

Université de Montréal

**Effets de l'entraînement physique sur la  
tolérance à l'effort maximal, l'incompétence chronotrope  
et la fréquence cardiaque de récupération**

par  
Cathy Dresdell

Département de Kinésiologie



Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures  
en vue de l'obtention du grade de

M.Sc. Sciences de l'activité physique

Avril, 2007

© Cathy Dresdell, 2007





## AVIS

L'auteur a autorisé l'Université de Montréal à reproduire et diffuser, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit et sur quelque support que ce soit, et exclusivement à des fins non lucratives d'enseignement et de recherche, des copies de ce mémoire ou de cette thèse.

L'auteur et les coauteurs le cas échéant conservent la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent ce document. Ni la thèse ou le mémoire, ni des extraits substantiels de ce document, ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans l'autorisation de l'auteur.

Afin de se conformer à la Loi canadienne sur la protection des renseignements personnels, quelques formulaires secondaires, coordonnées ou signatures intégrées au texte ont pu être enlevés de ce document. Bien que cela ait pu affecter la pagination, il n'y a aucun contenu manquant.

## NOTICE

The author of this thesis or dissertation has granted a nonexclusive license allowing Université de Montréal to reproduce and publish the document, in part or in whole, and in any format, solely for noncommercial educational and research purposes.

The author and co-authors if applicable retain copyright ownership and moral rights in this document. Neither the whole thesis or dissertation, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms, contact information or signatures may have been removed from the document. While this may affect the document page count, it does not represent any loss of content from the document.

Université de Montréal  
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :  
**Effets de l'entraînement physique sur la  
tolérance à l'effort maximal, l'incompétence chronotrope  
et la fréquence cardiaque de récupération**

présenté par :  
Cathy Dresdell

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

**Laurent Bosquet Ph.D**  
(président-rapporteur)

**Louise Béliveau Ph.D**  
(directeur de recherche)

**Jacinthe Hovington M.Sc.**  
(co-directeur de recherche)

**Martin Juneau MD**  
(membre du jury)

Mémoire accepté le : \_\_\_\_\_

## SOMMAIRE

Plusieurs études ont rapporté une relation entre la fréquence cardiaque de récupération (FCR) après une épreuve d'effort (EE) maximale et le pronostic des patients coronariens. Une FCR qui diminue lentement est associée à un risque de morbidité et de mortalité accru. Cette étude avait pour but d'évaluer l'impact de deux années d'entraînement régulier sur la FCR. **MÉTHODOLOGIE** : Les résultats d'EE de 94 individus préalablement sédentaires, 40 sans maladie coronarienne et 54 coronariens, furent analysés rétrospectivement, au moment de leur inscription à un centre de conditionnement physique (Centre ÉPIC) et après 12 et 24 mois d'entraînement régulier au moins trois fois par semaine. Les paramètres suivants furent analysés : FC et pression artérielle (PA) au repos, à l'effort et en récupération, tolérance à l'effort maximal (METs) et réponse chronotrope à l'effort. La pratique d'activités physiques fut évaluée par deux questionnaires. **RÉSULTATS** : La tolérance à l'effort maximal a augmenté significativement durant la première année, puis est demeurée stable suite à la seconde. Une diminution du nombre de sujets incompetents chronotropes fut observée. Des changements significatifs de la FCR n'ont pas été observés. **CONCLUSION** : L'activité physique a entraîné des bénéfices sur la tolérance à l'effort maximal et la réponse chronotrope des sujets, sans toutefois améliorer significativement la FCR, ce qui pourrait être attribuable au fait que les modalités d'entraînement pouvaient être très variables.

**Mots clés** : Épreuve d'effort, maladie coronarienne, METs, réponse chronotrope, pression artérielle.

## **ABSTRACT**

Recent studies have reported a relationship between heart rate recovery (HRR) after a maximal exercise test (ET) and prognosis in patients with coronary artery disease (CAD). The failure of heart rate to decrease rapidly during recovery is associated with a significantly higher rate of morbidity and mortality. The object of this study was to evaluate the effect of two-years of regular exercise on HRR. **METHODOLOGY** : The ET's results of 94 previously sedentary subjects, 54 with and 40 without CHD, were analyzed retrospectively, at their admission at a fitness center (Centre EPIC) and after 12 and 24 months of exercise training at least three times a week. The study evaluated the following parameters: HR and blood pressure (BP) at rest, as well as during and after exercise, maximal exercise capacity (METs) and chronotropic response during exercise. The practice of physical activity was assessed evaluated by two questionnaires. **RESULTS** : The maximal exercise capacity increased significantly during the first year, then stabilized in the second. The study also demonstrated a decrease in the number of chronotropic incompetent patients. There were no significant changes in HRR. **CONCLUSION** : Physical activity was associated with beneficial effects on maximal exercise capacity and the chronotropic response of the subjects, without significantly affecting HRR, which could be due to the fact that exercise training modalities were not controlled.

**Key Words** : Exercise test, coronary heart disease, METs, chronotropic response, blood pressure.

## TABLE DES MATIÈRES

<b>SOMMAIRE</b> .....	II
<b>ABSTRACT</b> .....	III
<b>TABLE DES MATIÈRES</b> .....	IV
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	VII
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	VIII
<b>LISTE DES ABRÉVIATIONS</b> .....	IX
<b>DÉDICACE</b> .....	XI
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	XII
<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTÉRATURE</b> .....	3
<b>1. LA TOLÉRANCE À L'EFFORT MAXIMAL</b> .....	4
<b>1.1 Les effets de la tolérance à l'effort maximal sur le pronostic</b> .....	4
<b>1.2 La tolérance à l'effort maximal comme outil pronostic chez la femme</b>	6
<b>1.3 Les effets de l'âge sur la valeur pronostique de la tolérance à l'effort maximal</b> .....	8
<b>1.4 Les effets des bêtabloquants sur la tolérance à l'effort maximal</b> ...	10
<b>1.5 Les effets de l'entraînement sur la tolérance à l'effort maximal</b> ...	12
<b>2. L'INCOMPÉTENCE CHRONOTROPE</b> .....	14
<b>2.1 Les effets de l'incompétence chronotrope sur le pronostic</b> .....	15
<b>2.2 Les effets des bêtabloquants sur l'incompétence chronotrope</b> .....	16
<b>3. LA FRÉQUENCE CARDIAQUE DE RÉCUPÉRATION (FCR)</b> .....	18
<b>3.1 Les effets de la FCR sur le pronostic</b> .....	18
<b>3.2 Les effets de l'âge sur la valeur pronostique de la FCR</b> .....	21
<b>3.3 Les effets des bêtabloquants sur la FCR</b> .....	23
<b>3.4 Les effets de l'entraînement sur la FCR</b> .....	23
<b>4. LA CONCLUSION DE LA RECENSION DES ÉCRITS</b> .....	27
<b>CHAPITRE II : OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES</b> .....	32
<b>CHAPITRE III : MÉTHODOLOGIE</b> .....	33
<b>Recrutement</b> .....	33
<b>Critères d'inclusion</b> .....	34
<b>Critères d'exclusion</b> .....	34
<b>Protocole de recherche</b> .....	34

Mesures effectuées.....	35
Analyses statistiques.....	36
<b>CHAPITRE IV : RÉSULTATS .....</b>	<b>37</b>
<b>Caractéristiques des participants .....</b>	<b>37</b>
<b>Paramètres au repos .....</b>	<b>39</b>
<b>Paramètres obtenus à l'exercice .....</b>	<b>40</b>
<b>Paramètres maximaux .....</b>	<b>42</b>
<b>Fréquence cardiaque de récupération (FCR).....</b>	<b>43</b>
<b>Réponse chronotrope .....</b>	<b>44</b>
<b>Questionnaire Kriska.....</b>	<b>45</b>
<b>Questionnaire maison .....</b>	<b>46</b>
<b>CHAPITRE V : DISCUSSION.....</b>	<b>49</b>
<b>Caractéristiques des participants .....</b>	<b>49</b>
<b>Paramètres au repos .....</b>	<b>50</b>
<b>Paramètres obtenus à l'exercice .....</b>	<b>55</b>
<b>Paramètres maximaux .....</b>	<b>56</b>
<b>Fréquence cardiaque de récupération (FCR).....</b>	<b>61</b>
<b>Réponse chronotrope .....</b>	<b>64</b>
<b>Questionnaire Kriska.....</b>	<b>65</b>
<b>Questionnaire maison .....</b>	<b>67</b>
<b>LIMITES DE L'ÉTUDE ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>68</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>69</b>
<b>RÉFÉRENCES.....</b>	<b>71</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>94</b>
<b>ANNEXE 1 : FORMULAIRE DE CONSENTEMENT .....</b>	<b>95</b>
<b>ANNEXE II : QUESTIONNAIRE KRISKA.....</b>	<b>99</b>
<b>ANNEXE III : QUESTIONNAIRE MAISON .....</b>	<b>104</b>

**LISTE DES ANNEXES**

ANNEXE I :	FORMULAIRE DE CONSENTEMENT .....	95
ANNEXE II :	QUESTIONNAIRE KRISKA.....	99
ANNEXE III :	QUESTIONNAIRE MAISON.....	104

**LISTE DES FIGURES**

FIGURE 1.	COMPARAISON DE L'ÉVOLUTION DE LA FC CHEZ LES SUJETS DES GROUPEs TÉMOIN ET CORONARIEN .....	41
FIGURE 2.	ÉVOLUTION DE LA PAS CHEZ LES SUJETS DU GROUPE TÉMOIN .....	41
FIGURE 3.	ÉVOLUTION DE LA PAS CHEZ LES PATIENTS DU GROUPE CORONARIEN .....	41
FIGURE 4.	ÉVOLUTION DE LA PAD CHEZ LES SUJETS DU GROUPE TÉMOIN .....	42
FIGURE 5.	ÉVOLUTION DE LA PAD CHEZ LES PATIENTS DU GROUPE CORONARIEN .....	42
FIGURE 6.	VARIATION DU NOMBRE DE METs MAX ATTEINT .....	43

**LISTE DES TABLEAUX**

TABLEAU I.	RÉSUMÉ DES ÉTUDES PUBLIÉES SUR LA FCR .....	29
TABLEAU II.	CRITÈRES D'INCLUSION ET D'EXCLUSION .....	34
TABLEAU III.	CARACTÉRISTIQUES DES PARTICIPANTS .....	37
TABLEAU IV.	CARACTÉRISTIQUES DE LA SANTÉ CARDIAQUE DES PARTICIPANTS .....	38
TABLEAU V.	FC ET PA OBTENUES DE T0 À T24 MOIS .....	39
TABLEAU VI.	ÉVOLUTION DE LA RÉPONSE CHRONOTROPE DE T0 À T24 MOIS.....	45
TABLEAU VII.	QUESTIONNAIRE SUR LA PRATIQUE D'ACTIVITÉS PHYSIQUES DE KRISKA .....	47
TABLEAU VIII.	QUESTIONNAIRE MAISON SUR LA PRATIQUE D'ACTIVITÉS PHYSIQUES.....	48

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

<b>ACSM :</b>	<i>American College of Sports Medicine</i>
<b>BBG :</b>	bloc de la branche gauche
<b>BPM:</b>	battements par minute
<b>Chx :</b>	chirurgie
<b>DVG :</b>	dysfonction du ventricule gauche
<b>ECG:</b>	électrocardiogramme
<b>EE:</b>	épreuve d'effort
<b>FA :</b>	fibrillation auriculaire
<b>FC:</b>	fréquence cardiaque
<b>FC max :</b>	fréquence cardiaque maximale
<b>FCR :</b>	fréquence cardiaque de récupération
<b>FC repos :</b>	fréquence cardiaque de repos
<b>FC réserve :</b>	fréquence cardiaque de réserve
<b>HTA :</b>	hypertension artérielle
<b>IC :</b>	insuffisance cardiaque
<b>IM :</b>	infarctus du myocarde
<b>IMC :</b>	indice de la masse corporelle
<b>MCAS :</b>	maladie cardiaque athérosclérotique
<b>MCV :</b>	maladie cardiovasculaire
<b>METs :</b>	<i>Metabolic Equivalent</i> ou équivalent métabolique
<b>MPOC :</b>	maladie pulmonaire obstructive chronique
<b>MVO<sub>2</sub> :</b>	consommation en oxygène du myocarde
<b>Nd :</b>	non disponible
<b>NYHA :</b>	<i>New York Heart Association</i>
<b>PA :</b>	pression artérielle
<b>PAD :</b>	pression artérielle diastolique
<b>PAS :</b>	pression artérielle systolique
<b>PMP :</b>	<i>pacemaker</i> permanent
<b>Rx :</b>	médication

<b>SNP :</b>	système nerveux parasympathique
<b>SNS :</b>	système nerveux sympathique
<b>SPECT :</b>	<i>Single Photon Emission Computed Tomography</i>
<b>VO<sub>2</sub> max :</b>	consommation maximale d'oxygène
<b>WPW :</b>	syndrome Wolff-Parkinson-White

## DÉDICACE

Je dédis ce mémoire :

-à mes parents Hélène et Gérard, qui ont toujours été présents et ce même à distance, par leurs encouragements, leur support moral et leur présence constante;

-à Casandra, ma sœur et ma meilleure amie, pour sa bonne humeur, sa motivation, son soutien et sa joie de vivre;

-à mon fiancé Karl, pour sa présence dans les bons et mauvais moments, pour son sens de l'humour, son énergie et son amour qui m'ont été d'un grand secours;

-à mon amie Nadine, ma grande sœur spirituelle, pour ses nombreuses et interminables corrections, sa patience d'ange, son appui et son éternel optimisme;

-à Patrick, pour m'avoir remonté le moral à plusieurs reprises et pour ses critiques pertinentes;

-à tous mes amis, les gens de mon entourage qui m'ont toujours soutenue et qui m'ont aidée à poursuivre ce grand défi.

## REMERCIEMENTS

Je désire remercier:

-Ma directrice de maîtrise, Madame Louise Béliveau, pour son enseignement, ses judicieux conseils, son support et la qualité de ses corrections;

-Ma codirectrice, Madame Jacinthe Hovington, pour le choix du projet de recherche, son aide, ses corrections et ses nombreux encouragements;

-Dr Martin Juneau pour son expertise et sa grande générosité;

-Dr Anil Nigam pour sa contribution et ses critiques pertinentes;

-Le personnel médical du Centre ÉPIC pour leur gentillesse, leur collaboration, leur disponibilité et leur accueil chaleureux;

-Karine Tétreault, biostatisticienne à l'ICM, pour son travail de longue haleine;

-Marie-Ève Mathieu, étudiante au doctorat, pour son expérience et sa collaboration si précieuse pour les questionnaires et leur analyse;

-Le personnel et les participants au programme "Cœur Action" du Centre sportif du Collège Édouard-Montpetit pour leur motivation et leur énergie;

-Le personnel non-enseignant du département de kinésiologie pour leur compétence, leur efficacité et leur courtoisie;

-Les pairs des grades supérieurs pour leur compréhension et leurs commentaires.

## INTRODUCTION

L'épreuve d'effort (EE) est utilisée en médecine depuis le début des années 1900 comme outil d'évaluation du système cardiovasculaire, à des fins diagnostiques, pronostiques et d'évaluations thérapeutiques. C'est une méthode non invasive et sécuritaire pour les patients, considérée comme peu coûteuse, simple et précise. En réadaptation cardiaque, l'EE permet d'obtenir des informations objectives sur la condition cardiovasculaire du patient en vue d'établir une prescription d'exercices adaptée. Parmi les variables obtenues par l'EE, notons la fréquence cardiaque (FC) et la pression artérielle (PA) au repos, à l'effort et maximale, le positionnement du segment ST et l'estimation de la dépense énergétique en METs. Dans les conditions idéales, il est alors possible de mesurer la consommation maximale d'oxygène ( $VO_2$  max). Plus récemment, deux autres variables ont suscité beaucoup d'intérêt: l'incapacité chronotrope et la fréquence cardiaque de récupération (FCR) (Ashley et al., 2000 ; Myers et al., 2002).

Dans les écrits scientifiques, une diminution rapide de la FCR après un effort cardiovasculaire est associée à une meilleure santé cardiaque et à un niveau de condition physique élevé. Récemment, l'incapacité de la FC à récupérer rapidement en phase précoce post-effort a été démontrée comme étant un prédicteur de toutes causes de mortalité (Cole et al., 1999 ; Nishime et al., 2000 ; Shetler et al., 2001). Suite à un programme d'entraînement cardiovasculaire chez des individus sains, il est bien démontré que la FCR revient plus rapidement à la valeur de repos après un effort sous-maximal ou maximal. Cependant, il n'est pas clairement démontré que ces adaptations de la FCR surviennent également chez les patients coronariens. Ceci revêt un caractère particulièrement intéressant à la lumière de récentes études qui démontrent que les patients coronariens sont plus à risque d'événements cardiaques, surtout ceux sédentaires, lorsque leur FCR est anormalement élevée. Tiukinhoy et al. (2003) ont été les premiers à s'intéresser aux effets de l'entraînement sur la FCR chez des sujets coronariens et sédentaires. Ils ont alors soulevé la possibilité que la FCR pourrait être mesurée systématiquement lors de l'EE. Mesurée après une EE, elle pourrait procurer des informations encore plus puissantes que les autres marqueurs traditionnels afin de prédire le taux de mortalité (Nissinen et al., 2003). Il pourrait être pertinent de l'incorporer dans la stratification des facteurs de risques

et dans la gestion des patients dont une maladie coronarienne est présente ou suspectée (Lauer, 2003).

En s'inspirant de ces derniers travaux, le but principal de notre étude était d'évaluer et de comparer les effets d'un programme d'entraînement cardiovasculaire régulier sur la FCR chez des individus non coronariens et coronariens. À cet effet, nous avons comparé les résultats d'EE de deux groupes, un groupe de sujets sans maladie coronarienne et un groupe de patients coronariens, à trois moments: lors de leur inscription à un centre de conditionnement physique, et après 12 mois et 24 mois d'entraînement dans ce centre.

## **CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTÉRATURE**

L'EE est utilisée en médecine depuis le début des années 1900 comme outil d'évaluation du système cardiovasculaire, à des fins de diagnostic, de pronostic et d'évaluations thérapeutiques. C'est une méthode non invasive et sécuritaire pour les patients, qui est considérée comme peu coûteuse, simple, précise et exige un minimum d'équipement et d'espace (Ashley et al., 2000 ; Myers et al., 2002 ; Litchfield, 2004).

En réadaptation cardiaque, l'EE permet d'obtenir des informations objectives sur la condition cardiovasculaire du patient en vue d'établir une prescription d'exercices adaptée (Blair et al., 1995 ; Milani et al., 1995-2006). Généralement, les paramètres mesurés durant l'EE sont le sous-décalage du segment ST, la fréquence cardiaque maximale (FC max), la PA et le nombre de METs. Après une EE, les variables souvent mesurées sont la vitesse de récupération de la FC et de la PA. Selon Prakash et al. (2001), les paramètres les plus utilisés obtenus lors de l'EE sont la  $VO_2$  max, un indice de la tolérance à l'effort maximal, et la FC max. Deux autres paramètres de l'EE suscitent beaucoup d'intérêt depuis quelques années : l'incompétence chronotrope et la FCR (Ashley et al., 2000 ; Myers et al., 2002). Dans la présente recension des écrits, nous allons nous intéresser tout particulièrement à la tolérance à l'effort maximal, à l'incompétence chronotrope et à la FCR. Les prochaines sections permettront de mieux définir ces trois paramètres, leur valeur pronostique, leurs caractéristiques, leur adaptation à l'entraînement ainsi que leurs limites.

## 1. LA TOLÉRANCE À L'EFFORT MAXIMAL

La tolérance à l'effort maximal est la variable de l'EE la plus souvent analysée dans les études (Roger et al., 1998 ; Goraya et al., 2000 ; Myers et al., 2002 ; Spin et al., 2002). Ce paramètre nous permet d'évaluer la limite fonctionnelle du système cardiovasculaire. L'indice le plus utilisé de la tolérance à l'effort maximal est la  $VO_2$  max qui représente la quantité maximale d'oxygène consommée de l'organisme par unité de temps.

La  $VO_2$  max est une caractéristique individuelle qui dépend des caractères anatomiques et physiologiques des individus soit: la capacité de l'oxygène de l'air inspiré à diffuser des alvéoles vers le sang, la capacité de transport de cet oxygène et son utilisation par les cellules. Elle peut s'exprimer de différentes façons : en L/min, en ml/kg/min ou en METs. Un MET (*Metabolic Equivalent* ou équivalent métabolique) est l'unité de référence internationale et correspond à la dépense énergétique au repos, soit 3,5 ml  $O_2$ /kg/min.

### 1.1 Les effets de la tolérance à l'effort maximal sur le pronostic

Chez les individus asymptomatiques

Ekelund et al. (1988) ont évalué les effets de la sédentarité de la population asymptomatique sur le taux de mortalité dû aux maladies cardiovasculaires (MCV). Ces chercheurs ont effectué une EE sous-maximale sur tapis roulant chez 3 106 hommes âgés de 30 à 69 ans. Durant un suivi de huit ans, ils ont noté que les 45 individus décédés des suites d'une MCV avaient une  $VO_2$  max plus basse en fonction de leur âge comparativement aux autres. Ces observations leurs ont permis de conclure qu'une faible  $VO_2$  max était associée à un plus haut risque de mortalité par MCV chez les hommes, et ce, peu importe leur âge et les facteurs de risque présents. En 1989, Blair et al. ont repris la même étude auprès d'une population plus nombreuse : 10 224 hommes. Le taux de mortalité était semblable à celui de l'étude précédente. Encore ici, les chercheurs ont conclu qu'une tolérance à l'effort maximal élevée était associée à un taux de mortalité plus bas chez les hommes quelle qu'en soit la cause. Ces observations ont été appuyées par d'autres études par la suite (Blair et al., 1995 ; Froelicher et al., 2002 ; Lipinski et al., 2002-2004 ;

Carnethon et al., 2003 ; Gulati et al., 2005). De plus, différents chercheurs ont démontré que chaque augmentation d'un MET de la tolérance à l'effort maximal est associée à une réduction du taux de mortalité de 11 à 25 % (Roger et al., 1998 ; Goraya et al., 2000 ; Myers et al., 2002 ; Spin et al., 2002 ; Messinger-Rapport et al., 2003 ; Gulati et al., 2003-2005 ; Pitsavos et al., 2004 ; Yamazaki et al., 2004).

#### Chez les individus coronariens

Les écrits scientifiques démontrent bien que les patients coronariens ont en général une moins bonne tolérance à l'effort maximal. Cette tolérance a aussi une valeur pronostique chez cette population. Ainsi, McNeer et al. (1978) ont observé que les patients dont la tolérance à l'effort maximal était supérieure à 10 METs, avaient un taux de survie de presque 100 % sur un suivi de six semaines. Cependant, il est attendu que le taux de mortalité soit presque nul sur une période de temps aussi courte. En 1988, Dagenais et al. ont obtenu un taux de survie identique à celui de McNeer et al. (1978), lorsque la tolérance à l'effort maximal était supérieure à 13 METs durant un suivi de six ans. Dans ces deux études, la durée des EE était proportionnellement reliée au taux de survie: plus les individus avaient une EE de longue durée, donc avec une tolérance à l'effort maximal plus élevée, plus leur taux de survie était élevé. Plusieurs autres études ont démontré qu'une tolérance à l'effort maximal inférieure à cinq METs est associée à un mauvais pronostic, et ce, peu importe que les individus soient coronariens ou non coronariens (Shetler et al., 2001 ; Gibbons, 2002 ; Myers et al., 2002 ; Shaw et Mieres, 2005). Par exemple dans une étude réalisée auprès de 3 400 individus (2 139 hommes et 1 261 femmes) référés pour une scintigraphie myocardique, Snader et al. (1997) ont observé que 57 % des décès, durant un suivi de deux ans, étaient survenus chez des patients n'atteignant pas six METs ( $p < 0,0001$ ). Par conséquent, il peut être conclu que la tolérance à l'effort maximal est un puissant prédicteur du taux de mortalité de toutes causes confondues chez l'homme et la femme.

## 1.2 La tolérance à l'effort maximal comme outil pronostic chez la femme

Chez les femmes asymptomatiques

Peu d'études sur l'EE incluait un nombre important de femmes asymptomatiques et symptomatiques, ce qui limite les résultats quant à la valeur prédictive de la tolérance à l'effort maximal chez celles-ci. Les chercheurs s'intéressent davantage aux femmes aujourd'hui, car elles ne présentent pas le même tableau clinique de la maladie coronarienne que les hommes. En 2002, les comités d'évaluation de l'*American College of Cardiology (ACC)* et l'*American Heart Association (AHA)* ont porté cette problématique à l'attention des chercheurs pour de futures recherches (Gibbons et al., 2002).

Une année plus tard, une étude rétrospective a été publiée par Mora et al. (2003) pour déterminer la valeur pronostique de l'EE sur tapis roulant chez 2 994 femmes, âgées de 30 à 80 ans sans maladie coronarienne connue. Durant un suivi de plus de 20 ans, 427 femmes étaient décédées de diverses causes, notamment de maladies cardiovasculaires (34 %). Les auteurs ont noté que le deux tiers des femmes décédées durant leur suivi n'avaient présenté aucun symptôme de maladie cardiaque athérosclérotique (MCAS). De plus, ces femmes avaient une faible tolérance à l'effort maximal comparativement aux survivantes, associée à l'augmentation du taux de mortalité cardiovasculaire et de toutes causes confondues. Les femmes avec une tolérance à l'effort maximal supérieure à 7,5 METs avaient un taux de mortalité plus faible que celles ayant une tolérance inférieure à 7,5 METs. Toutefois, elles étaient aussi plus jeunes et faisaient de l'activité physique plus régulièrement. Cependant, il faudrait nuancer ces résultats. En effet, les auteurs ont estimé la tolérance à l'effort maximal, puisqu'ils demandaient aux sujets d'atteindre au moins 90 % de leur FC max prédite en fonction de l'âge. Cependant, cette prédiction sous entend que l'EE soit limitée par symptômes. Ceci a pu provoquer des sous-estimations ou des surestimations qui pourraient avoir eu un impact sur la valeur pronostique de la tolérance à l'effort maximal. Durant un suivi auprès d'une cohorte aussi nombreuse, on peut cependant supposer que ces auteurs avaient raison de conclure que les femmes asymptomatiques ayant une tolérance à l'effort maximal élevée auraient un taux de mortalité plus faible.

Gulati et al. (2003) ont aussi vérifié l'impact de la tolérance à l'effort maximal comme prédicteur du taux de mortalité de maladie coronarienne. Auprès d'une cohorte de

5 721 femmes asymptomatiques, les chercheurs ont analysé les données recueillies lors d'une EE maximale sur tapis roulant. Durant un suivi de plus de dix ans, 180 femmes (3 %) sont décédées. La tolérance à l'effort maximal moyenne atteinte chez celles décédées était significativement plus faible, soit de  $6,2 \pm 2,5$  METs que celle des survivantes qui était de  $8,0 \pm 2,7$  METs ( $p < 0,0001$ ). Seulement 22 % des femmes décédées avaient atteint une tolérance à l'effort maximal plus élevée durant l'étude, soit supérieure à huit METs, comparativement à 50 % chez celles non décédées ( $p < 0,0001$ ). Le taux de mortalité doublait chez celles qui atteignaient entre cinq et huit METs et triplait chez les femmes qui étaient sous les cinq METs ( $p < 0,0001$ ). Ces données confirment le rôle protecteur d'une tolérance à l'effort maximal moyenne chez la femme, et ce même en présence de facteurs de risques de maladies cardiaques chez les femmes non symptomatiques. Il semble donc que la tolérance à l'effort maximal serait pertinente à titre d'examen préventif chez la femme autant que chez l'homme non coronarien. D'ailleurs, D'Amore et Mora (2006) rapportent ces mêmes conclusions.

