items), limitations dues à l'état psychique (trois items), vitalité (quatre items) et santé générale perçue (cinq items). L'interprétation du score a été réalisée selon les données du manuel d'interprétation de la SF-36 [33]. Un score est calculé pour chaque sous-échelle et exprimé en pourcentage, les valeurs hautes signifiant une perception positive ; les réponses des sujets sont représentées sous la forme d'un profil, il n'y a pas de score global.

Programme de rééducation

La procédure de prise en charge était identique pour tous les patients inclus, et durait quatre semaines, avec une séance quotidienne le matin, cinq jours sur sept. Celle-ci comprenait un réentraînement à l'effort en kinésithérapie (*annexe 1*), une prise en charge en ergothérapie individuelle et collective orientée vers la réalisation d'exercices de jardinage, bricolage, port de charge, adaptés aux capacités d'effort et aux besoins du patient. Cependant la fréquence d'entraînement avait été déterminée en fonction de l'appartenance à l'un des deux groupes.

Elle associait également des tables rondes hebdomadaires d'information sur les facteurs de risque et la prévention secondaire animées par le médecin, des ateliers de préparation de repas et d'initiation à la diététique. Chaque patient rencontrait individuellement le psychologue au début du programme et à la troisième semaine, et l'importance du stress, le retentissement psychologique et sexuel était abordés.

Ont été retenus comme critères de sortie d'étude une modification du traitement médicamenteux ou une interruption du programme de rééducation avant la fin des quatre semaines pour des raisons autres

que coronariennes (affection intercurrente, interruption pour raison familiale ou professionnelle), enfin le désir du patient d'interrompre.

Analyse statistique

Les résultats sont présentés par les moyennes et écart-type, du test initial, du test final et de leur différence relative (test final - test initial / test initial) exprimée en pourcentage. La différence entre les données d'inclusion des deux groupes a été testée grâce au test de Mann et Whitney (pour les variables quantitatives) et grâce au test du χ^2 (pour les variables qualitatives). Les différences entre les évaluations avant et après entraînement ont été testées par le test t de Student pour séries appariées au sein de chaque groupe et pour la population totale, de même pour la différence entre les deux fréquences d'entraînement. La différence d'évolution entre les deux groupes a été testée par le test t de Student. Le seuil de significativité est $p < 0,05$.

RÉSULTATS

Population incluse

Trente patients ont été inclus, mais il y a eu six sorties de l'étude : quatre patients ont arrêté l'entraînement prématurément pour des raisons non médicales (à deux et trois semaines) ; un patient a nécessité un changement de traitement (introduction d'un bêta-bloquant) ; une démence a été découverte chez un patient en cours de programme. Au total, 24 dossiers ont pu être exploités. Vingt-quatre patients ont été entraînés pendant une durée de quatre semaines (quatre fois cinq jours). Aucune complication n'est survenue.

L'âge des patients variait de 37 à 65 ans ($m = 54 \text{ ans} \pm 9,5$). Le délai d'inclusion variait de 18 à 90 jours, soit 39,5 de moyenne ($\pm 17,2$). Douze patients sont entrés dans les suites d'un infarctus et 12 à la suite d'une pathologie angineuse. Leur fraction d'éjection ventriculaire était de $64,5 \% \pm 9$. Le traitement initial a été médicamenteux dans 17 % des cas, 46 % des patients ont eu une angioplastie et 37 % une revascularisation chirurgicale. Soixante et onze pour cent des patients sont sous bêtabloquants à l'entrée. Deux patients ont eu un infarctus du myocarde et ne sont pas sous bêtabloquant en raison d'une artériopathie des membres inférieurs associée.

Quant aux facteurs de risques, on retrouve un surpoids ($\text{IMC} > 25 \text{ kg/m}^2$) chez 75 % des patients et quatre sont obèses ($\text{IMC} > 30 \text{ kg/m}^2$) ; 78 % des patients inclus sont fumeurs ; 75 % ont une dyslipidémie (hypercholestérolémie ou triglycéridémie) ; 29,2 % des patients sont hypertendus.

Comparaison des groupes FES et FEK lors de l'inclusion

Onze patients inclus dans les groupe FES et 13 dans le groupe FEK ont achevé le programme. Il ressort de l'analyse des données paramétriques (*tableau I*) et non paramétriques (*tableau II*) que les différences constatées entre les deux groupes ne sont pas significatives à l'inclusion. Les deux groupes ne sont pas différents quant aux caractères anthropométriques, à leur pathologie initiale, à leur exposition aux facteurs de risque et aux valeurs de l'épreuve d'effort.

La fréquence d'entraînement théorique moyenne du groupe FES entraîné au seuil est de 90 battements/minutes soit 74 % de la fréquence cardiaque maximale. La fréquence d'entraînement théorique moyenne du groupe FEK est de 110 battements/minutes soit 85 % de la fréquence cardiaque maximale. La différence est significative entre les deux fréquences d'entraînement ($p < 10^{-6}$).

