



National Library of Canada  
Collections Development Branch

Canadian Theses on  
Microfiche Service

Bibliothèque nationale du Canada  
Direction du développement des collections

Service des thèses canadiennes  
sur microfiche

## NOTICE

The quality of this microfiche is heavily dependent upon the quality of the original thesis submitted for microfilming. Every effort has been made to ensure the highest quality of reproduction possible.

If pages are missing, contact the university which granted the degree.

Some pages may have indistinct print especially if the original pages were typed with a poor typewriter ribbon or if the university sent us a poor photocopy.

Previously copyrighted materials (journal articles, published tests, etc.) are not filmed.

Reproduction in full or in part of this film is governed by the Canadian Copyright Act, R.S.C. 1970, c. C-30. Please read the authorization forms which accompany this thesis.

THIS DISSERTATION  
HAS BEEN MICROFILMED  
EXACTLY AS RECEIVED.

## AVIS

La qualité de cette microfiche dépend grandement de la qualité de la thèse soumise au microfilmage. Nous avons tout fait pour assurer une qualité supérieure de reproduction.

S'il manque des pages, veuillez communiquer avec l'université qui a conféré le grade.

La qualité d'impression de certaines pages peut laisser à désirer, surtout si les pages originales ont été dactylographiées à l'aide d'un ruban usé ou si l'université nous a fait parvenir une photocopie de mauvaise qualité.

Les documents qui font déjà l'objet d'un droit d'auteur (articles de revue, examens publiés, etc.) ne sont pas microfilmés.

La reproduction, même partielle, de ce microfilm est soumise à la Loi canadienne sur le droit d'auteur, SRC 1970, c. C-30. Veuillez prendre connaissance des formules d'autorisation qui accompagnent cette thèse.

LA THÈSE A ÉTÉ  
MICROFILMÉE TELLE QUE  
NOUS L'AVONS REÇUE.

LES INFLUENCES D'UN PROGRAMME DE CONDITIONNEMENT  
PHYSIQUE SUR CERTAINES MESURES DES COMPOSANTES  
TEMPORELLES DU VENTRICULE GAUCHE

PAR


RICHARD ROUTHIER

B.E.P. (avec spécialisation), Université d'Ottawa, 1973.

THESE

Présentée en Exigence Partielle pour  
le grade de Maîtrise ès Sciences  
en Kinanthropologie à l'Ecole des  
Etudes supérieures de l'Université  
d'Ottawa, 1979

Ottawa, Ontario



## RESUME

2

Cette étude fut entreprise afin d'évaluer les effets d'un programme de conditionnement physique d'une durée de douze semaines à une intensité représentant soixante pour cent de la consommation d'oxygène de pointe ( $\dot{V}O_2$ ) sur la durée de certaines composantes temporelles de la systole ventriculaire (STI). Vingt-six volontaires âgés de trente-cinq à cinquante-cinq ans ( $\bar{X} = 44$  ans) ont participé à cette recherche. Trois fois par semaine, les sujets du groupe expérimental se présentèrent au laboratoire de Kinanthropologie pour marcher sur un tapis roulant. Les composantes temporelles et le rapport PEP/LVET ne présentèrent aucune différence significative au début du programme entre les sujets du groupe masculin d'une part et les sujets du groupe féminin de l'autre. L'auteur utilisa une analyse de la variance à une voie pour déterminer si une différence significative existait entre les groupes au début du programme. A la douzième semaine du programme d'entraînement une analyse de la covariance fut utilisée afin de déterminer la possibilité de différences significatives ( $p < .01$ ) entre le groupe expérimental et témoin masculin d'une part, et entre les groupes féminins de l'autre.

Les résultats de cette recherche indiquent que la durée des composantes temporelles (PEP, PEP<sub>c</sub>, QS<sub>2c</sub>, LVET<sub>c</sub>,

ICP; et le rapport PEP/LVET) ne pouvait différencier les groupes expérimentaux des groupes témoins; au repos, quinze et soixante secondes post-exercice à une intensité représentant soixante pour cent de la consommation d'oxygène de pointe ( $\dot{V}O_2$ ), quinze secondes post-exercice à la suite d'une charge intermédiaire équivalente aux deux groupes de sujets ainsi qu'à des fréquences cardiaques de cent dix et cent battements par minute. L'auteur remarqua par contre un allongement significatif des intervalles PEP,  $PEP_C$  et du rapport PEP/LVET soixante secondes post-exercice à la suite de la charge intermédiaire (environ 50% du  $\dot{V}O_2$ ), chez le groupe de sujets masculin. Une comparaison de la durée des composantes temporelles de la première, quatrième, huitième et douzième semaine d'entraînement démontre un allongement significatif ( $p < .01$ ) des intervalles PEP,  $PEP_C$ , ICP ainsi qu'une diminution progressive de la fréquence cardiaque chez le groupe expérimental masculin quinze et soixante secondes post-exercice à une intensité représentant soixante pour cent du  $\dot{V}O_2$  du Pré-Test. Aucune différence significative ne fut observée entre les deux groupes féminins, tout au cours de cette recherche. L'augmentation de la consommation d'oxygène de pointe, la diminution de la fréquence cardiaque durant un effort absolu et durant la récupération démontrent bien l'amélioration de la performance ventriculaire des sujets des groupes expérimentaux. L'auteur a observé l'incapacité des composantes temporelles à différencier les

groupes expérimentaux des groupes témoins au repos et à la suite d'un effort relatif (60% du  $\dot{V}O_2$ ). Par contre l'allongement de PEP,  $PEP_c$  et ICP et la diminution de la fréquence cardiaque à la suite d'un effort standard suggèrent une diminution des effets inotropiques sur le comportement ventriculaire.

## DEDICACE

Je désire dédier cette recherche à mes parents Arthur et Thérèse Routhier ainsi qu'à ma femme Rachelle pour l'encouragement et les sacrifices personnels dont ils ont fait preuve tout au cours de mes études.

## RECONNAISSANCE

L'auteur désire remercier le Dr Maurice Jetté qui par ses conseils et encouragements ont permis la réalisation de cette étude. L'auteur tient également à mentionner l'aide précieuse apportée par les docteurs Denise Grymala, Michael MacConaill et W.A.R. Orban.

Un remerciement tout particulier à Pearl Lok, Monique Carrière, Ajaz Mirza et John Campbell pour leur amitié et aide technique apportée tout au cours de cette recherche.

Cette présente recherche fut faite conjointement avec la thèse de maîtrise de monsieur John Campbell:

"The Effects of a Twelve-week Training Programme consisting of walking or jogging on a treadmill at a Speed Corresponding To Sixty Percent of Peak Oxygen Consumption in Sedentary Men and Women".

L'auteur tient à renvoyer les lecteurs de cette présente thèse à celle de monsieur Campbell pour obtenir les données brutes, les variances et les déviations standards se rapportent aux consommations d'oxygène de pointe, aux fréquences cardiaques ainsi qu'aux vitesses du tapis roulant.

## TABLE DES MATIERES

	Page
LISTE DES TABLEAUX .....	vii
LISTE DES FIGURES .....	viii
 Chapitres	
I. LE PROBLEME .....	1
Introduction .....	1
L'énoncé du problème .....	4
Le besoin de l'étude .....	4
Hypothèse .....	7
L'étendue de l'étude .....	8
Limitations .....	10
Définitions et abréviations .....	11
 II. REVUE DE LA LITTERATURE .....	 15
Les composantes temporelles de la systole ventriculaire gauche .....	15
La période de pré-éjection (PEP) et de contraction isovolumétrique (ICP) .....	17
La valeur normale de la période de pré-éjection .....	20
Relation entre la fréquence cardiaque et la période de pré-éjection .....	21
Période de pré-éjection: explication physiologique .....	24
Valeur de PEP et PEP <sub>C</sub> dans l'évaluation de la performance du myocarde .....	27
L'influence de l'activité physique dynamique sur la durée de PEP .....	29
L'influence de l'entraînement sur la durée de PEP .....	33
Le temps d'éjection ventriculaire gauche .....	36
Valeur normale du temps d'éjection ventriculaire gauche .....	37
Relation entre LVET et la fréquence cardiaque .....	39
Temps d'éjection ventriculaire gauche (LVET): explications physiologiques .....	43
L'influence de l'exercice physique sur la durée de LVET .....	46
L'influence de l'entraînement sur la durée de LVET .....	51

La systole électromécanique (QS <sub>2</sub> ) .....	53
La valeur normale de la systole électromécanique .....	54
Relation entre QS <sub>2</sub> et la fréquence cardiaque .....	55
L'influence de l'exercice physique sur la durée de QS <sub>2</sub> .....	58
L'influence de l'entraînement sur la durée de QS <sub>2</sub> .....	60
La relation mathématique PEP/LVET .....	61
III. LA METHODOLOGIE .....	70
Introduction .....	70
Les sujets .....	70
La séance d'orientation .....	71
Le Pré-Test .....	74
Le traitement expérimental .....	80
L'ajustement de la prescription d'exercice ...	83
Evaluation quantitative des effets de l'entraînement .....	83
Le Post-Test .....	84
Les formules de régression utilisées .....	86
L'équipement utilisé .....	86
L'analyse statistique utilisée .....	87
IV. RESULTATS ET DISCUSSION .....	90
Introduction .....	90
La durée des composantes temporelles .....	92
Au repos .....	92
Quinze et soixante secondes post- exercice à 60% du PVO <sub>2</sub> .....	94
Quinze et soixante secondes à la suite de la charge intermédiaire .....	97
Quinze et soixante secondes post- exercice 60% du Pré-Test; quantifi- cation .....	99
A cent dix et cent battements par minute .....	104
Discussion des résultats .....	104
V. RESUME, CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS .....	117
Résumé .....	117
Conclusions .....	120
Recommandations .....	121
BIBLIOGRAPHIE .....	122

## ANNEXES

	Page
1. Questionnaire de sélection .....	136
2. Feuilles d'enregistrement de données anthropométriques .....	139
3. Information médicale .....	142
4. Exigences à suivre .....	145
5. Formule de consentement .....	146
6. Protocole expérimental .....	148
7. Protocole pour l'enregistrement des composantes temporelles de la systole ventriculaire gauche .....	151
8. Prédiction du $\dot{V}O_2$ par les fréquences cardiaques.	154

## LISTE DES TABLEAUX

TABLEAUX	Page
1. Données anthropométriques et $\dot{V}O_2$ de pointe des sujets masculins .....	72
2. Données anthropométriques et $\dot{V}O_2$ de pointe des sujets féminins .....	73
3. Programme de conditionnement physique du groupe expérimental .....	82
4. Composantes temporelles: Formules de régression et facteurs de correction .....	93
5. Composantes temporelles de la systole ventriculaire au repos .....	95
6. Données générales .....	95
7. Composantes temporelles: 15 et 60 secondes post-exercice à 60% du $P\dot{V}O_2$ .....	96
8. Charge intermédiaire: $\dot{V}O_2$ , Fréquence cardiaque, vitesse, % du $P\dot{V}O_2$ .....	98
9. Composantes temporelles: 15 et 60 secondes post-exercice à 50% du $P\dot{V}O_2$ .....	100
10. Composantes temporelles: au repos: quantification .....	102
11. Composantes temporelles: 15 et 60 secondes post-exercice: quantification .....	103
12. Composantes temporelles: cent dix et cent battements par minute .....	105

LISTE DES FIGURES

FIGURES	Page
1. Les composantes temporelles de la systole ventriculaire gauche .....	14
2. L'équipement utilisé .....	89

## CHAPITRE I

### LE PROBLEME

#### Introduction

L'enregistrement simultané des manifestations externes de l'activité mécanique et électrique du coeur connaît un regain d'intérêt depuis le perfectionnement de l'électronique et des procédés graphiques. Une technique utile qui pourrait offrir une appréciation de la performance du myocarde, est celle de la mesure des différentes composantes temporelles de la systole ventriculaire (Garrard, Weissler et Dodge (1970); Martin, Shaver, Thompson, Reddy et Leonard (1971); Raab (1966); Weissler et Garrard (1971a et b); Whitsett et Naughton (1971)). La méthode a le mérite de l'innocuité, tout en permettant un repérage chronologique précis des différentes phases du cycle cardiaque. Obtenues au moyen de l'enregistrement simultané de l'électrocardiogramme, du phonocardiogramme et du carotidogramme; les composantes temporelles permettent de distinguer entre un fonctionnement cardiaque normal ou anormal ainsi qu'identifier certains stress du myocarde (Berk, et al. (1976); Frank et Habarern (1971); Frank et Kinlaw (1962); Martin, et al. (1976); Rasmussen, et al. (1975)). L'avantage à utiliser cette méthode, est son approche externe (mesures obtenues par des appareils placés à la surface de

la poitrine et du cou seulement). Plusieurs chercheurs (Ahmed, Levinson, Schwartz et Ettinger (1972); Bush, Lewis, Leighton, Fontana et Weissler (1970); Martin, Shaver, Thompson et Leonard (1970); Martin, Shaver, Thompson, Reddy et Leonard (1971); Robinson (1963); Werf de Van, Keesteloot et Geest (1975a et b)) ont comparé ces mesures indirectes aux résultats obtenus au même moment par mesures internes. Les composantes temporelles ont également été utilisées afin d'évaluer les effets de plusieurs programmes de conditionnement physique (Adams, DeVries, Girondola et Bowen (1977); Dutoit (1966); Fardy (1969, 1974a et b); Fardy, Maresh, Abbott et Kristiansen (1976); Franks, Wiley et Cureton (1969); Franks, Wiley et al. (1969); Wiley (1968 et 1971); Wohlert (1975)).

Les expériences de Raab et collègues (1960) démontrèrent une période de tension (PEP) obtenue en position couchée, plus longue chez les athlètes. Il en conclut donc que la période de tension aussi appelée période de pré-éjection, pouvait refléter d'une part l'influence de l'activité sympathique sur le coeur et d'autre part la santé du myocarde. Les récentes recherches de Naughton (1975) indiquent que la période de pré-éjection n'était pas influencée par le niveau de conditionnement physique tandis que la période d'éjection ventriculaire corrigée (LVET<sub>C</sub>), l'était. L'activité physique influence de façon significative le contrôle nerveux du coeur et le métabolisme qui

l'opère. La diminution de la fréquence cardiaque au repos, une augmentation plus lente durant l'exercice physique et une chute plus rapide durant la récupération sont quelques facteurs pouvant différencier l'athlète du sédentaire (Kraus et Raab (1961)). Afin de produire des changements significatifs au niveau du système cardiovasculaire grâce à l'activité physique, il est important de prescrire des exercices physiques selon une durée, fréquence et une intensité bien précise (Ekblom, Kilbom et Soltysiak (1973); Faria (1970); Sharkey (1970)).

De nombreux spécialistes dans le domaine de l'activité physique affirment qu'une intensité représentant soixante pour cent de la consommation maximale d'oxygène et d'une durée minimum de quinze minutes peuvent produire les changements désirés (Faria (1970); Sharkey (1970)). La mesure de la durée des composantes temporelles de la systole ventriculaire pourrait s'avérer utile dans l'évaluation de l'adaptation ventriculaire suite à un programme de conditionnement physique.