#### Chez les femmes symptomatiques

En 2005, Gulati et al. ont repris leur étude de 2003 et ont analysé les résultats d'EE maximale sur tapis roulant effectuées par 10 192 femmes âgées de plus de 35 ans : les mêmes 5 721 femmes asymptomatiques de leur cohorte originale plus 4 471 femmes symptomatiques. Les chercheurs ont défini leur population symptomatique lors de nouvelles EE avec signes et symptômes de maladies cardiaques. L'équation utilisée pour prédire la tolérance à l'effort en MET a été construite en fonction de l'âge du groupe de femmes asymptomatiques : soit  $\text{MET} = 14,7 - (0,13 \times \text{âge})$ . Chez les femmes symptomatiques, ils ont fait un suivi de plus de cinq ans : 537 femmes (12 %) sont décédées de toutes causes confondues et 45 d'entre elles (1 %) de maladies cardiaques. Les chercheurs ont observé que le taux de mortalité était deux fois plus grand chez celles qui avaient une tolérance à l'effort maximal inférieure à 85 % de la valeur prédite en fonction de leur groupe d'âge, comparativement à celles dont la tolérance à l'effort maximal était supérieure à celle prédite. Les femmes de moins de 55 ans avec une faible tolérance à l'effort maximal (tolérance à l'effort maximal atteinte – tolérance à l'effort maximal prédite = - 2 METs) avaient un taux de mortalité très élevé, significativement semblable à celui des femmes âgées de plus de 70 ans. Cette étude confirme que la tolérance à l'effort maximal est un prédicteur de mortalité puissant chez les femmes symptomatiques.

Kavanagh et al. (2003) ont aussi étudié la valeur pronostique de la  $VO_2$  max chez les femmes coronariennes. Ils ont analysé les EE maximales sur ergocycle de 2 380 femmes référées en réadaptation cardiaque, âgées en moyenne de 60 ans. Parmi elles, 44 % avaient un antécédent d'infarctus du myocarde (IM), 26 % avaient subi un pontage coronarien et 30 % démontraient des signes d'ischémie à l'électrocardiogramme (ECG) à l'effort. Durant un suivi de plus de six ans, ils ont enregistré 95 décès (4 %) de maladies cardiaques et 209 décès (9 %) d'autres causes (NS). Leurs résultats ont démontré que chez les femmes coronariennes dont la  $VO_2$  max était égale ou supérieure à 13 ml d' $O_2$ /kg/min (3,7 METs), le taux de mortalité cardiaque était réduit de 50 % par rapport à celles qui avaient une  $VO_2$  max inférieure ( $p = 0,001$ ). Ils ont aussi estimé que chaque augmentation de 1 ml d' $O_2$ /kg/min de la  $VO_2$  max permettait une diminution du taux de mortalité cardiaque de 10 % ( $p = 0,001$ ). Les auteurs ont conclu que lorsque la  $VO_2$  max est très basse, les femmes ont un risque de mortalité plus élevé. Selon l'*American College of Sports Medicine* (ACSM, 2006), une femme asymptomatique âgée de 60 ans devrait avoir une  $VO_2$  max de  $27,0 \pm 4,7$  ml d' $O_2$ /kg/min. Les résultats de Kavanagh et al. (2003), avec une  $VO_2$  max moyenne de  $14,0 \pm 3,3$  d' $O_2$ /kg/min sont donc très inférieurs à la norme américaine. Ce résultat n'est toutefois pas surprenant, étant donné que la  $VO_2$  max moyenne de l'ACSM est basée sur des études faites sur des femmes sans pathologies cardiovasculaires connues. La majorité des patientes participant à cette étude avaient de multiples facteurs de risque : le tabagisme, l'hypertension artérielle (HTA), l'hypercholestérolémie, la sédentarité, l'âge ou le diabète, qui ont pu interférer avec les résultats obtenus.

Dans la majorité des recherches recensées, il a été démontré que la tolérance à l'effort maximal a une valeur prédictive chez la femme asymptomatique et symptomatique. Donc, la  $VO_2$  max semble être un prédicteur de mortalité chez la femme comme chez l'homme.

### **1.3 Les effets de l'âge sur la valeur pronostique de la tolérance à l'effort maximal**

Goraya et al. (2000) ont utilisé les résultats d'EE de 3 107 personnes, dont 514 étaient âgées de  $\geq 65$  ans (48 % de femmes) et 2 593 de  $< 65$  ans (32 % de femmes). Tel qu'attendu, comparativement au groupe des plus jeunes sujets, les plus âgés atteignaient

une tolérance à l'effort maximal plus faible ( $10,7 \pm 3,3$  versus  $6,0 \pm 2,5$  METs,  $p < 0,001$ ). De plus, les auteurs ont observé qu'une  $VO_2$  max plus élevée d'un seul MET était associée à une diminution de 14 % du risque d'événements cardiaques chez les plus jeunes, et de 18 % chez les plus âgés ( $p = 0,001$ ). Les chercheurs ont alors conclu que la tolérance à l'effort maximal avait une valeur pronostique importante quelle que soit la catégorie d'âge, afin de prédire le taux de mortalité. Spin et al. (2002) ont observé des résultats similaires à ceux de Goraya et al. (2000), après avoir analysé les EE de 3 974 sujets masculins, dont 2 789 étaient âgés de moins de 65 ans et 1 185 de plus de 65 ans. Les aînés ont atteint une  $VO_2$  max inférieure à celle des plus jeunes, soit de sept et dix METs respectivement ( $p < 0,001$ ). Durant leur suivi de six ans, le taux de mortalité annuel était deux fois plus élevé chez les sujets âgés de plus de 65 ans ( $p < 0,001$ ). Chaque augmentation de 1 MET permettait une réduction du taux de mortalité de 11 % ( $p < 0,001$ ). Cependant, il faut souligner la présence de comorbidité plus importante avec l'âge : plus on vieillit, plus on risque d'avoir plusieurs problèmes de santé. Donc, la comorbidité associée à l'âge pourrait expliquer que les aînés ont un taux de mortalité plus élevé que les plus jeunes en fonction de leur tolérance à l'effort maximal.

Yamazaki et al. (2004) ont aussi évalué les effets de l'âge sur les variables de l'EE et le taux de mortalité. Ils ont analysé les EE sur tapis roulant de 3 745 hommes asymptomatiques qu'ils ont séparé en groupes d'âge : < 45 ans, 45 à 55 ans, 55 à 65 ans, 65 à 70 ans, 70 à 75 ans et plus de 75 ans. Durant le suivi de plus de six ans, il y a eu 544 décès (15 %) toutes causes confondues, dont 206 (38 %) de MCV. La tolérance à l'effort maximal et la FC max diminuaient avec l'âge. Aucune des variables de l'EE était un prédicteur de mortalité chez les hommes de moins de 45 ans. Ce groupe avait le taux de mortalité le plus faible de MCV, soit de 1 % (NS). Chez les patients âgés entre 70 et 75 ans, le nombre de METs était la seule variable prédictive du taux de mortalité toutes causes confondues. Cette étude n'a pas été concluante chez les participants de plus de 75 ans, probablement en raison de leur taux de mortalité élevé, de leur comorbidité et du manque de données concernant les interventions thérapeutiques (médication, chirurgie, examens diagnostics) durant le suivi. En fonction de cette étude, la tolérance à l'effort maximal ne semble pas être un prédicteur significatif du taux de mortalité chez les sujets âgés de moins de 45 ans et ceux de plus de 75 ans.

Selon les quelques études citées précédemment, la  $VO_2$  max serait cependant un outil pronostique intéressant afin de prédire le taux de mortalité. Malgré que les sujets plus âgés obtiennent généralement une  $VO_2$  max inférieure à celle des sujets plus jeunes, la tolérance à l'effort maximal serait un paramètre majeur autant chez les jeunes sujets que ceux plus âgés. Plus la tolérance à l'effort maximal est élevée, meilleur est le pronostic et ce peu importe l'âge des sujets. La présence de comorbidité est très faible chez les moins de 45 ans, et augmente chez ceux de plus de 75 ans, ce qui peut altérer la valeur pronostique de la tolérance à l'effort maximal. Cependant, il serait pertinent de poursuivre les recherches chez les plus de 75 ans, puisque les études recensées n'ont pas été en mesure de prouver la valeur pronostique de la tolérance à l'effort maximal auprès de ce groupe.

#### **1.4 Les effets des bêtabloquants sur la tolérance à l'effort maximal**

L'utilisation de la tolérance à l'effort peut être utile pour valider l'efficacité des médicaments prescrits, notamment après un IM. Parmi la panoplie de médicaments existant en cardiologie, les bêtabloquants ont fait l'objet de nombreuses études. L'objectif principal de leur utilisation est de diminuer l'activité du système nerveux sympathique (SNS) en bloquant les récepteurs adrénergiques sur les parois artérielles et myocardiques, ce qui a pour effet de modérer la hausse de la PA, d'abaisser la FC au repos et à l'effort ainsi que la consommation en oxygène du myocarde ( $MVO_2$ ), et donc de protéger le cœur (Comtois, 2003). Les bêtabloquants peuvent avoir des effets sur la tolérance à l'effort maximal, tel que démontré dans différentes études, notamment une fatigue à l'effort souvent ressentie par les patients (Van Bortel et Van Baak, 1992 ; Ko et al., 2005 ; Sontheimer et al., 2007) .

##### **Chez les individus asymptomatiques**

Selon les écrits scientifiques, il semblerait que les bêtabloquants diminuent habituellement la tolérance à l'effort maximal (Kullmer et al., 1987 ; Cléroux et al., 1989 ; Van Bortel et Van Baak, 1992). Cet effet est particulièrement observé avec les bêtabloqueurs n'étant pas cardio-sélectifs (Cléroux et al., 1989). Par exemple, Kullmer et al. (1987) ont recruté 15 sujets âgés de 27 ans en moyenne qui ont dû compléter trois EE dont une sans médication et deux sous bêtabloquants ou placebo. Les auteurs ont observé que la tolérance à l'effort maximal avait diminué significativement chez tous les sujets

lorsqu'ils étaient sous bêtabloquants, comparativement aux EE effectuées sans médication. Dans une autre étude, on a aussi démontré qu'un bêtabloquant, l'aténolol, durant une EE maximale sur ergocycle, diminuait la performance à l'effort (Pörsti et al., 1990). Par ailleurs, certaines études ont rapporté des résultats inverses, tels qu'une augmentation de la  $VO_2$  max (Gielen et al., 2006; Brusasco et al., 1989) ou aucun changement (Brusasco et al., 1989; Ronnevik et al., 1995).

Il peut donc être difficile de conclure sur les effets des bêtabloquants sur la tolérance à l'effort maximal à partir des études rapportées ci haut. Une méta-analyse d'essais randomisés et contrôlés de Radack et Dreck (1991) nous permet de mieux comprendre ce phénomène. Les auteurs ont observé que la tolérance à l'effort maximal peut être améliorée, en lien avec les symptômes d'une MCAS ou la qualité de vie, mais les effets sont plutôt marginaux. La majorité des études analysées n'avaient pas comparé de groupe sous placebo ou témoin (Bolger et Al-Nasser, 2003). De plus, ce type de médication a été largement démontré comme étant très efficace afin de contrôler certains symptômes au repos ou à l'effort, par exemple l'angine de poitrine. Chez ces patients, l'utilisation du médicament, en limitant l'apparition des symptômes, permet une augmentation de la tolérance à l'effort. Cependant, de façon générale, la baisse de la tolérance associée aux bêtabloquants pourrait être reliée à un ralentissement de la fréquence cardiaque au repos (FC repos), à l'effort (sous maximal et maximal), une diminution de la PA, une bronchoconstriction, une augmentation de la température interne et une sudation lors de l'effort (Radack et Dreck, 1991 ; Bolger et Al-Nasser, 2003).

Chez les individus coronariens

Dans une étude de Foley et al. (1997), 12 hommes sous bêtabloquants (aténolol et métoprolol) participaient à un programme de réadaptation cardiaque. Sur une période de trois jours, les sujets ont été randomisés afin de compléter deux EE maximales sur tapis roulant : une sans médication et une sous bêtabloquants. Tel que prévu, la FC max était significativement moins élevée dans la condition avec médication, soit de  $140 \pm 7$  battements par minute (bpm) par rapport à  $162 \pm 6$  bpm ( $p < 0,05$ ). La  $VO_2$  max était aussi inférieure dans la condition médication, soit de  $2,504 \pm 168$  ml/min versus  $2,589 \pm 159$  ml/min ( $p < 0,05$ ). Bien que statistiquement significative, cette différence entre les deux EE ne représente qu'une diminution de 3 % de la  $VO_2$  max lorsque les sujets complétaient une

EE sous bêtabloquants. Malgré la prise de cette médication, les auteurs ont conclu que les patients coronariens étaient capables d'atteindre minimalement leur tolérance à l'effort maximal prédite en fonction de leur âge avec ou sans bêtabloquants. Srivastava et al. (1991) ont observé des résultats similaires. Cependant, l'étude de Foley et al. (1997) avait un faible nombre de participants, limitant ainsi la généralisation à l'ensemble de la population.

La plupart des études recensées rapportent une diminution de la tolérance à l'effort maximal sous bêtabloquants, qui se manifeste généralement par une fatigue à l'effort chez les patients. Par conséquent, ils auraient de la difficulté à fournir leur effort maximal lors d'une EE. De plus, certains facteurs tels que le type et le dosage des bêtabloquants pourraient expliquer les différences observées entre les études (Wood, 1984 ; Van Bortel et Van Baak, 1992).

### **1.5 Les effets de l'entraînement sur la tolérance à l'effort maximal**

L'entraînement cardiovasculaire pratiqué sur une base régulière provoque une amélioration de la tolérance à l'effort maximal (Ashley et al., 2000 ; Myers et al., 2002). Plusieurs chercheurs se sont intéressés aux effets bénéfiques d'un programme d'entraînement et au taux de mortalité par une amélioration de la tolérance à l'effort maximal sur tapis roulant. Chez les individus coronariens, une étude longitudinale effectuée auprès de 9 777 hommes a démontré une baisse de 44 % du taux de mortalité suite à une amélioration de la tolérance à l'effort maximal sur une période de plus de quatre ans (Blair et al., 1995). Parmi les hommes de l'étude, 310 décès (2 %) ont été notés : 223 de causes diverses et 87 de MCAS. Les individus décédés étaient plus âgés, en moins bonne condition physique et avaient un profil de risque moins favorable que les survivants (incluant le poids corporel, le taux de cholestérol et la PA). De plus, les individus sédentaires qui sont devenus actifs avaient un taux de mortalité inférieur à ceux qui étaient demeurés sédentaires; les individus qui étaient actifs tout au long de l'étude avaient le taux de mortalité le plus bas. Pour chaque augmentation d'une minute de la durée totale de l'EE maximale, le taux de mortalité était réduit de 8 % chez les hommes non coronariens et de 9 % chez les coronariens ( $p = 0,001$ ). Une augmentation de quatre minutes au temps de l'EE sur tapis roulant était équivalente à une augmentation approximative de deux METs de

la tolérance à l'effort maximal. Cette amélioration était associée à une réduction de 30 % du taux de mortalité.

Les résultats des études sur les effets des bêtabloquants sur l'entraînabilité de la tolérance à l'effort maximal diffèrent. Pavia et al. (1995) ont évalué les effets du métoprolol chez 27 patients participant à un programme de réadaptation cardiaque après un IM récent. Ils les ont divisés en deux groupes : 13 patients ne prenant pas de médication et 14 patients prenant du métoprolol. Tous les patients ont complété une EE maximale sur tapis roulant avant et après un programme d'entraînement cardiovasculaire d'une durée de trois mois. Les résultats ont démontré une augmentation de la  $VO_2$  max pour les deux groupes, de 27 % dans le premier groupe et de 33 % dans le second (NS). Les données obtenues n'étaient pas différentes significativement. Les chercheurs ont donc conclu que le métoprolol n'influçait pas les effets bénéfiques d'un programme de réadaptation cardiaque chez les patients post-IM. Les résultats doivent être remis dans leur contexte, puisque cette étude est la seule que nous avons recensée. Les chercheurs ont recruté très peu de patients, sans ajouter un groupe contrôle sans MCAS afin de les comparer avec les deux autres groupes. Il serait intéressant de tenter cette même expérimentation auprès de cette population en utilisant d'autres bêtabloquants, en fonction des variations de l'effet des différents types de cette médication.

De façon générale, ces écrits recensés dans la première section permettent de conclure que la tolérance à l'effort maximal est inversement proportionnelle au taux de mortalité. Une augmentation de la tolérance à l'effort maximal améliore le pronostic et la pratique régulière d'activités physiques augmente la tolérance à l'effort maximal. En demeurant sédentaires, les gens sont donc plus à risque de mourir prématurément. Il est donc bien démontré que la tolérance à l'effort maximal a une valeur pronostique, autant chez les individus asymptomatiques et les coronariens, les hommes et les femmes, chez les sujets qui s'entraînent et ceux qui sont sédentaires. Souvent indispensable au paramétrage de la prescription d'activités physiques sécuritaires et adéquates, la tolérance à l'effort maximal permet aussi de quantifier les progrès et d'affiner le programme d'entraînement. Chez les coronariens, ce paramètre est nécessaire pour évaluer la capacité à réaliser un effort, stratifier le niveau de risque d'événements subséquents, valider l'efficacité d'un traitement médicamenteux et orienter les modalités d'entraînement.

## 2. L'INCOMPÉTENCE CHRONOTROPE

Normalement, la FC augmente graduellement lors d'un effort progressif jusqu'à un plateau lorsque la tolérance à l'effort maximal est atteinte (Lee et al., 1995 ; Mangrum et DiMarco, 2000). Le comportement de la FC durant l'effort est la réponse chronotrope. Selon plusieurs auteurs, trois mesures importantes permettent de vérifier la réponse chronotrope : 1) la FC max atteinte, 2) la proportion atteinte de la FC max prédite en fonction de l'âge ( $220 - \text{âge}$ ) et 3) la proportion de la réserve chronotrope utilisée ( $(\text{FC max} - \text{FC repos}) / (220 - \text{âge})$ ) (Wilkoff et Miller, 1992 ; Lauer et al., 1996-1999 ; Snader et al., 1997 ; Lauer, 2001 ; Gauri et al., 2001 ; Tanaka et al., 2001 ; Ellis et al., 2004 ; Khan et al., 2005 ; Gellish et al., 2007). Plus particulièrement, la FC max prédite en fonction de l'âge permet de prescrire, par exemple, l'intensité d'un entraînement. Elle est également utilisée comme critère d'arrêt lors d'un effort maximal. Par contre, une méta-analyse de Tanaka et al. (2001) ont obtenu une formule différente de celle-ci, soit l'équation suivante :  $(\text{FC max} = 208 - 0,7 \times \text{âge})$  ( $r = -0,90$ ). Gellish et al. (2007) ont obtenu une formule semblable, soit  $(\text{FC max} = 207 - 0,7 \times \text{âge})$  ( $p < 0,001$ ). Malgré que la prédiction  $(220 - \text{âge})$  soit couramment utilisée encore aujourd'hui, il serait pertinent de valider ces observations dans des recherches futures.

Ellestad et Wan (1975) ont été les premiers à parler d'incompétence chronotrope. Elle représente l'incapacité d'augmenter et de maintenir une FC élevée de façon appropriée durant un effort. Plusieurs définitions existent; celle la plus utilisée correspond à l'incapacité d'atteindre 80 à 85 % de la FC max prédite en fonction de l'âge (Lauer et al., 1996-1998-1999 ; Mangrum et DiMarco, 2000 ; Desai et al., 2001 ; Vivekananthan et al., 2003 ; Khan et al., 2005). L'incompétence chronotrope entraîne une intolérance à l'effort, une dyspnée et une fatigue précoces.

## 2.1 Les effets de l'incompétence chronotrope sur le pronostic

Chez les individus asymptomatiques

Selon plusieurs chercheurs, une réponse chronotrope inadéquate a une valeur prédictive importante du taux de mortalité et d'événements cardiaques. Elle peut être associée à la diminution de la tolérance à l'effort maximal chez les patients cardiaques et à la sévérité de la maladie coronarienne diagnostiquée par angiographie (Brener et al., 1995 ; Lauer et al., 1996-1999 ; Snader et al., 1997 ; Cole et al., 1999 ; Dresing et al., 2000 ; Azarbal et al., 2004 ; Jouven et al., 2005 ; Diller et al., 2006). Lauer et al. (1996) ont évalué 1 575 hommes âgés en moyenne de 43 ans, afin de vérifier les implications pronostiques de l'incompétence chronotrope auprès d'une population sans MCAS. Les participants ont effectué une EE sous-maximale sur tapis roulant. L'incapacité d'atteindre la FC ciblée, soit un minimum de 80 à 85 % de la FC max prédite en fonction de l'âge, a été observée chez 327 des sujets (21 %). Parmi eux, ceux qui avaient une réponse chronotrope inadéquate avaient également une tolérance à l'effort maximal faible, et 44 (14 %) ont vécu un événement coronarien durant le suivi de huit ans. Parmi les 1 248 sujets qui avaient atteint leur FC cible, 51 (4 %) ont également vécu un événement coronarien. À la fin du suivi, 14 individus étaient décédés de MCAS, 27 (49 %) de cancers, 2 (4 %) de maladies cardiovasculaire et 12 (22 %) de causes inconnues. Parmi les 55 décès, 21 hommes démontraient de l'incompétence chronotrope lors de leur dernière EE. Les chercheurs ont conclu que la présence d'incompétence chronotrope était associée à un taux de mortalité plus élevé. Ils ont alors proposé que la réponse chronotrope pouvait être un prédicteur de MCAS et du taux de mortalité et ce, indépendamment de la présence ou non d'un sous-décalage du segment ST, de la condition physique des participants et des facteurs de risques de MCAS. Plusieurs années auparavant, McNeer et al. (1978) et Bruce et al. (1980) avaient déjà proposé que la réponse chronotrope avait un lien avec le taux de mortalité.

L'étude de Lauer et al. (1996) a associé l'incompétence chronotrope détectée lors d'un effort sous-maximal à un taux de mortalité élevé. Plusieurs auteurs ont également obtenu les mêmes résultats lors d'une EE maximale (Ellestad et Wan, 1975 ; Weins et al., 1984 ; Brener et al., 1995 ; Camm et Fei, 1996 ; Ellestad, 1996 ; Lauer et al., 1996-1998 ; Dresing et al., 2000 ; Diller et al., 2006).

### Chez les individus coronariens

Dresing et al. (2000) ont vérifié la valeur pronostique de l'incompétence chronotrope auprès d'une population coronarienne. Ils ont étudié 384 patients (77 % d'hommes), âgés de 58 ans en moyenne, ayant subi une angiographie dans les 90 jours précédant leur EE maximale. Parmi eux, 61 patients (16 %) n'avaient pas atteint 85 % de leur FC max prédite en fonction de l'âge. Durant un suivi de six ans, les auteurs ont observé un taux de mortalité presque quatre fois plus grand chez les patients qui n'avaient pas atteint 85 % de leur FC cible ( $p = 0,05$ ). Elhendy et al. (2003) ont complété une étude similaire auprès d'une population plus nombreuse de 3 221 patients post-IM (53 % d'hommes). Les sujets étaient âgés de 59 ans en moyenne et avaient complété une EE maximale sur tapis roulant avec ECG. Les chercheurs ont utilisé la même définition pour l'incompétence chronotrope que Dresing et al. (2000). Au total, 495 patients (15 %) n'ont pas atteint leur FC cible. Durant leur suivi de trois ans, 129 (4 %) personnes sont décédées dont 41 (32 %) de causes cardiaques. Parmi tous les patients décédés, 25 % avaient une réponse chronotrope inadéquate. Dans les deux études précédentes, on observe un pourcentage similaire du nombre de patients coronariens qui n'avaient pas atteint 85 % de leur FC max prédite en fonction de l'âge. Suite à ces résultats, il semble que l'incompétence chronotrope chez les individus coronariens soit associée à un taux élevé de mortalité de causes cardiaques. D'ailleurs, l'incompétence chronotrope a été reconnue comme un marqueur indépendant du pronostic chez les sujets coronariens ne prenant pas de bêtabloquants (Wilkoff et Miller, 1992 ; Lauer et al., 1996-1999 ; Dresing et al., 2000 ; Gauri et al., 2001 ; Elhendy et al., 2003).

## 2.2 Les effets des bêtabloquants sur l'incompétence chronotrope

En 2001, Gauri et al. ont analysé 1 282 patients référés pour une EE maximale, dont 335 sujets étaient sous bêtabloquants. Ils ont défini l'incompétence chronotrope comme étant l'impossibilité d'atteindre au moins 80 % de la proportion de la fréquence cardiaque de réserve (FC réserve), soit  $((FC \text{ max} - FC \text{ repos}) * 0,8)$ . Ils ont observé une relation significative entre la présence d'une réponse chronotrope inadéquate et les bêtabloquants ( $p < 0,01$ ). Plus récemment, d'autres chercheurs se sont inspirés des travaux de Gauri et al. (2001), afin de vérifier si la prise de bêtabloquants occasionne une réponse chronotrope

inadéquate. Ainsi, Khan et al. (2005) se sont intéressés à l'impact des bêtabloquants sur l'incompétence chronotrope chez les coronariens (aténolol et métoprolol). Ces chercheurs ont recruté rétrospectivement 3 736 sujets sous bêtabloquants âgés de 58 ans en moyenne, dont 68 % étaient des hommes, afin de compléter une EE maximale sur tapis roulant. Les auteurs ont utilisé la même définition que celle de l'étude de Gauri et al. (2001). Ils ont observé que 813 individus (22 %) avaient une réponse chronotrope inadéquate. Durant un suivi de cinq ans, ils ont noté 173 décès (5 %). Les sujets incompétents chronotropes avaient un taux de mortalité plus élevé que ceux ayant une réponse chronotrope adéquate ( $p < 0,0001$ ). Les auteurs n'ont toutefois pu associer un taux plus important d'incompétence chronotrope à la prise de bêtabloquants. Ils ont donc conclu que l'incompétence chronotrope permet autant de prédire le taux de mortalité chez la population générale que chez des individus coronariens avec ou sans bêtabloquants. La majorité des études sur l'incompétence chronotrope excluent les patients sous bêtabloquants afin de limiter le biais de ce type de médication. Pourtant, plusieurs chercheurs ont tout de même démontré une valeur pronostique de l'incompétence chronotrope chez les sujets consommant des bêtabloquants (Lauer et al., 1996-1999-2004 ; Dresing et al., 2000 ; Elhendy et al., 2003 ; Azarbal et al., 2004 ; Khan et al., 2005). Il faut noter que plusieurs de ces études n'ont pas comparé leurs résultats à un groupe contrôle pour vérifier les effets des bêtabloquants.

Avec une seule étude rapportée, il est difficile de conclure que l'incompétence chronotrope ait également une valeur pronostique lors de la prise de bêtabloquants. Malgré le fait que les chercheurs ont parlé de l'incompétence chronotrope pour la première fois qu'en 1975, ce sujet demeure encore aujourd'hui peu abordé dans la littérature scientifique. Ainsi, aucun article scientifique recensé ne traite de la présence d'une réponse chronotrope inadéquate chez la femme et chez les populations de différents âges. Il serait aussi pertinent d'évaluer si l'incompétence chronotrope est un paramètre modifiable par l'entraînement cardiovasculaire régulier (Monpère et al., 2002 ; Jouven et al., 2005).

### 3. LA FRÉQUENCE CARDIAQUE DE RÉCUPÉRATION (FCR)

Depuis quelques années, la FCR après un effort maximal a fait l'objet de nombreuses études. Elle est maintenant considérée comme un important marqueur du pronostic cardiaque : une FC qui diminue rapidement à la fin d'un effort est un signe de bonne santé cardiovasculaire (Arai et al., 1989 ; Cole et al., 1999 ; Nishime et al., 2000 ; Racine et al., 2003). Watanabe et al. (2001) ajoutent même que la FCR constitue un prédicteur puissant et indépendant du taux de mortalité. La majorité des chercheurs affirment que la FCR est principalement sous le contrôle du tonus vagal (Watanabe et al., 2001 ; Pitsavos et al., 2004). Plus spécifiquement, l'augmentation de l'activité vagale en récupération serait associée à une diminution du risque de décès (Schwartz et al., 1991 ; Pitsavos et al., 2004).