Résultats dans la population générale (24 patients)

Si l'on considère les *valeurs de l'épreuve d'effort, au repos*, on constate une diminution significative ($p < 10^{-4}$) de la fréquence de repos ($-9,8 \%$). Le double produit varie de façon significative : diminution nette de 13,9 % ($p < 10^{-5}$). La consommation d'oxygène au repos ne change pas de façon significative. *Au seuil ventilatoire*, la puissance développée est nettement augmentée : $+ 42,6 \%$ ($p < 10^{-6}$) et la consommation d'O₂ augmente aussi de façon très significative : $+ 18,6 \%$ (avec $p < 10^{-5}$) ; il existe une augmentation de la fréquence cardiaque au seuil (1,7 %, NS). *Au niveau sous-maximal* (palier précédent le palier maximal lors de l'épreuve initiale soit à une moyenne de 96,6 Watt dans notre population totale), le double produit est significativement abaissé ($-10,6 \%$, $p < 10^{-3}$), la consommation d'oxygène n'est pas changée. Quant aux *valeurs maximales*, la puissance et la consommation d'oxygène sont significativement augmentées ($+ 18,7 \%$,

Tableau I. Comparaison des valeurs paramétriques, dont les données de l'épreuve d'effort initiale, entre les groupes FES et FEK.

Groupe	FES (n=11)	FEK (n=13)	Valeur de p
Âge	53,5 ± 8,7	54,5 ± 15,2	0,79 NS
Délai inclusion /infarctus	32,4 ± 9,9	45,6 ± 21,6	0,08 NS
IMC	27,5 ± 3,6	25,9 ± 6,5	0,29 NS
Fraction Éjection Ventriculaire	63,3 ± 9,5	65,3 ± 18,6	0,72 NS
Dyspnée lors de l'effort maximal (EVA)	27,75 ± 26,9	36,1 ± 29,6	0,7 NS
FR mesurée l'effort maximal	30,3 ± 5,2	29,6 ± 5,6	0,55 NS
<i>Épreuve d'effort</i>			
<i>Repos</i>			
	FcR (/mn)	71,5 ± 19,2	0,73 NS
	Double produit	9353 ± 2701	0,61 NS
	VO ₂ R (ml/kg/mn)	4 ± 1	0,71 NS
- Seuil ventilatoire	Puissance (W)	47,7 ± 15,3	0,62 NS
	Fcs (/mn)	96,4 ± 24,5	0,06 NS
	VO ₂ S (ml/kg/mn)	10,4 ± 2,8	0,97 NS
- Valeurs maximales	Puissance (W)	103,8 ± 29,3	0,13 NS
	FcMax (/mn)	127,7 ± 32,4	0,86 NS
	Double produit	18896 ± 5161	0,5 NS
	VO ₂ Max (ml/kg/mn)	18,5 ± 4,7	0,55 NS
	QR	1,18 ± 0,3	0,08 NS
- Valeurs sous-maximales	Puissance (W)	91,2 ± 20,1	0,13 NS
	Double produit	18047 ± 3668	0,48 NS
	VO ₂ sousMax (ml/kg/mn)	16,6 ± 2,3	0,81 NS

Les différences de ces valeurs à l'intérieur de chaque groupe sont indiquées avec la valeur du p intragroupe. La comparaison intergroupe de ces valeurs est également indiquée ainsi que la valeur du p intergroupe.

IMC = indice de masse corporelle ; EVA = évaluation visuelle analogique ; FR = fréquence respiratoire ; FcR = fréquence cardiaque de repos ; Fcs = fréquence cardiaque au seuil ventilatoire ; FcMax = fréquence cardiaque maximale ; VO₂R = consommation d'oxygène au repos ; VO₂S = consommation d'oxygène au seuil ventilatoire ; VO₂Max = consommation d'oxygène maximale ; VO₂sousMax = consommation d'oxygène sous-maximale.

Tableau II. Comparaison des valeurs non paramétriques entre les groupes FES et FEK.

Groupe	FES (n=11)	FEK (n=13)	Valeur de p
Angor ou Infarctus du myocarde (IDM)	5 Angor, 6 IDM	7 Angor, 6 IDM	0,68 NS
Nombre de lésions tronculaires	1,63 ± 0,92	1,76 ± 0,92	0,86 NS
Traitement initial	5 angioplasties, 2 pontages, 3 médicaments	6 angioplasties, 6 pontages, 1 médicament	0,38 NS
Tabagisme	8/11	9/13	0,85 NS
Dyslipidémie	9/11	9/13	0,48 NS
Hypertension artérielle	8/11	9/13	0,85 NS
Traitement bêtabloquant	8/11	9/13	0,85 NS

$p < 10^{-6}$ et 14,2 %, $p < 10^{-5}$). L'échelle visuelle analogique de la dyspnée a été remplie seulement par 16 patients sur 24 à la fois après l'épreuve initiale et après l'épreuve finale et une augmentation significative de la sensation dyspnéique est retrouvée dans le groupe FES. Parallèlement, il existe une augmentation non significative de la fréquence respiratoire lors de l'effort maximal. Seulement 16 questionnaires de qualité de la vie sur 24 ont pu être exploités ;

dans huit cas, les questionnaires n'ont pas été rendus ou remplis de façon incomplète. Une augmentation significative, révélatrice d'une perception positive, est rapportée pour cinq des huit concepts : limitations dues à l'état physique, douleur physique, vie et relation avec les autres, santé psychique, limitations dues à l'état psychique. Seul le concept de santé générale diminue (-2,2 %), mais la différence n'est pas significative.