Les différents schèmes expérimentaux utilisés lors de la mesure des composantes temporelles varient selon l'intensité (faible ou moyenne), la nature des exercices (escaliers, ergocycle, tapis roulant), et la position des sujets (assise ou couchée) durant l'enregistrement des données. Le manque de contrôle de la variable activité physique incite à poursuivre les recherches dans cette direction.

## L'énoncé du problème

Cette étude fut entreprise afin d'évaluer les effets d'un programme de conditionnement physique sur différents paramètres de la systole ventriculaire de sept hommes et six femmes sédentaires. Les différentes composantes temporelles étudiées furent:

- la systole (électromécanique (QS<sub>2</sub>))
- le temps d'éjection ventriculaire gauche (LVET)
- la période de pré-éjection (PEP)
- la période de contraction isovolumétrique (ICP)

et finalement,

- la relation entre la période de pré-éjection et d'éjection ventriculaire (PEP/LVET)

Le programme de conditionnement physique d'une durée de douze semaines à raison de trois séances de trente minutes par semaine, se déroula sur un tapis roulant à une intensité représentant environ soixante pour cent de la consommation d'oxygène de pointe (PVO<sub>2</sub>) des sujets.

## Le besoin de l'étude

Certains aspects de la capacité fonctionnelle du coeur peuvent être évalués grâce à l'enregistrement simultané de l'électrocardiogramme, du phonocardiogramme et du carotidogramme. Il est relativement facile d'appliquer ces mesures au repos, mais plusieurs difficultés surgissent durant l'exercice. L'évaluation de la systole ventriculaire à

l'effort offre par contre des informations uniques sur le fonctionnement du ventricule gauche au travail (Agress et Wegner (1968); Jones et Foster (1964); Poliş, Ghuys, Smets, Dekeyser, Messin et Vancrombreucg (1971); Willems et Kestoloot (1967)).

L'enregistrement des composantes temporelles s'effectuent ordinairement en position couchée durant la cathétérisation cardiaque ou pendant l'enregistrement de l'électrocardiogramme. Très souvent, à la suite d'un exercice en position droite, plusieurs chercheurs replacent les sujets en position allongée pour l'enregistrement des composantes temporelles (Aronow (1970); Fardy, Maresh, Abbott et Kristiansen (1976); Pouget, Harris, Mayson et Naughton (1971)).

La posture peut influencer particulièrement la performance cardiovasculaire au repos, et tout spécialement l'ondée systolique en passant du repos à l'exercice (Braunwald, Sonnenblick, Ross, Glick et Epstein (1967)).

La posture est si importante qu'il est difficile de comparer les résultats des différentes recherches, si au départ on ne tient compte de cette variable. La comparaison de la durée de certaines composantes temporelles d'individus actifs et de sédentaires permet d'obtenir des informations sur l'adaptation cardiovasculaire causée par l'entraînement physique. Le manque de contrôle des variables sujets et programmes de conditionnement physique permettent

difficilement aux chercheurs d'évaluer quantitativement les résultats obtenus.

Les composantes temporelles doivent être corrigées pour les effets de la fréquence cardiaque (Weissler, Peeler, et Rochill (1961)). Quelques auteurs doutent encore de la validité de cette procédure (Fardy, Maresh, Abbott et Kristiansen (1976)).

L'utilisation des formules de régression limite souvent l'interprétation des résultats à la position dans laquelle les mesures furent enregistrées (Cardus et Vera (1974)). La formule la plus fréquemment utilisée est celle de Weissler, Harris et Schoenfeld (1968), obtenue chez des individus normaux et quelques cardiaques en position couchée. Durant l'enregistrement des données, les fréquences cardiaques variaient entre cinquante-cinq et cent dix battements par minute. Une relation linéaire inverse fut obtenue entre la fréquence cardiaque et les composantes temporelles (PEP, LVET, QS<sub>2</sub>).

La linéarité de la régression ne peut être assurée pour des fréquences cardiaques au-dessus et au-dessous de ces valeurs. L'association fréquence cardiaque et composantes temporelles n'indiquent pas nécessairement une relation causale entre ces deux éléments. La diversité des formules de régression obtenues au repos (Fardy, Maresh, Abbott et Kristiansen (1976); Lindquist, Spangler et Blorint (1973); Weissler, Peeler et Rochill (1961); Willems

et Kestoloot (1967)) et le manque de consensus pour l'utilisation d'une formule universelle durant et à la suite d'exercices physiques (Fardy, Maresh, Abbott et Kristiansen (1976); Spodick et Quarry-Pigott (1973)) contribuent à la diversité des résultats entre chercheurs.

L'objectif de cette étude était d'évaluer les effets d'un programme de conditionnement physique d'une durée de 12 semaines, à une intensité représentant soixante pour cent de la consommation d'oxygène de pointe des sujets, sur la durée de certaines composantes temporelles de la systole ventriculaire gauche obtenue au repos et à la suite d'un effort sur le tapis roulant.

Hypothèse

I. La durée des composantes temporelles ( $QS_{2c}$ ,  $LVET_c$ ,  $ICP$ ,  $PEP$ ,  $PEP_c$ ,  $PEP/LVET$ ) sera la même chez le groupe expérimental et chez le groupe témoin à la fin de la période d'entraînement:

- la même au repos en position assise
- la même 15 et soixante secondes à la suite d'un travail exigeant soixante pour cent de la consommation d'oxygène de pointe des sujets
- et la même 15 et 60 secondes à la suite d'une charge intermédiaire, représentant pour le groupe expérimental aux valeurs absolues du pré-test, et pour le groupe témoin à une charge de valeur énergétique équivalente.

II. La durée des composantes temporelles ne sera pas influencée par une diminution progressive de la fréquence cardiaque, telle que mesurée à la 1<sup>ère</sup>, 4<sup>e</sup>, 8<sup>e</sup> et 12<sup>e</sup> semaine d'entraînement au repos et (15 et 60 secondes) à la suite d'un travail exigeant 60% de la consommation d'oxygène de pointe, telle que mesurée au pré-test.

III. La durée des composantes temporelles ne peut différencier le groupe expérimental du groupe témoin à une fréquence cardiaque identique (110 et 100 battements/minute) obtenue durant la période de récupération en position assise.

#### L'étendue de l'étude

L'étude fut entreprise afin d'évaluer les influences d'un programme de conditionnement physique, sur la durée de certaines composantes temporelles de la systole ventriculaire gauche. Vingt-six volontaires âgés de trente-cinq à cinquante-cinq ans, ont participé à cette recherche. Le groupe expérimental fut composé de sept hommes et six femmes à l'emploi de l'Université d'Ottawa durant l'année 1975-1976. Le groupe témoin fut composé également de sept hommes et six femmes de la région d'Ottawa, intéressés à participer à cette recherche. Tous les sujets étaient en bonne santé et ne devaient avoir participé à aucun programme de conditionnement physique depuis les trois dernières années. Les sujets participèrent à une séance d'orientation en laboratoire avant l'enregistrement des données au pré-test. Les

sujets furent évalués les deux premières semaines de janvier 1976.

Le programme de conditionnement physique du groupe expérimental débuta la troisième semaine de janvier et se termina à la fin du mois de mai 1976, période à laquelle les groupes expérimentaux et témoins furent réévalués.

Le programme de conditionnement physique se déroula aux jours et aux heures fixés par le sujet. Trois fois par semaine, les participants furent placés sur le tapis roulant, à une vitesse représentant une dépense énergétique équivalente à soixante pour cent de leur consommation d'oxygène de pointe. La prescription d'exercice fut ajustée à la sixième semaine de l'entraînement.

La cueillette des données s'effectua à quatre occasions différentes. L'examen médical, l'électrocardiogramme au repos, quelques mesures anthropométriques furent obtenues durant la première session. Afin d'obtenir avec exactitude, la consommation d'oxygène de pointe, les sujets se présentèrent au laboratoire de Kinanthropologie de l'Université d'Ottawa, à deux occasions différentes. Ces séances permirent aux chercheurs et aux sujets de s'acclimater à l'équipement et aux procédures de la recherche. Durant la quatrième session, une mesure des composantes temporelles de la systole ventriculaire gauche fut obtenue; au repos en position assise, 15 et 60 secondes à la suite d'un travail sur le tapis roulant exigeant soixante pour cent de

la consommation d'oxygène de pointe du sujet. Une charge équivalente intermédiaire fut aussi obtenue durant cette session. Les composantes temporelles furent également mesurées à des fréquences cardiaques de 110 et 100 battements par minute.

### Limitations

I. Les sujets participants à cette recherche furent recrutés parmi le personnel attaché à l'Université et parmi des volontaires de la région d'Ottawa. Tous étaient âgés entre trente-cinq et cinquante-cinq ans et ne devaient avoir participé à aucun programme de conditionnement physique depuis les trois dernières années.

II. Le nombre de sujets fut limité par le critère de disponibilité.

III. Le succès du traitement réside sur la participation du groupe expérimental au programme de conditionnement physique et sur l'abstention du groupe témoin à toutes activités physiques régulières au cours de la recherche.

IV. La vulgarisation des résultats obtenus est limitée au contexte dans lequel la recherche s'est déroulée. Le nombre et la nature du groupe de sujets, l'équipement utilisé, les formules de régression utilisées, les conditions en laboratoire et l'intensité du programme de conditionnement physique contribuent à rendre les résultats très spécifiques.

V. La fermeture de la valvule mitrale et tricuspide, composante du premier bruit cardiaque ( $S_1$ ), fut difficile à

enregistrer avec précision et offre une possibilité d'erreur dans la mesure de la période de contraction isovolumétrique (ICP).

VI. L'étude fut aussi limitée à la possibilité de pouvoir évaluer la performance cardiaque au moyen des composantes temporelles durant la récupération d'un effort physique.

### Définitions et abbréviations

Les composantes temporelles de la systole ventriculaire gauche (ST1) telles que mesurées grâce au phonocardiogramme, au carotidogramme et à l'électrocardiogramme reflètent les manifestations externes de l'activité électrique et mécanique du coeur.

La systole électromécanique (QS<sub>2</sub>) comme son nom l'indique est composée de la durée mécanique et électrique de la systole ventriculaire. Elle débute à l'initiation de la dépolarisation ventriculaire (onde Q sur l'électrocardiogramme) et se poursuit jusqu'à la fermeture des valvules sigmoïdes (S<sub>2</sub>). S<sub>2</sub> représente le premier bruit de haute intensité enregistré par la fermeture des valvules sigmoïdes. La durée de cet intervalle est directement reliée à la fréquence cardiaque et peut être corrigée par plusieurs formules de régression.

Le temps d'éjection ventriculaire (LVET) est la période durant laquelle le sang est propulsé de façon active hors du coeur. Les modifications mécaniques de la paroi

carotidienne pendant le passage de l'onde pulsatile permettent d'inscrire une courbe externe sur le carotidogramme. La période d'éjection ventriculaire est mesurée à partir de l'ascension brusque du pouls carotidien, et se termine par l'incisure catacrote C profonde et aigüe, suivie de l'onde dicrote D, ample. La durée de cet intervalle est directement reliée à la fréquence cardiaque et peut aussi être corrigée par des formules de régression.

La période de pré-éjection (PEP), s'obtient de la dépolarisation ventriculaire mesurée à partir de l'onde Q sur l'électrocardiogramme, jusqu'au début de l'éjection ventriculaire. L'intervalle s'obtient en soustrayant la période d'éjection ventriculaire gauche de la systole électromécanique. ( $PEP = QS_2 - LVET$ ).

La systole mécanique ( $S_1S_2$ ) est la période comprise entre la fermeture de la valvule mitrale ( $S_1$ ) et la valvule sigmoïde ( $S_2$ ).

La période de contraction isovolumétrique (ICP) est la période pendant laquelle le sang, sans changement dans le volume du ventricule, est activement comprimé, afin d'augmenter la pression intra-ventriculaire. On obtient cette période en soustrayant la période d'éjection ventriculaire de la systole mécanique. ( $ICP = S_1S_2 - LVET$ ).

La fréquence cardiaque (FC) est le nombre de battements cardiaques enregistrés pendant une minute. Elle se calcule à partir de cette formule.

$$FC = \frac{100}{RR} \times 60$$

100 = vitesse du papier 100 mm/seconde

60 = nombre de secondes par minute

RR = durée en milliseconde entre deux ondes R sur l'électrocardiogramme.

La consommation d'oxygène de pointe (PVO<sub>2</sub>) est la quantité maximale d'oxygène (ml/kg/min) absorbée par un sujet lorsque ce dernier est exercé jusqu'à sa limite personnelle.