Bien qu'un consensus existe entre les divers chercheurs sur la valeur pronostique de la FCR, les études diffèrent sur le temps de récupération observé, allant d'une à dix minutes. Par conséquent, il n'existe pas encore de définition unanime pour la FCR. Par exemple, certains auteurs ont noté un taux de mortalité plus élevé lorsque la récupération de la FC était inférieure à 18 battements à la fin de la première minute post-effort (Watanabe et al., 2001), comparativement à moins de 42 battements après deux minutes (Shishehbor et al., 2004). Aujourd'hui, la majorité des chercheurs s'entendent pour définir qu'une FCR anormale correspond à une diminution de moins de 12 battements à la fin de la première minute ( $FC_{max} - FCR$  à une minute). La reproductibilité de la FCR est donc questionnable, puisqu'il n'existe toujours pas de standards pour la FCR et l'EE (Gibbons, 2002 ; Bosquet et al., 2007). Cependant, ce paramètre présente des limitations importantes dans son application qui seront discutées dans le quatrième chapitre, à la conclusion de la recension des écrits.

#### 3.1 Les effets de la FCR sur le pronostic

Chez les individus asymptomatiques

Une FCR anormale est associée à une faible tolérance à l'effort maximal et à une durée d'EE plus brève; elle peut aussi être un prédicteur d'événements cardiaques. Cole et

al. (1999) ont fait une analyse rétrospective de 2 428 EE et ont constaté que 26 % des sujets avaient une FCR anormale ( $p < 0,001$ ). Dix-neuf pourcent des sujets qui avaient une FCR anormale (définie comme une diminution inférieure à 12 battements après une minute) étaient décédés durant le suivi de six ans, comparativement à 5 % chez ceux qui avaient une diminution de la FCR de plus de 12 battements ( $p < 0,001$ ). Shetler et al. (2001) ont obtenu le même pourcentage mais pour une diminution de la FC de moins de 22 battements de diminution à la fin de la deuxième minute de récupération (Tableau I). Ces auteurs ont conclu qu'une récupération lente de la FC après un effort est prédictive d'un taux de mortalité élevé. Dans l'étude de Watanabe et al. (2001), 805 sujets (15 %) parmi les 5 438 participants avaient une FCR anormale ( $p < 0,0001$ ). Ces auteurs ont utilisé une définition de la FCR différente des études précédentes, soit une diminution de moins de 18 battements à la fin de la première minute de récupération. Durant leur suivi de trois ans, 190 sujets sont décédés, dont 75 (9 %) qui avaient une FCR inadéquate ( $p < 0,0001$ ). L'étude de Shishehbor et al. (2004) comprenait quant à elle 4 963 adultes en santé, dont 1 644 (30 %) avaient une récupération lente de la FC ( $p = 0,04$ ). Ces auteurs ont utilisé comme définition d'une FCR anormale une diminution de moins de 24 battements après deux minutes. Durant 12 ans de suivi, ils ont noté 284 décès (6 %): 89 de MCV (31 %) et 195 de causes inconnues (69 %). Cependant, ces auteurs n'ont pas rapporté d'association significative entre la FCR et la mortalité (NS).

Jouven et al. (2005) ont aussi étudié la relation entre l'évolution de la FC après l'effort et le taux de mortalité. Dans cette étude, les chercheurs ont utilisé les données de l'Enquête Prospective Parisienne I, visant à identifier des facteurs de risque d'athérosclérose chez 5 713 français âgés de 43 à 52 ans, sans pathologie coronarienne. L'EE maximale consistait à pédaler durant trois paliers de difficulté croissante. Sur les 1 516 décès enregistrés durant un suivi de 23 ans, 400 étaient de causes cardiaques (26 %), dont 81 correspondaient à des morts subites secondaires à une arythmie fatale (20 %). Le facteur de risque le plus fortement associé à la mort subite était la faible différence entre la FC max et la FC repos. Ainsi, une différence inférieure à 89 battements (FC de réserve) multipliait par quatre le risque de mort subite ( $p < 0,001$ ), par 1,2 le risque de décès de causes cardiaques (autre que la mort subite,  $p = 0,01$ ) et par 1,5 toutes autres causes confondues ( $p < 0,001$ ). Les auteurs ont aussi conclu que plus un sujet a une FC repos élevée, plus le risque de mort subite est augmenté. Enfin, les sujets qui obtenaient une

diminution de la FC de moins de 25 bpm à la fin de la première minute de récupération multipliaient de 2,1 le risque de mort subite ( $p = 0,03$ ), par 1,3 le taux de mortalité de toutes causes ( $p < 0,001$ ), sans observer de différence significative pour le risque de décès de causes cardiaque (autre que la mort subite, NS). La définition de la FCR normale était très différente dans cette étude comparativement aux autres, où on la définit plus souvent comme étant une diminution de la FC supérieure à 12 battements à la fin de la première minute de récupération.

Selon toutes les études citées précédemment, il semble cependant qu'une récupération lente de la FC est prédictive d'un taux de mortalité élevé chez les individus asymptomatiques. En fait, une diminution rapide de la FC après un effort permettrait de diminuer le taux de mortalité chez les sujets sans MCAS. Il serait intéressant de chercher et de comprendre les différents mécanismes qui pourraient avoir un impact bénéfique sur la FCR et sur le pronostic.

#### Chez les individus coronariens

Une FC qui diminue rapidement en phase précoce de récupération semble être associée à un faible risque de MCAS et de MCV autant chez les sujets asymptomatiques que symptomatiques. Morshedi-Meibodi et al. (2002) ont publié un article sur l'interaction entre la FCR et les risques d'événements cardiaques chez les individus coronariens. À l'aide de la base de données des participants de l'étude de Framingham, ils ont analysé les résultats de 2 967 EE maximales sur tapis roulant (1 400 hommes et 1 567 femmes âgés de 43 ans en moyenne). Durant le suivi de 15 ans, 214 sujets (7 %) ont subi un premier événement coronarien (angine, IM, insuffisance coronarienne ou mort subite) et 167 individus (6 %) sont décédés de toutes causes confondues (dont 24 % d'une étiologie cardiovasculaire). Chez les patients post-IM, Morshedi-Meibodi et al. (2002) ont conclu que les sujets ayant une FCR anormale ont plus de risque de vivre un événement cardiaque subséquent. Par contre, les auteurs n'ont pas rapporté de relation entre la FCR de récupération anormale et la mortalité. Seulement 4 % des sujets avaient une vitesse lente de récupération de la FC de moins de 12 battements à une minute de récupération, contrairement à 20-26 % dans les études antérieures effectuées auprès des coronariens (Cole et al., 1999 ; Nishime et al., 2000 ; Lauer, 2003 ; Ellis et al., 2004). Les sujets de cette étude ont subi une EE limitée par l'atteinte de la FC max prédite en fonction de l'âge, alors

que les autres études citées utilisaient l'EE maximale limitée par symptômes. Cette différence de protocole pourrait expliquer la différence entre les résultats. Une autre étude a évalué les résultats d'EE maximale sur ergocycle de 212 patients post-IM (Nissinen et al., 2003). Durant les 31 mois de leur suivi, 17 individus (8 %) qui étaient décédés avaient une récupération lente de la FC, soit une diminution de moins de 12 battements après une minute de récupération. Selon les chercheurs des deux études présentées, la FCR à la fin de la première minute de récupération est un outil pronostic important, afin de déterminer le taux de mortalité et l'incidence de MCAS chez les patients coronariens. En fait, plus la FC d'un sujet coronarien récupère rapidement, plus ses chances de survie ont tendance à augmenter.

Il est bien démontré qu'une vitesse lente de récupération de la FC est un prédicteur du taux de mortalité chez les individus asymptomatiques. Selon les résultats rapportés, les auteurs ont tiré la même conclusion auprès d'une population coronarienne. En plus d'augmenter le taux de mortalité, une vitesse de récupération lente de la FC serait associée à une augmentation du nombre d'événements cardiaques chez les patients post-IM.

### **3.2 Les effets de l'âge sur la valeur pronostique de la FCR**

Darr et al. (1988) ont vérifié l'effet de l'âge sur la FCR. Parmi les 20 hommes de leur étude, ils ont observé que la vitesse de récupération de la FC est plus rapide après une EE maximale sur ergocycle chez les sujets actifs, peu importe leur tranche d'âge ( $p < 0,005$ ). Les résultats de cette étude suggèrent que la phase précoce de la récupération de la FC n'est pas différente chez les gens de tous âges ayant un niveau de pratique d'activité physique similaire. En fonction du faible nombre de participants, d'autres études seraient nécessaires afin de valider ces résultats sur un plus grand échantillon.

Durant leur étude prospective d'une durée de trois ans, Messinger-Rapport et al. (2003) ont analysé 7 354 EE (5 007 hommes et 2 347 femmes) effectuées chez des adultes asymptomatiques âgés de 65 à 92 ans. Parmi les sujets de l'étude, 6 022 (4 132 hommes et 1 890 femmes) étaient âgés de 65 à 74 ans et 1 332 (875 hommes et 457 femmes) étaient âgés de plus de 75 ans. Parmi les sujets âgés entre 65 et 74 ans, 1 384 (23 %) avaient une

récupération lente de la FC (diminution de moins de 12 battements à la fin de la première minute de récupération) avec une tolérance à l'effort maximal préservée, 548 (9 %) avaient une tolérance à l'effort maximal inadéquate avec une récupération adéquate de la FC et 645 (11 %) avaient une tolérance à l'effort maximal inadéquate et une récupération lente de la FC ( $p < 0,0001$ ). Les pourcentages obtenus étaient similaires chez le groupe de 75 ans et plus. Durant le suivi, 842 décès sont survenus (11 %) : 614 sujets âgés de 65 à 74 ans et 228 âgés de plus de 75 ans. Les auteurs ont conclu que les individus ayant une récupération lente de la FC avaient un taux de mortalité aussi élevé que ceux ayant une tolérance à l'effort maximal faible. Ainsi, chez les personnes âgées, la tolérance à l'effort maximal et la FCR pourraient être deux prédicteurs du taux de mortalité.

Afin d'évaluer l'entraînabilité de la FCR en fonction de l'âge, Kligfield et al. (2003) ont recruté 81 patients coronariens, 58 hommes et 23 femmes âgés en moyenne de 63 ans, pour faire partie d'un programme de réadaptation cardiaque de 12 semaines. L'entraînement consistait en 30 minutes de tapis roulant ou ergocycle, à 80 % de la FC max prédite en fonction de l'âge. La FCR était obtenue en faisant la différence entre la FC à la fin de la période d'exercice sous-maximal pour chaque session et la FC après une minute de marche en période de récupération. Suite au programme d'entraînement, la vitesse de récupération de la FC a augmenté de 22 % chez les sujets âgés de moins de 65 ans et de 40 % chez les sujets âgés de plus de 65 ans ( $p < 0,01$ ); 29 % chez les hommes et 23 % chez les femmes, tout âge confondu ( $p < 0,001$ ). Dans cette étude, les chercheurs ont démontré que la vitesse de récupération de la FC peut être améliorée par l'entraînement cardiovasculaire, même lors d'un effort sous-maximal, et ce peu importe l'âge. Cependant, on remarque que cette amélioration est plus marquée chez les sujets coronariens âgés de plus de 65 ans. Les observations de ces chercheurs pourraient être expliquées par un niveau variable de la pratique d'activités physiques au début de l'étude. Il est bien démontré que les sujets sédentaires bénéficient de façon plus importante des bienfaits de l'entraînement cardiovasculaire que ceux déjà actifs physiquement. Il est probable que le groupe de patients âgés de plus de 65 ans comportait plus de patients sédentaires, ce qui pourrait expliquer ces résultats.

Finalement, les effets de l'âge sur la FCR ne sont pas clairement démontrés. Les études citées ont cependant rapporté de façon générale qu'une diminution lente de la FC en

récupération augmenterait le taux de mortalité chez les individus, et ce peu importe l'âge des sujets.

### 3.3 Les effets des bêtabloquants sur la FCR

Aucune étude évaluant spécifiquement les effets des bêtabloquants sur la FCR n'a été recensée. Toutefois, les travaux de Shetler et al. (2001), de Mora et al. (2003) et de Lipinski et al. (2004) ont rapporté les mêmes conclusions : la FCR serait prédictive du taux de mortalité chez les sujets avec ou sous bêtabloquants (Tableau I). La présence ou non de cette médication n'aurait pas d'impact sur la valeur pronostique de la FCR.

### 3.4 Les effets de l'entraînement sur la FCR

Chez les individus asymptomatiques

Suite à un entraînement cardiovasculaire chez des individus sans MCAS, la FC revient plus rapidement à la normale après un effort sous-maximal ou maximal. De plus, la recension des écrits suggère que la FCR dépend principalement de la santé cardiorespiratoire individuelle et de l'intensité de l'effort. L'étude transversale de Darr et al. (1988), citée précédemment dans la section sur les effets de l'âge sur la FCR, a vérifié les effets de l'intensité d'un entraînement cardiovasculaire sur la FCR. Ils ont recruté 20 hommes qu'ils ont séparés en quatre groupes, selon les résultats de leur EE maximale, en fonction de leur âge et de leur  $VO_2$  max obtenue selon leur pratique d'activités physiques: cinq jeunes actifs de  $24 \pm 2$  ans avec une  $VO_2$  max de  $63 \pm 3$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, cinq âgés actifs de  $51 \pm 2$  ans avec une  $VO_2$  max de  $57 \pm 3$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, cinq jeunes sédentaires de  $25 \pm 3$  ans avec une  $VO_2$  max de  $44 \pm 2$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> et cinq âgés sédentaires de  $57 \pm 4$  ans avec une  $VO_2$  max de  $36 \pm 4$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>. Les sujets entraînés avaient une récupération de la FC significativement plus rapide que ceux sédentaires ( $p < 0,005$ ). Selon Darr et al. (1988), une récupération rapide de la FC serait favorisée par un programme d'entraînement cardiovasculaire. En fonction du faible nombre de participants, d'autres études seraient nécessaires afin de valider ces résultats sur un plus grand échantillon.

L'étude CARDIA (*Coronary Artery Risk Development in Young Adults*), une étude longitudinale publiée par Carnethon et al. (2005), a vérifié les liens entre l'entraînement aérobic et la récupération de la FC. Ils ont recruté 1 627 individus (25 % de femmes) âgés de 18 à 30 ans. Les sujets devaient compléter un questionnaire auto-administré sur la fréquence de leur participation aux 13 différentes catégories d'activités d'entraînement et de loisirs proposés (huit vigoureuses et cinq modérées) pour les douze derniers mois. Ces questionnaires étaient complétés lors du recrutement de l'étude et deux, cinq, sept, dix et 15 ans après le début des travaux. Une activité modérée incluait les sports légers (softball), la marche, le bowling, le golf et l'entretien de la maison (jardinage). Une activité vigoureuse incluait la course, les sports de raquette, le vélo à plus de dix mille/heure, la natation, les cours dirigés intenses, les sports intenses (basket-ball, football), l'haltérophilie, le travail manuel, la manutention de charges lourdes et le pelletage de neige. Les sujets ne devaient pas modifier leur niveau d'activité physique. Au début de l'étude et à la septième année de suivi, les sujets devaient passer une EE maximale sur tapis roulant. Lors de l'EE initiale, 3 % avaient une récupération lente de la FC, soit une différence de moins de 22 battements entre la FC max et la FC à la fin de la deuxième minute de récupération. Parmi les participants ayant une vitesse de récupération normale de la FC et un niveau faible d'activité physique, 3 % avaient développé une valeur inadéquate à la septième année du suivi ( $p < 0,01$ ). Les participants dont le niveau d'entraînement aérobic avait diminué durant l'étude ont vu la vitesse de récupération être trois fois plus lente à la fin de la première minute de récupération, comparativement à ceux qui avaient augmenté leur pratique. Les auteurs ont conclu que ceux qui s'entraînent ont une récupération de la FC plus rapide que ceux sédentaires ou peu actifs. Auparavant, Carnethon et al. (2003) ont tiré les mêmes conclusions lors de leurs travaux. Il est à noter que Carnethon et al. (2005) ont pu difficilement contrôler le maintien du niveau de pratique d'activités physiques de leurs sujets, ce qui a probablement modifier les résultats obtenus.

#### Chez les individus coronariens

L'entraînement cardiovasculaire permet une amélioration de la tolérance à l'effort maximal chez les patients coronariens ainsi qu'une réduction du taux de mortalité. Hao et al. (2002) ont fait une étude rétrospective, afin de vérifier si la FCR était aussi un facteur de risque modifiable chez les patients coronariens et si elle pouvait s'améliorer par un programme de réadaptation cardiaque. Ils ont analysé les dossiers de 55 patients

coronariens, 38 hommes (69 %) et 17 femmes (31 %) ayant participé à un programme incluant de l'entraînement aérobic continu de 30 minutes, trois fois par semaine pour un total de 12 semaines. Les participants décidaient du type d'appareil cardiovasculaire pour leur entraînement : tapis roulant, bicyclette, rameur ou escaladeur. À la fin du programme, la FC repos avait diminué de 6 % ( $p = 0,001$ ), la tolérance à l'effort maximal avait augmenté de 17 % ( $p = 0,6$ ) et la vitesse de récupération de la FC s'était améliorée de 26 % ( $p = 0,05$ ). Malgré l'absence d'un groupe contrôle, les auteurs suggèrent donc que la FCR peut s'améliorer suite à un programme d'entraînement chez les patients coronariens.

L'étude de Kligfield et al. (2003) a été présentée dans la section sur les effets de l'âge. Elle est citée à nouveau ici, puisque les auteurs avaient aussi évalué les effets de l'entraînement sur la FCR lors d'un programme de réadaptation cardiaque de 12 semaines. La récupération de la FC était de 27 % plus rapide chez tous les sujets suite au programme de réadaptation cardiaque, et ce après seulement trois semaines d'entraînement cardiovasculaire ( $12,5 \pm 6,1$  à  $15,9 \pm 6,0$  bpm,  $p < 0,001$ ). Dans cette étude, les chercheurs démontrent que la vitesse de la récupération de la FC peut être améliorée par l'entraînement cardiovasculaire. Les chercheurs ont aussi observé une diminution de la FC durant les activités de la vie quotidienne proportionnellement avec la pratique régulière d'entraînement cardiovasculaire autant chez les coronariens que ceux sans MCAS.

En 2003, Tiukinhoy et al. ont vérifié l'impact de l'ajout d'un programme d'entraînement cardiovasculaire lors d'un programme de réadaptation cardiaque. Dans cette étude rétrospective, ils ont comparé les résultats d'EE maximales sur tapis roulant de 34 patients coronariens actifs physiquement (groupe exercice), aux résultats de 35 individus coronariens sédentaires (groupe témoin). Les deux groupes devaient poursuivre leur programme de réadaptation cardiaque. En plus, le groupe exercice avait complété 12 semaines d'entraînement cardiovasculaire en parallèle à la deuxième phase du programme de réadaptation cardiaque. Les chercheurs ont observé une récupération plus rapide de la FC à la fin de la première minute de  $18 \pm 7$  à  $22 \pm 8$  battements ( $p < 0,001$ ) plus rapide chez le groupe exercice, alors qu'aucun changement significatif n'a été identifié dans le groupe témoin. Tel qu'attendu, ces auteurs ont démontré que l'entraînement cardiovasculaire ajouté durant un programme de réadaptation cardiaque est associé à une amélioration plus importante de la vitesse de récupération de la FC que le programme de réadaptation

cardiaque seul. Ces résultats sont intéressants, malgré le faible échantillon dans chacun des groupes. Par contre, il aurait été intéressant de connaître les paramètres du programme de réadaptation cardiaque, soit la durée, la fréquence, l'intensité et le type d'entraînement cardiovasculaire complété. De plus, il faut noter qu'il n'y a que très peu d'études d'intervention.

En se basant sur cette étude, Sato et al. (2005) ont évalué les bienfaits d'un entraînement cardiovasculaire supervisé sur ergocycle, deux semaines après un pontage coronarien. Les 20 sujets étaient déjà inscrits dans un programme de réadaptation cardiaque et les auteurs ont ajouté un entraînement cardiovasculaire supplémentaire. Afin de différencier les individus actifs de ceux sédentaires, les chercheurs ont basé leurs critères d'inclusion sur le nombre de pas effectués dans une journée. Ils ont donc divisé les individus en deux groupes : 1) dix hommes actifs (plus de 5 434 pas par jour) et 2) dix hommes moins actifs (moins de 5 434 pas par jour). L'entraînement complémentaire au programme de réadaptation cardiaque consistait à faire 30 minutes de vélo stationnaire deux fois par jour et ce, six jours par semaine. En parallèle, tous les sujets étaient encouragés à augmenter leur niveau d'activité physique à l'extérieur. Suite à cet entraînement, la vitesse du temps de récupération de la FC s'est améliorée chez le groupe actif ( $439,7 \pm 177$  à  $288,6 \pm 97,4$  secondes,  $p < 0,01$ ), mais aucun changement n'a été noté chez ceux moins actifs (NS). Les résultats suggèrent que l'ajout d'un programme d'entraînement cardiovasculaire, pendant un programme de réadaptation cardiaque, augmente la vitesse de récupération de la FC chez les patients pontés. Cet ajout serait plus bénéfique que le programme de réadaptation cardiaque seul. Afin d'améliorer leur vitesse de récupération de la FC, les sujets devraient devenir plus actifs physiquement lors d'un programme de réadaptation cardiaque. Il est possible qu'un certain biais soit présent dans les résultats, puisque les auteurs encourageaient les patients à faire davantage d'activités physiques en plus du programme cardiovasculaire. Donc, les patients qui avaient augmenté leur pratique d'activités physiques, en parallèle au programme de réadaptation cardiaque et à l'ajout de l'entraînement cardiovasculaire, peuvent avoir surestimé les résultats obtenus. De plus, les chercheurs n'ont eu aucun contrôle sur les paramètres d'entraînement des activités ajoutées, comme le type, la fréquence et la durée. Par conséquent, les auteurs n'ont pas évalué uniquement l'ajout d'un entraînement cardiovasculaire en cours de programme de réadaptation cardiaque.

Pour le moment, aucune étude n'a évalué spécifiquement la valeur pronostique de la FCR chez la femme. Selon les études citées qui ont évalué la FCR chez l'homme et la femme, il ne semble pas y avoir de différence de la FCR entre les deux sexes. Les hommes et les femmes auraient une récupération similaire de la FC.

#### **4. LA CONCLUSION DE LA RECENSION DES ÉCRITS**

Au cours des dernières années, plusieurs études ont démontré l'utilité de la FCR comme outil prédictif du taux de mortalité autant chez les sujets asymptomatiques que chez ceux symptomatiques. L'application de ce paramètre, dans un but prédictif, soulève cependant certains doutes dans la communauté scientifique. Parmi ceux-ci, mentionnons Gibbons (2002) qui émet l'opinion que la FCR ne peut être utilisée à grande échelle dans l'interprétation de l'EE pour la stratification de risques de MCAS. En fait, il n'existe pas encore de standards, ni pour la FCR ni pour les EE, ce qui peut occasionner certains biais dans les résultats obtenus. Plusieurs limitations sont recensées dans les différentes études, notamment : 1) évaluation limitée auprès de populations symptomatiques, 2) variation des types de protocole (Ramp, Balke, etc.), 3) variation du type d'EE (tapis roulant ou ergocycle), 4) protocoles variables de récupération (active ou passive), 5) variation des critères d'inclusion et d'exclusion, 6) définition arbitraire d'une FCR anormale (moins de 12 battements à la fin de la première minute de récupération), 7) majorité des individus recrutés dans des centres spécialisés en cardiologie ou de soins tertiaires, 8) prise ou non de bêtabloquants durant les suivis et 9) peu de femmes incluses dans les études (Cole et al., 1999-2000 ; Nishime et al., 2000 ; Shetler et al., 2001 ; Diaz et al., 2001 ; Watanabe et al., 2001 ; Morise et al., 2004) ; Bosquet et al., 2007). Par contre, plusieurs de ces études comportent tout de même des analyses rigoureuses réalisées à partir d'un nombre d'individus statistiquement pertinent, lors d'un suivi à long terme. Malgré toutes ces limites, on peut donc suggérer qu'il s'agisse d'un outil intéressant. La majorité des études suggèrent que la FCR serait en effet un outil pronostic simple et complémentaire à l'EE, mais peu utilisable seule. Il pourrait donc s'avérer pertinent de l'ajouter aux variables systématiquement mesurées suite à une EE. De plus, une autre variable s'avère être simple,

soit la FC repos. Ce paramètre suscite également de plus en plus d'intérêt, puisqu'il s'agit d'une mesure fortement corrélée au pronostic (Dyer et al., 1980 ; Kannel et al., 1987 ; Gillman et al., 1993 ; Habib, 1997 ; Palatini et Julius, 1997-1999 ; Palatini et al., 1997-1999 ; Hjalmarson, 1998 ; Greenland et al., 1999 ; Kristal-Boneh et al., 2000 ; Diaz et al., 2005).

Lorsqu'on regarde les autres paramètres énumérés dans notre recension des écrits, soit la tolérance à l'effort maximal et l'incompétence chronotrope, il est permis de conclure que les limitations énumérées pour la FCR sont aussi applicables à ceux-ci. Ainsi, ils sont tous mesurés durant ou après l'EE. De même, tout comme pour la FCR, il n'existe pas encore de définition unanime pour l'incompétence chronotrope. Par contre, la tolérance à l'effort maximal, quant à elle, est reconnue, clairement définie et utilisée sur une base régulière en cardiologie et en activité physique.

Les limites présentées suscitent plusieurs questions auxquelles il serait intéressant de répondre, puisque les conclusions pourraient avoir un impact majeur sur l'établissement du pronostic des patients coronariens. Ceci nous a incités à mener la présente étude, dont le but était de vérifier de façon rétrospective la FCR, ainsi que la tolérance à l'effort maximal et l'incompétence chronotrope, après un entraînement de deux ans.