Résultats dans chaque groupe et comparaison des groupes entre eux

Pour ce qui concerne la fréquence réelle d'entraînement par rapport à la fréquence théorique fixée au démarrage du protocole, la différence n'est significative dans aucun des deux groupes : $0,27 \pm 2,37$ dans le groupe FES et $-2,7 \pm 3,14$ dans le groupe FEK.

Les évolutions des valeurs entre les tests initiaux et finaux dans chaque groupe (p intra-groupe) sont représentées au [tableau III](#) pour l'épreuve d'effort, au [tableau IV](#) pour la dyspnée lors de l'effort maximal, et au [tableau V](#) pour la perception de la qualité de vie.

Concernant les comparaisons des évolutions entre tests initiaux et finaux entre les deux groupes, les seules différences significatives concernent les fréquences cardiaques mesurées lors des divers paliers de l'épreuve d'effort ([tableau III](#)) ; les autres différences ne sont pas significatives. De même, il n'est pas retrouvé de différences significatives entre les évolutions des deux groupes pour la dyspnée lors de l'effort maximal ([tableau IV](#)), et pour la perception de la qualité de vie ([tableau V](#)).

DISCUSSION

Cette étude vise à comparer chez des patients coronariens les effets sur la performance d'effort, la tolérance et le retentissement sur la qualité de vie d'une technique d'entraînement reposant sur la mesure de la fréquence cardiaque au seuil ventilatoire, lors de l'épreuve d'effort initiale à une méthode plus classique reposant sur l'utilisation de la formule de Karvonen. Les deux types d'entraînement ne diffèrent en fait que par l'intensité de l'effort déterminée par la fréquence cardiaque d'entraînement : la fréquence mesurée au seuil ventilatoire est inférieure (74 % de la fréquence cardiaque maximale mesurée lors du test d'effort initial) à la fréquence selon la formule de Karvonen (85 % de la fréquence maximale). Le seuil ventilatoire a été déterminé selon la méthode graphique du « V-slope » décrite par Beaver et al. [3]. Cette méthode de détermination du seuil ventilatoire est bien corrélée avec la détermination du seuil d'accumulation des lactates [25]. Certes, le seuil ventilatoire s'avère parfois difficile à déterminer et ce d'autant plus que le sujet est déconditionné [25, 36], mais Valy et al. [30] ont mis en évidence la

sensibilité de la méthode du « V-slope » qui leur a semblé permettre une détermination plus précise du seuil que les autres méthodes. Dans notre étude, le seuil ventilatoire a été déterminé selon cette méthode.

La population incluse est caractéristique des patients aujourd'hui pris en charge dans les suites d'un accident coronarien. Les données anthropométriques, leur pathologie coronarienne, leur traitement initial rendent les deux groupes comparables ; ils ne sont pas en particulier différents pour ce qui concerne la prise de bêtabloquants, médicaments influant sur la fréquence cardiaque.

Le programme de quatre semaines d'entraînement proposé, et qui n'est pas différent des programmes jusque-là publiés [6, 7], s'est accompagné d'une évolution des valeurs mesurées à l'épreuve d'effort. Si l'on tient compte de l'ensemble des patients inclus :

Au repos, la fréquence cardiaque a diminué significativement avec une baisse de 9,8 % ($p < 10^{-3}$), ce qui est conforme aux valeurs publiées [9, 31], ce qui paraît lié à une diminution du tonus sympathique et/ou au renforcement du tonus parasympathique, alors que la consommation d'oxygène n'a pas variée.

Au seuil ventilatoire, la puissance augmente significativement avec l'entraînement (+ 42,6 %, $p < 10^{-6}$), de même que la consommation d'O₂ (+ 18,6 %, $p < 10^{-4}$), alors que la fréquence cardiaque au seuil ventilatoire ne varie pas significativement. Tsuji et al. [28] après entraînement au seuil ventilatoire et Jensen et al. [11] après réentraînement soit à 50 %, soit à 85 % de la fréquence cardiaque maximale ont souligné l'augmentation de la consommation d'oxygène au seuil concomitante d'une augmentation significative de la puissance produite.

À une intensité sous-maximale, soit au palier en dessous du palier maximal obtenu lors de l'épreuve d'effort initiale (85 % de la puissance maximale dans notre étude), le double produit diminue significativement (-10,6 %, $p < 10^{-3}$), alors que la consommation d'oxygène n'est pas significativement modifiée. La diminution de la fréquence cardiaque dans notre étude n'est pas significative (5,2 %). Cependant il ressort de la littérature que la diminution du double produit s'accompagne d'une diminution de la fréquence cardiaque [8, 27, 31] et

Tableau III. Évolution des valeurs de l'épreuve d'effort entre le test initial et le test final pour chacun des deux groupes FES et FEK..