FIGURE 1

LES COMPOSANTES TEMPORELLES  
DE LA SYSTOLE VENTRICULAIRE GAUCHE

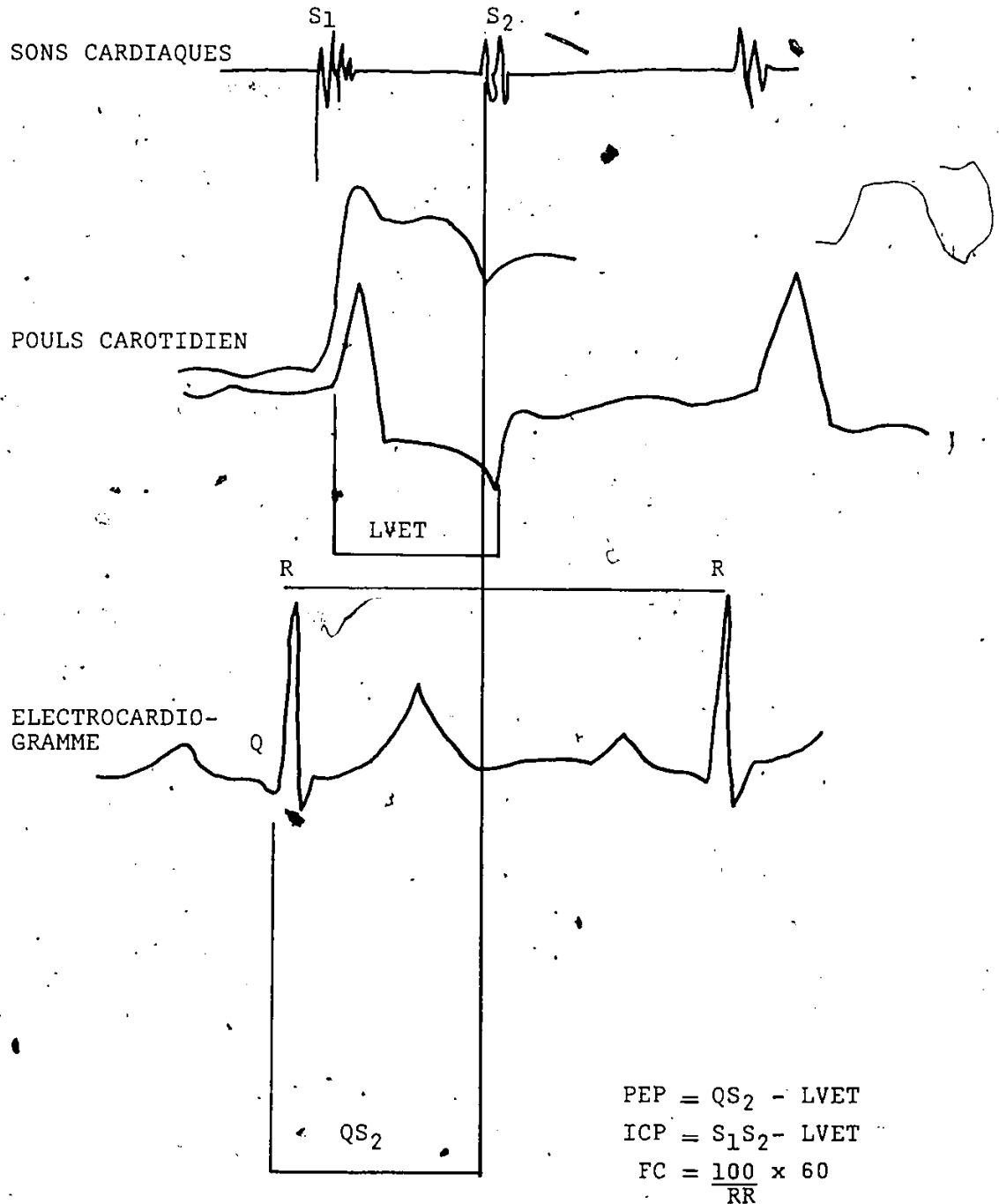
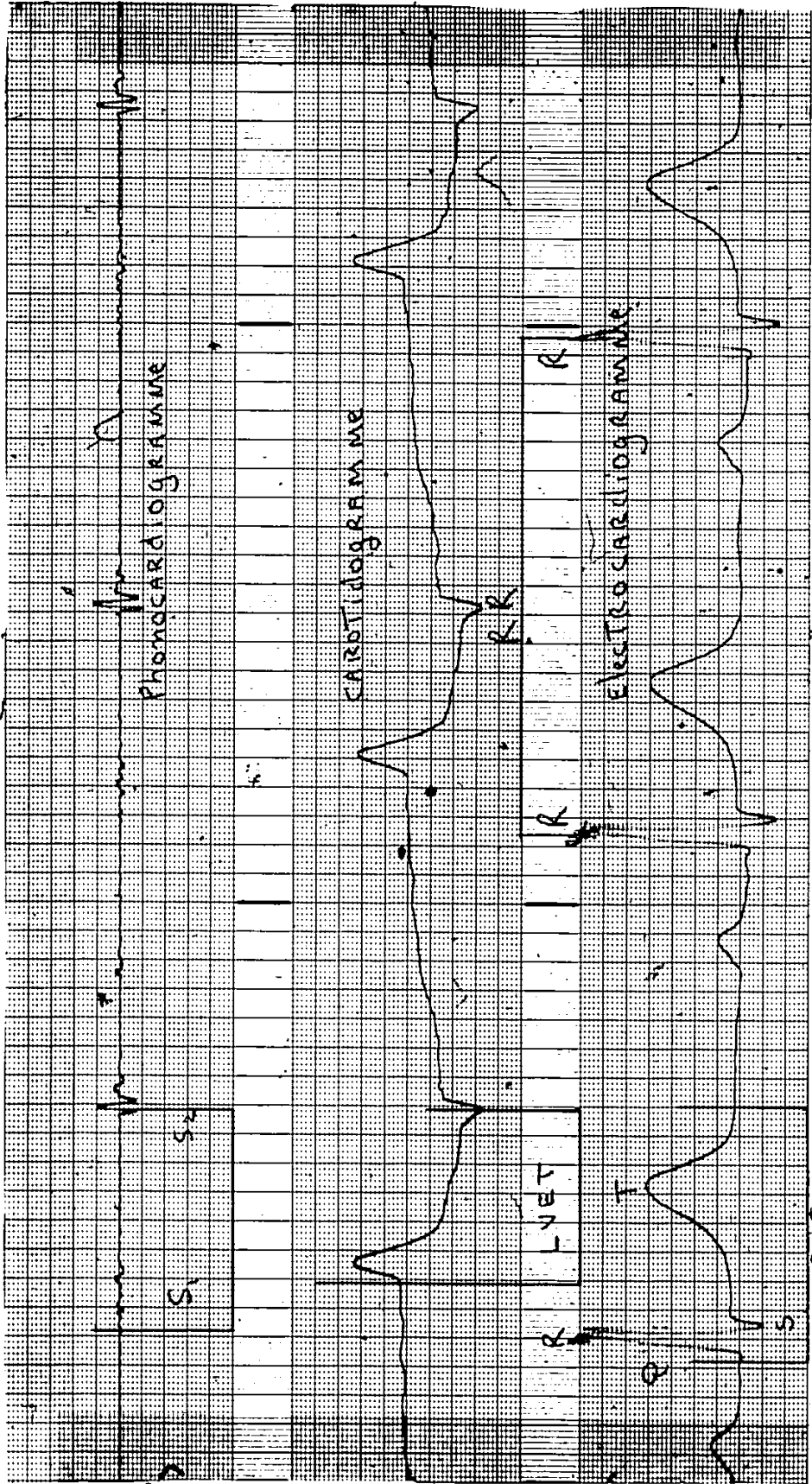


FIGURE 1(a)

LES COMPOSANTES TEMPORELLES  
DE LA SYSTOLE VENTRICULAIRE GAUCHE



## CHAPITRE II

### REVUE DE LA LITTERATURE

Cette étude fut entreprise afin d'évaluer les effets d'un programme de conditionnement physique de douze semaines sur la durée de certaines composantes temporelles de la systole ventriculaire gauche (QS<sub>2c</sub>, PEP, ICP, LVET<sub>c</sub>, PEP<sub>c</sub> et le rapport PEP/LVET) obtenue au repos et à la suite (15 et 60 secondes) d'un effort exigeant soixante pour cent de la consommation d'oxygène de pointe (PVO<sub>2</sub>) des sujets. La revue de la littérature portera son attention sur l'histoire, la physiologie et surtout la capacité des composantes temporelles à évaluer la performance du myocarde au repos, durant l'exercice et la période de récupération chez une population saine.

#### Les composantes temporelles de la systole ventriculaire gauche

Les composantes temporelles de la systole ventriculaire traduisent un aspect fondamental de l'activité cardiaque. L'avantage incontestable de cette méthode est son approche externe. Son existence remonte à déjà plus de cent années. Rivé (1866) et Landois (1872) furent les premiers à obtenir des renseignements sur le comportement ventriculaire gauche grâce à cette technique. La découverte du kymographe en 1847 (Katz et Feil (1923)) et l'adaptation

du sphygmographe par Marey ont permis très tôt d'enregistrer les pulsations artérielles chez l'homme. En 1874 Garrod étudia la relation entre la fréquence cardiaque et le temps d'éjection ventriculaire gauche (LVET) obtenu du pouls radial. Une relation linéaire inverse entre la fréquence cardiaque (FC) et LVET fut dès lors établie. Bowen en 1904 enregistra le pouls artériel carotidien à la suite d'un effort de courte durée.

Il existait déjà au début du siècle dernier une documentation assez imposante sur la valeur, l'utilité et la possibilité d'évaluer la performance ventriculaire gauche au moyen des composantes temporelles. Le travail de Wiggers (1921a et b) a permis d'isoler et de mieux comprendre les différentes phases de la systole ventriculaire humaine. L'utilisation de l'électrocardiogramme, du phonocardiogramme et du pouls artériel sous-claviculaire ont permis à Katz et Feil (1923); Feil et Katz (1924) d'étudier le comportement ventriculaire gauche chez des sujets atteints de troubles cardiovasculaires. Malgré une littérature volumineuse sur la validité des composantes temporelles à pouvoir identifier certains comportements anormaux; on hésitait à utiliser cette méthode de façon routinière. Le développement récent des méthodes directes d'évaluation ventriculaire ont confirmé que les phases de la systole ventriculaire étaient influencées par le volume sanguin, la pression intra-ventriculaire et par les changements inotropes à l'intérieur

du myocarde (Harley, Starmer et Greenfield (1969); Harris, Schoenfeld, Arnold et Weissler (1967); Reeves, Hefner, Jones, Coghlan et al. (1960); Wayne (1973)). (Blumberger et Meiner (1959) constatèrent une grande stabilité des composantes temporelles de la systole ventriculaire malgré une variabilité dans le volume ventriculaire d'un battement à l'autre. Les études des dernières années (Bennet, Smitten et Sowtan (1971); Berk et al. (1976); Hodges, Halpern, Friesinger et al. (1972); Leighton, Weissler, Weinstein et Wooley (1971); Lewis (1975); Lewis, Boudoulas, Forester et al. (1972); Lewis, Welch, Boudoulas et Forester (1976); Meng, Hullander et al. (1975); Meng, Liebson, Hollander, Teran et Barresi (1976); Nagvi, Chisholm, Standin et Shane (1976); Stack, Lee, Reddy, Taylor et Weissler (1976); Werf De Van, Kesteloot et Geest (1975a et b) ont permis de comprendre et surtout apprécier la valeur et les limitations de cette méthode indirecte d'évaluation cardiaque.

#### La période de pré-éjection (PEP) et de contraction isovolumétrique (ICP)

La période de pré-éjection (PEP) est la période de temps s'écoulant de la dépolarisation ventriculaire jusqu'à l'ouverture de la valvule aortique (Wiggers (1921)). Elle se mesure à partir de l'onde Q sur l'électrocardiogramme jusqu'à la montée rapide de l'onde pulsatile carotidienne (Frank et Kinlaw (1962); Wiggers (1921a)). Durant la période de contraction isométrique alors que les valvules

mitrales et aortiques sont fermées, la pression ventriculaire se développe dans une cavité isovolumétrique. En tenant compte des déviations reliées à la dépolarisation ventriculaire, l'intervalle PEP au travers ses sous-intervalles  $QS_1$  et ICP peut aider dans l'évaluation de la capacité fonctionnelle du myocarde, appelée par certains auteurs "contractilité" (Ahmed, Levinson, Schwartz et Ettinger (1972); Blumberger et Meiner (1959); Frank et Kinlaw (1962); Harris, Schoenfeld, Arnold et Weissler, (1967); Hodges, Halpern, Friesinger et al. (1972); Martin, Shaver, Thompson, Reddy et Leonard (1971); Metzger, Chough, Kroetz et Leonard (1970); Raab et al. (1960); Raab (1966); Siegel et Sonnenblick (1963)). On obtient PEP en soustrayant le temps d'éjection ventriculaire (LVET) de la systole électromécanique ( $QS_2$ ).

PEP, telle que mesurée de l'onde Q sur l'électrocardiogramme jusqu'à la montée rapide du pouls carotidien comprend également le laps de temps qui s'écoule entre le temps d'éjection ventriculaire mesuré de façon interne et celui capté par le carotidogramme. Une différence de 15 à 45 millisecondes a été enregistrée par différents chercheurs (Bush, Lewis, Leighton, Fontana et Weissler (1970); Martin, Shaver, Thompson et Leonard (1970); Martin, Shaver, Thompson, Reddy et Leonard (1971)). Récemment (Werf De Van, Kesteloot et Geest (1975a et b)), certaines composantes temporelles (PEP, LVET) obtenues à partir du pouls carotidien

ont été comparées à celles obtenues au même moment à l'aide d'un micromanomètre de très grande précision introduit dans l'aorte ascendante. Une corrélation très élevée ( $r : 0.98$ ) fut obtenue entre PEP mesurée directement et indirectement chez des cardiaques en position couchée.

L'enregistrement simultané de l'électrocardiogramme, du phonocardiogramme et du carotidogramme permet de diviser PEP en deux sous-intervalles distincts: (1) le sous-intervalle  $QS_1$ , qui s'étend de l'onde Q sur l'électrocardiogramme jusqu'au premier bruit cardiaque ( $S_1$ ) et (2) le sous-intervalle ICP ou période de contraction isovolumétrique qui s'étend du premier bruit cardiaque jusqu'à l'ouverture de la valvule aortique. On obtient généralement ICP en soustrayant de la systole mécanique ( $S_1S_2$ ) le temps d'éjection ventriculaire gauche (LVET) (Aronow, Bowyer et Kaplan (1971); Weissler et Garrard (1971); Weissler, Harris et Schoenfeld (1969)). L'intervalle  $QS_1$  représente non-seulement la période de latence électromécanique mais également la période durant laquelle la pression intraventriculaire diastolique s'élève jusqu'à la fermeture de la valvule mitrale (Lewis (1975)). La relation étroite existant au repos entre PEP et la capacité ventriculaire gauche telle que mesurée par angiographie, se prête à une meilleure corrélation ( $r : 0.79$ ) que chacun des sous-intervalles utilisés séparément (Lance et Spodick (1976)). Martin, Shaver, Thompson, Reddy et Leonard (1971) ont

obtenu une corrélation élevée ( $r : 0.90$ ) entre PEP obtenue directement et ICP obtenue de façon externe. La relation entre ICP interne et externe était par contre plus faible ( $r : 0.75$ ). PEP semble être plus utile que chacun des intervalles étudiés séparément (Cardus et Vera (1974); Harris, Schoenfeld, Arnold et Weissler (1967); Lewis (1975); Lewis, Welch, Boudoulas et Forester (1976)).

#### La valeur normale de la période de pré-éjection

La période de pré-éjection peut être influencée par divers facteurs tels: l'activité physique (Naughton (1975); Pouget, Harris, Mayson et Naughton (1971)), l'anxiété (Harris, Schoenfeld, Arnold et Weissler (1967)), la position des sujets (Nazarov et Musiichuk (1965); Wiley (1970)), la pré-charge, la post-charge (Wiggers (1921a et b)), et par des changements inotropes à l'intérieur du myocarde (Cardus et Vera (1974)). La durée normale de PEP telle que mesurée par Blumberger (1959) se situe entre cinquante et cent cinq millisecondes, chez des sujets normaux en position couchée. Frank (1962) enregistra une durée moyenne de  $105 \pm 17$  msec. chez un groupe de sujets mâles dans la même position. Naughton (1975), Whitsett et Naughton (1971), Fardy, Maresh, Abbott et Kristiansen (1976), Xenakis, Quarry et Spodick (1974) ont obtenu au cours de leurs recherches des durées variant de 60 à 125 millisecondes chez des sujets normaux en position couchée. La posture influence la performance cardiovasculaire au repos et tout particulièrement la durée.

de la période de pré-éjection du repos à l'effort (Braunwald, Sarnoff et Stainsby (1958); Braunwald, Sonnenblick, Ross, Glick et Epstein (1967), Braunwald, Moscovitz et al. (1955); Stafford, Harris et Weissler (1970)). Nazarov et Musiichuk (1965) ont observé un allongement de la période de pré-éjection en passant de la position allongée à la position assise (de  $91 \pm 10$  msec. à  $109 \pm 12$  msec.). Wiley enregistra une différence de 9 millisecondes entre les deux positions ( $102 \pm 8$  msec. en position allongée et  $111 \pm 10$  msec. en position assise) (Wiley (1970-1971)). Spodick et Quarry-Pigott (1973) et Cardus et Vera (1974) ont également observé ce phénomène. La durée de la période de pré-éjection en position assise varie normalement entre 90 et 144 millisecondes, chez des sujets en bonne santé telle qu'observée chez ces différents chercheurs..

La période de latence électromécanique (QS<sub>1</sub>) tend à augmenter légèrement en passant de la position allongée à la position assise. ICP par contre s'allonge significativement ( $p < .01$ ) (Cardus et Vera (1974)). Les modifications temporelles de la période de contraction isovolumétrique (ICP) sont semblables à celles observées au même instant chez l'intervalle PEP.