Tableau I : Résumé des études publiées sur la FCR

ÉTUDES	POPULATION ÉTUDIÉE	ÉCHANTILLON (% femmes)	CRITÈRES D'EXCLUSION	SUIVI (années)	PROTOCOLE EE	DÉFINITION FCR NORMALE	PATIENTS AVEC FCR ANORMALE (%)	PATIENTS DÉCÉDÉS AVEC FCR ANORMALE (%)	STATUT MÉDICATION (bêtabloquants)
Cole et al. 1999	Référée pour EE <i>Cleveland Clinic Foundation</i>	2 428 (37)	Pontages, IC, BBG, angiographie, PMP, digoxine	6	Bruce et Bruce modifié, EE max	1 min / 12 bpm	639 (26)	213 (9), 120 (56) FCR anormale	12 % population, FCR aussi prédictive du taux de mortalité chez ceux sous bêtabloquants
Cole et al. 2000	Référée pour EE <i>Lipid Research Clinics Prevalence Study</i>	5 234 (39)	MCV, Rx cardiaque, < 30 ans, Angoxne	12	Bruce ou Bruce modifié, EE à 85 % FC max prédite pour l'âge	2 min / 42 bpm	1 719 (33)	325 (6), 33 (10) FCR anormale	Critère d'exclusion
Nishime et al. 2000	Référée pour EE <i>Cleveland Clinic Foundation</i>	9 454 (22)	IC, BBG, digoxine, maladie valvulaire, < 30 ans, PMP, DVG	5	Bruce ou Bruce modifié, EE max	1 min / 12 bpm	1 852 (20)	312 (3), 25 (8) FCR anormale	10 % population, FCR non prédictive du taux de mortalité chez ceux sous bêtabloquants
Watanabe et al. 2001	Référée pour EE <i>Cleveland Clinic Foundation</i>	5 438 (37)	IC, FA, PMP, < 30 ans, maladie valvulaire	3	Échographie cardiaque à l'effort Bruce, Bruce modifié ou Cornell, EE max	1 min / 18 bpm	805 (15)	190 (4), 75 (40) FCR anormale	22 % population, FCR aussi prédictive du taux de mortalité chez ceux sous bêtabloquants
Sheller et al. 2001	Référée pour EE <i>Veterans Affairs Medical Centers</i>	2 193 (0)	Pontages, BBG, angiographie, PMP, Chx cardiaque, WPW	7	Ramp ou U.S. Air Force School of Aerospace Medicine, EE max	2 min / 22 bpm	nd	413 (19), 33 (8) FCR anormale	34 % population, FCR aussi prédictive du taux de mortalité chez ceux sous bêtabloquants
Diaz et al. 2001	Référée pour EE <i>Cleveland Clinic Foundation</i>	7 163 (25)	IC, DVG, PMP, maladie valvulaire, ≥ 30 ans	7	Protocole scintigraphie SPECT au thallium, EE max	1 min / 12 bpm	2 612 (37)	855 (12), nd FCR anormale	20 % population, FCR aussi prédictive du taux de mortalité chez ceux sous bêtabloquants
Morshedi Meibodi et al. 2002	Référée pour EE <i>Framingham</i>	2 967 (53)	Digoxine, ischémie, maladie valvulaire, anormale repos, MPOC	15	Bruce, EE à 85 % FC, FC max prédite pour l'âge	1 min / 12 bpm ou 2 min / 42 bpm	nd	167 (6), nd FCR anormale	Critère d'exclusion

Tableau I : Résumé des études publiées sur la FCR (suite)

ÉTUDES	POPULATION ÉTUDIÉE	ÉCHANTILLON (% femmes)	CRITÈRES D'EXCLUSION	SUIVI (années)	PROTOCOLE EE	DÉFINITION FCR NORMALE	PATIENTS AVEC FCR ANORMALE (%)	PATIENTS DÉCÉDÉS AVEC FCR ANORMALE (%)	STATUT MÉDICATION (bêtabloquants)
Vivekananthan et al. 2003	Référée pour EE: <i>Cleveland Clinic Foundation</i>	2 935 (24)	IC, FA, digoxine, maladie cardiaque (valvulaire/congénitale), PMP, Chx cardiaque	6	Échographie cardiaque à l'effort. EE max	1 min / 12 bpm ou 1 min / 18 bpm	838 (29)	336 (11); 162 (48) FCR anormale	28 % population, FCR non prédictive du taux de mortalité chez ceux sous bêtabloquants
Mora et al. 2003	Référée pour EE: <i>Lipid Research Clinics Prevalence Study</i>	2 994 (100)	Grossesse, IM, MCAS, ≤ 30 et > 80 ans, angor, claudication, Chx cardiaque, digoxine	20	Bruce: EE à 90 % FC max prédictive pour l'âge	2 min / 22 bpm	1 519 (51)	427 (14); 309 (72) FCR anormale	0,2 % population, FCR aussi prédictive du taux de mortalité chez ceux sous bêtabloquants
Messinger-Rapport et al. 2003	Référée pour EE: <i>Cleveland Clinic Foundation</i>	7 354 (32)	Maladie cardiaque (valvulaire/congénitale), IC, FA, PMP, digoxine	4	Échographie cardiaque à l'effort. Bruce, Bruce modifié et Cornell. EE max	1 min / 12 bpm ou 1 min / 18 bpm	2 617 (36)	842 (11); 143 (17) FCR anormale	25 % population, FCR aussi prédictive du taux de mortalité chez ceux sous bêtabloquants
Lipinski et al. 2004	Référée pour EE: <i>Veterans Affairs Medical Centers</i>	2 193 (0)	Angiographie, BBG, PMP, maladie valvulaire, WPW, Chx cardiaque	7	Ramp ou <i>US Air Force School of Aerospace Medicine</i> : EE max	2 min / 22 bpm	nd	413 (19); nd FCR anormale	34 % population, FCR aussi prédictive du taux de mortalité chez ceux sous bêtabloquants
Ellis et al. 2004	Référée pour EE: <i>Cleveland Clinic Foundation</i>	12 379 (24)	DVG, maladie valvulaire, Rx, HTA, IC, maladie rénale terminale, emphysème	6	Bruce modifié ou non et Cornell: EE max	1 min / 12 bpm	1 990 (16)	430 (3); nd FCR anormale	Critère d'exclusion
Shishehbar et al. 2004	Référée pour EE: <i>Lipid Research Clinics Prevalence Study</i>	4 963 (39)	Diabète, grossesse, IM, arythmie, MCAS, Rx, dyslipidémie	12	Bruce modifié: EE à 90 % FC max prédictive pour l'âge	2 min / 42 bpm	1 644 (33)	284 (6); nd FCR anormale	Critère d'exclusion

Tableau I : Résumé des études publiées sur la FCR (suite II)

ÉTUDES	POPULATION ÉTUDIÉES	ÉCHANTILLON (% femmes)	CRITÈRES D'EXCLUSION	SUIVI (années)	PROTOCOLE EE	DÉFINITION FCR NORMALE	PATIENTS AVEC FCR ANORMALE (%)	PATIENTS DÉCÉDÉS AVEC FCR ANORMALE (%)	STATUT MÉDICATION (bêtabloquants)
Chen et al. 2004	Référée pour EE <i>Cleveland Clinic Foundation</i>	8 861 (32)	IC, FA, digoxine, PMP, maladie cardiaque (valvulaire/congénitale)	8	Médecine nucléaire: EE à 85 % FC max prédite pour l'âge	1 min / 12 bpm ou 1 min / 18 bpm	1 955 (22)	232 (3); 53 (23) FCR anormale	4 % population; conclusion nd
Khan et al. 2005	Référée pour EE: <i>Cleveland Clinic Foundation</i>	3 736 (32)	IC, PMP, FA, < 30 ans, cardiomyopathie, DVG, digoxine, maladie rénale terminale, WPW, maladie cardiaque (valvulaire/ congénitale), transplantation cardiaque	5	Médecine nucléaire et échographie cardiaque à l'effort: Bruce, Bruce modifié, Cornell ou Connell: EE max	1 min / 12-18 bpm	978 (26)	173 (5), nd FCR anormale	100 % population, FCR aussi prédictive du taux de mortalité chez ceux sous bêtabloquants

Abréviations = **BBG** bloc de la branche gauche ; **bpm** battements par minute ; **Chx** chirurgie ; **DVG** dysfonction du ventricule gauche ; **EE** épreuve d'effort ; **FA** fibrillation auriculaire ; **FC** fréquence cardiaque ; **FCR** fréquence cardiaque de récupération ; **IC** insuffisance cardiaque ; **IM** infarctus du myocarde ; **MCAS** maladie cardiaque athérosclérotique ; **MCV** maladie cardiovasculaire ; **MPOC** maladie pulmonaire obstructive chronique ; **nd** non disponible ; **PMP** *pacemaker* permanent ; **Rx** médication ; **SPECT** *Single Photon Emission Computed Tomography* ; **WPW** syndrome Wolff-Parkinson-White.

## CHAPITRE II : OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES

### OBJECTIF PRIMAIRE :

- Évaluer et comparer rétrospectivement les effets d'un entraînement physique régulier non planifié sur la FCR de patients coronariens et non coronariens, à 12 et à 24 mois.

### OBJECTIFS SECONDAIRES :

1. Évaluer les effets d'un entraînement physique régulier sur l'incompétence chronotrope.
2. Comparer la FCR et l'incompétence chronotrope entre les patients coronariens et les individus non coronariens.
3. Évaluer l'évolution de la tolérance à l'effort maximal chez tous les participants.

### HYPOTHÈSES DE RECHERCHE :

1. L'entraînement physique à long terme contribue à réduire l'incompétence chronotrope et à accélérer la vitesse de récupération de la FC.
2. L'entraînement améliore la tolérance à l'effort maximal de façon plus importante durant la première année pour ensuite atteindre un plateau ou une progression plus lente.
3. Les adaptations à l'entraînement (l'incompétence chronotrope et la FCR) surviennent tant chez les coronariens que chez les non coronariens.

## CHAPITRE III : MÉTHODOLOGIE

### Recrutement

Cette étude a été approuvée par le Comité d'éthique de l'Institut de Cardiologie de Montréal. Tous les participants ont signé un formulaire de consentement éclairé (Annexe I). En se basant sur les critères d'inclusion (Tableau II), une liste informatique de 555 membres actifs au Centre ÉPIC (centre de conditionnement physique), affilié à l'Institut de cardiologie de Montréal (ICM), fut établie. En consultant les dossiers, il fut constaté que seulement 220 individus avaient un minimum de deux EE disponibles dans leur dossier au Centre ÉPIC. Ces patients ont été contactés afin de leur présenter le projet et de leur proposer d'y participer. Par la même occasion, ils furent questionnés sur leur pratique d'activité physique avant leur inscription au Centre ÉPIC, puisque la sédentarité n'est pas un paramètre toujours présent dans les dossiers. Suite à cette présélection, 71 membres ont été retirés de la liste, car ils étaient physiquement actifs avant leur première EE. Par conséquent, 149 participants éventuels étaient toujours disponibles pour l'étude.

Pour les individus ayant manifesté un intérêt à participer à l'étude, les questionnaires à compléter (voir section mesures) et le formulaire de consentement (Annexe I) étaient transmis ainsi que les coordonnées des chercheurs de l'étude. Ils pouvaient ensuite remettre tous les documents directement au Centre ÉPIC ou les transmettre par courrier postal. Les participants n'ayant pas remis les documents complétés furent recontactés par téléphone. De ce groupe, 55 membres (15 individus coronariens et 40 individus non coronariens) ont alors signalé leur intention de ne pas participer à l'étude. Les raisons invoquées incluent : le manque de temps, les vacances, les maladies, le manque de motivation ou le manque d'intérêt. Parmi les 149 participants contactés, les résultats d'EE de 94 individus inscrits depuis au moins deux ans au Centre ÉPIC répondant aux critères d'inclusion de l'étude ont été analysés : 54 avec un diagnostic de maladie coronarienne stable et 40 sans maladie coronarienne.

## TABLEAU II

### Critères d'inclusion

- Homme ou femme
- Âgé de 18 ans et plus
- MCAS diagnostiquée (IM, pontage, angioplastie coronarienne, anomalie de reperfusion) ou sans MCAS
- Classe fonctionnelle 1 ou 2 de la *New York Heart Association (NYHA)* si MCAS
- Sédentaire, depuis au moins deux ans, au moment de leur inscription au Centre ÉPIC
- Avoir subi une EE maximale sur tapis roulant à l'inscription et aux 12 mois par la suite
- Avoir un minimum de deux EE disponibles dans leur dossier au Centre ÉPIC
- Avoir suivi un entraînement physique sur une base régulière (trois fois par semaine) depuis au moins deux ans

### Critères d'exclusion

- Tout contexte pouvant modifier l'interprétation de la FC à l'ECG (greffe cardiaque, stimulateur cardiaque, défibrillateur interne, fibrillation auriculaire et digoxine)
- Insuffisance cardiaque (IC)

### Protocole de recherche

Les individus inscrits au Centre ÉPIC effectuent obligatoirement une EE maximale limitée par symptômes lors de leur inscription, puis généralement aux six mois pour les patients coronariens et aux 12 mois pour les individus non coronariens ou les coronariens stables. Les EE ont été effectuées sur un tapis roulant de marque GE, de modèle *CASE* avec électrocardiographe intégré, selon le protocole Ramp (Kaminsky et Whaley, 1998 ; Bader et al., 1999). Un monitoring de l'ECG a été effectué au repos et pendant toute la durée de l'effort et de la récupération. L'analyse et l'interprétation des résultats ont été faites par un cardiologue du centre.

En plus des variables traditionnelles telles que la tolérance à l'effort maximal et l'analyse du segment ST pour chaque test effectué, l'incompétence chronotrope et la vitesse de récupération de la FC ont fait l'objet d'analyses. Les habitudes de pratique d'activité physique ont été évaluées par le questionnaire de Kriska (Kriska et Bennett, 1999) et par un questionnaire maison axé sur l'entraînement au Centre ÉPIC et à l'extérieur de ce centre (Annexes II et III).

### **Mesures effectuées**

- Les données suivantes ont été recueillies pour chaque EE:
  - FC repos, à chaque minute d'exercice et à l'effort maximal
  - PA repos, à chaque minute d'exercice et à l'effort maximal
  - FC à la première et à la deuxième minute de récupération
  - Tolérance à l'effort maximal (en METs)
  - Segment ST
  
- Autres données pertinentes :
  - Antécédents cardiaques
  - Antécédents chirurgicaux cardiaques
  - Facteurs de risque de maladie coronarienne: la circonférence de la taille, l'indice de masse corporelle (IMC), le tabagisme (si oui, le nombre de cigarettes consommées quotidiennement; si ancien fumeur, spécifier la durée d'arrêt), l'HTA, la dyslipidémie et l'obésité
  - Médication usuelle (spécifier la classe)
  - Données sociodémographiques : le sexe et l'âge
  
- Questionnaire évaluant la pratique d'activité physique des participants durant la dernière année (questionnaire de Kriska, voir Annexe II)

- Questionnaire évaluant la pratique d'activité physique des participants à l'extérieur du Centre ÉPIC lors des deux dernières années (questionnaire maison, voir Annexe III)

### **Analyses statistiques**

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne et d'écart type. L'analyse de variance à mesures répétées à deux et trois voies (ANOVA), le coefficient de corrélation de Pearson et le test t de Student pour la comparaison des groupes de sujets ont été utilisés. Une différence était considérée significative à 95 % ( $p \leq 0,05$ ).

## CHAPITRE IV : RÉSULTATS

### Caractéristiques des participants

Le tableau III présente les données sociodémographiques des groupes de sujets non coronariens et coronariens. Les individus de cette étude sont âgés en moyenne de 61 ans ( $\pm 8$  ans). L'indice de la masse corporelle (IMC) est semblable dans les deux groupes. Le groupe témoin est composé de 53 % de femmes comparativement à 17 % chez le groupe de patients coronariens ( $p = 0,0002$ ). On retrouve une circonférence de la taille plus petite chez les sujets du groupe témoin que chez les patients coronariens ( $p = 0,001$ ). Pour les facteurs de risque de MCAS, 6 % des patients coronariens fumaient avec une consommation moyenne de onze cigarettes par jour (NS). Pour ce qui est des anciens fumeurs, les sujets non coronariens avaient cessé de fumer en moyenne depuis environ 13 ans et les patients coronariens depuis environ 18 ans (NS).

**Tableau III : Caractéristiques des participants**

VARIABLES	GROUPE TÉMOIN (n = 40)	GROUPE CORONARIEN (n = 54)
-----------	------------------------------	----------------------------------

Données sociodémographiques<sup>1</sup>:

Sexe (% féminin)	21 (53)	9 (17) *
Âge	59 $\pm$ 9	62 $\pm$ 7
Tour de taille (cm)	92 $\pm$ 15	101 $\pm$ 13 *
IMC	27 $\pm$ 4	28 $\pm$ 5

Facteurs de risque de MCAS:

Antécédents familiaux MCAS	15 (38)	23 (43)
Tabagisme	0	3 (6)
Ancien fumeur	9 (23)	12 (22)
HTA	14 (35)	26 (48)
Dyslipidémie	20 (50)	47 (87) **

<sup>1</sup> Les résultats sont exprimés sous forme de n (%) ou de moyenne  $\pm$  écart-type

**IMC:** indice de la masse corporelle; **MCAS:** maladie coronarienne; **HTA:** hypertension artérielle  
\* $p < 0,001$ , \*\* $p < 0,0001$ , \*\*\* $p < 0,05$

Le tableau IV présente le bilan cardiologique des deux groupes. Tel qu'attendu, le nombre d'événements cardiaques, comme les antécédents chirurgicaux, les infarctus du myocarde (IM) et l'angine, est significativement moins élevé chez les sujets du groupe témoin comparativement aux patients coronariens ( $p < 0,0001$ ). On remarque aussi un moins grand nombre de médicaments prescrits chez les sujets du groupe témoin que chez les patients coronariens.

**Tableau IV : Caractéristiques de la santé cardiaque des participants**

VARIABLES	GRUPE TÉMOIN (n=40)	GRUPE CORONARIEN (n=54)
<b>Antécédents cardiaques<sup>1</sup>:</b>		
Antécédents chirurgicaux cardiaques	1 (3)	33 (61)*
Infarctus du myocarde	0 (0)	24 (44)*
Accident vasculaire cérébral (AVC)	0 (0)	3 (6)
Maladie vasculaire périphérique	0 (0)	1 (2)
Mort subite	0 (0)	1 (2)
Maladies valvulaires	1 (3)	2 (4)
Angine	0 (0)	20 (37)*
<b>ECG:</b>		
Bradycardie et tachycardie	4 (10)	16 (30)**
<b>Médication:</b>		
Bêtabloquants (BB)	6 (15)	33 (61)*
Inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine	5 (13)	25 (46)**
Diurétiques	1 (3)	9 (17)**
Anti-hypertenseurs	2 (5)	8 (15)
Dérivés nitrés	0 (0)	8 (15)**
Anticoagulants	1 (3)	3 (6)
Hypolipidémiant	11 (28)	51 (94)*
Bloqueurs des canaux calciques	4 (10)	15 (28)**
Inhibiteurs d'agrégation plaquettaire	11 (28)	54 (100)*
Antagonistes des récepteurs de l'angiotensine 2	7 (18)	15 (28)

<sup>1</sup> Les résultats sont exprimés sous forme de n (%)

\* $p < 0,0001$  et \*\* $p < 0,05$

## Paramètres au repos

Le tableau V rapporte la FC, la pression artérielle systolique (PAS) et la pression artérielle diastolique (PAD) mesurées à l'EE initiale (T0), à 12 mois (T12) et à 24 mois (T24).

**Tableau V : FC et PA obtenues de T0 à T24 mois**

Paramètres	T0		T12		T24	
	Groupe témoin	Groupe coronarien	Groupe témoin	Groupe coronarien	Groupe témoin	Groupe coronarien
FC repos (bpm)*	70 ± 10	65 ± 10	66 ± 9	63 ± 11	64 ± 7	63 ± 11
PAS repos (mm Hg)	127 ± 17	128 ± 16	126 ± 15	124 ± 13	120 ± 19	129 ± 17
PAD repos (mm Hg)	77 ± 9	77 ± 8	75 ± 7	76 ± 7	74 ± 11	74 ± 7
FC max (bpm)	159 ± 15	135 ± 21	156 ± 13	134 ± 22	155 ± 16	130 ± 20
PAS max (mm Hg)**	179 ± 23	173 ± 27	180 ± 28	166 ± 28	169 ± 19	155 ± 37
PAD max (mm Hg)***	87 ± 9	86 ± 12	84 ± 11	85 ± 9	91 ± 8	82 ± 10
FCR <sup>Δ</sup> min 1 (bpm)	26 ± 11	20 ± 14	28 ± 10	21 ± 10	28 ± 12	21 ± 12
FCR <sup>Δ</sup> min 2 (bpm)	49 ± 16	42 ± 11	56 ± 16	42 ± 11	54 ± 18	40 ± 13

<sup>Δ</sup> FCR = Différence entre la FC max entre la première ou la deuxième minutes de récupération

\*p < 0,05 considéré statistiquement différent entre T0 et T12, ainsi qu'entre T0 et T24 pour tous les sujets

\*\*p < 0,05 considéré statistiquement différent chez les patients coronariens entre T0 et T12, ainsi qu'entre T0 et T24

\*\*\*p < 0,005 considéré statistiquement différent entre T0 et T24, ainsi qu'entre T12 et T24 chez les sujets du groupe témoin et qu'entre T0 et T24 pour les patients coronariens

Lorsqu'on compare les trois EE pour tous les participants des deux groupes, la FC repos a diminué significativement entre T0 et T12, ainsi qu'entre T0 et T24 ( $p < 0,05$ ). La FC repos a tendance à être moins élevée chez les hommes que chez les femmes des deux groupes ( $p < 0,06$ ). En moyenne, les hommes ont une FC repos de  $64 \pm 11$  bpm comparativement aux femmes à  $68 \pm 9$  bpm. Ensuite, aucun changement significatif de la PAS repos ou de la PAD repos n'a été observé.

### **Paramètres obtenus à l'exercice**

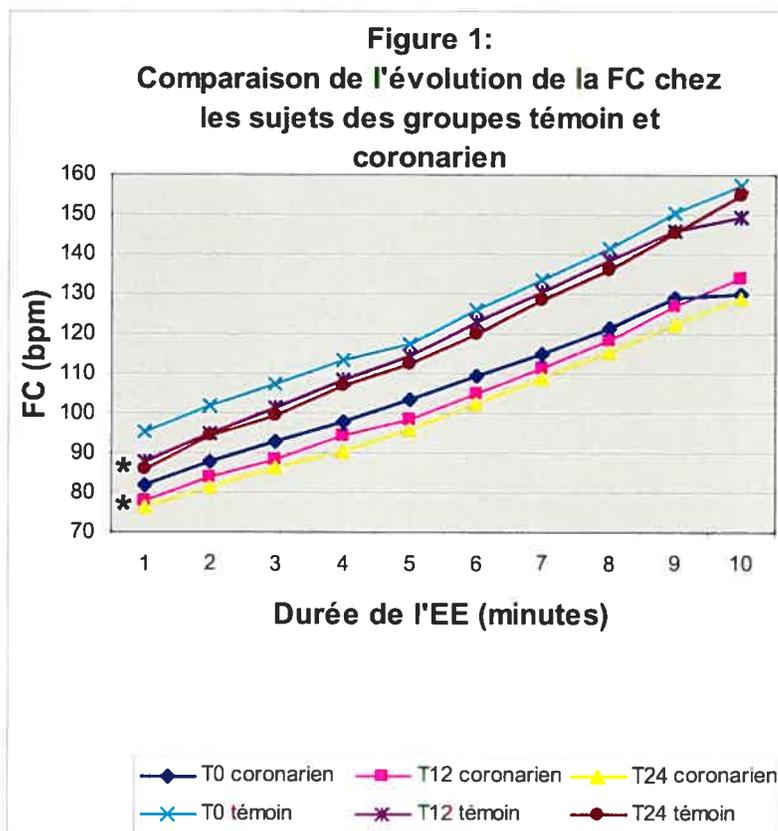
Les figures 1 à 5 rapportent les mesures de la FC, de la PAS et de la PAD obtenues lors de l'EE.

#### **FC à l'effort**

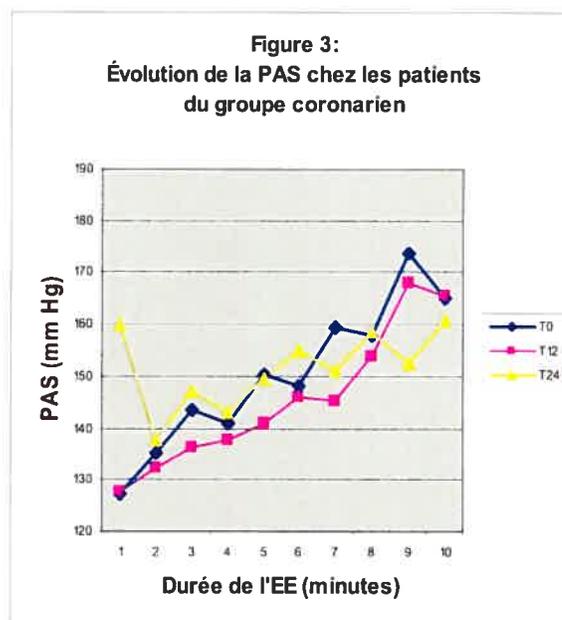
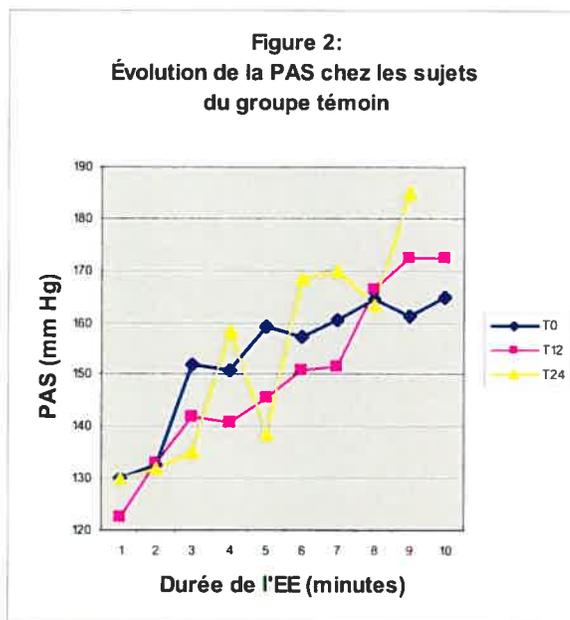
En mesurant la FC à chaque minute des EE, on remarque une différence significative entre les EE à T0, à T12 et à T24 pour tous les sujets des deux groupes ( $p = 0,01$ ). En fait, on remarque que la FC augmente d'une minute à l'autre durant l'effort jusqu'à l'atteinte d'un plateau ( $p < 0,05$ ). Plus particulièrement, on note que les sujets du groupe témoin obtiennent des FC plus élevées pour chacune des minutes durant un effort que les patients coronariens ( $p < 0,001$ , Figure 1).

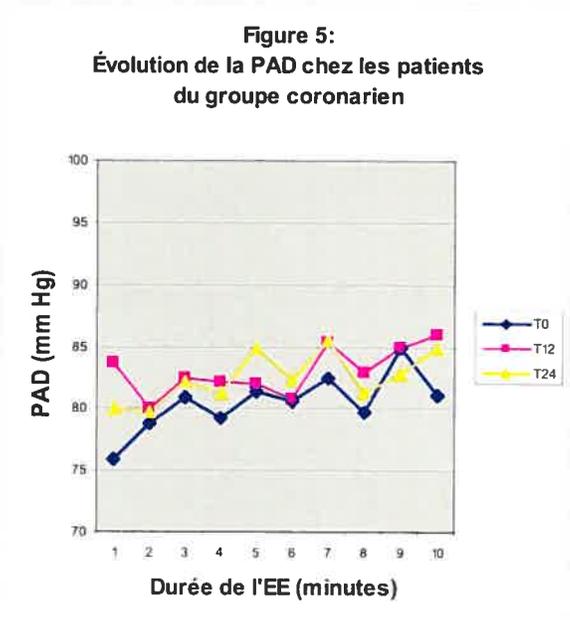
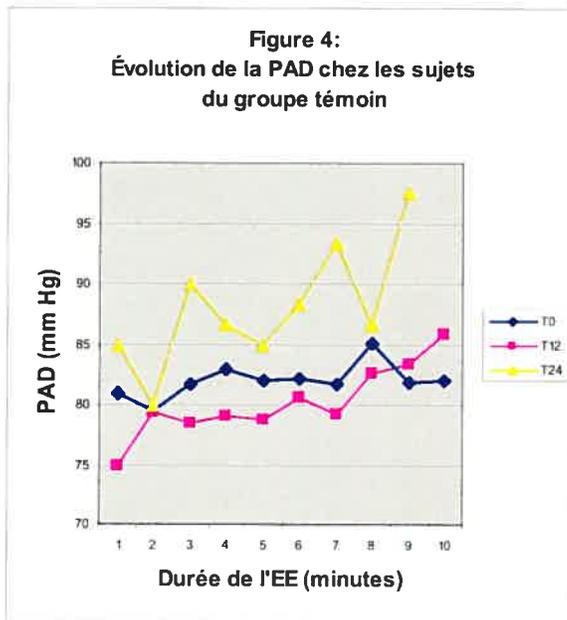
#### **PAS et PAD à l'effort**

Aucune différence significative n'a été observée pour la PAS et la PAD entre les trois EE de tous les sujets (Figures 2 à 5). Cependant, on remarque une différence significative entre chacune des minutes pour toutes les EE de tous les participants des deux groupes ( $p < 0,0001$ ). Durant l'effort, la PAS et la PAD ont tendance à augmenter progressivement d'une minute à l'autre durant les EE (NS).