Groupe	FES (n = 11)			FEK (n = 13)			Comparaison intergroupe	
	Test initial	Test final	Évolution (%) (p intra-groupe)	Test initial	Test final	Évolution (%) (p intra-groupe)	P inter groupe	
<i>Valeurs de repos</i>								
FcR (/mn)	69,7 ± 12,4	66 ± 13,1	-5,3 ± 8,4* (p = 0,027)	71,5 ± 19,2	61,7 ± 17,2	-13,5 ± 17,2* (p = 0,0004)	S	0,05
double produit	8920 ± 1975	1975 ± 1755	-8,6 ± 8,1* (p = 0,0002)	9353 ± 2701	7567 ± 2203	-18,3 ± 13,8* (p = 0,0002)	S	0,04
VO ₂ R (ml/kg/mn)	4,1 ± 0,8	3,8 ± 0,8	-6,1 ± 27,3 NS	4 ± 1	4,1 ± 1,1	4,4 ± 23 NS	NS	0,34
<i>Valeurs au seuil ventilatoire</i>								
Puissance(W)	45,5 ± 8,8	66,8 ± 13	51,8 ± 40,9* (p = 0,0005)	47,7 ± 15,3	62,3 ± 17,9	34,8 ± 28,9* (p = 0,0013)	NS	0,26
Fcs (/mn)	88,9 ± 8,3	94 ± 11,3	5,8 ± 10 NS	96,4 ± 24,5	94,5 ± 23,7	-1,8 ± 8,8 NS	S	0,05
VO ₂ s(ml/kg/mn)	10,3 ± 1,4	12,1 ± 2,0	17,9 ± 21,1* (p = 0,007)	10,4 ± 2,8	12,2 ± 2,9	19,3 ± 14,8* (p = 0,0004)	NS	0,086
VO ₂ s/VO ₂ Max.	54 ± 3,6	55,6 ± 9,3	3 ± 16,4 NS	56,4 ± 14,8	59,2 ± 14,5	5,6 ± 12,2 NS	NS	0,67
VO ₂ s/VO ₂ Max théorique	34,8 ± 4,3	40,7 ± 6,6*	5,9 ± 6,5* (p = 0,007)	32 ± 7,5	37,5 ± 8,1	5,6 ± 5,1* (p = 0,0003)	NS	0,87
<i>Valeurs sous-maximales</i>								
Puissance (W)	103 ± 15,7			91 ± 20,1				
Fc (/mn)	115,6 ± 10,1	113,4 ± 9,5	-1,8 ± 5,4 NS	121,5 ± 12,2	111,1 ± 13,2	-8,3 ± 3,4* (p = 0,002)	S	0,037
double produit	17040 ± 3168	15413 ± 2167	-8,2 ± 11,8* (p = 0,019)	18047 ± 3668	15524 ± 3218	-12,6 ± 16,5* (p = 0,006)	NS	0,47
VO ₂ sousMax (ml/kg/mn)	16,9 ± 3,1	16,9 ± 3,3	0,1 ± 5,9 NS	16,6 ± 2,3	16,4 ± 2	-1,1 ± 5,5 NS	NS	0,62
<i>Valeurs maximales</i>								
Puissance (W)	116,4 ± 18,5	139,5 ± 29	19,8 ± 14,2* (p = 0,0007)	103,8 ± 29,3	121,9 ± 35,2	17,7 ± 15,5* (p = 0,0009)	NS	0,76
FcMax (/mn)	121,2 ± 11,8	130,4 ± 11	8,2 ± 11,2* (p = 0,018)	127,7 ± 32,4	127,5 ± 34,2	0,1 ± 8,8 NS	S	0,05
double produit	18010 ± 3913	18522 ± 2381	5,5 ± 17,7 NS	18886 ± 5161	18783 ± 6111	0,2 ± 19,6 NS	NS	0,5
VO ₂ Max (ml/kg/mn)	19,5 ± 3,5	22,2 ± 5	14,7 ± 11,5* (p = 0,0015)	18,5 ± 4,7	20,8 ± 4,7	13,8 ± 13,7* (p = 0,001)	NS	0,86
VO ₂ /VO ₂ max. théorique	64,5 ± 7,9	74 ± 11	14,8 ± 11,4* (p = 0,0008)	57,3 ± 18,6	65,1 ± 9	13,6 ± 13,1* (p = 0,001)	NS	0,81
QR	1,12 ± 0,06	1,13 ± 0,06	1,12 ± 5,8 NS	1,18 ± 0,3	1,14 ± 0,3	-3,2 ± 7,4 NS	NS	0,14
Temps Pic (mn)	07:08	09:08	28 ± 15,5* (p = 0,0001)	07:02	08:29	23 ± 29,3* (p = 0,009)	NS	0,76
Temps Total (mn)	07:27	09:08*	25,4 ± 16* (p=0,0003)	07:22	08:46	21,3 ± 19* (p = 0,005)	NS	0,67

Les différences significatives à l'intérieur de chaque groupe sont marquées d'un * et la valeur du p intragroupe est indiquée. La comparaison intergroupe de ces valeurs est également indiquée ainsi que la valeur du p intergroupe. FcR= fréquence cardiaque de repos ; Fcs= fréquence cardiaque au seuil ventilatoire ; FcMax= fréquence cardiaque maximale ; VO₂R= consommation d'oxygène au repos ; VO₂s= consommation d'oxygène au seuil ventilatoire ; VO₂Max = consommation d'oxygène maximale ; VO₂sousMax = consommation d'oxygène sous-maximale.