#### Relation entre la fréquence cardiaque et la période de pré-éjection.

L'augmentation de la fréquence cardiaque chez l'homme au moyen d'un agent pharmacologique tel atropine ou par

stimulation auriculaire tend à diminuer le débit systolique sans toutefois réduire de façon significative la durée de la période de pré-éjection (Harris, Schoenfeld, Arnold et Weissler (1967); Leighton, Zaron, Robinson et Weissler (1969); Leighton, Weissler, Weinstein et Wooley (1971)).

Une relation faible mais toutefois significative entre PEP et la fréquence cardiaque fut établie par Weissler, Harris et Schoenfeld (1968) chez 121 hommes et 90 femmes en position allongée. Montoye, Willis, Keller et Metzner (1972); Cardus et Vera (1974); Harrison, Dison, Russel, Bidwai et Coleman (1964); Maher, Beller, Ransil et Hartley (1974); Fabian, Epstein et al. (1972); Hoeven, Clerens, Donders, Beneken et Vonk (1977) ont confirmé cette faible relation entre ces deux facteurs. La formule de correction la plus fréquemment utilisée est celle de Weissler, Harris et Schoenfeld (1968) ( $PEP_c = PEP \text{ mesuré} + 0.4 \times \text{fréquence cardiaque}$ ).  $PEP_c$  indique l'intervalle corrigé pour les effets de la fréquence cardiaque chez les hommes et les femmes. Raab (1966) cite plusieurs recherches n'ayant pu démontrer cette relation significative entre PEP et FC au repos et à la suite d'efforts physiques. Lewis, Welch, Boudoulas et Forester (1976) recommandent fortement l'utilisation de formules de prédictions lorsque les conditions de la recherche comparent deux groupes de sujets de différentes populations (hypertensifs versus normaux; cardiaques versus normaux). L'utilisation de formules de régression ne

peut identifier les effets directs de la fréquence cardiaque sur la durée de la période de pré-éjection mais démontre plutôt la relation statistique étroite existant entre ces deux facteurs.

La relation entre PEP et FC au repos tend à disparaître complètement durant l'activité physique (Montoye, Willis, Keller et Metzner (1972); Tharp (1964)). Au repos, durant l'activité physique et le recouvrement, la relation entre FC et ICP est faible et semble justifier l'utilisation de formules de régression lorsque différentes populations doivent être comparées (Cardus et Vera (1974)). Plusieurs chercheurs corrigent les composantes temporelles enregistrées durant l'exercice physique par des formules obtenues au repos (Aronow, Bowyer et Kaplan (1971); McConahay, Martin et Cheitlin (1973); Naughton (1975); Pigott, Spodick, Rectra et Kham (1971); Plowman (1966); Pouget, Harris, Mayson et Naughton (1971)). Maher, Beller, Ransil et Hartley (1974) démontrèrent une différence significative entre la durée de certaines composantes temporelles de la systole ventriculaire (PEP, LVET) mesurée directement durant l'effort physique et celles prédites durant l'effort par des formules obtenues au repos.

La relation entre PEP et FC pousse certains chercheurs à utiliser des formules de prédictions obtenues dans des conditions de recherche autres que les leurs (Hoeven, Clerens, Donders, Beneken et Vonk (1977); Aronow, Bowyer

et Kaplan (1971); McConahay, Martin et Cheitlin (1973); Naughton (1975); Pigott, Spodick, Rectra et Kham (1971); Plowman (1966); Pouget, Harris, Mayson et Naughton (1971)) alors que d'autres (Fardy, Maresh, Abbott et Kristiansen (1976) croient qu'une utilisation aveugle de ces dernières peuvent masquer des changements physiologiques qui pourraient autrement passer inaperçus. La relation faible entre PEP et FC au repos et non-significative durant l'exercice physique porte plusieurs chercheurs à ne pas appliquer de facteurs de correction à la période de pré-éjection lorsque des groupes de sujets issus d'une même population doivent être comparés (Naughton (1975)).

#### Période de pré-éjection: explication physiologique

Les composantes temporelles de la systole ventriculaire réfèrent à différentes phases de la systole ventriculaire gauche. La durée de la période de pré-éjection (PEP) et de contraction isovolumétrique (ICP) est influencée par des changements hémodynamiques et mécaniques à l'intérieur du coeur durant l'enregistrement des données. Wiggers (1921a et b) a démontré que l'augmentation du retour veineux pouvait raccourcir la période de contraction isovolumétrique mesurée directement. Katz et Feil (1923) et Feil et Katz (1924) ont expliqué leurs résultats en indiquant qu'une période de contraction plus courte pouvait indiquer une accélération de la contraction ventriculaire.

Braunwald, Sarnoff et Stainsby (1958); Braunwald, Sonnenblick, Ross, Glick et Epstein (1967); Braunwald, Moscovitz et al. (1955) en contrôlant la pré-charge et la post-charge ont démontré qu'une augmentation du retour veineux réduisait la période de contraction isovolumétrique alors qu'une diminution produisait l'effet contraire. Ils ont également démontré que l'augmentation de la pression aortique diastolique alors que le retour veineux et la fréquence cardiaque étaient contrôlés pouvait allonger la période de contraction isovolumétrique.

L'augmentation de la fréquence cardiaque au moyen de produits pharmaceutiques cause une augmentation de la contractilité du myocarde (phénomène de Treppe), accélère la montée de la pression intraventriculaire et diminue la durée de la période de pré-éjection (PEP). Par contre l'augmentation de la fréquence cardiaque lorsque les besoins métaboliques ne le requièrent pas, est accompagnée par une diminution marquée du volume ventriculaire fin-diastole qui au travers du mécanisme de Frank et Starling contribue à diminuer le débit systolique et ralentir la montée de la pression intraventriculaire (Harris, Schoenfeld, Arnold et Weissler (1967); Reeves, Hefner, Jones, Coghlan et al. (1960)). La diminution du volume et de la pression ventriculaire fin-diastole durant la stimulation auriculaire tendent aussi à élever la pression aortique diastolique (Harris; Schoenfeld, Arnold et

Weiessler (1967); Leighton, Zaron, Robinson et Weissler (1969)). La différence plus grande entre la pression ventriculaire et aortique fin-diastole contribue également à allonger la période de pré-éjection. L'augmentation de la fréquence cardiaque n'influence que très peu la durée de la période de pré-éjection puisque au même moment, plusieurs facteurs tendent à la réduire et l'allonger (Leighton, Zaron, Robinson et Weissler (1969); Leighton, Weissler, Weinstein et Wooley (1971); Salzman, Wolfson, Jackson et al. (1971)). La durée de PEP reflète surtout les changements dans la montée de la pression intraventriculaire fin-diastole, jusqu'à son niveau aortique diastolique ( $dp/dt$ )\* (Lewis (1975)).

La période de pré-éjection est influencée par le retour veineux (pré-charge), la pression aortique diastolique (post-charge) et par la rapidité avec laquelle la pression intraventriculaire fin-diastole atteint son niveau aortique diastolique ( $dp/dt$ ). Il ne faut pas oublier qu'une augmentation de la contractilité et du retour veineux durant l'exercice physique réduisent PEP et augmentent le débit systolique et cardiaque (Harley, Starmer et Greenfield (1969); Weissler, Harris et Schoenfeld (1968); Weissler, Harris et Schoenfeld (1969)). Les expériences de Talley, Meyer et McMay (1971) chez des chiens endormis ont démontré

---

\*  $dp/dt$  = exprime la rapidité des changements de la pression intraventriculaire versus le temps écoulé.

que la période de pré-éjection mesurée de façon externe était raccourcie par une augmentation de la contractilité, une élévation du volume et de la pression intraventriculaire fin-diastole et n'était que très peu touchée par une augmentation de la fréquence cardiaque. Quoique la contractilité du myocarde est l'un des facteurs les plus importants influençant la durée de PEP, l'intervalle ne peut en lui-même refléter la contractilité du myocarde. Par contre si on pouvait contrôler ou au moins prédire le volume et la pression intraventriculaire fin-diastole ainsi que la pression aortique, PEP pourrait alors évaluer de façon assez exacte, la contractilité du myocarde. La période de pré-éjection est très utile dans l'évaluation de la performance du myocarde et non de la contractilité, chez des sujets sains comme chez des cardiaques.

#### Valeur de PEP et $PEP_C$ dans l'évaluation de la performance du myocarde

Malgré une utilisation de plus en plus répandue des composantes temporelles de la systole ventriculaire, un certain désaccord persiste quant à la valeur prédictive de  $PEP_C$  dans l'évaluation d'une performance cardiovasculaire normale et anormale (Lewis, Welch, Boudoulas et Forester (1976); Meng, Liebson, Hollander, Teran et Barresi (1976)). L'allongement de  $PEP_C$  et une réduction du temps d'éjection ventriculaire gauche  $C$  dénotent ordinairement une diminution

de la performance du myocarde (Blumberger et Meiner (1959); Jezek (1963); Lewis (1975); Lewis, Boudoulas, Forester et al. (1972); Lewis, Welch, Boudoulas et Forester (1976); Weissler, Harris et Schoenfeld (1968a et b, 1969); Weissler, Peeler et Rochill (1961); Weissler, Kamen, Bornstein, Schoenfeld et Cohen (1965); Weissler et Garrard (1971a, b et c); Weissler, Harris et White (1963)). L'allongement anticipé de  $PEP_c$  peut souvent être masqué par une augmentation des catécholamines sanguines, phénomène très commun lors d'accidents cardiovasculaires (Hayashi, Moss et Yu (1969)).

L'augmentation des catécholamines accélère la montée de la pression intraventriculaire et par conséquent diminue la durée de la période de contraction isovolumétrique et de pré-éjection (Metzger, Chough, Kroetz et Leonard (1970)). La durée de  $PEP_c$  lors d'un infarctus du myocarde peut être normale ou plus courte qu'anticipée. Lewis (1975); Lewis, Boudoulas, Forester et al. (1972); Lewis, Welch, Boudoulas et Forester (1976) expliquent qu'une durée normale de  $PEP_c$  lors d'un infarctus, lorsqu'on peut s'attendre à une augmentation significative des catécholamines sanguines et cardiaques peut refléter une diminution de la performance du myocarde. Il faut par contre se rappeler que certains patients à la suite d'accidents cardiovasculaires peuvent maintenir une performance ventriculaire dans les limites de la normale. Meng, Liebson, Hollander, Teran et Barresi (1976) trouvèrent une différence significative ( $P < .001$ ) entre la durée de  $PEP_c$  de

patients souffrant d'une, deux ou trois artères coronaires malades. La période de pré-éjection<sub>c</sub> la plus longue était notée chez les sujets dont les trois artères coronaires étaient atteintes. Lorsque la pré-charge et la post-charge peuvent être maintenues à l'intérieur de limites normales et acceptables, une diminution de la performance du myocarde cause un allongement de PEP<sub>c</sub> (Bennet, Smitten et Sowntan (1971); Diamant et Killip (1970); Diamond, Forrester, Chatterjeek et al. (1972); Weissler, Harris et Schoenfeld (1968a)). Les composantes temporelles ne peuvent cerner le type de blessures cardiaques mais plutôt noter si une diminution de la performance du myocarde peut en résulter (Frank et Kinlaw (1962); Hamosh, Cohn et al. (1970); McConahay, Martin et Cheiplin (1973); Spodick, Door et Calabrese (1969)).

#### L'influence de l'activité physique dynamique sur la durée de PEP

Tous les facteurs pouvant influencer la contractilité du myocarde ou la longueur de ses fibres dans les derniers instants de la diastole ventriculaire déterminent la durée de PEP et ICP. L'activité physique cause une diminution significative de la durée de la période de pré-éjection (Fardy (1969, 1974a et b); Fardy, Maresh, Abbott et Kristiansen (1976); Dutoit (1966); Franks, Wiley et al. (1969); Hardarson, Spiro, Curriel et Hahn (1973); Lance (1975 et 1976a, b et c); Leighton, Zaron, Robinson et Weissler (1969); Leighton, Weissler, Weinstein et Wooley (1971); Levine, Neill, Wagman,

Drasnow et Gorlin (1962); Pigott, Spodick, Rectra et Kham (1971); Plowman (1966); Pouget, Harris, Mayson et Naughton (1971); Polis, Ghuys, Smets, (Dekeyser, Messin et Vancrombreucg (1971)). La domination du système nerveux autonome, subdivision sympathique et l'augmentation de norépinéphrine cardiaque et épinéphrine plasmatique influencent la durée de PEP et ICP. PEP s'avère donc très utile dans l'évaluation de la décharge sympathique au repos, durant l'exercice et la récupération (Raab et Krzywanek (1965); Raab et al. (1960); Raab (1966)). PEP devrait diminuer significativement lorsqu'on augmente la fréquence cardiaque. Talley et collègues ont démontré chez des chiens endormis que la période de pré-éjection était inversement reliée à la contractilité du myocarde et à la pression intraventriculaire dans les derniers instants de la diastole ventriculaire (Talley, Meyer et McMay (1971)). Par conséquent une augmentation de la fréquence cardiaque chez des sujets au repos augmente à la fois la contractilité du myocarde et réduit la pression intraventriculaire sans toutefois influencer de façon significative la durée de PEP.

Whitsett et Naughton (1971) à la suite d'un exercice physique sur le tapis roulant ont enregistré une diminution significative et proportionnelle de la durée de PEP chez quatre groupes de sujets (actif et sédentaire normal et actif et sédentaire cardiaque). La demande énergétique variait entre 42 et 65 pour cent de la consommation d'oxygène de

pointé des sujets mâles. L'augmentation de l'ondée systolique ainsi qu'une plus grande activité adrénalienne contribuent ordinairement à diminuer PEP au début de l'effort physique. Les auteurs attribuent exclusivement cette diminution de PEP à une plus grande activité adrénalienne puisque l'ondée systolique n'augmente que très peu durant un effort léger (Holmgren, Johnson et Sjostrand (1960)). Il ne faut par contre pas oublier que les sujets furent replacés en position allongée immédiatement à la suite de l'effort en position droite. La posture influence la performance cardiovasculaire au repos et tout spécialement l'ondée systolique en passant du repos à l'exercice (Braunwald, Sonnenblick, Ross, Glick et Epstein (1967)) d'une part mais également de l'exercice au repos (Milesis et al. (1974); Molnar (1976); Polis, Ghuys, Smets, Dekeyser, Messin et Vancrombreucg (1971)).