$p < 0,0001$  est significativement différent de T0 pour les groupes combinés





### Paramètres maximaux

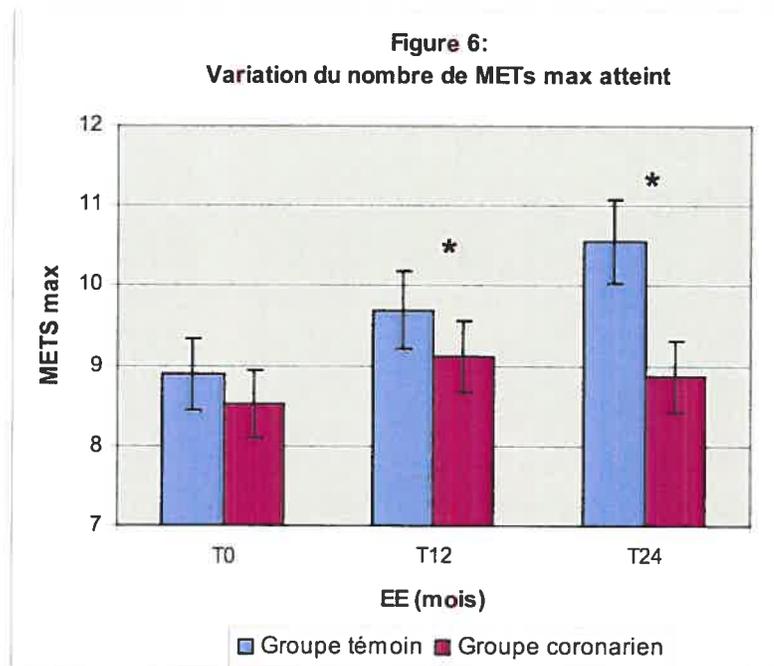
Le tableau V présenté précédemment rapporte les mesures de la FC, de la PAS et de la PAD obtenues au maximum de l'effort. De plus, la figure 6 montre les mesures du nombre maximal de METs atteint à l'effort.

Selon l'intensité de l'effort, la FC atteinte n'a pas tendance à diminuer chez tous les participants lors des EE (NS). Globalement, la FC max atteinte est moins élevée chez les patients coronariens que chez les sujets du groupe témoin ( $p < 0,0001$ ). Ensuite, la PAS max n'a pas changé significativement chez les sujets du groupe témoin (NS). Chez les patients coronariens, la PAS max a diminué de façon significative entre T0 et T12, ainsi qu'entre T0 et T24 ( $p < 0,05$ ). Par la suite, le double produit est obtenu par la multiplication de la FC max et de la PAS max. Notons que ce paramètre a légèrement diminué pour tous les participants des deux groupes de façon non significative (NS). Globalement, on observe une valeur plus élevée du double produit maximal chez les sujets du groupe témoin que chez les sujets coronariens ( $p < 0,0001$ ). Pour la PAD max, on constate une augmentation significative chez les sujets du groupe témoin entre T0 et T24, ainsi qu'entre T12 et T24

( $p < 0,05$ ). Chez le groupe de patients coronariens, la PAD max diminue significativement entre T0 et T24 ( $p < 0,05$ ).

### METs max

De façon générale, tous les participants de l'étude ont vu leur tolérance à l'effort maximal augmenter entre la mesure initiale à T0 et les autres mesures à T12 et T24 ( $p < 0,0001$ , Figure 6). Plus spécifiquement, des différences significatives ont été observées entre T0 et T12, ainsi qu'entre T0 et T24 ( $p < 0,0001$ ).



\*  $p < 0,0001$  est significativement différent de T0, pour les groupes combinés

### Fréquence cardiaque de récupération (FCR)

Le tableau V rapporte les mesures de la FCR à la première et à la deuxième minute de récupération post-EE. On observe que les FC à la première et à la deuxième minute de récupération sont plus élevées chez les sujets du groupe témoin que chez les patients du groupe coronarien. Les sections suivantes présentent les effets potentiels de la médication, du sexe, de la FC repos et de l'incompétence chronotrope sur la FCR.

Peu importe la prise ou non de bêtabloquants ou de bloqueurs des canaux calciques, on observe une FC plus élevée chez les sujets du groupe témoin comparativement aux patients du groupe coronarien, à la fin de la première minute et de la deuxième minute de récupération ( $p < 0,05$ ). Il semble que les sujets sous bloqueurs de canaux calciques aient une FCR plus rapide à la fin de la deuxième minute post-effort que les individus qui n'en prennent pas ( $p < 0,05$ ). Lorsque l'on compare les hommes et les femmes, on note une diminution plus rapide de la FCR chez tous les hommes des deux groupes à la fin de la première minute de récupération ( $p < 0,05$ ), comparativement à toutes les femmes, sans différence significative à la fin de la deuxième minute. Les sujets du groupe témoin, qui ont une FC repos plus élevée que les patients du groupe coronarien, ont une diminution plus rapide de la vitesse de récupération de la FC à la fin de la première minute et à la deuxième minute post-effort ( $p < 0,05$ ). Par contre, nous n'avons pas été en mesure de déterminer de façon significative si les sujets incompetents chronotropes avaient également une FCR anormalement lente, ni aucun lien avec la FC repos.

### **Réponse chronotrope**

Le pourcentage de la FC max prédite atteinte est significativement plus élevé chez les sujets du groupe témoin que chez les patients du groupe coronarien ( $p < 0,0001$ ). Chez le groupe témoin, on observe une différence significative du pourcentage de la FC max prédite atteinte entre T12 et T24 ( $p < 0,0001$ ). Chez le groupe coronarien, aucune différence significative n'a été observée durant cette période (NS). En moyenne, les sujets du groupe témoin ont atteint 97 % de leur FC max prédite en fonction de l'âge comparativement à 84 % pour les patients du groupe coronarien. Chez le groupe témoin, la FC max a varié de  $159 \pm 15$  bpm à TO, à  $156 \pm 13$  bpm à T12 et à  $155 \pm 16$  bpm à T24. Chez le groupe coronarien, la FC max a varié de  $135 \pm 21$  bpm à TO, à  $134 \pm 22$  bpm à T12 et à  $130 \pm 20$  bpm à T24.

Le comportement de la FC durant l'effort est aussi appelé la réponse chronotrope. Lorsque les individus n'atteignent pas au minimum 85 % de la FC max prédite en fonction

de l'âge, on parle alors d'incompétence chronotrope. En comparant tous les participants des deux groupes combinés, on observe une différence significative entre les EE à T0, T12 et T24 ( $p < 0,0001$ ). Dans les deux groupes, on observe une diminution de sujets incompétents chronotrope entre T0 et T24 ( $p < 0,05$ , Tableau VI).

**Tableau VI : Évolution de la réponse chronotrope de T0 à T24 mois**

Réponse chronotrope	T0		T12		T24	
	Groupe témoin	Groupe coronarien	Groupe témoin	Groupe coronarien	Groupe témoin	Groupe coronarien
Réponse normale	38	30	39	38	39	37
Incompétence chronotrope*	2	24	1	16	1	17

\*  $p < 0,05$  considéré statistiquement différent entre les deux groupes

### Questionnaire Kriska

Selon les données recueillies grâce au questionnaire de Kriska et Bennett (1999), plus de la moitié des participants du groupe témoin étaient sur le marché du travail durant la dernière année, alors que plus de 65 % des individus coronariens étaient à la retraite ou sans emploi ( $p < 0,05$ ). En général, tous les sujets affirment regarder la télévision environ deux heures par jour. Au cours de la dernière année, environ 10 % de tous les individus ont eu de la difficulté à se lever du lit ou d'une chaise ou à marcher plus de dix minutes sans se reposer. Un plus grand nombre d'individus du groupe témoin a rapporté avoir eu de la difficulté à traverser une pièce en marchant (8 % sujets non coronariens versus 4 % patients coronariens). Au cours de la dernière année, on note une tendance à observer un plus grand nombre de patients coronariens confiné au lit ou sur une chaise durant une à trois semaines (5 % sujets non coronariens versus 11 % patients coronariens). Cependant, aucun de ces résultats ne sont significatifs (NS). Verbalement, ces personnes ont précisé que ces difficultés ponctuelles étaient reliées à des douleurs articulaires.

De façon générale, les activités les plus pratiquées chez le groupe témoin sont similaires à celles chez le groupe coronarien (Tableau VII). Plus particulièrement, ce questionnaire nous a rapporté que tous les sujets des deux groupes pratiquaient majoritairement des activités cardiovasculaires. De plus, les sujets du groupe coronarien ont tendance à faire davantage de musculation que ceux du groupe témoin. De façon générale chez tous les participants, on remarque que le volley-ball et le tennis sont les deux activités les plus souvent pratiquées, à raison de 12 fois par mois en moyenne, mais non significatives (Tableau VII, NS). Parmi toutes les activités physiques mentionnées, seule la pratique annuelle de la natation et du patin à glace ou à roues sont significatives ( $p < 0,05$ ). Au cours de l'année, on observe une plus grande proportion de sujets du groupe témoin qui font de la natation que les patients coronariens. Ensuite, on remarque que les sujets du groupe témoin font moins de patin que les patients coronariens, durant un plus grand nombre de mois par année. Chez le groupe témoin, les sujets avaient tendance à suivre des cours de yoga et à s'entraîner plus régulièrement sur l'appareil cardiovasculaire *stairmaster* comparativement aux autres activités mentionnées. Chez le groupe coronarien, les patients pratiquaient davantage le saut à la corde et suivaient sur une base hebdomadaire des cours d'aérobic ou de step.

### **Questionnaire maison**

Le questionnaire maison permet d'avoir une idée plus précise des activités physiques pratiquées ailleurs qu'au Centre ÉPIC, soit dans un autre centre de conditionnement physique ou à l'extérieur, depuis les deux dernières années. Le tableau VIII présente les informations recueillies. En général, tous les sujets avaient tendance à s'entraîner à un niveau de difficulté qu'ils jugeaient un peu difficile. Environ 60 % de tous les participants s'entraînaient à l'extérieur du Centre ÉPIC. Au total, 93 % des sujets du groupe témoin et 96 % des patients du groupe coronarien se sont aussi entraînés au Centre ÉPIC, en moyenne trois fois par semaine. On note également une tendance à une fréquence d'entraînement moins importante chez les sujets du groupe témoin que chez les patients du groupe coronarien.

**Tableau VII: Questionnaire sur la pratique d'activités physiques de Kriska**

*Activités physiques pratiquées > 10 fois dans la dernière année (n)*

	GROUPE TÉMOIN						GROUPE CORONARIEN					
	Nombre de mois par année	Nombre de fois par mois	Nombre de minutes par séance	Nombre d'heures par semaine	Nombre de METs	Nombre de mois par année	Nombre de fois par mois	Nombre de minutes par séance	Nombre d'heures par semaine	Nombre de METs		
Jogging extérieur ou intérieur	11	11	23	0,9	6,2	11	12	20	0,8	5,9		
Natation*	10	5	16	0,3	1,8	7	11	28	0,7	4,8		
Vélo Intérieur ou extérieur	8	8	39	0,8	3,2	9	8	43	1	4		
Softball/baseball	0	0	0	0	0	5	5	120	1	2		
Volley-ball	12	8	33	1	3	12	4	120	1,8	6		
Gulles	9	4	120	1,4	4,2	8	5	169	2,2	6,5		
Patin (glace ou roues)*	2	3	30	0,1	0,3	5	4	64	0,4	1,4		
Exercices de raffermissement	10	8	20	0,5	1,8	10	11	18	0,6	2,2		
Danse aérobic/Step	5	5	27	0,2	1,3	12	8	45	1,4	8,3		
Aquaforme	6	6	40	0,5	1,8	9	7	45	0,9	3,6		
Danse (toutes les sortes)	9	2	45	0,3	1,2	10	2	81	0,5	2,3		
Jardinage	5	9	44	0,6	2,2	6	7	69	0,9	3,3		
Bedminton	8	8	53	1,1	4,9	10	7	58	1,3	5,9		
Musculation (poids)	10	8	25	0,6	3,8	10	10	47	1,5	9		
Stairmaster	12	12	10	0,5	4,2	10	8	22	0,6	5,1		
Randonnée	8	9	91	2,1	12,6	8	5	52	0,7	4		
Tennis	12	8	90	2,8	19,4	12	12	15	0,7	4,8		
Canot/rameur	6	11	33	0,7	4,9	2	16	20	0,2	1,4		
Saut à la corde	0	0	0	0	0	12	8	10	0,3	2		
Ski de fond	4	3	69	0,3	1,9	4	4	86	0,4	3,1		
Yoga	12	12	30	1,4	3,5	6	4	45	0,3	0,9		
Marche (exercice)	10	14	35	1,6	3,9	11	16	35	2	4,9		

Nombre d'heures en moyenne par semaine:	Témoin: 17,5
	Coronariens: 20,3

\*p < 0,05 est considéré statistiquement différent entre les deux groupes pour le nombre de mois par année

**Tableau VIII : Questionnaire maison sur la pratique d'activités physiques**

VARIABLES	GROUPE TÉMOIN (n=40)	GROUPE CORONARIEN (n=54)
-----------	----------------------------	--------------------------------

Dans les deux dernières années<sup>1</sup>:

Entraînement régulier ÉPIC	37 (93)	52 (96)
Nombre de fois / semaine	2,6 ± 0,8	2,8 ± 0,7
Actifs extérieur ÉPIC	24 (60)	36 (67)
Nombre de fois / semaine	3,0 ± 1,8	4,1 ± 4,6
Nombre de fois total / semaine	4,2 ± 2,3	5,4 ± 4,4

Activités pratiquées extérieur ÉPIC (n participants) :

Marche	20 (50)	30 (56)
Jogging	1 (3)	0
Natation	1 (3)	1 (2)
Jardinage	8 (20)	7 (13)
Autre	20 (50)	50 (93)

Intensité des activités:

Assez facile	15 (38)	15 (28)
Un peu difficile	21 (53)	37 (69)
Difficile	4 (10)	2 (4)

<sup>1</sup>Les résultats sont exprimés sous forme de n (%)

## CHAPITRE V : DISCUSSION

Cette étude a été menée dans le but de mieux comprendre les effets potentiels d'un entraînement cardiovasculaire régulier sur la FCR et l'incompétence chronotrope chez des sujets non coronariens et coronariens, pendant une période de deux ans. Les résultats sont concluants quant à l'effet bénéfique de l'entraînement cardiovasculaire à long terme sur la réponse chronotrope. On observe en effet une diminution du nombre de sujets ayant une incompétence chronotrope. Par contre, nous n'avons pas observé d'adaptations significatives de la FCR chez les sujets non coronariens ou chez les patients coronariens. Enfin, la tolérance à l'effort maximal s'est améliorée de façon plus importante durant la première année, pour ensuite atteindre un plateau ou une progression plus lente.

### **Caractéristiques des participants**

Un plus grand nombre de femmes font partie du groupe témoin (53 %) que du groupe coronarien (17 %), ce qui reflète la plus forte prédominance des hommes à être affectés par la MCAS (Fondation des maladies du cœur, 2000 ; Oberlin et al., 2004). Les différences entre les groupes pour certaines données doivent donc être considérées avec circonspection. Les résultats des mesures anthropométriques démontrent un IMC similaire dans les deux groupes ( $27 \pm 4$  vs  $28 \pm 5$ , NS), ce qui correspond à un surplus de poids selon les critères de l'ACSM (2006). On observe aussi que la CT est inférieure chez les sujets du groupe témoin ( $92 \pm 15$  cm) comparativement aux sujets coronariens ( $101 \pm 13$  cm,  $p = 0,001$ ). Les normes canadiennes de CT normale se situent à  $< 102$  cm chez l'homme et à  $< 88$  cm chez la femme (Panel, 1998 ; Bray, 2004 ; Eckel et al., 2005 ; Kahn et al., 2005 ; ACSM, 2006 ; Poirier, 2006 ; Poirier et al., 2006). La prévalence d'une CT élevée étant plus importante chez l'homme (Reeder et al., 1992), on peut facilement attribuer la différence observée entre les deux groupes au fait qu'il y ait un plus grand nombre de femmes chez le groupe témoin. D'ailleurs, en analysant les données selon le sexe, on remarque chez les hommes une CT similaire dans les deux groupes ( $103 \pm 12$  vs  $102 \pm 11$ , NS), alors que chez les femmes la CT est de  $80 \pm 8$  cm chez le groupe témoin et de  $89 \pm 23$  cm chez les coronariennes (NS). Ces données ne sont toutefois pas significativement

différentes, probablement en raison du petit nombre de sujets. Rappelons qu'une CT élevée traduit généralement une accumulation de tissu adipeux viscéral qui constitue un facteur de risque indépendant de MCAS et de MCV (Larsson et al., 1984 ; Folsom et al., 1993 ; Lemieux et Desprès, 1994 ; Rexrode et al., 1998 ; Lemieux et al., 2000 ; Pascot et al., 2001 ; Poirier et Desprès, 2003).

Une autre différence entre les sujets de la présente étude est le plus grand pourcentage de patients coronariens ayant un diagnostic de dyslipidémie que de sujets du groupe témoin (Tableau III,  $p < 0,0001$ ). Enfin, tel qu'attendu, les patients du groupe coronarien ont tendance à avoir une plus grande prévalence d'antécédents familiaux de MCAS, d'antécédents chirurgicaux cardiaques et de médicaments prescrits (Tableaux III et IV, NS).

## **Paramètres au repos**

### **FC repos**

Il est bien démontré qu'une FC repos élevée est un facteur de risque de MCV (Dyer et al., 1980 ; Kannel et al., 1987 ; Gillman et al., 1993 ; Habib, 1997 ; Palatini et Julius, 1997-1999 ; Palatini et al., 1997-1999 ; Hjalmarson, 1998 ; Greenland et al., 1999 ; Kristal-Boneh et al., 2000). Une FC repos élevée est aussi généralement associée à la sédentarité (Mensink et Hoffmeister, 1997). Selon les écrits scientifiques, la FC repos devrait diminuer légèrement après un entraînement cardiovasculaire régulier chez les individus asymptomatiques (Blair et Brodney, 1999 ; Dekker et al., 2000 ; Pardo et al., 2000 ; Shetler et al., 2001 ; Gibbons et al., 2002 ; Hao et al., 2002 ; Perini et al., 2002 ; Jouven et al., 2005 ; Sandercock et al., 2005). Pour que cette diminution soit significative, un entraînement cardiovasculaire devrait durer au moins 12 semaines (Seals et Chase, 1989 ; Sheldahl et al., 1994).

Une méta-analyse de Huang et al. (2005), regroupant 13 études comportant au total 651 individus asymptomatiques et sédentaires âgés de plus de 60 ans, a permis d'observer une diminution statistiquement significative de la FC repos suite à un entraînement cardiovasculaire de plus de 30 semaines. Les sujets de huit études sur 13 suivaient un programme d'entraînement cardiovasculaire supervisé et contrôlé trois fois par semaine, mais les données pour les cinq autres études ne sont pas connues des auteurs. L'intensité d'entraînement des sujets était variable d'une étude à l'autre, ce qui pourrait avoir influencé les résultats obtenus. Dans une étude récente, Verheyden et al. (2006) ont aussi évalué les effets de l'entraînement sur la FC repos, à partir de l'analyse des EE de 14 hommes sédentaires âgés en moyenne de 62 ans. Tous les participants avaient dû compléter un programme d'entraînement cardiovasculaire standardisé durant une année, à raison de deux à trois séances par semaine à une intensité légère à modérée. Les chercheurs ont comparé ces participants à un groupe qui n'a pas fait d'activités physiques, et ont observé des résultats contradictoires à ceux de la méta-analyse citée précédemment, puisque la FC repos est demeurée stable chez les deux groupes. Différents facteurs pourraient expliquer cette différence, dont le faible nombre de sujets dans cette étude et leur âge. De plus, la fréquence d'entraînement hebdomadaire n'était peut-être pas suffisante pour obtenir des différences significatives de la FC repos, étant donnée l'intensité relativement faible.

On note également une diminution de la FC repos chez les coronariens suite à un entraînement cardiovasculaire. Ainsi, Hao et al. (2002) ont analysé la FC repos d'un groupe de 38 hommes et de 17 femmes dans une étude rétrospective, réalisée lors d'un programme de réadaptation cardiaque de 12 semaines. Les participants s'entraînaient trois fois par semaine sur des appareils cardiovasculaires de leur choix. La FC repos a diminué de 6 % à la fin du programme de réadaptation cardiaque ( $p = 0,001$ ). La diminution de la FC repos est intéressante puisqu'elle est un facteur de risque important dans la MCV (Dyer et al., 1980 ; Kannel et al., 1987 ; Gillman et al., 1993 ; Habib, 1997 ; Palatini et Julius, 1997-1999 ; Palatini et al., 1997-1999 ; Hjalmarson, 1998 ; Greenland et al., 1999 ; Kristal-Boneh et al., 2000).

Dans la présente étude, la FC repos a diminué significativement entre T0 et T12, ainsi qu'entre T0 et T24 pour les deux groupes combinés (Tableau VI,  $p < 0,05$ ). Comme selon nos critères d'inclusion tous les participants étaient sédentaires depuis au moins deux

ans à leur admission, une telle diminution est attendue après un entraînement cardiovasculaire régulier (Blair et Brodney, 1999 ; Dekker et al., 2000 ; Pardo et al., 2000 ; Shetler et al., 2001 ; Gibbons et al., 2002 ; Hao et al., 2002 ; Perini et al., 2002 ; Jouven et al., 2005 ; Sandercock et al., 2005). Aucune différence significative n'a cependant été observée entre T12 et T24, ce qui pourrait suggérer la présence d'un plateau ou d'une progression plus lente, à partir de 12 mois (NS). Ceci pourrait être relié au fait que les participants ne suivaient pas un programme d'entraînement prescrit et comportant une progression. En effet, les modalités d'entraînement (type, volume, durée, intensité, fréquence) n'étaient pas contrôlées mais auto-sélectionnées par les participants. Ainsi, bien que tous les sujets devaient s'entraîner au minimum trois fois par semaine, les paramètres peuvent avoir été très variables d'un individu à l'autre, voire d'une fois à l'autre chez les mêmes individus. Il est aussi bien connu qu'en l'absence d'une progression dans l'entraînement, l'évolution des paramètres physiologiques cesse.

L'analyse des résultats des deux groupes permet de constater après deux ans une diminution non significative de la FC repos de 6 % et de 2 % respectivement chez les sujets du groupe témoin et chez les patients coronariens (Tableau V, NS). Les effets des bêtabloquants sur la FC repos pourraient expliquer en partie cette différence. À leur inscription au Centre ÉPIC, 61 % des patients coronariens étaient sous bêtabloquants ( $p < 0,0001$ ), ce qui favorisait une FC repos plus basse initialement (Taylor et al., 1986 ; Pörsti et al., 1990 ; Srivastava et al., 1991). Il est donc possible que la diminution de la FC soit moins marquée dans ce groupe durant les deux années de notre étude, puisqu'elle était déjà inférieure à celle des sujets du groupe témoin. Une pratique d'activités physiques différente entre les groupes aurait pu expliquer en partie cette différence. Cependant, tel que le suggèrent les résultats des questionnaires sur la pratique d'activités physiques, les sujets coronariens de cette étude ne semblaient pas moins actifs que les non coronariens. Le fait que les données étaient auto-rapportées peut également ajouter une part de subjectivité aux résultats obtenus.

Dans notre étude, on observe une tendance de la FC repos à être moins élevée chez les hommes que chez les femmes des deux groupes (NS). Plus précisément, la FC repos des hommes est de 4 bpm inférieure à celle des femmes. Ce résultat est similaire aux différences qu'ont observé plusieurs chercheurs (Kannel et al., 1987 ; Gillum, 1988 ; Hoes

et al., 1993 ; Gillman et al., 1993 ; Palatini et al., 1997-1999 ; Palatini et Julius, 1997-1999 ; Mensink et Hoffmeister, 1997 ; Jacquet et al., 1998 ; Ferrieres et Ruidavets, 1999 ; Morcet et al., 1999 ; Diaz et al., 2005). Par exemple, Morcet et al. (1999) ont obtenu une différence de 3 bpm parmi les 97 724 individus asymptomatiques de leur étude, dont 62 353 hommes et 35 371 femmes. De même, auprès de patients hypertendus, Ferrieres et al. (1999) ont mené une étude épidémiologique sur 10 ans, organisée par l'Organisation Mondiale de la Santé dans 27 pays. Parmi leur échantillon de 1 175 individus, ces auteurs ont obtenu les mêmes résultats que l'étude citée ci haut et la nôtre.

### **PAS et PAD repos**

Au moins trois méta-analyses ont évalué l'influence de l'entraînement cardiovasculaire sur la PAS et la PAD repos. Leurs résultats suggèrent qu'une légère diminution de la PA repos est significative, que l'entraînement soit de courte ou de longue durée (Kelley et Kelley, 2000 ; Kelley et al., 2001 ; Whelton et al., 2002). Un exemple d'étude est celle de Wilmore et al. (2001), qui rapporte que la pratique d'activités physiques permet une diminution significative de 3 à 8 mm Hg de la PAS repos et de 2 à 6 mm Hg de la PAD repos. Les auteurs avaient recruté 507 sujets asymptomatiques sédentaires qui devaient compléter un programme d'entraînement en endurance cardiovasculaire de 20 semaines. Contrairement à ces résultats, dans la présente étude aucun changement significatif de la PAS repos ou de la PAD repos n'a été observé (Tableau V, NS). Cependant, nous avons obtenu une tendance à des résultats similaires à ceux de Wilmore et al. (2001), soit une diminution de 7 mm Hg de la PAS repos et de 3 mm Hg de la PAD repos chez les sujets du groupe témoin durant les deux années de notre étude. Le plus petit nombre de sujets pourrait expliquer que cette différence ne soit pas significative statistiquement.

Chez les patients du groupe coronarien, la PAS repos est demeurée relativement stable, et la PAD repos a diminué non significativement de 3 mm Hg (Tableau V, NS). Encore ici, la médication pourrait expliquer, au moins en partie, ces résultats. En effet, la majorité des participants de notre étude consommaient des médicaments qui affectent la PA repos (Tableau V). Cependant, les effets des bêtabloquants sur la PA sont très bien documentés. Bien qu'ils contribuent à diminuer les valeurs au repos, ils n'ont pas

d'influence sur les changements de la PA induits par l'entraînement (Taylor et al., 1986 ; Pörsti et al., 1990 ; Srivastava et al., 1991).

Une autre hypothèse intéressante est celle qu'un entraînement en résistance serait plus efficace qu'un entraînement cardiovasculaire. Une méta-analyse de Kelley et Kelley (2000) a rapporté qu'un programme d'entraînement en résistance, pratiqué de deux à cinq fois par semaine, est plus efficace pour diminuer la PAS et la PAD repos chez les adultes asymptomatiques et symptomatiques. Une autre méta-analyse menée par Cornelissen et Fagard (2005) suggère qu'un entraînement cardiovasculaire a tendance à induire de faibles diminutions de la PA repos, mais toutefois significatives autant chez les sujets normotendus qu'hypertendus. En moyenne, les sujets des 72 études s'entraînaient trois fois par semaine à 65 % de leur FC réserve pendant 12 semaines. Suite à un entraînement cardiovasculaire régulier, la diminution de la PA repos serait plus importante chez les sujets hypertendus ( $p < 0,001$ ). Dans cette étude, les paramètres d'entraînement étaient majoritairement planifiés (93 %), ce qui pourrait expliquer en partie la tendance de la PA à diminuer non significativement. Selon le questionnaire de Kriska, les activités les plus pratiquées par les participants de notre étude sont de type cardiovasculaire (Tableau VII). Cependant, les exercices de raffermissement et de musculation avec poids libres sont presque aussi populaires que les activités cardiovasculaires, auprès des sujets du groupe témoin et ceux du groupe coronarien. La fréquence de la pratique de ces activités serait possiblement non suffisante afin d'observer une diminution significative de la PA repos. Il pourrait tout de même être intéressant d'ajouter des exercices en résistance au programme d'entraînement cardiovasculaire, puisqu'une légère diminution de la PA repos permet de diminuer les risques de MCV et de MCAS. Il y a un manque d'informations relatives aux différents types d'entraînement en résistance, qui limite les comparaisons entre les études et l'interprétation des résultats.