Tableau IV. Évolution de la dyspnée mesurée par l'échelle visuelle analogique (EVA) et de la fréquence respiratoire (FR) lors de l'effort maximal dans les deux groupes (sur 16 patients).

Groupe	Nom		EVA	FR
FES (n = 8)	test initial	m	27,75	30,3
		±	26,9	5,2
	test final	m	52,13	30,9
		±	28,6	4,7
	évolution	m	24,4	3,2
	±	23,7	12,2	
	p intra groupe		0,01	0,85
			S	NS
FEK (n = 8)	test initial	m	36,1	29,6
		±	29,6	5,6
	test final	m	53,8	30,5
		±	29,4	5,0
	évolution	m	17,6	3,6
		±	42,8	7,9
	p intra groupe		0,14	0,12
		NS	NS	
	p inter groupe		0,7	0,55
			NS	NS

résulterait d'une adaptation du système neurovégétatif avec diminution de l'influence du système nerveux sympathique. En effet, le système adrénergique est moins sollicité par l'augmentation du volume d'éjection systolique résultant d'une meilleure contractilité cardiaque. Il existe une corrélation étroite entre le débit coronaire et la fréquence cardiaque ; le travail cardiaque, le débit et la fréquence cardiaque augmentent tous parallèlement et atteignent ensemble leur valeur maximale [22]. Il est donc possible de prédire l'un à partir de l'autre ; il est licite de penser que le travail cardiaque diminue à puissance égale. Le double produit est le reflet de

la consommation d'oxygène du cœur [14]. Une consommation cardiaque plus faible en oxygène, à un niveau équivalent d'effort, est également en faveur d'un coût moindre du travail. Parallèlement la consommation d'oxygène ne subit pas de changement [8], ce sont les conditions de son transport qui changent. À effort égal, la fréquence cardiaque est diminuée et le double produit est plus faible : le travail cardiaque est plus économique.

Au maximum de l'effort, après quatre semaines de traitement, la puissance maximale a augmenté de 18,7 % ($p < 10^{-6}$) et parallèlement, la consommation d'oxygène a augmentée de 14,2 % ($p < 10^{-5}$). Ces augmentations vont dans le sens retrouvé par de nombreux auteurs [8, 9, 31]. L'évolution de la puissance maximale tolérée et de la consommation maximale en oxygène correspondent à une augmentation de la capacité maximale de travail. La fréquence cardiaque maximale est stable dans notre population totale et une évolution semblable est rapportée dans une population comparable de sujets coronariens par Dressendorfer et al. [8].

Au total, le programme d'entraînement de quatre semaines proposé aux deux groupes de patients a amélioré les performances à l'effort de l'ensemble de la population en modifiant certains paramètres cardiorespiratoires : diminution de la fréquence cardiaque de repos, augmentation de la puissance et de la consommation d'oxygène au seuil ventilatoire, diminution du double produit à un niveau sous-maximal, amélioration de la puissance et de la consommation d'oxygène à l'effort maximal sans augmentation de la fréquence maximale. L'amélioration de la capacité d'effort est comparable entre les

Tableau V. Évolution de la qualité de vie évaluée par le test SF 36 (sur 16 patients).

	Subtest	PF	RP	BP	SF	MH	RE	VT	GH
Test initial	moyenne	81	20	56	67	62	31	53	67
	±	17	28	26	21	20	37	24	15
Test final	moyenne	85,6	65,6	72,4	79,1	69,0	72,9	60,9	64,8
	±	22,4	31,5	20,5	21,2	18,8	35,0	15,9	19,2
Évolution (%)	moyenne	4,4	45,3	16,3	12,6	7,0	41,8	8,4	-2,2
	±	22,1	47,6	27,0	18,8	14,3	43,1	22,7	14,1
p intra groupe		NS	S	S	S	S	S	NS	NS
		0,22	0,0008	0,01	0,008	0,03	0,0007	0,08	0,72
p inter groupe		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
		0,38	0,7	0,08	0,85	0,56	0,98	0,25	0,89

Score étendu de 0 à 100 %, un chiffre élevé est révélateur d'une perception positive. PF = activité physique ; RP = limitations dues à l'état physique ; BP = douleur physique ; SF = vie et relation avec les autres ; MH = santé psychique ; RE = limitations dues à l'état psychique ; VT = vitalité ; GH = santé perçue.