Astrand, Cuddy, Stalin et Stenberg (1964) et Rushmer (1970) ont démontré que l'ondée systolique augmentait de façon significative en passant du repos à l'exercice sur une bicyclette ergométrique. Durant un effort en position droite, l'ondée systolique atteignit son niveau maximum ou presque à une fréquence cardiaque d'environ cent dix battements par minute. Par la suite l'ondée systolique demeura stable même lorsqu'on demanda aux sujets de fournir un effort maximal. La diminution de la période de pré-éjection durant un effort physique en position droite reflète non seulement l'augmentation de la contractilité du myocarde mais également

L'utilisation du mécanisme de Frank et Starling (Aronow (1970); Fabian, Epstein et al. (1972); Harris, Schoenfeld, Arnold et Weissler (1967); McConahay, Martin et Cheitlin (1973); Pouget, Harris, Mayson et Naughton (1971); Talley, Meyer et McMay (1971)). Ce dernier joue un rôle moins important durant un effort en position allongée. Une réduction de PEP et ICP durant un exercice en position allongée représente dans sa presque totalité, les changements positifs inotropes à l'intérieur du myocarde en l'absence de l'influence prépondérante du mécanisme de Frank et Starling (Spodick et Quarry-Pigott (1973)), alors qu'un exercice en position debout requiert la sommation de ces deux mécanismes. Les changements de ICP enregistrés durant l'activité physique ressemblent à ceux observés chez PEP (Pigott, Spodick, Rectra et Kham (1971)). Cette tendance semble indiquer que ICP pourrait être le facteur le plus important influençant la durée de PEP. La période de contraction isovolumétrique reflète non seulement la vitesse de la contraction du myocarde (Frank et Kinlaw (1962)) mais également la rapidité avec laquelle la pression intraventriculaire gauche s'élève à son niveau aortique diastolique (Reeves, Hefner, Jones, Coghlan et al. (1960)). Hardarson, Spiro, Curiel et Hahn (1973) enregistrèrent chez 9 sujets mâles âgés de 51 à 62 ans ( $\bar{X}$  : 55 ans) une diminution importante de PEP en passant du repos à un effort léger et suggèrent qu'une stimulation des catécholamines au niveau du myocarde pourrait en être la cause principale. Maher nota

que l'intensité de la charge de travail au début de l'exercice ne semblait pas influencer la durée de PEP de façon drastique, puisque une diminution importante de PEP était déjà présente durant un effort léger (Maher, Beller, Ransil et Hartley (1974)).

Nandi et al. (1977) ont observé à la suite de trois charges d'intensité différente (50, 100 et 150 watts) et d'une durée de quatre minutes, une diminution significative ( $p < .001$ ) de PEP et IVCP (ICP). Les auteurs ont également noté que la diminution de ces deux intervalles durant l'effort et l'allongement durant la récupération de l'exercice étaient proportionnelle à l'intensité de la charge de travail. Plus faible était l'intensité de la charge, plus rapide fut la récupération. Une récupération plus lente à la suite des charges de travail plus intense semblent indiquer une relation proportionnelle entre l'intensité de la charge et les effets adrénérgiques résiduels post-exercice.

#### L'influence de l'entraînement sur la durée de PEP

Le conditionnement physique influence le métabolisme et le contrôle nerveux du coeur (Raab et al. (1960)). On peut remarquer une diminution de la fréquence cardiaque de repos, une augmentation plus lente durant l'exercice physique et une chute plus rapide durant la période de récupération (Raab (1966); Kraus et Raab (1961)). L'entraînement se manifeste par ses effets chronotropes et inotropes: ^

chronotropes par la bradycardie qui en résulte et inotropes par l'allongement de la période de pré-éjection (Raab et Krzywanek (1965); Raab et al. (1960); Raab (1966)).

Raab et al. (1960) et Raab et Krzywanek (1965) réfèrent à huit études qui démontrent l'allongement de la période de pré-éjection chez des groupes de sujets très actifs. Le manque de contrôle de la variable, activité physique et de la dépense énergétique de l'entraînement exigent que l'on regarde les résultats d'un oeil critique. La période de pré-éjection ne fut pas corrigée pour l'influence de la fréquence cardiaque. Frick, Somer et Elovainio (1967) enregistrèrent une période de pré-éjection corrigée, plus courte chez des athlètes que chez des sédentaires. Montoye, Willis, Keller et Metzner (1972) à la suite d'un questionnaire identifiant et séparant les sujets selon leur niveau d'activité physique, n'ont pu observer de différences significatives entre la durée de  $PEP_c$  des différents groupes de sujets mâles et femelles. Fardy (1969) démontra que la durée de PEP chez un groupe de sujets mâles à la suite d'une saison de soccer n'était pas différente de celles des sujets sédentaires. Par contre ses résultats sont difficiles à interpréter puisque PEP d'une part n'était pas corrigée pour l'influence de la fréquence cardiaque et d'autre part la durée de PEP ne tenait pas en considération le laps de temps qui s'écoule entre l'éjection ventriculaire gauche telle que mesurée de façon interne et celui capté par le

carotidogramme. Franks, Wiley et al. (1969); Dutoit (1966); Raab et al. (1960); Plowman (1966) ont tous remarqué un allongement significatif de PEP et ICP à la suite de programmes de conditionnement physique d'une durée d'au moins dix semaines. Il est très difficile de pouvoir évaluer ou comparer ces résultats, puisque différents programmes de conditionnement physique furent utilisés. Wiley remarqua un allongement de la période de pré-éjection durant et à la suite (30 secondes) d'un effort standardisé (691 KGM, 40 RPM) sur une bicyclette Collins. Naughton et Leach (1971) rapportèrent une durée de  $92.3 \pm 5.7$  msec. chez un groupe de sujets entraînés (équipe américaine de ski de fond) alors que Fardy rapporte une durée moyenne de  $93 \pm 20$  msec. chez un groupe de sujets du même âge, mais sédentaire, dans la même position.

Adams, DeVries, Girondola et Bowen (1977) à la suite d'un programme de conditionnement physique d'une durée de dix semaines sur la bicyclette ergométrique, remarquèrent que PEP et PEP<sub>c</sub> ne pouvait différencier le groupe expérimental du groupe témoin, au repos, durant l'exercice physique et la récupération. Fardy, Maresh, Abbott et Kristiansen (1976) remarquèrent que PEP semblait incapable d'identifier les sujets actifs des sédentaires au repos. Une minute à la suite d'un exercice physique sur les marches (30.5 cm, 24 répétitions minute pendant deux minutes) PEP, non-corrigée, pouvait identifier le groupe sédentaire

(moins de 30 mets-hr\* par semaine) du groupe actif (plus de 60 mets-hr par semaine).

#### Le temps d'éjection ventriculaire gauche

Le temps d'éjection ventriculaire gauche (LVET) est la période durant laquelle le sang est propulsé activement hors du coeur. Les modifications mécaniques de la paroi carotidienne pendant le passage de l'onde pulsatile permettent d'inscrire une courbe externe sur le carotidogramme. La période se mesure à partir de l'ascension brusque du pouls carotidien et se termine par l'incisure catacrote C, profonde et aigüe, suivie de l'onde dicrote D, ample. Le temps d'éjection ventriculaire peut également être mesuré à partir de la première dérivée du pouls carotidien (Leighton, Zaron, Robinson et Weissler (1969); Lewis (1975); Lindquist, Spangler et Blorint (1973); Polis, Ghuyts, Smets, Dekeyser, Messin et Vancrombreucg (1971)). Celui-ci est capté à l'aide d'un plethysmographe. Arbitrairement le début du temps d'éjection est situé à l'endroit où la première dérivée s'élève brusquement vers un pic, et ceci correspond au départ de la montée du pouls. La fin du temps d'éjection est localisée au pic négatif terminal de la dérivée et correspond à l'endroit où la chute du pouls carotidien vers l'incisure catacrote se ralentit. Sa reproductibilité

---

\* mets = rapport observé entre la dépense énergétique d'effort et la dépense énergétique de repos.

\* mets-hr = nombre total de mets dépensé, divisé par le nombre d'heures d'activités par semaine.

indique à la fois sa stabilité biologique et la validité de la technique (Polis, Ghuys, Smets, Dekeyser, Messin et Vancrombreucg (1971)).

#### Valeur normale du temps d'éjection ventriculaire gauche

Werf De Van, Kesteloot et Geest (1975a et b) ont démontré une très forte corrélation ( $r : 0.99$ ) entre la durée de LVET obtenue directement et indirectement. Une différence significative existait par contre entre les valeurs absolues des deux méthodes (ILVET :  $286.8 \pm 7.2$  msec., ELVET :  $282.7 \pm 6.7$  msec.). Cette très forte corrélation a été confirmée par plusieurs chercheurs (Bush, Lewis, Leighton, Fontana et Weissler (1970); Martin, Shaver, Thompson et Leonard (1970); Martin, Shaver, Thompson, Reddy et Leonard (1971); Robinson (1963); Weissler, Peeler et Rochill (1961)). La durée du temps d'éjection ventriculaire gauche peut être influencée par différents facteurs. Martin, Shaver, Thompson, Reddy et Leonard (1971) enregistrèrent une durée variant de 175 à 385 millisecondes. Une durée normale variant entre 200 et 310 msec. fut enregistrée par Blumberger et Meiner (1959)). Fardy, Maresh, Abbott et Kristiansen (1976) déterminèrent chez 560 hommes âgés entre 25 et 74 ans une durée de  $306 \pm 30$  msec., alors que Cardus et collègues enregistrèrent un temps d'éjection moyen de  $301 \pm 20$  msec. (Cardus et Vera (1974)).

Le temps d'éjection ventriculaire gauche est normalement plus court en position assise qu'en position allongée (Nazarov et Musiichuk (1965)). Spodick et Quarry-Pigott (1973) enregistrèrent des valeurs non-corrigées en position allongée de  $292.2 \pm 21.5$  msec. (FC : 63 battements par minute) et de  $225.2 \pm 13.3$  msec. (FC : 82 b/m) en position assise. Une fois corrigées, des valeurs moyennes de ~~367~~ et 324 millisecondes furent obtenues pour chacune des positions. En passant de la position allongée à la position assise ou droite, la pression intraventriculaire, le débit systolique et le volume ventriculaire tendent à diminuer (Hardarson, Spiro, Curiel et Hahn (1973)). Ces modifications hémodynamiques expliquent en partie la diminution du temps d'éjection ventriculaire gauche en passant de la position horizontale à la position droite (Cardus et Vera (1974); Jones et Foster (1964); Levine, Neill, Wagman, Drasnow et Gorlin (1962); Spodick et Quarry-Pigott (1973); Weissler et Garrard (1971a et b)). Polis, Ghuys, Smets, ~~Dekeyser~~, Messin et Vancrombreucg (1971) enregistrèrent en position assise chez 21 sujets mâles normaux âgés entre 20 et 40 ans, une durée de 253.4 msec. (FC : 71 b/m), alors que Wileyregistra une durée de  $256 \pm 22$  msec. chez 42 volontaires mâles âgés entre 24 et ~~62~~ ans (FC : 73 b/m). La durée du temps d'éjection varie selon les études, la position et l'âge des sujets et surtout selon l'utilisation

de formules de prédictions (Willems, Roelandt, Geest, Kesteloot et Joosens (1970)).

### Relation entre LVET et la fréquence cardiaque

Le temps d'éjection ventriculaire gauche diminue significativement lorsqu'on augmente la fréquence cardiaque par des produits pharmaceutiques ou par une stimulation auriculaire (Braunwald, Sarnoff et Stainsby (1958); Gobbato, Meda (1956); Greenfield, Harley, Thompson et Wallace (1968); Harris, Aytan et Pouget (1973); Harris, Schoenfeld, Arnold et Weissler (1967); Lombard et Cope (1926)). L'intervalle doit être corrigé pour les influences de la fréquence cardiaque par une méthode quelconque. On utilise ordinairement des formules de régression du type:  $LVET_c = LVET \text{ mesuré} - b \times FC$ .  $LVET_c$  représente le temps d'éjection corrigé,  $b$  la pente de la régression reliant  $FC$  à  $LVET$  et  $FC$  la fréquence cardiaque. L'élimination des effets de la fréquence cardiaque augmente la valeur de comparaison du temps d'éjection et permet d'évaluer les effets d'autres variables comme le débit systolique et le retour veineux. Plusieurs chercheurs et études ont rapporté des régressions linéaires reliant la durée du temps d'éjection à la fréquence cardiaque (Weissler, Harris et Schoenfeld (1968a); Maher, Beller, Ransil et Hartley (1974); Willems et Kesteloot (1967); Spodick et Kumar (1968); Fabian, Epstein et al. (1972)). Hoeven, Clerens, Donders, Beneken et Vonk (1977)

ont démontré une relation linéaire inverse entre la fréquence cardiaque et le temps d'éjection ventriculaire gauche de 110 sujets mâles et deux femmes durant un exercice physique sur la bicyclette ergométrique. Les auteurs observèrent que le temps d'éjection obtenu durant un exercice en position droite diminuait plus lentement avec l'augmentation de la fréquence cardiaque que pouvait le prédire les formules de régression de Weissler, Harris et Schoenfeld (1968a) et Willems et Kesteloot (1967) obtenues en position allongée. Les recherches des dernières années rapportent des pentes (b) variant entre - 0.6 à - 1.9 msec./battement et des interceptions s'échelonnant entre 275 et 418 millisecondes. Plusieurs facteurs comme l'âge, le sexe, la position des sujets et l'exercice physique peuvent modifier la relation entre FC et le temps d'éjection ventriculaire gauche en position allongée et assise.

La formule de prédiction la plus fréquemment utilisée est celle de Weissler, Harris et Schoenfeld (1968a) ( $L\text{VET}_c = L\text{VET mesuré} + 1.7 \times FC$  pour les hommes et  $L\text{VET}_c = L\text{VET mesuré} + 1.6 \times FC$  chez les femmes), obtenue en position allongée et au repos sur un groupe d'hommes et de femmes. La fréquence cardiaque variait entre 50 et 110 battements par minute durant l'enregistrement des données. La relation linéaire inverse entre FC et LVET ne peut être assurée pour des fréquences cardiaques au-dessus et en dessous de ces valeurs. Maher a récemment démontré (Maher, Beller, Ransil

et Hartley (1974) une relation linéaire inverse entre FC et LVET durant un effort physique sous-maximal (FC :  $155 \pm 4$  b/m) et maximal (FC :  $171 \pm 4$  b/m).

Les fréquences cardiaques variaient entre 120 et 171 battements par minute. L'auteur démontre qu'il est inexact de corriger le temps d'éjection obtenu durant l'exercice au moyen de formules de prédiction obtenues au repos. La formule de correction de Weissler, Harris et Schoenfeld (1968a) prédit selon ces mêmes auteurs, un temps d'éjection ventriculaire gauche plus long durant un effort sous-maximal (13%) et maximal (12%) que celui mesuré directement.

Le manque de consensus pour l'utilisation d'une formule prédictive commune au repos et durant l'activité physique ainsi que l'application de formules obtenues au repos à des intervalles obtenus durant l'exercice ont permis à certains chercheurs d'expérimenter avec d'autres méthodes. Pigott, Spodick, Rectra et Kham (1971) utilisent  $LVET/\sqrt{RR}$ . Spodick et Quarry-Pigott (1973) corrigèrent LVET de 10 sujets mâles âgés entre 22 et 34 ans au moyen de deux méthodes différentes: (1)  $LVET_c = LVET \text{ mesuré } 1.2 \times FC$  et (2)  $LVET/\sqrt{RR}$ . Ces mêmes formules furent utilisées à la suite d'un effort en position assise et couchée. Hardason, Spiro, Curiel et Hahn (1973) évitèrent de corriger LVET lorsque la fréquence cardiaque dépassait 120 battements par minute puisque la formule de Weissler ne s'appliquait plus.