## Paramètres obtenus à l'exercice

### **FC à l'effort**

La réponse de la FC à l'exercice semble, en grande partie, reliée à la FC initiale des sujets (Bouchard et Rankinen, 2001). De façon générale, la FC augmente graduellement à l'exercice selon l'intensité de l'effort. Chez les deux groupes de la présente étude, les FC pour chaque minute d'effort diminuent lorsqu'on compare T0 et T12, ainsi que T0 et T24 ( $p = 0,01$ ). Par exemple, la FC mesurée à la fin de la première minute d'effort à T0 a diminué à T12, ainsi qu'à T24. Une telle diminution de la FC à l'effort suggère un effet bénéfique sur la  $MVO_2$ . Pour un effort sous-maximal identique, le myocarde consomme donc moins d'oxygène, ce qui est bénéfique pour la santé cardiaque.

La comparaison des groupes permet de noter que les sujets du groupe témoin ont des FC plus élevées à chaque minute d'effort que les patients coronariens (Figure 1). Cependant, l'augmentation induite par l'entraînement cardiovasculaire est la même entre les deux groupes. Lorsque nous regardons les valeurs de la FC repos pour chacun des groupes, nous remarquons que la FC repos est plus élevée chez les sujets du groupe témoin comparativement aux patients coronariens (Tableau V). Ceci peut être relié à la plus grande consommation de médicaments diminuant la FC à l'effort dans ce groupe, particulièrement les bêtabloquants et les bloqueurs de canaux calciques (Tableau IV,  $p < 0,05$ ). Parmi tous les participants, aucune diminution significative de la FC n'a cependant été remarquée entre les EE de T12 et T24 (NS). Tel que mentionné précédemment, ces résultats suggèrent la présence d'un plateau après la première année.

### **PAS et PAD à l'effort**

Dès 1977, Clausen a démontré que l'entraînement cardiovasculaire affecte peu la PAS et la PAD à l'effort, que ce soit pour un même niveau d'exercice sous-maximal ou maximal. L'ACSM (1993) et Wilmore et al. (2001) tiennent la même position. Ils ajoutent que l'entraînement cardiovasculaire diminue la PAS et la PAD post-effort, sans toutefois modifier les valeurs durant l'exercice. Nos résultats sont donc comparables à ceux des

études précédentes, puisqu'aucune différence significative n'a été observée pour la PAS et la PAD à l'effort entre les EE des sujets des deux groupes (Figures 2 à 5, NS).

### **Paramètres maximaux**

#### **FC max**

Selon Tanaka et al. (2001), la FC max ne varie pas suite à un entraînement cardiovasculaire, ce qui est en accord avec les résultats de la présente étude. Cependant, ces auteurs se sont intéressés à la quantité d'activité physique et ce, indépendamment de son intensité, plutôt qu'aux effets de l'entraînement. Comme il s'agit d'une étude d'une durée de deux ans, il est aussi possible que l'âge des participants ait modulé les résultats. De façon générale, il est bien établi que la FC max diminue avec l'entraînement aérobie (Zavorsky, 2000). Dans leur étude, ces auteurs ont observé des changements significatifs entre la  $VO_2$  max et la FC max. Lorsque la tolérance à l'effort maximal augmente à l'entraînement aérobie, la FC max a tendance à diminuer. Tandis que lorsqu'un individu arrête de s'entraîner, la FC max a tendance à augmenter ( $p < 0,0001$ ). Ensuite, une méta-analyse de Wilson et Tanaka (2000), incluant 242 études avec 13 828 sujets, a évalué l'impact de l'âge sur la FC max. Les auteurs rapportent que plus un sujet vieillit plus sa FC max diminue. La méta-analyse de Fitzgerald et al. (1997) et l'étude de Yamazaki et al. (2004) rapportent des résultats similaires.

Chez les sujets du groupe témoin, la FC max atteinte est plus élevée que chez les patients coronariens (Tableau V,  $p < 0,0001$ ). Une plus grande proportion de sujets du groupe coronarien consommaient des médicaments, tels que les bêtabloquants et les bloqueurs des canaux calciques, qui peuvent modifier les paramètres maximaux dont la FC max. Par conséquent, ces sujets ont plus de difficulté à atteindre une FC max.

## PAS max

Plusieurs auteurs ont conclu qu'un entraînement aérobic permet de réduire la PAS et la PAD max chez les individus asymptomatiques (Arroll et Beaglehole, 1992 ; Fagard, 2001 ; Whelton et al., 2002 ; ACSM, 2006). Dès 1993, l'ACSM rapportait des diminutions de la PAS max de 10 mm Hg suite à un entraînement en endurance cardiovasculaire. Les études citées par l'ACSM rapportaient des programmes d'entraînement faisant travailler les gros groupes musculaires, à une intensité entre 40 et 70 % de la  $VO_2$  max de 20 à 60 minutes, de trois à cinq fois par semaine.

En 2002, Whelton et al. ont évalué l'effet de l'exercice aérobic sur la PAS lors d'une EE maximale. Pour cette méta-analyse, les auteurs ont sélectionné 54 études incluant 2 419 sujets asymptomatiques, randomisés entre groupe exercice et groupe contrôle. Pour une moyenne de 12 semaines, le nombre de participants varie de huit à 247 et le suivi de trois semaines à deux ans. Quarante-quatre des 53 études rapportent une diminution de la PAS max de 3,84 mm Hg en moyenne. Cette différence était significative dans seulement 20 de ces études. Par ailleurs, dans l'étude de Yamazaki et al. (2004) citée précédemment, les auteurs ont analysé les EE de 3 745 hommes asymptomatiques, âgés de 57 ans en moyenne, pour observer que la PAS max demeurait relativement constante durant un suivi de sept ans, ce qui est similaire aux résultats de la présente étude chez les sujets du groupe témoin (Tableau V). En effet, chez les sujets du groupe témoin, la PAS max n'a pas diminué significativement durant les deux années (NS). Encore une fois, le fait que plusieurs sujets utilisaient une médication anti-hypertensive, tout comme l'absence de contrôle des paramètres d'entraînement, pourraient expliquer, au moins en partie, ces résultats. Pourtant, selon Whelton et al. (2002), tous les types d'entraînements et d'exercices seraient efficaces pour diminuer la PAS max. De plus, il n'y aurait pas de différence entre un entraînement à intensité modérée ou élevée (Fagard, 1999). Ces résultats sont très intéressants, puisque l'intensité d'entraînement des sujets de la présente étude était probablement très variable. Par exemple, 53 % des sujets du groupe témoin et 69 % des sujets du groupe coronarien affirmaient s'entraîner à une intensité un peu difficile, comparativement à 10 % des sujets du groupe témoin et 4 % des patients du groupe coronarien qui s'entraînaient à une intensité élevée (Tableau VIII). Il faut aussi noter que les changements rapportés de la PAS max suite à un programme d'entraînement sont généralement petits, de quelques mm Hg. Si de tels changements peuvent être

suffisants pour être significatifs au plan préventif (Cook et al., 1995), le petit nombre de sujets de la présente étude est probablement insuffisant pour obtenir un résultat significatif statistiquement. De plus, comme cette étude est rétrospective, les mesures de PA n'ont pas été réalisées à des fins de recherche. La précision de la mesure pourrait donc avoir affecté les résultats.

Cook et al. (1995), dans une méta-analyse de 22 études, ont observé une diminution significative de la PAS max de 6 à 7 mm Hg. Chez ceux de la présente étude, la PAS max a diminué significativement de 7 mm Hg entre T0 et T12, et de 18 mm Hg entre T0 et T24 ( $p < 0,05$ ). Généralement, les paramètres maximaux peuvent être modulés par certains médicaments comme les bêtabloquants. Par conséquent, il est difficile d'attribuer la diminution de la PAS max uniquement à l'entraînement, puisqu'il est possible que la médication ait été modifiée durant les deux années de notre étude. Ces données n'étant pas disponibles, il est difficile d'interpréter ce résultat.

En multipliant la PAS max par la FC max, on obtient le double produit, témoin indirect de la  $MVO_2$ . Tel qu'attendu, on observe dans nos résultats une valeur plus élevée du double produit chez les sujets du groupe témoin, puisqu'ils atteignent des PAS max et FC max plus élevées (Tableau V,  $p < 0,0001$ ). Ces deux paramètres étant influencés à la baisse par l'utilisation de bêtabloquants, ces résultats ne sont pas surprenants. Le double produit est demeuré stable pour tous les participants des deux groupes au cours des deux années d'étude, même si la PAS max a diminué chez les patients du groupe coronarien.

### **PAD max**

L'ACSM (1993) rapporte habituellement une légère diminution de la PAD max suite à un entraînement cardiovasculaire. De même, Cook et al. (1995) ont rapporté une faible différence de 2 mm Hg de la PAD max, permettant toutefois de diminuer le risque de MCV et de MCAS. Cités précédemment, Whelton et al. (2002) ont noté quant à eux une diminution moyenne de 2,58 mm Hg de la PAD max dans les 42 sur 50 études qui ont rapporté une diminution. Cependant, seulement 16 de ces études rapportaient une différence significative. Cet effet était plus grand lorsque les études étaient de plus longue durée, soit plus de 24 semaines.

Dans la présente étude, on constate une augmentation légère mais statistiquement significative de la PAD max chez les sujets du groupe témoin entre T0 et T24, ainsi qu'entre T12 et T24 (Tableau V,  $p < 0,05$ ). Cependant, aucune différence significative de la PAD max n'a été notée entre T0 et T12 (NS). Chez le groupe de patients coronariens, la PAD max a diminué de 4 mm Hg entre T0 et T24 ( $p < 0,05$ ). Dans les deux cas, tout comme pour la PAS max, le nombre de sujets et la précision de la mesure pourraient expliquer en partie ces résultats.

### **METs max**

L'entraînement cardiovasculaire permet d'améliorer la tolérance à l'effort maximal (Ashley et al., 2000 ; Myers et al., 2002). Dans la présente étude, tous les participants ont augmenté leur nombre de METs atteints d'une EE à l'autre (Figure 6,  $p < 0,0001$ ). Des différences significatives ont été observées entre T0 et T12, ainsi qu'entre T0 et T24 pour les deux groupes combinés. Le fait qu'il n'y ait pas eu de différence significative entre les EE à un an et à deux ans suggère la présence d'un plateau ou d'une progression plus lente après la première année. L'amélioration observée chez les sujets du groupe témoin est similaire à celle rapportée dans l'étude de Hao et al. (2002), où la tolérance à l'effort maximal avait augmenté de 17 % après un programme de 12 semaines, alors que dans la présente étude ce pourcentage est de 9 % après un an et de 9 % après deux années, pour un total de 19 % après deux ans. Chez les sujets coronariens, le nombre de METs atteints est augmenté de 7 % après un an, pour ensuite diminuer légèrement de 3 % après la deuxième année, soit une augmentation totale de 4 % après deux années. Autant pour les sujets du groupe témoin que pour les patients coronariens, ces différences ne sont cependant pas statistiquement significatives lorsque ces groupes étaient considérés seuls, probablement en raison des larges différences individuelles.

Comme les sujets du groupe témoin consomment moins de bêtabloquants que les patients coronariens (Tableau IV,  $p < 0,0001$ ), il est probable qu'ils aient pu obtenir des valeurs plus élevées du nombre de METs atteints. Ainsi, les sujets du groupe témoin atteignaient un pourcentage plus élevé (97 %) de leur FC max prédite en fonction de l'âge. Les résultats des études sur l'impact de la médication bêtabloquante sur la tolérance à l'effort maximal diffèrent. Les écrits scientifiques démontrent bien que les patients

coronariens ont en général une moins bonne tolérance à l'effort, en particulier ceux qui sont sous bêtabloquants (Kullmer et al., 1987 ; Cléroux et al., 1989 ; Pörsti et al., 1990 ; Van Bortel et Van Baak, 1992). Pavia et al. (1995) ont évalué les effets d'un bêtabloquant chez 27 patients participant à un programme de réadaptation cardiaque après un IM récent. Ils les ont divisés en deux groupes : un premier de 13 patients ne prenant pas de bêtabloquant et un deuxième de 14 patients sous métoprolol. Les résultats ont démontré une augmentation non significative de la  $VO_2$  max chez les deux groupes, soit de 27 % chez le premier groupe et de 33 % dans le second. Les chercheurs ont donc conclu que le métoprolol n'influençait pas les effets bénéfiques d'un programme de réadaptation cardiaque chez les patients post-IM. Une autre étude de Watanabe et al. (2001) a tiré les mêmes conclusions. Notre étude ne démontre pas de façon significative cet énoncé, mais on remarque que les sujets coronariens, dont 61 % sont sous bêtabloquants ( $p < 0,0001$ ), ont une tolérance à l'effort maximal inférieure à celle des sujets du groupe témoin (Figure 6). Il aurait été intéressant de valider les résultats de la tolérance à l'effort maximal avec la perception de l'effort des participants lors des EE. Cette comparaison avait été envisagée lors de l'élaboration de notre protocole d'étude. Malheureusement dû au manque de données pour tous les participants, nous n'avons pas été en mesure de faire cette association. Par conséquent, ces participants pouvaient alors atteindre une tolérance à l'effort maximal plus élevée que les patients coronariens.

Il est aussi possible qu'une différence de la pratique d'activités physiques entre les deux groupes ait contribué à ce résultat. Cependant à l'aide du questionnaire de Kriska, on ne remarque pas de différences significatives entre les activités physiques pratiquées chez les deux groupes (Tableau VII, NS). De plus, les patients coronariens ne font pas moins d'activités physiques que les sujets du groupe témoin. Selon Vanhees et al. (2004), l'un des principaux déterminants de l'augmentation de la  $VO_2$  max dans un programme de réadaptation cardiaque est la présence d'une faible tolérance à l'effort maximal à l'admission. C'est le cas des patients coronariens qui au départ de notre étude avaient une tolérance à l'effort plus faible que les sujets du groupe témoin. Il est donc attendu que les sujets coronariens aient une augmentation plus importante du nombre de METs atteint. Ensuite, on observe que tous les sujets des deux groupes pratiquaient majoritairement des activités de type cardiovasculaire. Comme ce type d'entraînement permettrait d'améliorer davantage le nombre de METs atteints, ceci pourrait expliquer la tolérance à l'effort

maximal plus améliorée chez les sujets du groupe témoin. Une autre possibilité serait que les sujets du groupe témoin avaient plus de temps libre pour s'entraîner, permettant ainsi d'améliorer davantage leur tolérance à l'effort physique. Cela ne semble toutefois pas être le cas, puisque les sujets du groupe témoin étaient majoritairement sur le marché du travail. Toujours dans le questionnaire de Kriska, nous observons cependant une tendance plus grande des patients coronariens à avoir été confiné au lit ou sur une chaise durant une période d'une à trois semaines, au cours de la dernière année. Cette période est toutefois trop brève pour avoir suffisamment modulé les effets de l'entraînement cardiovasculaire chez ce groupe. Pour ce qui est du questionnaire maison, il n'apporte pas ici d'explications supplémentaires.

### **Fréquence cardiaque de récupération (FCR)**

Nous avons évalué les effets d'un entraînement cardiovasculaire régulier sur la FCR des sujets non coronariens et coronariens, après 12 et 24 mois d'entraînement. Il est bien démontré qu'une FC qui diminue rapidement après un effort est un signe de bonne santé cardiovasculaire (Arai et al., 1989 ; Cole et al., 1999 ; Nishime et al., 2000 ; Racine et al., 2003). Selon la littérature, la FCR devrait diminuer légèrement après un programme d'entraînement d'intensité moyenne à élevée (Hagberg et al., 1980 ; Darr et al., 1988 ; Imai et al., 1994 ; Sugawara et al., 2001). Nous avons évalué la FCR à la première et à la deuxième minute de récupération, puisque ce sont les données généralement rapportées par les chercheurs (Tableau I). Aucune évolution significative n'a été notée de T0 à T24 autant chez les sujets non coronariens que chez ceux coronariens (Tableau V, NS). Nos résultats vont à l'encontre de l'une de nos hypothèses qui supposait que les adaptations à l'entraînement, tant chez les sujets non coronariens que chez les patients coronariens, contribuent à une diminution plus rapide de la FC en récupération.

Nous avons toutefois noté une certaine différence de la vitesse de récupération de la FC à la fin de la première minute, de 5 % chez les sujets du groupe témoin et de 3 % chez

les patients du groupe coronarien (NS). Malgré cette observation, la FCR n'est pas modifiée ( $p > 0,05$ ), puisque cette différence correspond à la variabilité normale de cet indice (Bosquet et al., 2007). Après avoir vérifié la puissance statistique, nous remarquons qu'elle est suffisante ( $> 80\%$ ) et qu'il n'y a aucune différence entre les conditions. De plus, il est bien démontré que la FCR est peu reproductible (Bosquet et al., 2007). Ces améliorations sont très faibles comparativement à celle de 27 % notée par Kligfield et al. (2003) suite à un programme de réadaptation cardiaque de 12 semaines ou au pourcentage similaire rapporté par Hao et al. (2002). En 2003, Tiukinhoy et al. ont vérifié l'impact de l'ajout d'un entraînement cardiovasculaire à un programme de réadaptation cardiaque chez un groupe de sujets sédentaires. Dans cette étude rétrospective, ils ont comparé les résultats d'EE maximales de 35 patients coronariens sédentaires (groupe témoin), aux résultats de 34 patients coronariens actifs physiquement (groupe exercice). Ces auteurs n'ont identifié aucun changement chez le groupe témoin, alors qu'ils ont observé une diminution plus rapide de la FC en récupération, passant de  $18 \pm 7$  à  $22 \pm 8$  battements à la fin de la première minute chez le deuxième groupe ( $p < 0,001$ ).

Il n'existe pas encore de définition unanime de la FCR ce qui pourrait occasionner certains biais dans les résultats obtenus. Cependant parmi les deux groupes de notre étude, tous les sujets ont passé trois EE maximales standardisées sur tapis roulant, selon le même protocole (RAMP). Encore ici, rappelons le petit nombre de participants de la présente étude, les modalités d'entraînement non contrôlées et auto-rapportées par les participants, l'absence d'une progression dans l'entraînement et la médication, facteurs qui pourraient expliquer en partie ces résultats. Malgré tout, la FCR demeure un outil pronostic prédicteur du taux de mortalité autant chez les sujets asymptomatiques que chez ceux symptomatiques.

### **Les effets de la médication**

Plusieurs auteurs rapportent qu'une diminution plus lente de la FC en récupération permet de prédire le taux de mortalité autant chez les sujets asymptomatiques que chez les patients coronariens avec ou sans bêtabloquants (Shetler et al., 2001 ; Lipinski et al., 2002 ; Mora et al., 2003). Parmi les participants de notre étude, on observe une FC plus basse chez le groupe de patients coronariens comparativement aux sujets du groupe témoin, à la fin de

la première et de la deuxième minutes de récupération (Tableau V,  $p < 0,05$ ). Ceci peut être associé au fait que les sujets non coronariens consomment moins de médicaments que les patients coronariens (Tableau IV), puisque des chercheurs ont observé que les bêtabloquants accélèrent la vitesse de récupération de la FC (Pavia et al., 1995 ; Lipinski et al., 2004).

### **Comparaison entre les hommes et les femmes**

Comparativement aux hommes, on note une récupération significativement plus lente de la FC chez toutes les femmes des deux groupes combinés à la fin de la première minute de récupération ( $p < 0,05$ ), mais aucune différence significative à la fin de la deuxième minute (NS). À notre connaissance, aucune étude n'a évalué la valeur pronostique de la FCR spécifiquement chez la femme. Une seule étude a proposé qu'il n'y aurait aucune différence significative entre les deux sexes (Kligfield et al., 2003). Cependant, rappelons que la tendance de la FC repos a tendance à être moins élevée chez les hommes que chez les femmes de deux groupes, ce qui pourrait contribuer à accélérer la récupération des hommes. Puisque la FC repos chez les femmes est plus élevée, il est possible que celle-ci prenne plus de temps à revenir à la valeur initiale.

### **Lien avec la FC repos**

On pourrait s'attendre à ce qu'une FC repos basse soit en lien avec une FCR qui diminue rapidement, puisque le système nerveux parasympathique (SNP) prédomine au repos pour reprendre ensuite son activité en récupération (Dekker et al., 2000 ; Watanabe et al., 2001). Plusieurs études ont confirmé qu'il n'y a aucun lien entre la régulation du SNP du myocarde au repos et à l'arrêt de l'exercice (Javorka et al., 2002 ; Bosquet et al., 2007). Durant un suivi de trois ans, Watanabe et al. (2001) ont observé que les patients coronariens de leur étude qui avaient une FC repos inférieure à 60 bpm, avaient une vitesse de récupération lente de la FC. Ceux qui avaient une FC repos supérieure ou égale à 60 bpm avaient une vitesse de récupération plus rapide de la FC ( $p = 0,1$ ). Ces résultats sont contradictoires avec ceux obtenus dans la présente étude. Parmi nos participants, il n'y avait aucune valeur de la FC repos inférieure à 60 bpm (Tableau V). Cependant les sujets coronariens, qui ont une FC repos plus basse que les sujets du groupe témoin, ont

également une diminution plus lente de la FC à la fin de la première et de la deuxième minutes de récupération (Tableau V). Encore une fois, le petit nombre de participants et la médication pourraient expliquer en partie cette différence.

### **Réponse chronotrope**

La réponse chronotrope attendue lors d'un effort progressif est une augmentation graduelle de la FC, jusqu'à l'atteinte d'un plateau lorsque la tolérance à l'effort maximal est obtenue (Lee et al., 1995 ; Mangrum et DiMarco, 2000). La FC max est généralement prédite à partir de la formule  $(220 - \text{l'âge})$  (Lauer et al., 1999 ; Lauer, 2001 ; Gauri et al., 2001 ; Tanaka et al., 2001 ; Ellis et al., 2004 ; Khan et al., 2005). Tel que démontré dans notre revue de littérature pour la définition de l'incompétence chronotrope, certains chercheurs ont obtenu une formule différente à celle-ci, soit  $(FC \text{ max} = 208 \text{ ou } 207 - 0,7 \times \text{âge})$  (Tanaka et al., 2001 ; Gellish et al., 2007). Ensuite, l'incompétence chronotrope est généralement définie comme étant l'incapacité d'atteindre 85 % de la FC max prédite en fonction de l'âge (Lauer et al., 1996-1998-1999 ; Mangrum et DiMarco, 2000 ; Desai et al., 2001 ; Vivekananthan et al., 2003 ; Khan et al., 2005). Pour les deux groupes combinés de notre étude, on observe une amélioration significative de la réponse chronotrope entre les EE de T0 à T24 ( $p < 0,0001$ ). Par conséquent, on note une diminution du nombre de sujets ayant une incompétence chronotrope à T24 (Tableau VI,  $p < 0,05$ ). Ces données confirment l'hypothèse que l'entraînement cardiovasculaire régulier à long terme contribue à réduire l'incompétence chronotrope (Monpère et al., 2002 ; Jouven et al., 2005). Une réponse chronotrope adéquate est d'autant plus souhaitable que l'incompétence chronotrope entraîne une intolérance à l'effort, une dyspnée et une fatigue précoces, ainsi qu'un mauvais pronostic (Ellestad et Wan, 1975 ; Lauer et al., 1996-1998-1999 ; Mangrum et DiMarco, 2000 ; Desai et al., 2001 ; Vivekananthan et al., 2003 ; Khan et al., 2005).

En moyenne, les sujets du groupe témoin avaient atteint 97 % de leur FC max prédite en fonction de l'âge, comparativement aux patients du groupe coronarien qui

atteignaient 84 %, donc une moyenne située sous le seuil minimal de 85 %. Ceci est probablement relié à la prise de bêtabloquants. (Lauer et al., 1996-1998-1999 ; Mangrum et DiMarco, 2000 ; Desai et al., 2001 ; Vivekananthan et al., 2003 ; Khan et al., 2005). Nous pouvions donc nous attendre à observer ce genre de résultats auprès de nos participants sous bêtabloquants. Toutefois, bien que les bêtabloquants aient induit une incompetence chronotrope, une amélioration significative est observée, se traduisant par une diminution du nombre de ces patients. Ces résultats suggèrent que l'entraînement cardiovasculaire permet d'améliorer la réponse chronotrope.

L'incompétence chronotrope est un paramètre important, puisqu'il pourrait permettre de prédire le taux de mortalité des sujets non coronariens et coronariens (Ellestad et Wan, 1975 ; Ellestad, 1976 ; McNeer et al., 1978 ; Bruce et al., 1980 ; Lauer et al., 1996 ; Dresing et al., 2000 ; Diller et al., 2006). Avec très peu d'études ayant vérifié la réponse chronotrope auprès de sujets sous bêtabloquants, il est cependant difficile de conclure que l'incompétence chronotrope ait une valeur pronostique lors de la prise de ce type de médication.

### **Questionnaire Kriska**

Ce questionnaire est utilisé pour évaluer globalement la pratique d'activités physiques dans les loisirs et au travail, ainsi que les périodes d'inactivité (Kriska et Bennett, 1999). De façon générale, les activités les plus pratiquées chez le groupe témoin sont similaires à celles chez le groupe coronarien (Tableau VII). Plus particulièrement, ce questionnaire nous a rapporté que tous les sujets des deux groupes pratiquaient majoritairement des activités cardiovasculaires (Tableau VII). De plus, les sujets du groupe coronarien ont tendance à faire davantage de musculation que ceux du groupe témoin. Tel qu'attendu, les activités physiques que les participants disent pratiquer le plus souvent sont celles offertes au Centre ÉPIC. Selon le questionnaire maison que nous verrons à la section

suivante, 93 % des sujets du groupe témoin et 96 % des patients du groupe coronarien affirmaient s'entraîner régulièrement au Centre ÉPIC, ce qui explique les résultats obtenus.

Parmi toutes les activités physiques proposées dans le tableau VII, seules la pratique annuelle de la natation et du patin à glace ou à roues étaient significativement différentes entre les groupes ( $p < 0,05$ ). Une plus grande proportion de sujets du groupe témoin pratiquaient la natation, mais ils faisaient moins de patin que les patients coronariens. La natation et le patin, à roues ou à glace, peuvent se pratiquer à toutes les saisons, ce qui pourrait expliquer la grande popularité de ces deux activités.

De façon générale, la modalité d'administration du questionnaire de Kriska peut avoir influencé les résultats de la pratique d'activités physiques de nos sujets. Le questionnaire était remis directement aux participants ou encore laissé à la réception du Centre ÉPIC à leur attention. Par conséquent, certains sujets ont répondu à toutes les questions en notre présence, et d'autres par eux-mêmes. Il est donc possible que ces derniers n'aient pu exprimer l'ensemble de leur pratique d'activités physiques en fonction de leur compréhension. Parmi les deux groupes, environ 11 % des participants, dont la langue maternelle est l'italien, ont pu avoir de la difficulté à compléter les questionnaires.

Le principal avantage de ce questionnaire est qu'il est assez simple à administrer. Bien que cet outil ait le potentiel de recueillir, en peu de temps et pour un faible coût, toutes les informations sur la pratique d'activités physiques de la dernière année pour une population nombreuse, il comporte certaines difficultés. Par exemple, les participants devaient se remémorer tous les paramètres reliés à leur pratique d'activités physiques: soit la fréquence mensuelle, la durée de chaque séance et les mois où les activités étaient pratiquées. Les résultats sont donc modulés par la capacité de mémorisation des participants.