deux groupes, correspondant cependant à des entraînements d'intensité différente, l'un au seuil ventilatoire, l'autre selon la formule de Karvonen. La fréquence d'entraînement au seuil ventilatoire est en effet significativement plus basse que lorsqu'elle est calculée selon la formule de Karvonen, comme l'avaient souligné Mc Connell et al. [15]. Il est difficile de comparer nos résultats à ceux de l'étude ouverte de Tsuji et al. [28] qui ont entraîné des patients ayant eu un infarctus récent au seuil ventilatoire ; certes, ils ont retrouvé un gain de performance (augmentation de 19 % de la VO2Max), mais leur technique d'entraînement, reposant sur des exercices de marche de 30 min, cinq à six jours par semaine, est fondamentalement différente de la technique proposée dans cette étude. Quoi qu'il en soit, les différences constatées entre les deux types d'entraînement n'intéressent pas la performance proprement dite, mais seulement l'évolution de la fréquence cardiaque et du double produit avec l'entraînement. La fréquence cardiaque est significativement abaissée au repos, au niveau d'effort maximal et sous-maximal lorsque l'entraînement se fait à une intensité donnée par la formule de Karvonen. Cette différence n'est pas due à un biais de sélection car la proportion de patients traités par bêtabloquants est comparable dans les deux groupes (71 % contre 69 %). La fréquence cardiaque, qui est le reflet du travail cardiaque, semble ainsi mieux stabilisée après un entraînement à la fréquence de Karvonen, et le travail cardiaque est donc plus faible après entraînement à effort produit égal. La fréquence de réserve est plus importante ce qui permettra au patient de supporter une montée en charge plus importante. Il n'y a pas, dans la littérature, d'explication à cette différence d'évolution ; on peut cependant en proposer deux :

- la fréquence cardiaque déterminée au seuil ventilatoire étant significativement plus faible que la fréquence déterminée par la méthode de Karvonen, les patients entraînés selon ce type le sont nécessairement à une puissance inférieure tout au long de leur séjour. La charge globale supportée par les patients est plus faible et donc la quantité totale d'effort également ;
- la fréquence cardiaque augmente au niveau du seuil ventilatoire avec l'entraînement ; Tsuji et al. [28] l'avaient précédemment souligné. La fréquence d'entraînement étant identique au cours du séjour,

les patients s'entraînent peu à peu en dessous de leur seuil ventilatoire. L'entraînement reste efficace puisque la puissance de travail reste supérieure à 50 Watt (limite inférieure pour obtenir un effet de l'entraînement) [11] mais insuffisant pour agir sur l'adaptation cardiaque.

L'augmentation des performances à l'effort s'accompagne d'une augmentation de la sensation dyspnéique lors de l'effort maximal ; constatée dans les deux groupes, elle n'est significative que dans le groupe entraîné au seuil ventilatoire. Cette augmentation de la sensation dyspnéique est retrouvée par de nombreux auteurs au décours des programmes d'entraînement lors de bronchopneumopathies chroniques [8, 29, 30] ; elle est alors rapprochée d'une augmentation de la motivation. Or cette augmentation de la sensation dyspnéique est décrite par le patient comme significativement plus marquée lors d'entraînement au seuil. La fréquence respiratoire à l'effort maximal n'est pas modifiée. Les patients entraînés au seuil ventilatoire restent au niveau (et peut-être en dessous) de leur seuil dyspnéique lors de l'entraînement. Lors de l'épreuve finale, il leur est plus difficile de supporter une sensation dyspnéique importante que les patients habitués à s'entraîner au-dessus du seuil dyspnéique, seuil correspondant à une dyspnée supérieure à 13 sur l'échelle de Borg et qui est corrélé au seuil anaérobie [5, 10].

Il n'y a pas de gain en terme de perception de la qualité de vie entre les deux types d'entraînement ; la perception moins bonne de la santé générale au terme du programme (alors que sept concepts sur huit sont améliorés) accompagne la prise de conscience des facteurs de risques, prise de conscience favorisée par les actions de prévention secondaires alors mises en place. On pourrait considérer que cette prise de conscience ne peut que favoriser la prévention ultérieure et la gestion par le patient des facteurs de risque.

CONCLUSION

La pathologie coronarienne, même en l'absence d'insuffisance cardiaque, est une multi-déficience qui justifie une prise en charge rééducative et réadaptative globale tenant compte du déconditionnement, des risques à l'effort, des facteurs de risques, de profils psychologiques particuliers... Un des éléments de la réussite de l'entraînement à l'effort est le choix de l'intensité. Ce dernier doit se faire essen

tiellement en aérobie pour associer efficacité et sécurité. Une méthode classique de détermination de la fréquence cardiaque d'entraînement est la méthode de Karvonen à partir de la fréquence cardiaque maximale. La généralisation du traitement par bêta-bloquants et l'incertitude de la détermination de la fréquence cardiaque maximale lors de l'épreuve d'effort incitent à rechercher une méthode de détermination plus fiable. Au seuil ventilatoire, le métabolisme commence à se faire en partie en anaérobie et la sensation de dyspnée peut apparaître. La détermination du seuil ventilatoire est individualisée et dépend de l'âge, du déconditionnement du sujet. Un entraînement à son niveau semblerait remplir les conditions demandées.

Cette étude révèle que les deux niveaux d'intensité sont significativement différents mais amènent une amélioration de la capacité d'effort comparable. Dans les deux cas, il existe une amélioration de la capacité fonctionnelle globale. La perception de la qualité de la vie est plus positive avec en outre une

prise de conscience des problèmes à résoudre dans l'avenir. La compliance est peu différente.