Par contre la formule de prédiction fut utilisée durant un exercice en position assise exigeant une fréquence cardiaque de moins de 120 battements par minute. Willems et Kesteloot (1967) conclurent qu'il n'y avait pas de différence significative entre les équations de régression du temps d'éjection sur FC au repos et à l'effort chez des sujets normaux en position couchée. Récemment Lance et Spodick (1976a) ont obtenu des formules de régression au repos et durant l'exercice physique sur une bicyclette ergométrique. Dix-huit sujets mâles sédentaires ont participé à cette recherche. Les auteurs observèrent une différence significative ( $p < 0.01$ ) entre les deux pentes (-1.76 au repos et -1.23 durant l'effort). L'augmentation de la fréquence cardiaque causa une plus grande réduction du temps d'éjection au repos que durant l'effort, puisque les valeurs d'intersections ne variaient guère lorsque l'on compara les deux états (378.7 msec. au repos; 371.3 msec. durant l'effort). Les connaissances physiologiques actuelles permettent de mieux comprendre ce phénomène. L'augmentation de la fréquence cardiaque au repos quelques instants avant le début de l'exercice physique s'explique en partie par une diminution de l'activité parasympathique et par une augmentation de l'activité adrénalinienne (Lewis (1975); Lewis, Boudoulas, Forester et al. (1972); Lewis, Welch, Boudoulas et Forester (1976)) qui cause une augmentation de la contractilité du myocarde et de la montée de la pression

intraventriculaire (dp/dt). Puisque la fréquence cardiaque, la contractilité et dp/dt sont inversement reliées au temps d'éjection, il semble normal de s'attendre à une diminution de la durée de LVET lorsque les sujets appréhendent l'effort (Pouget, Harris, Mayson et Naughton (1971)).

L'augmentation du débit systolique, et cardiaque durant un effort physique sur la bicyclette ergométrique s'expliquent par une augmentation de la fréquence cardiaque, de la contractilité du myocarde et de l'activité sympathique (Lance et Spodick (1976a et b)). Puisque LVET varie directement avec le débit cardiaque et systolique (Lance et Spodick (1976b)), l'activité physique en position debout tend à allonger LVET.

Lance et Spodick (1976b) rapportent des différences importantes entre les pentes et les intersections d'un groupe de 10 sujets mâles âgés de 22 à 32 ans en position assise sur une bicyclette ergométrique d'une part et assise sur un fauteuil de type L-Z-boy de l'autre\*. Par conséquent il faut être très prudent dans le choix de formules de régression. Les conditions en laboratoire tendent à rendre les résultats très spécifiques au type de recherche entreprise.

Temps d'éjection ventriculaire gauche (LVET): explications physiologiques

Des études animales d'une part et humaine de l'autre ont démontré tout en contrôlant la fréquence cardiaque ou en

\*-bicyclette ergométrique:  $376.4 - 1.16 \times FC \pm 9.76$  msec.  
 -chaise L-Z-boy:  $354.5 - 1.23 \times FC \pm 11.0$  msec.  
 (Formule de régression linéaire reliant LVET à FC en position assise.)

corrigeant ses effets par des formules de prédiction que le temps d'éjection variait directement avec le débit systolique et cardiaque, le retour veineux, la pression aortique diastolique et inversement avec la contractilité du myocarde (Weissler, Peeler et Rochill (1961); Wallace, Mitchell, Skinner et Sarnoff (1963); Bowen (1904); Braunwald, Sarnoff, et Stainsby (1958); Braunwald, Sonnenblick, Ross, Glick et Epstein (1967); Harley, Starmer et Greenfield (1969); Harris, Schoenfeld, Arnold et Weissler (1967); Shaver, Kroetz, Leonard et Paley (1968)). La relation entre ces différents facteurs déterminent la durée du temps d'éjection<sub>c</sub> (c : corrigé pour les effets de la fréquence cardiaque). Une augmentation du retour veineux et du débit cardiaque allonge le temps d'éjection alors qu'une augmentation de la vélocité de contraction des myofibrilles cardiaques et de la contractilité réduisent la durée de LVET<sub>c</sub>. Shaver, Kroetz, Leonard et Paley (1968) ont démontré qu'une augmentation aigüe de la pression aortique diastolique allongeait LVET<sub>c</sub> alors qu'une faible élévation ne produisait aucun effet significatif. Le temps d'éjection ventriculaire gauche<sub>c</sub> et le débit systolique sont directement reliés à la performance du myocarde en l'absence de troubles cardiovasculaires. (Naughton (1975)). Les facteurs influençant le débit systolique peuvent être notés grâce au temps d'éjection<sub>c</sub> (Naughton (1975)). Le débit systolique est influencé par: Les besoins énergétiques de l'organisme, la post-charge, le retour veineux (pré-charge),

le volume ventriculaire fin-diastole, la position des sujets et finalement par la contractilité du myocarde (Braunwald, Sonnenblick, Ross, Glick et Epstein (1967); Chapman, Fisher et Sproule (1969); Gobbato et Meda (1956); Greenfield, Harley, Thompson et Wallace (1968); Harley, Starmer et Greenfield (1969); Holmgren, Johnson et Sjostrand (1960); Kolatat et al. (1975); Lombard et Cope (1926); Ross, Gault, Mason, Linhart et Braunwald (1966); Ross, Linhart et Braunwald (1965); Wiggers (1921a et b)) et Jones et Foster (1964) ont démontré que la fréquence cardiaque était le facteur le plus important dans la prédiction du temps d'éjection. Contrairement à la période de pré-éjection (PEP), LVET<sub>c</sub> reflète surtout l'aspect isotonique du cycle cardiaque (Montoye, Willis, Keller et Metzner (1972)). L'augmentation de l'activité sympathique accroît à la fois la fréquence cardiaque et la contractilité du myocarde, mais diminue la durée de LVET<sub>c</sub>.

La durée de la diastole détermine ordinairement la longueur du cycle cardiaque (FC ou RR) qui à l'intérieur de certaines limites est un facteur déterminant du volume ventriculaire fin-diastole (Fardy, Maresh, Abbott et Kristiansen (1976)). Le volume sanguin pénétrant les ventricules détermine en grande partie la durée du temps d'éjection ventriculaire gauche. Weisdorf et Spodick (1976) chez 82 sujets mixtes âgés entre 39 et 69 ans trouvèrent une relation linéaire ( $r : 0.63$ ) entre la durée de LVET et la longueur de la diastole ventriculaire. Une relation plus

élevée ( $r : 0.70$ ) fut établie entre la longueur du cycle cardiaque (RR) et LVET. En éliminant le facteur d'auto-corrélation que l'on retrouve dans la longueur du cycle, l'auteur démontra une relation significative mais plus faible ( $r : 0.58$ ) entre LVET et le cycle cardiaque - LVET.

#### L'influence de l'exercice physique sur la durée de LVET

Le temps d'éjection ventriculaire gauche traduit un aspect fondamental de l'activité cardiaque et est ainsi susceptible d'apporter des renseignements originaux sur l'adaptation des sujets à l'effort. Pour mieux apprécier et comprendre les modifications temporelles notées chez LVET, l'intervalle doit être corrigé pour les effets de la fréquence cardiaque.  $LVET_c$  est plus court chez des sujets en position droite que couchée (Hardarson, Spiro, Curiel et Hahn (1973); Weessler, Harris et Schoenfeld (1968a) et est diminué significativement ( $p < 0.01$ ) durant l'exercice physique (Fardy, Maresh, Abbott et Kristiansen (1976); Aronow (1970); Cokkinos, Heimonas, Demopoulos, Haralambakis, Tsartsalis et Gordikas (1976); Wiley (1971); Lance et Spodick (1975 et 1976b)). Spodick et Quarry-Pigott (1973) remarquèrent la très grande stabilité de  $LVET_c$  durant un effort en position allongée. Maher, Beller, Ransil et Hartley (1974) notèrent une diminution progressive du temps d'éjection<sub>c</sub> en passant de l'état de repos à celui de l'effort. Durant un effort sous-maximal et maximal en

position allongée, Maher remarqua une diminution de 35.4 et de 46.2 millisecondes respectivement dans la durée de LVET jusqu'à une fréquence de 120 battements par minute.

Durant les premières minutes d'un effort en position debout,  $LVET_c$  semble atteindre les valeurs de repos observées en position allongée (Lance et Spodick (1976b); Pigott, Spodick, Rectra et Kham (1971); Spodick et Quarry-Pigott (1973)). Malgré une augmentation marquée de la fréquence cardiaque, LVET non-corrigé ne varie que très peu durant un exercice en position droite sur la bicyclette ergométrique par contre  $LVET_c$  augmente de façon significative. Pouget, Harris, Mayson et Naughton (1971) n'ont pu remarquer cette tendance puisque les chercheurs ont replacé les sujets en position couchée à la suite d'un effort en position droite. Lorsque les sujets se tiennent debout, la pression ventriculaire, le volume ventriculaire fin-diastole et le débit systolique sont significativement réduits (Holmgren, Johnson et Sjostrand (1960); Braunwald, Sarnoff et Stainsby (1958); Braunwald, Sonnenblick, Ross, Glick et Epstein (1967)). Hardarson, Spiro, Curiel et Hahn (1973) remarquèrent durant un effort sur la bicyclette ergométrique (200 kpm) l'allongement de  $LVET_c$  (corrigé grâce à la formule de régression de Weissler). Malgré une augmentation marquée du débit systolique au début de l'effort,  $LVET_c$  diminue significativement avec l'intensité de l'effort (Hardarson, Spiro, Curiel et Hahn (1973)).

Pigott, Spodick, Rectra et Kham (1971) enregistrèrent durant la première minute d'un exercice sur une bicyclette ergométrique une légère augmentation du temps d'éjection (225.2 à 228.6 msec.). L'accroissement de la charge de travail jusqu'à une fréquence cardiaque de 150 battements par minute, causa une forte diminution de LVET ( $p < 0.01$ ). Aucune différence significative ne fut observée entre les cinq minutes de l'effort à cette fréquence cardiaque constante. L'auteur fait remarquer que corriger LVET pour les effets de FC cause un allongement significatif ( $p < 0.01$ ) de l'intervalle en passant du repos à l'effort (262.6 à 309.7 msec.). LVET<sub>c</sub> diminua de façon significative durant les cinq minutes de l'effort à 150 battements par minute (292.7 à 275.4 msec.).

Il existe une relation directe, biologiquement et statistiquement significative entre le temps d'éjection ventriculaire gauche et le débit systolique (Polis, Ghuyts, Smets, Dekeyser, Messin et Vancrombreucg (1971); Weissler, Peeler et Rochill (1961)). Il a été démontré qu'un effort en position assise ou debout peut augmenter le débit systolique de 45 à 100% de sa valeur de repos (Chapman, Fisher, Sproule (1969); Astrand, Cuddy, Stalin et Stenberg (1964)). Cette augmentation est déjà acquise lorsque la consommation d'oxygène atteint 30 à 40% de sa valeur maximale. On peut donc supposer que l'augmentation relative du temps d'éjection à l'effort traduit l'accroissement du

débit systolique et constitue un élément essentiel de l'adaptation cardiocirculatoire. La période de récupération s'accompagne d'un temps d'éjection anormalement court pour la durée du cycle (Polis, Ghuyts, Smets, Dekeyser, Messin et Vancrombreucg (1971); Milesis et al. (1974); Molnar (1976)). Ce raccourcissement du temps d'éjection durant la récupération pourrait traduire une chute du débit systolique. Si celle-ci paraît vraisemblable, elle reste encore conjecturale, car les méthodes classiques de mesure du débit cardiaque ne sont pas applicables au cours d'un état aussi instable. Par ailleurs la persistance passagère d'un taux élevé de catécholamines pourrait contribuer au raccourcissement relatif du temps d'éjection (Braunwald, Sarnoff et Stainsby (1958)). Molnar (1976) remarqua un temps d'éjection et une durée du cycle cardiaque plus longs durant une récupération active que passive durant la première minute de la récupération (15 sec., 30 sec., 45 sec. et 60 secondes) et semble confirmer cette hypothèse.

Récemment Nandi et Spodick (1977) ont étudié la durée des composantes temporelles durant la période d'exercice et de récupération à la suite de trois charges de travail d'intensité différente (50, 100, 150 watts). Ils ont remarqué que la diminution significative de  $QS_2$  durant l'exercice et l'allongement durant la période de récupération étaient parallèles à ceux observés au même moment chez LVET. Puisque le temps d'éjection ventriculaire gauche

compose la majeure partie de la systole électromécanique, ce comportement était prévisible. Une diminution de LVET, proportionnelle à l'intensité de l'exercice fut observée. L'exercice physique cause non seulement une diminution du temps d'éjection à l'effort, mais cette tendance tend à se maintenir durant les quinze à trente secondes de récupération passive (Molnar (1976); Nandi et Spodick (1977)).

Nandi et Spodick (1977) rapportent que soixante secondes post-exercice à la suite d'un effort de 50 watts sur une bicyclette ergométrique (FC :  $110 \pm 9.12$  b/m) LVET se rapprochait de sa valeur de repos, alors qu'à la suite d'un effort de 100 watts (FC :  $131 \pm 13.6$  b/m) LVET représentait à la soixantième seconde 93% de sa valeur de repos. Le temps d'éjection ventriculaire corrigé (ETI) augmenta de façon significative ( $p < .001$ ) en passant du repos à l'exercice sur la bicyclette ergométrique.  $LVET_c$  était le plus long durant l'effort le plus intense.  $LVET_c$  diminua significativement ( $p < .001$ ) durant les dix à quinze premières secondes de la récupération pour se maintenir à ce niveau jusqu'à la soixantième seconde. Aucune différence ne fut observée entre le temps d'éjection corrigé obtenu à la quatrième minute d'un effort de 50 et 100 watts. Il semblerait que la stabilité de  $LVET_c$  après cette baisse soudaine enregistrée à la suite de l'effort et la lenteur de la récupération observée à la suite de l'effort le plus intense (150 watts) implique des effets inotropes plus intenses et prolongés avec

l'augmentation de la charge de travail et ressentis durant la période de récupération.

#### L'influence de l'entraînement sur la durée de LVET

Le temps d'éjection ventriculaire gauche peut refléter la capacité fonctionnelle du myocarde chez des sujets sains (Naughton (1975); Adams, DeVries, Girondola et Bowen (1977); Fardy, Maresh, Abbott et Kristiansen (1976); Wiley (1971); Pouget, Harris, Mayson et Naughton (1971); Naughton et Leach (1971)). La durée de  $LVET_c$  semble être directement influencée par le niveau de conditionnement physique.