## Questionnaire maison

Le questionnaire maison utilisé permet d'avoir une idée plus précise des activités physiques pratiquées au Centre ÉPIC et ailleurs, par exemple dans un autre centre de conditionnement physique, durant les deux dernières années. Nous avons noté une proportion semblable de sujets non coronariens et coronariens qui s'entraînaient au Centre ÉPIC, à raison de trois fois par semaine (Tableau VIII). Ces résultats ne sont pas surprenants, puisque nous avons insisté dès le départ pour que les participants aient suivi un entraînement cardiovasculaire sur une base régulière, soit un minimum de trois fois par semaine, depuis au moins deux ans (Tableau II).

Nous avons aussi noté une tendance à une fréquence d'entraînement légèrement moins élevée chez les sujets du groupe témoin que chez les patients coronariens (Tableau VIII). On observe cette même tendance pour l'intensité d'entraînement : 53 % des sujets du groupe témoin et 69 % des patients du groupe coronarien rapportaient s'entraîner à une intensité un peu difficile (Tableau VIII). Il est possible que cette différence soit reliée au fait que les patients coronariens accordent une plus grande importance à leur santé cardiaque afin d'améliorer leur pronostic, ou à l'encouragement fait par leur cardiologue et le personnel du centre à modifier leurs habitudes de vie. De plus, on pourrait supposer la présence d'une pression de l'environnement social des patients, par exemple le conjoint ou la conjointe, les enfants, la famille, les amis. Une autre hypothèse serait que les patients coronariens ont plus de temps libre, ce qui pourrait expliquer une tendance à une plus grande fréquence d'entraînement (Cotton et al., 1998). D'ailleurs, 40 % des sujets du groupe témoin étaient à la retraite ou sans emploi comparativement à 65 % des patients coronariens.

Le questionnaire maison était un outil complémentaire à notre cueillette de données ainsi qu'au questionnaire de Kriska, ayant comme objectif principal de quantifier la pratique d'activités physiques au Centre ÉPIC et à l'extérieur. Par contre, il n'a pas été validé avant son administration aux participants. De plus, puisqu'il est basé sur la fréquence des activités physiques rapportées par ces derniers, une part de subjectivité reste présente dans les résultats.

## LIMITES DE L'ÉTUDE ET PERSPECTIVES

La plus grande limite de la présente étude est probablement qu'elle soit rétrospective. Ainsi, les paramètres d'entraînement des participants durant les deux années de l'étude n'étaient pas planifiés. De plus, le fait qu'elle soit rétrospective ne nous a pas permis de comparer les résultats à ceux d'un groupe contrôle. Enfin, les tests d'effort ayant été effectués dans un tout autre contexte que celui d'une étude, certains facteurs ont pu varier au cours des ans, tels que le matériel, les administrateurs des tests, etc. Ces modifications ont pu avoir des effets importants sur les résultats.

Malgré cela, notre étude demeure intéressante, puisqu'elle est l'une des rares études ayant suivi les participants sur deux années. Dans notre recension des écrits, les études rétrospectives sur l'entraînement physique étaient analysées généralement sur 12 semaines (Hao et al., 2002 ; Tiukinhoy et al., 2003). Durant un suivi aussi long que deux ans, l'assiduité des participants peut avoir eu un impact sur l'évolution de la FC et des autres paramètres selon l'intensité et la fréquence maintenues dans l'entraînement (King et al., 1991 ; Posner et al., 1992). On observe ce phénomène dans les études de plus de six mois de suivi lorsque l'entraînement n'est pas supervisé (Wing et al., 1998). La possibilité d'événements ponctuels survenus durant les deux années de notre étude peut avoir interférée sur les paramètres évalués ou sur les données auto-rapportées. Par exemple, les participants peuvent s'être blessés durant cette période, avoir été malades ou avoir pris des vacances de longue durée.

## CONCLUSION

Cette étude est la première à évaluer les effets de l'entraînement régulier sur la tolérance à l'effort maximal, l'incompétence chronotrope et la FCR auprès d'une population coronarienne. De plus, elle est aussi l'une des rares études d'une durée aussi étendue que deux années en activité physique. Les données ont été recueillies rétrospectivement, afin d'évaluer et de comparer les effets de l'entraînement auprès de 40 sujets non coronariens et de 54 patients coronariens à leur admission, et après 12 et 24 mois d'abonnement à un centre de conditionnement physique (Centre ÉPIC). Les participants devaient s'entraîner au moins trois fois par semaine.

Après deux ans d'entraînement, certains paramètres ont démontré des changements positifs. Ainsi, la tolérance à l'effort maximal a augmenté significativement durant la première année, puis est demeurée stable suite à la seconde. Les sujets ont probablement atteint un plateau ou une progression plus lente lors de la deuxième année, ce qui peut être expliqué en partie par les effets de la médication hypertensive et de l'absence de progression et de contrôle des paramètres d'entraînement. Une diminution du nombre de sujets incompetents chronotropes fut observée, ce qui est intéressant puisque ces sujets ont aussi amélioré leur pronostic ainsi que leur taux de mortalité. L'étude n'a cependant pas permis de démontrer des changements significatifs de la FCR, mais a permis d'observer une amélioration non significative de la vitesse de récupération de la FC à la fin de la première minute de 5 % chez les sujets du groupe témoin et de 3 % chez les patients du groupe coronarien. Puisque cette étude était de nature rétrospective, nous n'avons pas eu de contrôle sur les paramètres d'entraînement des sujets, ce qui a probablement limité les bénéfices encourus. Les deux questionnaires utilisés ont permis d'avoir une meilleure idée de la pratique d'activités physiques des participants. Cependant, il y a une grande part de subjectivité, puisque les sujets devaient se remémorer tous les paramètres liés à leur pratique d'activités physiques. Les données peuvent donc avoir été biaisées. De plus, il est difficile de généraliser les résultats obtenus dans la présente étude, puisque les participants proviennent du Centre ÉPIC, un centre de conditionnement physique et de prévention des MCAS.

Bien que les résultats escomptés n'aient pas tous été atteints, les sujets étudiés ont pu bénéficier de certains changements qui, selon les écrits, améliorent le pronostic et diminuent le taux de mortalité. Également, il est bien démontré que le risque de développer une MCAS est 1,8 fois plus élevé chez les personnes sédentaires que chez les personnes les plus actives (Berlin et Colditz, 1990). Dans de futures recherches, il serait intéressant de reproduire cette même étude en y ajoutant un groupe témoin avec un programme d'entraînement contrôlé.

## RÉFÉRENCES

American College of Sports Medicine. Position Stand. Physical activity, physical fitness, and hypertension. *Med Sci Sports Exerc* 1993; 25: i-x.

Arai Y, Saul JP, Albrecht P, Hartley LH, Lilly LS, Cohen RJ, Colucci WS. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 1989; 256: H132-41.

Arroll B, Beaglehole R. Does physical activity lower blood pressure: a critical review of the clinical trials. *J Clin Epidemiol* 1992; 45: 439-47.

Ashley EA, Myers J, Froelicher V. Seminar: Exercise testing in clinical medicine. *Lancet* 2000; 356: 1592-7.

Azarbal B, Hayes SW, Lewin HC, Hachamovitch R, Cohen I, Berman DS. The incremental prognostic value of percentage of heart rate reserve achieved over myocardial perfusion single-photon emission computed tomography in the prediction of cardiac death and all-cause mortality: superiority over 85 % of maximal age-predicted heart rate. *J Am Coll Cardiol* 2004; 44: 423-30.

Bader DS, Maguire TE, Balady GJ. Comparison of ramp versus step protocols for exercise testing in patients  $\geq 60$  years of age: Review of the concept and directions for future research. *Am J Cardiol* 1999; 83: 11-4.

Bolger AP, Al-Nasser F. Beta-blockers for chronic heart failure: surviving longer but feeling better. *Int J Cardiol* 2003; 92: 1-8.

Berlin JA, Colditz GA. A meta-analysis of physical activity in the prevention of coronary heart disease. *Am J Epid* 1990; 132: 612-28.

Blair SN, Kohl 3<sup>rd</sup> HW, Paffenbarger RS, Clark DG, Cooper KH, Gibbons LW. Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women. *JAMA* 1989; 262: 2395-401.

Blair SN, Kohl 3<sup>rd</sup> HW, Barlow CE, Paffenbarger RS, Gibbons LW, Macera CA. Changes in physical fitness and all-cause mortality: a prospective study of healthy and unhealthy men. *JAMA* 1995; 273: 1093-8.

Blair SN, Brodney S. Effects of physical inactivity and obesity on morbidity and mortality: current evidence and research issues. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31: S646-62.

Bosquet L, Gamelin FX, Berthoin. Reliability of postexercise heart rate recovery. *Int J Sports Med* 2007; 28: 1-6.

Bosquet L, Gamelin FX, Berthoin S. Is aerobic endurance a determinant of cardiac autonomic regulation? *Eur J Appl Physiol* 2007; 100: 363-9.

Bouchard C, Rankinen T. Individual differences in response to regular physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33: S446-51.

Bray GA. Don't throw the baby out with the bath water. *Am J Clin Nutr* 2004; 79: 347-9.

Brener SJ, Pashkow FJ, Harvey SA, Marwick TH, Thomas JD, Lauer MS. Chronotropic response to exercise predicts angiographic severity in patients with suspected or stable coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1995; 76: 1228-32.

Bruce RA, DeRouen TA, Hossack KF. Value of maximal exercise tests in risk assessment of primary coronary heart disease events in healthy men. *Am J Cardiol* 1980; 46: 371-8.

Brusasco V, Violante B, Buccheri G. Effect of Beta-adrenergic blockade on response to exercise in sedentary and active subjects. *J Appl Physiol* 1989; 67: 103-9.

Camm JA, Fei L. Chronotropic incompetence: Part II. Clinical implications. *Clin Cardiol* 1996; 19: 503-8.

Carnethon MR, Gidding SS, Nehgme R, Sidney S. Cardiorespiratory fitness in young adulthood and the development of cardiovascular disease risk factors. *JAMA* 2003; 290: 3092-100.

Carnethon MR, Jacobs JR, Sidney S, Sternfeld B, Gidding SS, Shoushtari C, Liu K. A longitudinal study of physical activity and heart rate recovery. *CARDIA, 1987-1993. Med Sci Sports Exerc* 2005; 37: 606-12.

Chen MS, Blackstone EH, Pothier CE, Lauer MS. Heart rate recovery and impact of myocardial revascularization on long-term mortality. *Circulation* 2004; 110: 2851-7.

Clausen JP. Effect of physical training on cardiovascular adjustments to exercise in man. *Physiol Reviews* 1977; 57: 779-816.

Cléroux J, Van Nguyen P, Taylor AW, Leenen FH. Effects of beta 1- vs beta 1- + beta 2-blockade on exercise endurance and muscle metabolism in humans. *J Appl Physiol* 1989; 66: 548-54.

Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med* 1999; 341: 1351-7.

Cole CR, Foody JM, Blackstone EH, Lauer MS. Heart rate recovery after submaximal exercise testing as a predictor of mortality in a cardiovascularly healthy cohort. *Ann Intern Med* 2000; 132: 552-5.

Comtois H. Formation continue: L'ABC des tests diagnostiques en cas d'angine de poitrine. *Le Médecin du Québec* 2003; 38: 57-62.

Cook NR, Cohen J, Hebert PR, Taylor JO, Hennekens CH. Implications of small reductions in diastolic blood pressure for primary prevention. *Arch Intern Med* 1995; 155: 701-9.

Cornelissen VA, Fagard RH. Effects of endurance training on blood pressure, blood pressure regulating mechanisms, and cardiovascular risk factors. *Hypertension* 2005; 46: 667-75.

Cotton RT, Ekeroth CJ, Yancy H (1998). Exercise for older adults. ACE's guide for fitness professionals . Champaign: Human Kinetics, 248 p.

Dagenais GR, Rouleau JR, Hochart P, Magrina J, Cantin B, Dumesnil JG. Survival with painless strongly positive exercise electrocardiogram. *Am J Cardiol* 1988; 62: 892-5.

D'Amore S et Mora S. Gender-specific prediction of cardiac disease : importance of risk factors and exercise variables. *Cardiology in Review* 2006; 14: 281-5.

Darr KC, Bassett DR, Morgan BJ, Thomas DP. Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 1988; 254: H340-3.

Dekker JM, Crow RS, Folsom AR, Hannan PJ, Liao D, Swenne CA, Schouten EG. Low heart rate variability in a 2-minute rhythm strip predicts risk of coronary heart disease and mortality from several causes: The ARIC Study. *Circulation* 2000; 102: 1239-44.

Desai MY, De la Peña-Almaguer E, Mannting F. Abnormal heart rate recovery after exercise as reflection of an abnormal chronotropic response. *Am J Coll Cardiol* 2001; 87: 1164-9.

Diaz LA, Brunken RC, Blackstone EH, Snader CE, Lauer MS. Independent contribution of myocardial perfusion defects to exercise capacity and heart rate recovery for prediction of all-cause mortality in patients with known or suspected coronary heart disease. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37: 1558-64.

Diaz A, Bourassa MG, Guertin MC, Tardif JC. Long-term prognostic value of resting heart rate in patients with suspected or proven coronary artery disease. *Eur Heart J* 2005; 26: 967-74.

Diller GP, Dimopoulos K, Okondo D, Uebing A, Broberg CS, Babu-Narayan S, Bayne S, Poole-Wilson PA, Sutton R, Francis DP, Gatzoukis MA. Heart rate response during exercise predicts survival in adults with congenital heart disease. *J Am Coll Cardiol* 2006; 48: 1250-6.

Dresing TJ, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Marwick TH, Lauer MS. Usefulness of impaired chronotropic response to exercise as a predictor of mortality, independent of the severity of coronary artery disease. *Am J Cardiol* 2000; 86: 602-9.

Dyer AR, Persky V, Stamler J, Paul O, Shekelle RB, Berkson DM, Lepper M, Schoenberger JA, Lindberg HA. Heart rate as a prognostic factor for coronary heart disease and mortality: findings in three Chicago epidemiologic studies. *Am J Epidemiol* 1980; 112: 736–49.

Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ. The metabolic syndrome. *Lancet* 2005; 365: 1415-28.

Ekelund LG, Haskell WL, Johnson JL, Whaley FS, Criqui MH, Sheps DS. Physical fitness as a predictor of cardiovascular mortality in asymptomatic North American men. The Lipid Research Clinics Mortality Follow-up Study. *N Engl J Med* 1988; 319: 1379-84.

Elhendy A, Mahoney DW, Khandheria BK, Burger K, Pellikka PA. Prognostic significance of impairment of heart rate response to exercise: impact of left ventricular function and myocardial ischemia. *J Am Coll Cardiol* 2003; 42: 823-30.

Ellestad MH, Wan MK. Predictive implications of stress testing: follow-up of 2 700 subjects after maximal treadmill stress testing. *Circulation* 1975; 51: 363-9.

Ellestad MH. Chronotropic incompetence: the implication of heart rate response to exercise (compensatory parasympathetic hyperactivity?). *Circulation* 1996; 93: 1485-7.

Ellis K, Pothier CE, Blackstone EH, Lauer MS. Prevention and rehabilitation: Is systolic blood pressure recovery after exercise a predictor of mortality? *Am Heart J* 2004; 147: 287-92.

Fagard RH. Physical activity in the prevention and treatment of hypertension in the obese. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31: S624-30.

Fagard RH. Exercise characteristics and the blood pressure response to dynamic physical training. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33: S484-92.

Ferrieres J, Ruidavets JB. Association between resting heart rate and hypertension treatment in a general population, *Am J Hypertens* 1999; 12: 628–31.

Fitzgerald MD, Tanaka H, Tran ZV, Seals DR. Age-related declines in maximal aerobic capacity in regularly exercising vs. sedentary women: a meta-analysis. *J Appl Physiol* 1997; 83: 160-5.

Foley KO, Brubaker PH, Matrazzo B, Berry MJ, Pribanich S, Miller HS. Effects of cardioselective Beta Blockers on ventilation and gas exchange in patients with heart disease during ramp treadmill testing. *Am J Cardiol* 1997; 80: 1215-6.

Folsom AR, Kaye SA, Sellers TA, Hong CP, Cerhan JR, Potter JD, Prineas RJ. Body fat distribution and 5-year risk of death in older women. *JAMA* 1993; 269: 483-7.

Fondation des maladies du Coeur. Le nouveau visage des maladies cardiovasculaires et des accidents vasculaires cérébraux au Canada 2000, 1-109.

Froelicher V, Shetler K, Ashley E. Review: Better decisions through science: exercise testing scores. *Prog Cardiovasc Dis* 2002; 44: 395-414.

Gauri AJ, Raxwal VK, Roux L, Fearon WF, Froelicher VF. Effects of chronotropic incompetence and Beta-blocker use on the exercise treadmill test in men. *Am Heart J* 2001; 142: 136-41.

Gellish RL, Goslin BR, Olson RE, McDonald A, Russi GD, Moudgil VK. Longitudinal modeling of the relationship between age and maximal heart rate. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39: 822-9.

Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker TJ, Chaitman BR, Fletcher GF, Froelicher VF, Mark DB, McCallister BD, Mooss AN, O'Reilly MG, Winters WL. ACC / AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article. A report of the American College of Cardiology / American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to update the 1997 Exercise Testing Guidelines). *J Am Coll Cardiol* 2002; 40: 1531-40.

Gibbons RJ. Commentary: Abnormal heart-rate recovery after exercise. *Lancet* 2002; 359: 1536-7.

Gielen W, Celophas TJ, Agrawal R. Nebivolol: a review on its clinical and pharmacological characteristics. *Int J Clin Pharmacol Ther* 2006; 44: 344-57.

Gillman MW, Kannel WB, Belanger A, D'Agostino RB. Influence of heart rate on mortality among persons with hypertension: the Framingham study. *Am Heart J* 1993; 125: 1148-54.

Gillum RF. The epidemiology of resting heart rate in a national sample of men and women: associations with hypertension, coronary heart disease, blood pressure, and other cardiovascular risk factors. *Am Heart J* 1988; 116: 163-74.

Goraya TY, Jacobson SJ, Pellikka PA, Miller TD, Khan A, Weston SA, Gersh BJ, Roger VL. Prognostic value of treadmill exercise testing in elderly persons. *Ann Intern Med* 2000; 132: 862-70.

Greenland P, Daviglius ML, Dyer AR, Liu K, Huang CF, Goldberger JJ, Stamler J. Resting heart rate is a risk factor for cardiovascular and noncardiovascular mortality: the Chicago Heart Association Detection Project in Industry. *Am J Epidemiol* 1999; 149: 853–62.

Gulati M, Pandey DK, Arnsdorf MF, Lauderdale DS, Thisted RA, Wicklund RH, Al-Hani AJ, Black HR. Exercise capacity and the risk of death in women: the St. James Women Take Heart Project. *Circulation* 2003; 108: 1554-9.

Gulati M, Black HR, Shaw LJ, Arnsdorf MF, Merz CNB, Lauer MS, Marwick TH, Pandey DK, Wicklund RH, Thisted RA. The prognostic value of a nomogram for exercise capacity in women. *N Engl J Med* 2005; 353: 468-75.

Habib G. Reappraisal of the importance of heart rate as a risk factor for cardiovascular morbidity and mortality. *Clin Ther* 1997; 19: A39–52.

Hagberg JM, Hickson RC, Ehsani AA, Holloszy JO. Faster adjustment to and recovery from submaximal exercise in the trained state. *J Appl Physiol* 1980; 48: 218-24.

Hao SC, Chai A, Kligfield P. Heart rate recovery response to symptom-limited treadmill exercise after cardiac rehabilitation in patients with coronary artery disease with and without recent events. *Am J Cardiol* 2002; 90: 763-6.

Hjalmarson A. Significance of reduction in heart rate in cardiovascular disease. *Clin Cardiol* 1998; 21: 113–7.

Hoes AW, Grobbee DE, Valkenburg HA, Lubsen J, Hofman A. Cardiovascular risk and all-cause mortality; a 12 year follow-up study in the Netherlands. *Eur J Epidemiol* 1993; 9 :285-92.

Huang G, Shi X, Davis-Brezette JA, Osness WH. Resting heart rate changes after endurance training in older adults: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37: 1381-6.

Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H, Takeda H, Inoue M, Kamada T. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1994; 24: 1529-35.

Jaquet F, Goldstein IB, Shapiro D. Effects of age and gender on ambulatory blood pressure and heart rate, *J Hum Hypertens* 1998; 12: 253-7.

Javorka M, Zila I, Balharek T, Javorka K. Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity. *Braz J Med Biol Res* 2002; 35: 991-1000.

Jouven X, Empana JP, Schwartz PJ, Desnos M, Courbon D, Ducimetière P. Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. *N Engl J Med* 2005; 352: 1951-8.

Kahn R, Buse J, Ferrannini E, Stern M. The metabolic syndrome: time for a critical appraisal: joint statement from the American Diabetes Association and the European Association for the study of diabetes. *Diabetes Care* 2005; 28: 2289-2304.

Kaminsky LA, Whaley MH. Evaluation of a new standardized ramp protocol: the BSU/Bruce Ramp protocol. *J Cardiopulm Rehabil* 1998; 18: 438-44.

Kannel WB, Kannel C, Paffenbarger Jr RS, Cupples LA. Heart rate and cardiovascular mortality. The Framingham study. *Am Heart J* 1987; 113: 1489-94.

Kavanagh T, Mertens DJ, Hamm LF, Beyene J, Kennedy J, Corey P, Shepard RJ. Peak oxygen intake and cardiac mortality in women referred for cardiac rehabilitation. *J Am Coll Cardiol* 2003; 42: 2139-43.

Kelley GA, Kelley KS. Progressive resistance exercise and resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trial. *Hypertension* 2000; 35: 838-43.

Kelley GA, Kelley KA, Tran ZV. Aerobic exercise and resting blood pressure: a meta-analytic review of randomised, controlled trials. *Prev Cardiol* 2001; 4:73-80.

Khan MN, Pothier CE, Lauer MS. Chronotropic incompetence as a predictor of death among patients with normal electrograms taking Beta blockers (Metoprolol or Atenolol). *Am J Cardiol* 2005; 96: 1328-33.

King AC, Haskell WL, Taylor CB, Kraemer HC, DeBusk RF. Group- vs home-based exercise training in healthy older men and women. A community-based clinical trial. *JAMA* 1991; 266: 1535-42.

Kligfield P, McCormick A, Chai A, Jacobson A, Feuerstadt P, Hao SC. Effect of age and gender on heart rate recovery after submaximal exercise during cardiac rehabilitation in patients with angina pectoris, recent acute myocardial infarction, or coronary bypass surgery. *Am J Cardiol* 2003; 92: 601-3.

Ko DT, Hebert PR, Coffey CS, Sedrakyan A, Curtis JP, Krumholz HM. Beta-blocker therapy and symptoms of depression, fatigue, and sexual dysfunction. *JAMA* 2002; 288: 351-7.

Kriska AM, Bennett PH. Modifiable activity questionnaire. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 29: S79-S82.

Kristal-Boneh E, Silber H, Harari G, Froom P. The association of resting heart rate with cardiovascular, cancer and all-cause mortality. Eight year follow-up of 3527 male Israeli employees (the CORDIS Study). *Eur Heart J* 2000; 21: 116-24.

Kullmer T, Kindermann W, Singer M. Effects on physical performance on intrinsic sympathomimetic activity (ISA) during selective beta 1-blockade. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1987; 56: 292-8.

Larsson B, Svardstudd K, Welin L, Wilhelmsen L, Bjorntorp P, Tibblin G. Abdominal adipose tissue distribution, obesity, and risk of cardiovascular disease and death: 13 year follow up of a participants in the study of men born in 1913. *Br Med J* 1984; 288: 1401-4.

Lauer MS, Okin PM, Larson MG, Evans JC, Levy D. Impaired heart rate response to graded exercise: prognostic implications of chronotropic incompetence in the Framingham Heart Study. *Circulation* 1996; 93: 1520-6.

Lauer MS, Mehta R, Pashkow FJ, Okin PM, Lee K, Marwick TH. Association of chronotropic incompetence with echocardiographic ischemia and prognosis. *J Am Coll Cardiol* 1998; 32: 1280-6.

Lauer MS, Francis GS, Okin PM, Pashkow FJ, Snader CE, Marwick TH. Impaired chronotropic response to exercise stress testing as a predictor of mortality. *JAMA* 1999; 281: 524-9.

Lauer MS, Blackstone EH, Young JB, Topol EJ. Viewpoint: Cause of death in clinical research: time for a reassessment? *Am J Coll Cardiol* 1999; 34: 618-20.

Lauer MS. Focused review: Heart rate response in stress testing: clinical implications. *Am J Coll Cardiol* 2001; 10: 16-9.

Lauer MS. Review: Exercise electrocardiogram testing and prognosis: novel markers and predictive instruments. *Cardiol Clin* 2001; 19: 401-14.

Lauer MS. Letters: Abnormal heart rate recovery and risk of death. *JAMA* 2001; 285: 879-80.

Lauer MS. Editorial: Is heart rate recovery a modifiable risk factor? *J Cardiopulm Rehabil* 2003; 23: 88-9.

Lauer MS. Chronotropic incompetence: ready for prime time. *J Am Coll Cardiol* 2004; 44: 423-30.

Lee IM, Hsieh CC, Paffenbarger RS. Exercise intensity and longevity in men: The Harvard Alumni Health Study. *JAMA* 1995; 273: 1179-84.

Lemieux S, Desprès JP. Metabolic complications of visceral obesity: contribution to the aetiology of type 2 diabetes and implications for prevention and treatment. *Diabetes Metab* 1994; 20: 375-93.

Lemieux I, Pascot A, Couillard C, Lamarche B, Tchernof A, Almeras N, Bergeron J, Gaudet D, Tremblay G, Prud'homme D, Nadeau A, Desprès JP. Hypertriglyceridemic waist: a marker of the atherogenic metabolic triad (hyperinsulinemia, hyperapolipoprotein B, small, dense LDL) in men? *Circulation* 2000; 102: 179-84.

Lipinski MJ, Froelicher VF, Atwood E, Tseitlin A, Franklin B, Osterberg L, Do D, Myers J. Imaging and diagnostic testing: Comparison of treadmill scores with physician estimates of diagnosis and prognosis in patients with coronary artery disease. *Am Heart J* 2002; 143: 650-8.

Lipinski MJ, Vetrovec GW, Froelicher VF. Importance of the first two minutes of heart rate recovery after exercise treadmill testing in predicting mortality and the presence of coronary artery disease in men. *Am J Cardiol* 2004; 93: 445-9.

Litchfield RL. Noninvasive tests for cardiac risk stratification: Which ones are most prognostic? *Postgraduate Medicine* 2004; 115: 30-6.

Mangrum JM, DiMarco JP. The evaluation and management of bradycardie. *N Engl J Med* 2000; 342: 703-9.

McNeer JF, Margolis JR, Lee KL, Kisslo JA, Peter RH, Kong Y, Behar VS, Wallace AG, McCants CB, Rosati RA. The role of the exercise test in the evaluation of patients for ischemic heart disease. *Circulation* 1978; 57: 64-70.

Mensink GBM, Hoffmeister H. The relationship between resting heart rate and all-cause, cardiovascular and cancer mortality. *Eur Heart J* 1997; 18: 1404-10.

Messinger-Rapport B, Pothier-Snader CE, Blackstone EH, Yu D, Lauer MS. Value of exercise capacity and heart rate recovery in older people. *J Am Geriatr Soc* 2003; 51: 63-8.

Milani RV, Lavie CJ, Spiva H. Limitations of estimating metabolic equivalents in exercise assessment in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1995; 75: 940-2.

Milani RV, Lavie CJ, Mehra MR, Ventura HO. Understanding the basics of cardiopulmonary exercise testing (Review). *Mayo Clinic Proceedings* 2006; 81: 1603-11.