Cependant, la fréquence cardiaque est significativement diminuée si le niveau du réentraînement a été déterminé selon la formule de Karvonen. Ainsi le travail cardiaque, déduit de l'adaptation de la fréquence cardiaque, semble plus important, à un niveau d'effort égal, après entraînement au seuil ventilatoire. Cette différence peut être expliquée par un défaut de cette méthode : la charge de travail cumulée est globalement plus basse et la perception de la dyspnée lors de l'effort maximal est plus marquée en fin de traitement. Chez le coronarien sans dysfonction ventriculaire gauche, le réentraînement au seuil ventilatoire n'est pas à une intensité optimale. Cependant, l'individualisation et la détermination métabolique précise du niveau du réentraînement obtenues par la mesure des échanges gazeux incitent à tester d'autres intensités, en tenant compte de l'élévation du seuil ventilatoire au cours du réentraînement.

Annexe 1. Contenu d'une séance de réentraînement à l'effort

- Dix minutes de *gymnastique* d'échauffement : avec exercice respiratoire et assouplissement.
- Vingt minutes de *travail au tapis roulant* de type rectangulaire : montée en charge se fait en trois paliers de deux minutes avec une pente et une vitesse croissante afin d'approcher la fréquence d'entraînement, maintien de la fréquence cible pendant 12 minutes puis décroissance progressive de la pente et de la vitesse sur deux minutes. L'exercice est suivi de dix minutes de récupération passive permettant un retour des paramètres à un niveau proche de ceux de départ.
- Vingt minutes de *travail sur ergocycle* de type rectangulaire : montée en charge en deux paliers de 2'30, maintien de la fréquence d'entraînement pendant 15 minutes, suivi de deux minutes de récupération active.
- Travail segmentaire de *renforcement musculaire sur banc de Koch* : le travail va porter sur les abaisseurs des épaules, les biceps, les quadriceps et ischio-jambiers. La force maximale musculaire est mesurée sur ces groupes musculaires par un dynamomètre. Le travail sera réalisé par des séries de dix mouvements sur chaque groupe musculaire à environ 50 % de la force maximale.
- Un travail des membres inférieurs est également réalisé par des exercices talon-pointe.
- Une *surveillance* est réalisée avec enregistrement du pouls et de la tension au repos et après chacun des exercices. Au cours des exercices au tapis et sur ergocycle, la fréquence cardiaque est enregistrée par un cardiofréquence-mètre. Une feuille de route est remplie tout au long du séjour. La fréquence réelle à laquelle le patient s'est entraîné au tapis et sur l'ergocycle est notée.