Naughton (1975) rapporte un temps d'éjection<sub>c</sub> au repos plus long chez ses groupes de sujets actifs. Cette observation suggère une augmentation du débit systolique au repos et est appuyée par l'enregistrement d'une bradycardie cardiaque chez les groupes de sujets entraînés. À la suite d'un programme de conditionnement physique d'une durée de 10 semaines sur une bicyclette ergométrique Adams, DeVries, Girondola et Bowen (1977) rapportent un allongement du temps d'éjection au repos en position assise, durant l'exercice physique et la récupération. En corrigeant l'intervalle par une formule de régression, seule  $LVET$  au repos pouvait différencier le groupe expérimental du groupe témoin. Corrigé,  $LVET$  n'a pu identifier les deux groupes de sujets durant l'effort et la récupération d'un test standardisé. Par conséquent l'augmentation de  $LVET_c$  au repos semble refléter un accroissement

du débit systolique chez le groupe de sujets actifs seulement. Fardy étudia la relation entre la durée des composantes temporelles et le niveau de conditionnement physique chez 560 sujets âgés entre 25 et 74 ans (Fardy, Maresh, Abbott et Kristiansen (1976)). Il enregistra un allongement progressif de LVET avec le niveau de conditionnement physique ( $p < 0.05$ ) (sédentaire 30 mets/hr semaine, très actif 60 mets/hr semaine). Seules les valeurs non-corrigées de LVET sont rapportées dans sa recherche. L'auteur semble réticent à utiliser des formules de prédiction parce qu'elles éliminent la différence observée entre les groupes de sujets actifs et sédentaires.

Nandi et Spodick (1977) à la suite de trois charges de travail d'intensité différente (50, 100, 150 watts) observèrent une diminution significative ( $p < .001$ ) de  $LVET_c$  (ETI) durant les dix à quinze premières secondes de récupération. La durée de  $LVET_c$  demeura plus ou moins inchangée durant les quarante-cinq secondes suivantes.

Par conséquent il semblerait que la stabilité de  $LVET_c$  après cette baisse soudaine enregistrée immédiatement à la suite de l'effort et la lenteur de la récupération à la suite d'un effort plus intense (150 watts) implique des effets inotropes prolongés ainsi qu'une augmentation des catécholamines sanguines.

A la suite d'un programme de conditionnement physique non-contrôlé, Wiley rapporte un allongement du temps d'éjection ventriculaire au repos en position allongée et en

position assise, durant l'effort ainsi que durant la période de récupération (30 secondes et cinq minutes). LVET ne fut pas corrigé pour l'influence de la fréquence cardiaque. La diminution de la fréquence au repos, durant l'effort et la récupération a probablement influencé la durée de LVET non-corrigé. Pouget, Harris, Mayson et Naughton (1971) et Whitsett et Naughton (1971) ont remarqué que  $LVET_C$  pouvait à la suite d'un effort physique évaluer différentes performances du myocarde. La durée de  $LVET_C$  à la suite d'un effort physique dépend d'une part du niveau de conditionnement physique et d'autre part de la santé des sujets. Whitsett et Naughton (1971) observèrent une plus grande réduction de  $LVET_C$  chez des groupes de sujets actifs que chez des groupes de sujets sédentaires. Les mesures furent enregistrées en position allongée à la suite d'un exercice physique en position droite.

#### La systole électromécanique (QS<sub>2</sub>)

La systole électromécanique (QS<sub>2</sub>) s'étend de l'onde Q du complexe QRS jusqu'au deuxième bruit cardiaque (S<sub>2</sub>) (Pouget, Harris, Mayson et Naughton (1971); Weissler, Harris et Schoenfeld (1968a)). S<sub>2</sub> représente le premier bruit de haute intensité enregistré par la fermeture des valvules sigmoïdes. Le myocarde ventriculaire se contracte durant l'impulsion électrique provenant du nœud auriculo-ventriculaire comprime et éjecte le sang dans l'aorte. Au début de

la diastole ventriculaire, la pression systémique et ventriculaire se renverse causant ainsi la fermeture de la valvule aortique. Le deuxième bruit cardiaque (S<sub>2</sub>) engage dans son ensemble le système vibrant formé par l'aorte et le sang qu'elle contient et un appareil valvulaire préalablement fermé. On peut ainsi comprendre que le deuxième bruit cardiaque n'ait pas de liaison chronologique avec la fermeture des valvules sigmoïdes et qu'il puisse être légèrement différé pour des raisons tenant à l'élasticité artérielle ou à la pression du sang dans l'aorte.

L'enregistrement simultané des composantes temporelles de la systole ventriculaire gauche permet de diviser QS<sub>2</sub> en période de pré-éjection (PEP) et d'éjection ventriculaire (LVET). La durée de la systole électromécanique varie selon le sexe, l'âge, la position des sujets et surtout selon la fréquence cardiaque (Weissler, Harris et Schoenfeld (1968a); Cardus et Vera (1974); Harrison, Dison, Russel, Bidwai et Coleman (1964)). Le débit systolique, la pression aortique diastolique et la contractilité du myocarde jouent également un rôle très important durant l'enregistrement des données (Aronow (1971); Cardus et Vera (1974)).

#### La valeur normale de la systole électromécanique

Cardus et Vera (1974) rapportent une durée moyenne de  $410 \pm 22$  msec. chez trente sujets mâles en position allongée (FC : 64 battements/minute). Fardy et collègues

enregistrèrent une durée de  $399 \pm 30$  msec. (FC : 66 b/m) chez 342 mâles dans la même position. Nazarov et Musiichuk (1965), Spodick et Kumar (1968) ont également enregistré des durées semblables ( $393 \pm 22$  msec. (FC : 71.8 b/m); 400.7 msec., 63 b/m). La durée de la systole électromécanique varie selon la position des sujets. Spodick, Meger et St Pierre (1971) remarquèrent une diminution significative de  $QS_2$  en passant d'une position couchée à une position assise. Une durée de 352.2 msec. (FC : 82.4 b/m) fut observée dans cette position. Nazarov et Musiichuk (1965) enregistrèrent une durée de  $370 \pm 22$  msec. (FC : 71,8 b/m) dans cette même position. Hardarson, Spiro, Curiel et Hahn (1973) ont obtenu chez 9 sujets mâles dans la vingtaine, une durée de  $357 \pm 35.1$  msec. en position assise sur la bicyclette ergométrique. Cette valeur est semblable à celle enregistrée par Nazarov et Musiichuk (1965) en position debout ( $357 \pm 25$  msec.).

#### Relation entre $QS_2$ et la fréquence cardiaque

La durée de la systole électromécanique et du temps d'éjection ventriculaire gauche sont en moyenne de 11 à 13 msec. par battement/minute, plus long chez la femme que chez l'homme, à une fréquence cardiaque identique. Une relation linéaire entre  $QS_2$  et FC fut établie par Lombard et Cope (1926) et confirmée par Weissler, Harris et Schoenfeld (1968a) et plusieurs autres chercheurs (Cardus et Vera (1974); Maher, Beller, Ransil et Hartley (1974);

Lance et Spodick (1976a)). On corrige fréquemment la systole électromécanique par la formule de Weissler, Harris et Schoenfeld (1968a)\* puisque  $QS_2$  démontre une relation linéaire inverse avec les changements de la fréquence cardiaque obtenus par stimulation auriculaire ou pharmaceutique. (Blumberger et Meiner (1959); Fabian, Epstein et al. (1972); Harley, Starmer et Greenfield (1969)). Il existe une forte corrélation entre  $QS_2$  (somme de  $QS_1$ , ICP, LVET) au repos durant l'exercice et la récupération (Cardus et Vera (1974); Milesis et al. (1974); Molnar (1976)). Maher rapporte une relation linéaire (Maher, Beller, Ransil et Hartley (1974)) inverse entre ces deux facteurs durant un effort sous-maximal (FC :  $155 \pm 4$  b/m) et maximal ( $171 \pm 4$  b/m) jusqu'à épuisement chez 10 sujets mâles dans la vingtaine. La relation ne s'applique que pour un travail en position allongée exigeant des fréquences cardiaques variant entre 120 et 171 battements par minute.

La durée de la systole électromécanique ne reflète pas toujours la capacité fonctionnelle du myocarde, mais semble pouvoir indiquer de façon précise les fluctuations temporelles à partir de la dépolarisation ventriculaire gauche jusqu'à la fermeture des valvules sigmoïdes (Hegglin (1966); Wayne (1973)). L'augmentation du retour veineux,

---

\* Hommes  $QS_{2c} = QS_2 \text{ mesurée} + 2.1 \times \text{Fréquence Cardiaque}$

Femmes  $QS_{2c} = QS_2 \text{ mesurée} + 2.0 \times \text{Fréquence Cardiaque}$

du débit systolique et cardiaque peuvent influencer la durée de la période de pré-éjection (PEP) et d'éjection ventriculaire gauche (LVET) sans pour autant influencer de façon significative la durée totale de la systole électromécanique (QS<sub>2</sub>) (Harris, Aytan et Pouget (1973)). Une augmentation chronique de la pression aortique diastolique allonge PEP et réduit LVET et ne touche que très peu la durée totale de QS<sub>2</sub> (Harris, Schoenfeld, Arnold et Weissler (1967); Weissler, Kamen, Bornstein, Schoenfeld et Cohen (1965)). Shaver, Kroetz, Leonard et Paley (1968) ont démontré qu'une augmentation marquée et soudaine de la pression aortique diastolique, alors que la fréquence cardiaque et le débit systolique étaient contrôlés causaient une augmentation de la durée de PEP, LVET et QS<sub>2</sub>. Bennet, Smitten et Soutan (1971) remarquèrent une relation directe entre la gravité de l'infarctus du myocarde (% du tissu cardiaque touché) et la réduction temporelle de QS<sub>2c</sub>. D'autres chercheurs (Meng, Hullander et al. (1975); Meng, Liebson, Hollander, Teran et Baresi (1976); Lewis (1975); Lewis, Welch, Boudoulas et Forester (1976); Lewis, Boudoulas, Forester et al. (1972) ont noté à la suite d'un accident cardiovasculaire un allongement de PEP<sub>c</sub> et une réduction de LVET<sub>c</sub> mais une stabilité déconcertante de QS<sub>2c</sub>. Comme pour les sous-intervalles PEP et LVET, QS<sub>2</sub> peut être influencé de façon marquée par une augmentation des cathécolamines sanguines qui tendent à camoufler les changements attendus. Lorsqu'on observe QS<sub>2</sub> dans sa totalité

et que l'on tente d'expliquer des phénomènes physiologiques sans s'appuyer sur les intervalles PEP, ICP et LVET, il devient alors très ambigu, difficile à expliquer et voire même douteux (Cardus et Vera (1974); Sugimoto, Inasaka, Bosto et Takenchi (1975)).

#### L'influence de l'exercice physique sur la durée de QS<sub>2</sub>

L'augmentation de la fréquence cardiaque durant l'exercice physique cause une diminution marquée de la durée de QS<sub>2</sub> (Hardarson, Spiro, Curiel et Hahn (1973); Cardus et Vera (1974); Coles, Raichlen et Bloomfield (1974); Hoeven, Clerens, Donders, Beneken et Vonk (1977); Strandell (1964)). Durant un effort sur la bicyclette ergométrique Hardarson, Spiro, Curiel et Hahn (1973) constatèrent une diminution progressive de QS<sub>2</sub> avec l'augmentation de la charge de travail (200, 400, 500 et 700 kpm/min.) ainsi que durant un effort constant durant six minutes à une intensité représentant 60% de la capacité maximale telle qu'obtenue durant une épreuve à l'effort. QS<sub>2c</sub> augmenta par contre de façon significative ( $p < .005$ ). Cet allongement reflète selon ce même auteur une augmentation marquée du temps d'éjection ventriculaire gauche qui reflète à son tour une augmentation du débit systolique dans les premiers instants d'un travail sur la bicyclette ergométrique (514.6 msec. au repos et 548.1 msec. durant un effort de 200 kpm/min.). L'intervalle fut corrigé par la formule de Weissler, Harris et Schoenfeld (1968a).

D'autres auteurs ont observé ce même phénomène durant un effort en position droite (Cardus et Vera (1974); Lance et Spodick (1975 et 1976b)).

Fardy, Maresh, Abbott et Kristiansen (1976) enregistrèrent la systole électromécanique au repos en position allongée et une minute à la suite d'un effort sous-maximal de deux minutes sur un banc de 30.5 cm de hauteur et à une vitesse de 24 montées minute.  $QS_2$  diminua de façon significative chez 212 hommes en position allongée, ( $397.9 \pm 30$  msec. à  $343.3 \pm 30$  msec.) à la suite de l'effort. La systole électromécanique corrigée ne fut pas présentée dans sa recherche. Van Der Hoeven, Clerens, Donders, Beneken et Vonk (1977) remarquèrent à la suite d'un effort standardisé (résistance 0 watt, 60 rpm augmentée de 10 watts chaque minute jusqu'à l'apparition de contre indications apparentes) la relation linéaire inverse entre  $QS_2$  et FC. Une relation linéaire fut utilisée même si les résultats individuels suggéraient une relation non-linéaire. L'utilisation de formules de régression non-linéaires n'apporta aucune amélioration dans l'étude des résultats. Willems et Kesteloot (1967) en vinrent à la même conclusion en utilisant des résultats obtenus au repos chez 267 normaux en position couchée. La formule de régression obtenue par ces auteurs ( $QS_{2c} = 493 - 1.5 \times FC$ ) ne diffère guère de celle enregistrée par Van Der Hoeven ( $QS_{2c} = 500 - 1.68 \times FC$ ) en position assise. L'auteur remarqua que la durée de la systole

électromécanique ( $QS_2$  100 b/m) du groupe de sujets jeunes et en santé ( $\bar{X}$  : 29.5 ans) était significativement plus courte que chez le groupe plus âgé ( $\bar{X}$  : 48 ans) durant un effort physique sur la bicyclette ergométrique et corrigé pour une fréquence cardiaque de 100 battements par minute (Hoeven, Clerens, Donders, Beneken et Vonk (1977)). Cette différence s'explique partiellement par une durée de  $PEP_C$  à une fréquence de 100 b/m plus longue chez le groupe de sujets âgés ( $91 \pm 1.3$  vs  $82 \pm 2.2$  msec.).

#### L'influence de l'entraînement sur la durée de $QS_2$

L'activité physique régulière influence la durée de la systole électromécanique (Fardy (1969, 1974 a et b); Fardy, Maresh, Abbott et Kristiansen (1976); Adams, DeVries, Girondola et Bowen (1977); Naughton (1975); Plowman (1966)). A la suite d'un programme de conditionnement physique d'une durée de 10 semaines, Adams, DeVries, Girondola et Bowen (1977) rapportent une diminution marquée de la fréquence cardiaque et un allongement progressif de la systole électromécanique au repos, durant l'exercice et durant la période de récupération chez 13 sujets mâles ( $\bar{X}$  : 66.3 ans) en position assise sur une bicyclette ergométrique. La diminution de FC et l'allongement de  $QS_2$  furent confirmés par d'autres chercheurs (Raab et Krzywanek (1965); Raab et al. (1960)). Au moyen d'un questionnaire identifiant le niveau d'activité physique d'un groupe de sujets mâles (N : 560)

Fardy remarqua un allongement significatif de  $QS_2$  avec l'augmentation de l'activité physique des sujets. Il ne faut pas contre pas oublier que l'intervalle ne fut pas corrigé pour les influences de la fréquence cardiaque. Afin d'étudier et apprécier les effets de l'entraînement, il semble utile voire même important d'étudier au même temps que  $QS_2$ , les sous-intervalles PEP, ICP et LVET. La diminution de la fréquence cardiaque au repos allonge la durée de PEP, LVET et  $QS_2$ . Une période diastolique plus longue associée à un temps d'éjection ventriculaire (LVET) et à une systole électromécanique plus longue semble suggérer une augmentation du débit systolique et de la performance ventriculaire (Fardy, Maresh, Abbott et Kristiansen (1976); Naughton (1975)).