Monpère C, Aeberhard P, Verges B. Recommandations de la Société française de cardiologie concernant la pratique de la réadaptation cardiovasculaire chez l'adulte (version 2). *Archives des maladies du cœur et des vaisseaux* 2002; 95: 962-97.

Mora S, Redberg RF, Cui Y, Whiteman MK, Blumenthal RS. Ability of exercise testing to predict cardiovascular and all-cause death in asymptomatic women: a 20-year follow-up of the Lipid Research Clinics Prevalence Study. *JAMA* 2003; 290: 1600-7.

Morcet JF, Safar M, Thomas F, Guize L, Benetos A. Associations between heart rate and other risk factors in a large French population, *J Hypertens* 1999; 17: 1671-6.

Morise AP. Editorial: Heart rate recovery : predictor of risk today and target of therapy tomorrow? *Circulation* 2004; 110: 2778-80.

Morise AP, Olson MB, Merz CNB, Mankad S, Rogers WJ, Pepine CJ, Reis SE, Sharaf BL, Sopko G, Smith K, Pohost GM, Shaw L. Validation of the accuracy of pretest and exercise test scores in women with a low prevalence of coronary disease: the NHLBI-sponsored Women's Ischemia Syndrome Evaluation (WISE) study. *Am Heart J* 2004; 147: 1085-92.

Morshedi-Meibodi A, Larson MG, Levy D, O'Donnell CJ, Vasan RS. Heart rate recovery after treadmill exercise testing and risk of cardiovascular disease events (The Framingham Heart Study). *Am J Cardiol* 2002; 90: 848-52.

Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med* 2002; 346: 793-801.

Nishime EO, Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Lauer MS. Heart rate recovery and treadmill exercise score as predictors of mortality in patients referred for exercise ECG. *JAMA* 2000; 284: 1392-8.

Nissinen SI, Mäkikallio TH, Seppänen T, Tapanainen JM, Salo M, Tulppo MP, Huikuri HV. Heart rate recovery after exercise as a predictor of mortality among survivors of acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 2003; 91: 711-4.

Oberlin P, Mouquet MC, Folliguet T. Le traitement invasif des maladies coronariennes. *Drees: Études et résultats* 2004; 289 : 1-12.

Palatini P, Casiglia E, Pauletto P, Staessen J, Kaciroti N, Julius S. Relationship of tachycardia with high blood pressure and metabolic abnormalities a study with mixture analysis in three populations. *Hypertension* 1997; 30: 1267-73.

- Palatini P, Julius S. Heart rate and the cardiovascular risk, *J Hypertens* 1997; 15: 3–17.
- Palatini P, Julius S. Relevance of heart rate as a risk factor in hypertension. *Curr Hypertens Rep* 1999; 1: 219–24.
- Palatini P, Casiglia E, Julius S, Pessina AC. High heart rate: a risk factor for cardiovascular death in elderly men. *Arch Intern Med* 1999; 159: 585–92.
- Panel E. Executive summary of the clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults. *Arch Intern Med* 1998; 158: 1855-67.
- Pardo Y, Merz CN, Velasquez I, Paul-Labrador M, Agarwala A, Peter CT. Exercise conditioning and heart rate variability: evidence of a threshold effect. *Cardiol Clin* 2000; 23: 615-20.
- Pascot A, Lemieux I, Prud'homme D, Tremblay A, Nadeau A, Couillard C, Bergeron J, Lamarche B, Desprès JP. Reduced HDL particle size as an additional feature of the atherogenic dyslipidemia of abdominal obesity. *J Lipid Res* 2001; 42: 2007-14.
- Pavia L, Orlando G, Myers J, Maestri M, Rusconi C. The effect of Beta-blockade therapy on the response to exercise training in postmyocardial infarction patients. *Clin Cardiol* 1995; 18: 716-20.

Perini R, Fisher N, Veicsteinas A, Pendergast DR. Aerobic training and cardiovascular responses at rest and during exercise in older men and women. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 700-8.

Pitsavos CH, Chrysohoou C, Panagiotakos DB, Kokkinos P, Skoumas J, Papaioannou I, Michaelides AP, Singh S, Stefanadis CI. Exercise capacity and heart rate recovery as predictors of coronary heart disease events, in patients with heterozygous familial hypercholesterolemia. *Atherosclerosis* 2004; 173: 347-52.

Poirier P, Desprès JP. Obésité et maladies cardiovasculaires. *Médecine/Sciences* 2003; 19: 943-9.

Poirier P. Le syndrome métabolique : l'essentiel pour le cardiologue clinicien? *La cardiologie contemporaine* 2006; 4 : 6-8.

Poirier P, Giles TD, Bray GA, Hong Y, Stern JS, Pi-Sunyer FX, Eckel RH. Obesity and cardiovascular disease : pathophysiology, evaluation, and effect of weight loss : an update of the 1997 American Heart Association Scientific Statement on obesity and heart disease from the obesity committee of the council on nutrition, physical activity, and metabolism. *Circulation* 2006; 113: 898-918.

Pörsti I, Arvola P, Säynävalampi P, Nurmi AK, Metsä-Ketelä T, Koskenvuo K, Laitinen LA, Manninen V, Vapaatalo H. Effects of single doses of quinapril and atenolol on autonomic nervous function and exercise capacity in healthy volunteers. *Eur J Clin Pharmacol* 1990; 38: 541-6.

Posner JD, Gorman KM, Windsor-Landsberg L, Larsen J, Bleiman M, Shaw C, Rosenberg B, Knebl J. Low to moderate intensity endurance training in healthy older adults: physiological responses after four months. *J Am Geriatr Soc* 1992; 40: 1-7.

Prakash M, Myers J, Froelicher VF, Marcus R, Do D, Kalisetti D, Atwood JE. Clinical and exercise test predictors of all-cause mortality: results from > 6,000 consecutive referred male patients. *Chest* 2001; 120: 1003-13.

Racine N, Blanchet M, Ducharme A, Marquis J, Boucher JM, Juneau M, White M. Decreased heart rate recovery after exercise in patients with congestive heart failure : effect of B-blocker therapy. *J Card Fail* 2003; 9: 296-302.

Radack K, Deck C. Beta-adrenergic blocker therapy does not worsen intermittent claudication in subjects with peripheral arterial disease. A meta-analysis of randomized controlled trials. *Arch Intern Med* 1991; 151: 1769-76.

Reeder BA, Angel A, Ledoux M, Rabkin SW, Young TK, Sweet LE. Obesity and its relation to cardiovascular disease risk factors in Canadian adults. *Can Med Assoc J* 1992; 146: 2009-19.

Rexrode KM, Carey VJ, Hennekens CH, Walters EE, Colditz GA, Stampfer MJ, Willett WC, Manson JE. Abdominal adiposity and coronary heart disease in women. *JAMA* 1998; 280: 1843-8.

Roger VL, Jacobsen SJ, Pellikka PA, Miller TD, Bailey KR, Gersh BS. Prognostic value of treadmill exercise testing: a population-based study in Olmsted County, Minnesota. *Circulation* 1998; 98: 2836-41.

Ronnevik PK, Nordrehaug JE, Von der Lippe G. Functional capacity in healthy volunteers before and following B-blockade with controlled-release metoprolol. *Eur J Clin Pharmacol* 1995; 48: 127-31.

Sandercock GRH, Bromley PD, Brodie DA. Effects of exercise on heart rate variability: inferences from meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37: 433-9.

Sato S, Makita S, Majima M. Additional physical activity during cardiac rehabilitation leads to an improved heart rate recovery in male patients after coronary artery bypass grafting. *Circulation* 2005; 69: 69-71.

Schwartz JB, Gibb WJ, Tran T. Aging effects on heart rate variation. *J Gerontol* 1991; 46: M99-106.

Seals DR, Chase PB. Influence of physical training on heart rate variability and baroreflex circulatory control. *J Appl Physiol* 1989; 66: 1886-95.

Shaw LJ, Mieres JH. The role of noninvasive testing in the diagnosis and prognosis of women with suspected CAD. *J Fam Pract* 2005; Suppl: 4-5.

Sheldahl LM, Ebert TJ, Cox B, Tristani FE. Effect of aerobic training on baroreflex regulation of cardiac and sympathetic function. *J Appl Physiol* 1994; 76: 158-65.

Shetler K, Marcus R, Froelicher VF, Vora S, Kalisetti D, Prakash M, Do D, Myers J. Heart rate recovery: validation and methodologic issues. *J Am Coll Cardiol* 2001; 38: 1980-7.

Shishehbor MH, Hoogwerf BJ, Lauer MS. Association of triglyceride-to-HDL cholesterol ratio with heart rate recovery. *Diabetes Care* 2004; 27: 936-41.

Snader CE, Marwick TH, Pashkow FJ, Harvey SA, Thomas JD, Lauer MS. Importance of estimated functional capacity as a predictor of all-cause mortality among patients referred for exercise thallium single-photon emission computed tomography: report of 3,400 patients from a single center. *J Am Coll Cardiol* 1997; 30: 647-8.

Sontheimer D, Hitchcock K, Saseen J. Are there big differences among beta-blockers in treating essential hypertension? *J Fam Pract* 2007; 56: 312-4.

Spin JM, Prakash M, Froelicher VF, Partington S, Marcus R, Do D, Myers J. The prognostic value of exercise testing in elderly men. *Am J Med* 2002; 112: 453-9.

Srivastava SC, Katyal VK, Jagdish GS, Mohan R. Interpretation of treadmill stress test in patients with coronary artery disease receiving Beta blocker therapy. *J Assoc Physicians India* 1991; 39: 186-90.

Sugawara J, Murakami H, Maeda S, Kuno S, Matsuda M. Change in post-exercise vagal reactivation with exercise training and detraining in young men. *Eur J Appl Physiol* 2001; 85: 259-63.

Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37: 153-6.

Taylor GM, Carmichael DJ, Peart WS. Active and inactive rennin in anephric man: a comparison of molecular weight studies with normal human plasma and the effect monoclonal anti-renin antibody. *J Hypertens* 1986; 4: 703-12.

Tiukinhoy S, Beohar N, Hsie M. Improvement in heart rate recovery after cardiac rehabilitation. *J Cardiopulm Rehabil* 2003; 23: 84-7.

Van Bortel L, Van Baak MA. Exercise tolerance with nebivolol and atenolol. *Cardiovasc Drugs Therapy* 1992; 6: 239-47.

Vanhees L, Stevens A, Schepers D, Defoor J, Rademakers F, Fagard R. Determinants of the effects of physical training and of the complications requiring resuscitation during exercise in patients with cardiovascular disease. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2004; 11: 304-12.

Verheyden B, Eijnde BO, Beckers F, Vanhees L, Aubert AE. Low-dose exercise training does not influence autonomic control in healthy sedentary men aged 55-75 years. *J Sports Sci* 2006; 24: 1137-47.

Vivekananthan DP, Blackstone EH, Pothier CE, Lauer MS. Heart rate recovery after exercise is a predictor of mortality, independent of the angiographic severity of coronary disease. *J Am Coll Cardiol* 2003; 42: 831-8.

Watanabe J, Thamarasan M, Blackstone EH, Thomas JD, Lauer MS. Heart rate recovery immediately after treadmill exercise and left ventricular systolic dysfunction as predictors of mortality: the case of stress echocardiography. *Circulation* 2001; 104: 1911-6.

Weins RD, Lafia P, Marder CM, Evans RG, Kennedy HL. Chronotropic incompetence in clinical exercise testing. *Am J Cardiol* 1984; 54: 74-8.

Whelton SP, Chin A, Xin X, He J. Effect of aerobic exercise of blood pressure : a meta-analysis of randomized controlled trials. *Ann Int Med* 2002; 136: 493-503.

Wilkoff BL, Miller RE. Exercise testing for chronotropic assessment. *Cardiol Clin* 1992; 10: 705-17.

Wilmore JH, Stanforth PR, Gagnon J, Rice T, Mandel S, Leon AS, Rao DC, Skinner JS, Bouchard C. Heart rate and blood pressure changes with endurance training: the HERITAGE Family Study. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33: 107-16.

Wilson TM, Tanaka H. Meta-analysis of the age-associated decline in maximal aerobic capacity in men: relation to training status. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2000; 278: H829-34.

Wing RR, Venditti E, Jakicic JM, Pollet BA, Lang W. Lifestyle intervention in overweight individuals with a family history of diabetes. *Diabetes Care* 1998; 21: 350-9.

Whaley MH, Brubaker PH, Otta RM. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 7<sup>e</sup> Édition. Lippincott Williams & Wilkins. Baltimore, 2006.

Wood AJ. Pharmacologic differences between beta blockers. *Am Heart J* 1984; 108: 107-7.

Yamazaki T, Myers J, Froelicher VF. Effect of age and end point on the prognostic value of the exercise test. *Chest* 2004; 125: 1920-8.

Zavorsky GS. Evidence and possible mechanisms of altered maximum heart rate with endurance training and tapering. *Sports Med* 2000; 29: 13-26.

**ANNEXES**

**ANNEXE 1 : FORMULAIRE DE CONSENTEMENT**



INSTITUT DE  
CARDIOLOGIE  
DE MONTRÉAL



## FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

### PROJET DE RECHERCHE : ICM #04-067

Les effets de l'entraînement physique sur la fréquence cardiaque de récupération

#### Investigateur principal et collaborateurs

Martin Juneau, MD., Anil Nigam, MD., Cathy Dresdell, B.Sc.,  
Louise Béliveau, Ph.D., Jacinthe Hovington, M.Sc.

### INFORMATION

#### DESCRIPTION GÉNÉRALE

Nous vous invitons à participer à un projet de recherche qui servira à l'obtention d'un diplôme d'études supérieures d'une étudiante en kinésiologie de l'Université de Montréal. Avant de signer ce formulaire de consentement, veuillez prendre tout le temps nécessaire pour lire (ou vous faire lire) et comprendre l'information présentée ci-dessous. Veuillez poser au médecin responsable du projet de recherche ou à son personnel toutes les questions que vous avez sur la présente étude et sur vos droits. Ils devraient être en mesure de répondre à toutes vos questions.

Ce formulaire de consentement décrit les procédures que vous devrez suivre si vous acceptez de participer à cette étude.

#### But de l'étude

Depuis quelques années, des chercheurs s'intéressent aux différentes informations que transmettent les résultats des tests d'effort. Récemment, il a été démontré que le temps que prend le cœur pour récupérer après un effort intense peut refléter son état de santé. Le but de cette étude est donc de vérifier cette variable après un programme d'entraînement de deux ans. Nous croyons que l'entraînement régulier améliore progressivement le temps de récupération du cœur après un effort.

Deux groupes de personnes participeront à l'étude : un maximum de 400 individus inscrits au Centre ÉPIC depuis deux ans, dont 200 atteints d'une maladie coronarienne et 200 qui n'en sont pas atteints. L'étude se déroulera entre les mois de mars et décembre 2005.

#### DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE

Pour cette étude, les résultats des épreuves d'effort que vous avez faites durant les 24 derniers mois seront utilisés pour fins d'analyses. Votre collaboration consistera à nous autoriser à consulter votre dossier du Centre ÉPIC afin de collecter vos résultats en plus de répondre à deux questionnaires sur votre pratique d'activité physique au cours de la dernière année. Compléter ces deux questionnaires vous demandera approximativement 20 minutes. Votre participation à l'étude sera alors terminée.

#### RISQUES ET INCONVÉNIENTS

À part l'inconvénient du temps que vous devrez consacrer pour compléter les questionnaires, vous ne serez pas confronté à des risques supplémentaires, puisque vous ne subirez aucun nouveau test

CÉRDNT ICM – MHI : version courante no. 2 : 26 avril 2005

Page 1

5000, rue Bélanger, Montréal (Québec) H1T 1C8 • Tél. : (514) 376-3330

Institut universitaire affilié à l'Université de Montréal

### AVANTAGES

Aucun bénéfice direct découlant de votre participation à cette étude ne vous est garanti. Toutefois, s'il s'avère que l'exercice entraîne les effets escomptés, cela permettra d'encourager des patients qui ont la même condition que vous à suivre un programme régulier d'exercice.

### PARTICIPATION VOLONTAIRE

Vous êtes libre de participer à cette étude ou de vous en retirer en tout temps sur simple avis verbal sans avoir à préciser les motifs de votre décision.

Si vous avez des questions supplémentaires ou des problèmes reliés à l'étude, vous devez contacter le Docteur Martin Juneau au (514) 374-1480 ou Madame Cathy Dresdell au (514) 374-1480. *MD*

Pour tout renseignement concernant vos droits à titre de participant à une recherche, vous pouvez contacter pendant les heures d'ouverture le Docteur L. Conrad Pelletier, Président du Comité d'éthique de la recherche, qui peut être rejoint par l'intermédiaire du secrétariat du Comité d'éthique au numéro de téléphone suivant: (514) 376-3330, poste 3533.

### CONFIDENTIALITÉ

Les chercheurs de l'Institut de Cardiologie consulteront votre dossier du Centre EPIC. Toute information relative à ce projet et qui vous concerne (histoire médicale, examen physique, résultats de laboratoire, questionnaires) sera gardée confidentielle en vous identifiant par un code et seulement les personnes autorisées y auront accès.

Toutes les données médicales relatives à cette recherche vous concernant seront conservées par le Centre EPIC dans des fichiers informatisés sécurisés, pour une durée de 25 ans et seront analysées avec les données des autres participants. Ni votre nom ni toute autre forme d'identification ne figurera dans ces fichiers. Les résultats de cette étude pourront être publiés, mais votre identité ne sera pas dévoilée.

### COMPENSATION

Aucune compensation pour perte de revenu, invalidité ou inconfort n'est prévue.

En signant ce formulaire de consentement, vous ne renoncez à aucun de vos droits. Notamment, vous ne libérez pas l'investigateur de ses responsabilités légales et professionnelles advenant une situation qui vous causerait préjudice.



INSTITUT DE  
CARDIOLOGIE  
DE MONTRÉAL



## FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

### PROJET DE RECHERCHE : ICM #04-067

Les effets de l'entraînement physique sur la fréquence cardiaque de récupération

#### Investigateur principal et collaborateurs

Martin Juneau, MD., Anil Nigam, MD., Cathy Dresdell, B.Sc.,  
Louise Béliveau, Ph.D., Jacinthe Hovington, M.Sc.

J'ai eu l'occasion de poser toutes les questions voulues au sujet de cette étude et on y a répondu à ma satisfaction.

Je comprends que je demeure libre de me retirer de cette étude en tout temps sans que cela n'affecte en aucune façon les soins dont je pourrais bénéficier à l'avenir.

J'ai lu ou l'on m'a lu ce formulaire de consentement et j'en comprends le contenu.

Je, soussigné(e), accepte de participer au présent projet de recherche.

_____ <i>Signature du participant</i>	_____ <i>Nom du participant en caractères d'imprimerie</i>	_____ <i>Date</i>	_____ <i>Heure</i>
_____ <i>Signature de l'un des chercheurs</i>	_____ <i>Nom du chercheur en caractères d'imprimerie</i>	_____ <i>Date</i>	_____ <i>Heure</i>

Je certifie que j'ai expliqué les buts du projet à \_\_\_\_\_ et il(elle) a signé le consentement en ma présence.

_____ <i>Signature du chercheur ou de son délégué</i>	_____ <i>Nom du chercheur ou de son délégué en caractères d'imprimerie</i>	_____ <i>Date</i>	_____ <i>Heure</i>
--	---	----------------------	-----------------------

Le formulaire initial a été soumis au Comité d'éthique de la recherche et du développement des nouvelles technologies de l'Institut de Cardiologie de Montréal à la réunion du 14 octobre 2004. La version courante no. 2 en français datée du 26 avril 2005 est approuvée.

**N.B. :** L'original de ce formulaire doit être inséré au dossier EPIC du participant, une copie gardée par l'investigateur et une copie remise au participant.

**ANNEXE II : QUESTIONNAIRE KRISKA**

## **Instructions – Questionnaire sur la pratique d'activité physique** (adapté à partir du « Modifiable Activity Questionnaire » développé par Kriska AM et al.)<sup>i</sup>

Ce questionnaire est utilisé pour évaluer la pratique d'activité physique dans les loisirs et au travail, de même que les périodes d'inactivité. Il permet ainsi d'obtenir un portrait global de la pratique d'activité physique d'un individu. Dans la forme présentée ici, il est conçu pour servir lors d'une entrevue. Voici quelques instructions spécifiques pour les utilisateurs.

### **Section 1. Activités de loisirs – Question 1**

Une liste d'activités populaires a été développée. Lisez cette liste et encerclez celles pratiquées par le participant au moins dix fois au cours de la dernière année. Compilez les réponses positives dans le tableau et indiquez les mois pendant lesquels l'activité était pratiquée, le nombre moyen de fois par mois et la durée moyenne. Si la lecture complète de la liste ne s'avère pas nécessaire (si le participant, par exemple, indique clairement qu'il ne pratique aucune activité), vérifiez en mentionnant quelques activités qu'il pourrait avoir oubliées (quilles, danse, marche) puis passez aux questions suivantes. Prenez note que la marche ou le vélo dans cette section n'incluent pas le transport actif, ce dernier étant compilé dans la section sur les activités occupationnelles.

### **Section 2. Inactivité – Questions 2 à 5**

Cette section vise à évaluer les périodes d'inactivité.

### **Section 3. Activités occupationnelles – Question 6**

Cette section vise à évaluer pour chaque emploi ou occupation de plus d'un mois au cours de la dernière année le nombre d'heures passées à accomplir des tâches physiquement exigeantes. Identifiez ces occupations et le nombre de mois (assurez-vous d'arriver à un total de 12 mois). Trouvez le code de l'emploi et demandez au participant s'il marche ou utilise un vélo pour aller au travail, de même que l'horaire habituel de son emploi. Enfin, informez-vous sur le nombre d'heures habituellement passées assises au travail, et sur la nature des activités réalisées durant les autres heures. Cochez la catégorie d'activités qui correspond le mieux à la description du participant.

Si le participant mentionne être à la maison, retiré ou sans emploi... durant une partie ou toute l'année, considérez un horaire normal de 40 heures par semaine, 5 jours par semaine et 8 heures par jour. Il n'est pas nécessaire dans cette condition de poser la question sur le transport actif.

---

<sup>i</sup> Louise Béliveau, Département de kinésiologie, Université de Montréal, septembre 2002

## Questionnaire sur la pratique d'activité physique

(adapté à partir du « Modifiable Activity Questionnaire » développé par Kriska AM et al.)<sup>ii</sup>

1. Encerclez toutes les activités que vous avez pratiquées plus de dix fois au cours de la dernière année :

Jogging (extérieur ou intérieur) .....	1	Exercices de raffermissement .....	10	Tennis .....	19
Natation .....	2	Danse aérobic/Step .....	11	Canot/rameur .....	20
Vélo (extérieur ou intérieur) .....	3	Aquaforme .....	12	Saut à la corde .....	21
Soft Ball/baseball.....	4	Danse (toutes les sortes) .....	13	Ski de fond.....	22
Volley-ball.....	5	Jardinage.....	14	Yoga.....	23
Quilles .....	6	Badminton .....	15	Autre.....	24
Patin (à glace ou à roues).....	7	Musculation (poids).....	16	Marche pour faire de	
Arts martiaux (karaté, judo).....	8	Stair Master .....	17	l'exercice (intérieure ou	
Tai Chi.....	9	Randonnée .....	18	extérieure).....	25

Inscrivez chacune des activités encadrées dans la colonne « Activité » dans le tableau ici-bas, cochez les mois pendant lesquels vous avez pratiqué ces activités et estimez le nombre moyen de fois par mois et la durée moyenne des activités.

Activité	Mois												Nombre de fois par mois	Nombre de minutes par fois	
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			

2. En général, pendant combien d'heures par jour écoutez-vous la télévision ? \_\_\_\_\_ heures
3. Au cours de la dernière année, avez-vous passé plus d'une semaine confiné dans un lit ou sur une chaise à cause d'une grossesse, d'une blessure, d'une maladie ou d'une chirurgie ?  
 oui \_\_\_\_\_ non \_\_\_\_\_ Si oui, combien de semaines ? \_\_\_\_\_ sem.
4. Au cours de la dernière année, avez-vous eu de la difficulté à faire une des activités suivantes ?
- |  |           |           |
|--|-----------|-----------|
| a. vous lever du lit ou d'une chaise             | oui _____ | non _____ |
| b. traverser une petite pièce en marchant        | oui _____ | non _____ |
| c. marcher plus de dix minutes sans vous reposer | oui _____ | non _____ |

<sup>ii</sup> Louise Béliveau, Département de kinésiologie, Université de Montréal, septembre 2002

5. Avez-vous déjà pratiqué, à un niveau compétitif, un sport d'équipe ou individuel (n'incluant pas les sports pratiqués durant les cours d'éducation physique) ? oui \_\_\_\_\_ non \_\_\_\_\_

Si oui, pendant combien d'années ? \_\_\_\_\_ années

6. Avez-vous occupé un emploi au cours de la dernière année, soit entre \_\_\_\_\_ et \_\_\_\_\_ ? oui \_\_\_\_\_ non \_\_\_\_\_

Énumérez tous les emplois que vous avez occupés pendant plus d'un mois. Assurez-vous de couvrir les 12 derniers mois. Si vous étiez sans emploi / handicapé / à la maison / étudiant durant une partie ou toute l'année, inscrivez-le et indiquez les activités pratiquées pendant une journée normale de huit heures, cinq jours par semaine.

Nom de l'emploi	Code de l'emploi	Marche ou vélo pour aller travailler	Horaire habituel de l'emploi				Sur le nombre total d'heures travaillées par jour, combien sont habituellement passées assises ? Indiquez-le dans la colonne « heures assises » et placez un crochet dans la colonne de la catégorie qui décrit le mieux le travail effectué pendant le reste des heures.		
			Min/jour	Mois/an	Jours/sem.	Heures/jr.	Heures assises	A	B

#### Codes d'emplois

Pas d'emploi à l'extérieur de la maison :

1. Étudiant
2. Personne au foyer bureau
3. Retiré
4. Handicapé
5. Sans emploi

Employé (ou bénévole) :

6. Travail de bureau
7. Travail autre que dans un

**Catégorie A**  
(inclut toutes les activités assises)

Assis  
Debout sans bouger, sans tenir de poids lourds  
Ménage léger (repassage, cuisine, lavage, époussetage)  
Conduite d'un autobus, d'un taxi ou d'un tracteur  
Fabrication de bijoux/tissage  
Travail de bureau  
Marche occasionnelle de courte distance

**Catégorie B**  
(inclut la plupart des activités à l'extérieur)

Transport de charges légères  
Marche continue  
Ménage (lavage de planchers, balayage, grand nettoyage, balayeuse)  
Jardinage (planter, enlever les mauvaises herbes)  
Peinture/plâtre  
Plomberie/soudure  
Électricité

**Catégorie C**  
(travail lourd en industrie, construction, ferme)

Transport de charges de poids moyens à lourds  
Construction lourde  
Travaux de ferme  
Pelletage/creusage  
Bûcher/scier du bois  
Grimper aux arbres/poteaux  
Transport d'eau/bois

**ANNEXE III : QUESTIONNAIRE MAISON**

## Questionnaire sur la pratique d'activités physiques au Centre ÉPIC

1. Depuis les deux dernières années, avez-vous participé aux séances d'exercice du Centre ÉPIC sur une base régulière?  
 Oui                       Non
  - Si oui, combien de fois par semaine? \_\_\_\_\_
  
2. Vous entraînez-vous à l'extérieur du Centre ÉPIC?  
 Oui                       Non
  - Si oui, que faites-vous comme activité physique? (Marche, jogging, natation, jardinage, etc.) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  - Combien de fois au total par semaine? \_\_\_\_\_
  
3. En général, comment qualifiez-vous l'intensité de vos activités?  
 assez facile             un peu difficile         difficile

*Merci de votre précieuse collaboration !*