RÉFÉRENCES

- 1 Ades P, Grunvald M. Cardiopulmonary exercise testing before and after conditioning in older coronary patients. *Am Heart J* 1990 ; 120 : 585-9.
- 2 Astrand PO, Rodahl K, Lacour JR, Duizabo D. Précis de physiologie de l'exercice musculaire. Paris : Masson ; 1994.
- 3 Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol* 1986 ; 60 : 2020-7.
- 4 Carta P, Sanna-Randaccio F, Anni MS, Nissardi GP, Casula D. Respiratory and metabolic changes during constant work load at various levels of anaerobic threshold. *Bull Europ Physiopath Resp* 1979 ; 15 : 171-83.
- 5 Chayet M, Pines A, Fisman EZ, Levo Y, Drory Y. Onset of intolerance symptoms during exercise testing is a reproducible threshold for evaluation of cardiac function. *Cardiology* 1993 ; 83 : 183-9.
- 6 Didier JP, Goepfert PC, Roques CF, Saint-Pierre A, Casillas JM. La rééducation des coronariens. *Encycl Méd Chir* (Elsevier, Paris). Kinésithérapie, 26-505-C-10. 1990 : 18 p.
- 7 Douard H, Koch M, Oysel N, Rougier P, Broustet JP. Réadaptation triangulaire ou rectangulaire après infarctus du myocarde. *Ann Cardiol Angeiol* 1993 ; 42 : 325-30.
- 8 Dressenhorfer RH, Franklin BA, Cameron J, Trahan K, Gordon S, Timmis G. Exercise training frequency in early post-infarction cardiac rehabilitation. Influence on aerobic conditioning. *J Cardiopulm Rehabil* 1995 ; 15 : 269-76.
- 9 Ehsani A, Heath G, Hadberg J, Sobel B, Holloszy J. Effects of 12 months of intense exercise training on ischemic ST-segment depression in patients with coronary artery disease. *Circulation* 1981 ; 64 : 1116-24.
- 10 Feriche B, Chicharro JL, Vaqueroa F, Perez M, Lucia A. The use of fixed value of RPE during a ramp protocol. Comparison with the ventilatory threshold. *J Sports Med Phys Fitness* 1998 ; 38 : 35-8.
- 11 Jensen B, Fletcher B, Rupp J, Fletcher G, Lee J, Oberman A. Effects of high and low intensity exercise on ventilatory threshold in men coronary artery disease. *J Cardiopulm Rehabil* 1996 ; 16 : 227-32.
- 12 Karvonen M, Kentala E, Mustata O. The effects of training on heart rate. A longitudinal study. *Ann Med Exper Biol Finn* 1957 ; 35 : 307-15.
- 13 Keyser R, Delafuente K, McGee J. Arm and leg cross-training effect on anaerobic threshold and heart rate in patients with coronary heart disease. *Arch Phys Med Rehabil* 1993 ; 74 : 276-80.
- 14 Kitanuva K, Jorgensen CR, Gobel FL, Taylor HL, Worg Y. Haemodynamic correlates of myocardial oxygen consumption during upright exercise. *J Appl Physiol* 1972 ; 32 : 516-22.
- 15 Mc Connell TR, Clark BA, Conlin NC, Haas JH. Gas exchange. Anaerobic threshold. Implications for prescribing exercise in cardiac rehabilitation. *J Cardiopulm Rehabil* 1993 ; 13 : 31-6.
- 16 Malfatto G, Facchini M, Sala L, Branzi G, Bragato R, Leonetti G. Effects of cardiac rehabilitation and beta-blocker therapy on heart rate variability after first acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1998 ; 81 : 834-40.
- 17 Masse-Biron J, Préfaut C. Intérêt d'un réentraînement aérobie individualisé au niveau du seuil ventilatoire chez le sujet âgé. *Sciences et Sports* 1993 ; 8 : 251-9.
- 18 Noseda A, Yermault JC. Quantifier la dyspnée. *Presse Med* 1994 ; 23 : 1527-32.
- 19 O'Connor GT, Buring JE, Yusuf S, Goldhabers Z. An overview of randomised trials of rehabilitation with exercise after myocardial infarction. *Circulation* 1989 ; 80 : 234-44.
- 20 Oldridge NB, Guyatt GH, Fischer ME, Rimm AA. Cardiac rehabilitation after myocardial infarction. Combined experience of randomised clinical trials. *JAMA* 1988 ; 260 : 945-50.
- 21 Pashkow FJ. Issues in contemporary cardiac rehabilitation: a historical perspective. *J Am Coll Cardiol* 1993 ; 21 : 822-34.
- 22 Potiron-Josse M. L'adaptation cardiovasculaire à l'effort du sujet sain. In : Aupetit JF, Ed. Les échanges gazeux à l'effort chez l'insuffisant cardiaque. Paris : Flammarion ; 1991. p. 29-70.
- 23 Richardson LA, Buckenmeyer PJ, Bauman BD, Rosneck JS, Newman I, Josephson RA. Contemporary cardiac rehabilitation: patient characteristics and temporal trends over the past decade. *J Cardiopulm Rehabil* 2000 ; 20 : 57-64.
- 24 Sellier Ph, Monpere C, Broustet JP. Recommandations de la société française de cardiologie concernant la pratique des épreuves d'effort chez l'adulte en cardiologie. *Arch Mal Cœur* 1997 ; 90 : 77-91.
- 25 Shimizu M, Myers J, Buchanan N, Walsh D, Kraemer M, McAuley P, et al. The ventilatory threshold: method, protocol, and evaluator agreement. *Am Heart J* 1991 ; 122 : 509-16.
- 26 Strzelczyk TA, Quigg RJ, Pfeifer PB, Parker MA, Greenland P. Accuracy of estimating exercise prescription intensity in patients with left ventricular systolic dysfunction. *J Cardiopulm Rehabil* 2001 ; 21 : 158-63.
- 27 Tsoukas A, Andanakoudis H, Christakos S. Short-term exercise training effects after myocardial infarction on myocardial oxygen consumption indices and ischemic threshold. *Arch Phys Med Rehabil* 1995 ; 76 : 262-5.
- 28 Tsuji M, Saito S, Ando T, Moriuchi M, Tamura Y, Tanigawa N, et al. The clinical role of anaerobic threshold in physical training of patients with recent myocardial infarction. *J Cardiol* 1990 ; 20 : 275-82.
- 29 Vallet G, Varray A, Fontaine JL, Préfaut C. Intérêt du réentraînement à l'effort individualisé, au niveau du seuil ventilatoire, au cours de la bronchopneumopathie chronique obstructive de sévérité modérée. *Rev Mal Resp* 1994 ; 11 : 493-501.
- 30 Valy Y, Coisne D, Ingrand P, Christiaens L, Boyer P, Allal J, et al. Reproductibilité de la mesure des échanges gazeux à l'effort chez l'insuffisant cardiaque modéré : nécessité d'une épreuve préliminaire ? *Arch Mal Cœur* 1997 ; 90 : 477-82.
- 31 Vanhees L, Fagard R, Thijs L, Amery A. Prognostic value of training-induced changes in peak exercise capacity in patients with myocardial infarcts and patients with coronary bypass surgery. *Am J Cardiol* 1995 ; 76 : 1014-9.
- 32 Varray A, Mercier J, Terral C, Préfaut C. Individualised aerobic and high intensity training for asthmatic children in an exercise readaptation program. *Chest* 1991 ; 99 : 579-86.
- 33 Ware J, Snow K, Kosinsky M, Gandek B. SF-36 health survey. Manual and interpretation guide. Boston : The health institute, New England Medical Center ; 1993.
- 34 Wasserman KB, Whipp BJ, Kayal SN, Beaver WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 1973 ; 36 : 236-43.
- 35 Wasserman K. Determinants and detection of anaerobic threshold and consequences of exercise above it. *Circulation* 1987 ; 76 (suppl. VII) : 29-39.
- 36 Weber KT, Kinasewitz GT, Janiki JS, Fishman AP. Oxygen utilization and ventilation during exercise in patients with chronic cardiac failure. *Circulation* 1982 ; 65 : 1213-23.