#### La relation mathématique PEP/LVET

PEP/LVET est le rapport étudiant la relation mathématique entre la période de pré-éjection et le temps d'éjection ventriculaire gauche. L'enregistrement des composantes temporelles telles que présentées par Harris, Schoenfeld, Arnold et Weissler (1967) est de plus en plus utilisé aujourd'hui. Weissler, Harris et Schoenfeld (1968a) ont particulièrement stressé l'utilisation de PEP/LVET afin d'évaluer la capacité ventriculaire gauche chez des sujets normaux et chez des cardiaques. Les auteurs proposent ce rapport parce qu'il semble ne pas être touché par le sexe et la fréquence cardiaque (entre 50 et 110 battements

par minute). Les recherches qui suivirent celle de Weissler ont accepté d'emblée PEP/LVET sans lui appliquer une formule de correction (McConahay, Martin et Cheitlin (1973)). Il semble apparent lorsqu'on se réfère aux recherches de Weissler, Harris et Schoenfeld (1968a); Weissler, Peeler et Rochill (1961); Weissler, Kamen, Bornstein, Schoenfeld et Cohen (1965) que PEP et la période de contraction isovolumétrique n'est que très peu touchée par l'augmentation de la fréquence cardiaque (Harris, Schoenfeld, Arnold et Weissler (1967); Talley, Meyer et McMay (1971)) alors que le temps d'éjection ventriculaire gauche possède une forte relation linéaire inverse avec celle-ci (Wallace, Mithcell, Skinner et Sarnoff (1963)).

A la suite d'une infusion d'atropine (0.5 mg chaque trois minutes; maximum 1.5 mg) chez 24 sujets mâles ( $\bar{X}$  : 27.1 ans), Cookkinos, Heimonas, Demopoulos, Haralambakis, Tsartsalis et Gordikas (1976) remarquèrent que l'augmentation de la fréquence cardiaque ( $73.9 \pm 1.97$  jusqu'à  $103.6 \pm 2.72$  b/m) causait une augmentation constante et significative de la relation PEP/LVET. Durant l'expérience le temps d'éjection ventriculaire diminua de façon significative ( $289.6 \pm 39.9$  jusqu'à  $252.3 \pm 50.9$  msec.) alors que PEP demeura stable ( $107.1 \pm 17.5$  jusqu'à  $106.8 \pm 32.6$  msec.). Le rapport corrigé  $PEP_c/LVET_c$  augmenta également avec l'augmentation de FC. Par contre l'augmentation fut inférieure ( $p < .001$ ) à celle observée chez le rapport non-

corrigé. L'auteur rapporte que l'utilisation de toutes les valeurs obtenues au repos et durant l'infusion d'atropine permettent de démontrer que le rapport est linéairement relié à la fréquence cardiaque ( $r = .508$ ;  $.01$ ) alors que  $PEP_c/LVET_c$  corrigé par les formules de Weissler ne l'était pas ( $r = .267$ ).

La valeur normale de ce rapport varie au repos en position allongée entre .300 et .400. La relation  $PEP/LVET$  varie selon la position du groupe de sujets. Une valeur de  $.563 = .73$  fut enregistrée par Spodick et Quarry-Pigott (1973) chez 10 sujets normaux en position assise. Pigott, Spodick, Rectra et Kham (1971) enregistrèrent également une valeur similaire  $.563 = 23$ , chez un groupe de sujets mâles dans la même position. Cardus et Vera (1974) enregistrèrent une relation de .463 chez 30 sujets mâles en position assise (FC : 70 b/m). Il apparaît selon plusieurs recherches Weissler, Harris et Schoenfeld (1968a); Bennet, Smitten et Sowtan (1971); Brubakk (1976); Berk et al. (1976); Cohn, Corlin, Adams et al. (1974); Cokkinos, Heimonas, Demopoulos, Haralambakis, Tsartsalis et Gordikas (1976); Diamant et Killip (1970); Hamosh, Cohn et al. (1970)) que la diminution de la capacité fonctionnelle du myocarde augmente le rapport normal de cet intervalle. Il est par conséquent fréquemment utilisé afin de déterminer des comportements ventriculaires anormaux (Hodges, Halpern, Friesinger et al. (1972); Lewis (1975); Lewis, Boudoulas, Forester et al. (1972); Lewis,

Welch, Boudoulas et Forester (1976); McConahay, Martin et Cheitlin (1973); Meng, Hullander et al. (1975); Meng, Liebson, Hollander, Teran et Barresi (1976); Naughton (1975); Sugimoto, Inasaka, Bosto et Takenchi (1975); Whitsett et Naughton (1971)).

Avant de pouvoir refléter des comportements ventriculaires anormaux, l'on doit d'abord noter des changements dans l'un ou l'autre des deux sous-intervalles PEP et LVET. Weissler, Harris et Schoenfeld (1968a) rapportent une corrélation de  $r = 0.72$  entre le débit systolique et le rapport PEP/LVET. Garrard, Weissler et Dodge (1970) n'ont pu obtenir d'aussi fortes corrélations mais semblent d'accord pour accepter la sensibilité de ce rapport lorsqu'il s'agit de pouvoir identifier certains comportements ventriculaires anormaux. Ces mêmes auteurs ont démontré une très forte corrélation ( $r = 0.90$ ) entre PEP/LVET et la fraction d'éjection\* chez 68 patients atteints de maladies cardiovasculaires. Lewis, Welch, Boudoulas et Forester (1976) enregistrèrent une corrélation de  $r = -0.76$  entre ces deux mêmes facteurs. La relation PEP/LVET était plus longue chez les sujets dont les trois artères coronaires principales étaient atteintes (75% de rétrécissement et plus). Stack, Lee, Reddy, Taylor et Weissler (1976) considèrent qu'une relation de .42 et plus reflète une diminution de la

---

\*Fraction d'éjection (ejection fraction): volume ventriculaire gauche fin-diastole moins volume ventriculaire gauche fin-systole.

performance cardiovasculaire au repos en position allongée. Ce rapport possède de meilleures corrélations avec la fraction d'éjection et  $dp/dt$  que les sous-intervalles  $LVET_C$ ,  $PEP_C$  seuls (Lewis, Welch, Boudoulas et Forester (1976)).

Si le rapport veut exprimer des modifications du débit systolique, il ne devrait pas être corrigé pour les effets de la fréquence cardiaque (Cokkinos, Heimonas, Demopoulos, Haralambakis, Tsartsalis et Gordikas (1976)). Si par contre ce rapport se veut un index de la contractilité ou de la fraction d'éjection, il devrait probablement être corrigé pour les effets de FC, spécialement lorsque les intervalles sont enregistrés chez le même sujet à la suite d'interventions physiologiques ou pharmaceutiques (Cokkinos, Heimonas, Demopoulos, Haralambakis, Tsartsalis et Gordikas (1976)). L'augmentation de la fréquence cardiaque durant un exercice physique sur une bicyclette ergométrique (691 kgm/min. à 40 rpm; assis) causa une diminution du rapport  $PEP/LVET$  (repos assis = .433; 30 secondes post-ex = .393) (Wiley (1971)). Pigott (1971) remarqua le même phénomène durant un effort progressif jusqu'à une fréquence cardiaque de 150 b/m. Aucune différence significative ne fut observée entre les cinq minutes d'effort à une fréquence de 150 battements par minute. Une différence significative fut observée entre le rapport de repos ( $.563 \pm .23$ ) et d'effort (.367) ( $p < 0.01$ ). Les résultats de Pigott démontrent bien une diminution du rapport  $PEP/LVET$  du repos à l'effort. Ce rapport indique et

reflète une augmentation du débit systolique et cardiaque au début de l'effort. Par contre il ne faut pas oublier que Weissler et al. (1971) ont étudié ce rapport en position couchée et qu'une position autre que celle-ci peut comporter certains changements.

L'activité physique régulière doit d'abord toucher PEP et LVET ou les deux avant d'être reflétée chez le rapport PEP/LVET. Wiley (1971) remarqua une diminution sensible de ce rapport au repos à la suite d'un programme de conditionnement physique non-contrôlé d'une durée de 10 semaines (.433 jusqu'à .416) et 30 secondes à la suite d'un exercice standard (691 kgm; 40 rpm) (.394 jusqu'à .363). Fardy, Maresh, Abbott et Kristiansen (1976) enregistrèrent au repos et à la suite d'un travail sur un banc d'une hauteur de 30.5 cm, un allongement du rapport chez le groupe de sujets les plus actifs.

#### RESUME

La durée des différentes composantes temporelles de la systole ventriculaire gauche (STI) du cycle cardiaque semble intimement reliée à la performance du myocarde. Les mesures furent obtenues grâce à l'enregistrement simultané du phonocardiogramme, de l'électrocardiogramme et du carotidogramme. Les recherches présentées tout au long du Chapitre II s'attachèrent à évaluer les effets de programmes de conditionnement physique sur la durée des composantes PEP,

PEP<sub>c</sub>, ICP, QS<sub>2c</sub>, LVET<sub>c</sub> obtenue au repos et à la suite d'un travail physique. Le rapport PEP/LVET fut également étudié.

La littérature rapporte une relation linéaire inverse entre la fréquence cardiaque et la systole électromécanique. L'augmentation de FC cause une diminution marquée de QS<sub>2</sub>. Les modifications temporelles observées chez l'intervalle reflètent surtout les changements de la période d'éjection ventriculaire gauche (LVET) et de la période de pré-éjection (PEP). Les auteurs indiquent que le conditionnement physique allonge la systole électromécanique et abaisse le rythme cardiaque. La valeur prédictive de cet intervalle augmente lorsqu'il est utilisé de concert avec les deux sous-intervalles qui le composent (LVET et PEP). Seules, la valeur et l'utilité de la systole électromécanique sont mises en doute par plusieurs. En tenant compte des déviations reliées à la dépolarisation ventriculaire, l'intervalle PEP au travers ses sous-intervalles QS<sub>1</sub> et ICP peut refléter la capacité fonctionnelle du myocarde, appelée par certains auteurs "contractilité". La période PEP et ICP s'avère utile dans l'évaluation de la décharge sympathique sur le coeur. Les intervalles peuvent également refléter les changements dans la montée de la pression ventriculaire fin-diastole jusqu'à son niveau aortique diastolique. Un doute persiste encore chez plusieurs quant à l'influence de l'activité physique régulière sur la durée de PEP, PEP<sub>c</sub> et ICP au repos durant l'exercice et la récupération. Leur

utilité semble être le point de mire de plusieurs controverses puisqu'ils ne semblent que très peu touchés par différents stress pharmacologiques ou hémodynamiques.

Plus utile que  $QS_2$  et PEP, le temps d'éjection ventriculaire gauche corrigé peut évaluer la capacité ventriculaire gauche au repos durant et à la suite d'un stress physique ou pharmacologique. Corrigé pour l'influence prépondérante de la fréquence cardiaque, le temps d'éjection ventriculaire est directement relié au débit systolique et cardiaque. Plusieurs chercheurs rapportent un allongement de la durée de  $LVET_c$  à la suite de programmes de conditionnement physique d'une durée d'au moins dix semaines. La diminution de la fréquence cardiaque associée à un allongement de  $LVET_c$  semble indiquer une augmentation du débit systolique et une amélioration de la capacité fonctionnelle du myocarde. Un allongement de la période de pré-éjection associé à une réduction du temps d'éjection corrigé semble dénoter une diminution de la performance ventriculaire.

Le rapport PEP/LVET fut accepté par plusieurs comme étant le plus utile et le plus fidèle à évaluer la capacité ventriculaire gauche chez des sujets sains et des cardiaques. Avant de pouvoir indiquer une diminution de la performance ventriculaire, des modifications temporelles doivent être d'abord notées chez les deux sous-intervalles qui le composent. Très peu de chercheurs ont étudié l'influence de l'activité physique sur la durée de PEP/LVET chez des sujets

sains et actifs. Un doute persiste quant à sa capacité de pouvoir indiquer une amélioration ventriculaire chez une population déjà saine.

## CHAPITRE III

### LA METHODOLOGIE

#### Introduction

Cette étude fut entreprise afin d'évaluer les effets d'un programme de conditionnement physique d'une durée de trois mois, à raison de trois séances hebdomadaires et à une intensité représentant soixante pour cent de la consommation d'oxygène de pointe des sujets, sur différentes composantes temporelles de la systole ventriculaire gauche de sept hommes et six femmes. L'entraînement se déroula sur un tapis roulant gardé au niveau. Ce chapitre présentera les sujets, le protocole expérimental, l'équipement employé et finalement l'analyse statistique utilisée.

#### Les sujets

Vingt-six sujets, tous volontaires, âgés de trente-cinq à cinquante-cinq ans ( $\bar{X} = 44$  ans) ont participé à cette étude. Le groupe expérimental fut composé de sept hommes et six femmes à l'emploi de l'Université d'Ottawa durant l'année 1975-76. Le groupe témoin fut également composé de sept hommes et six femmes de la région d'Ottawa durant la même période. Pour recruter des sujets, un avis fut envoyé au personnel de cette institution au travers le journal universitaire LA GAZETTE et les personnes intéressées.

conviées à une réunion générale. Un questionnaire distribué à cette occasion (annexe 1) contribua fortement à choisir les sujets les plus disponibles à participer au programme de conditionnement physique sur le tapis roulant. Pour participer à la recherche, les sujets devaient avoir répondu "NON" aux questions 1, 2, et 4 et "OUI" aux questions 3 et 5. Les sujets furent répartis dans l'un ou l'autre des deux groupes selon leur disponibilité. Tous étaient en bonne santé et ne devaient avoir participé à aucun programme de conditionnement physique organisé ou non, depuis les trois dernières années. Quelques données générales apparaissent aux tableaux 1 et 2.

#### La séance d'orientation

Pour initier les sujets au matériel et au personnel du laboratoire, une séance d'orientation s'avéra utile et nécessaire. Durant cette rencontre, l'examineur en profita pour recueillir certaines données anthropométriques, mesurer la force, la flexibilité et la capacité vitale de tous les sujets prenant part à la recherche (annexe 2) et surtout répondre aux questions et calmer les inquiétudes ressenties par certains sujets. A cette même occasion, tous les participants ont subi un électrocardiogramme au repos et un examen médical complet. Quelques questionnaires médicaux et autres ont dû être rempli par les sujets (annexe 3).

Les exigences à suivre durant le programme de conditionnement physique furent transmises verbalement. Ces dernières apparaissent en annexe (4). A la même occasion,

TABLEAU 1  
 DONNEES ANTHROPOMETRIQUES ET  $\dot{V}O_2$  DE POINTE DES  
 SUJETS MASCULINS

EXPERIMENTAL						
NOM	AGE (année)	TAILLE (cm)	POIDS (kg)	% DE GRAISSE	$\dot{V}O_2$ (ml/kg/min)	FC (maximale)
G.M.	47	167.6	78.1	21.38	36.65	186
J.G.	37	163.7	91.7	23.87	34.32	186
M.M.	40	179.0	69.5	12.56	37.02	168
R.L.	35	191.0	79.5	13.14	42.80	192
J.K.	53	182.8	79.4	19.50	28.66	174
F.D.	49	177.8	76.9	14.82	35.63	162
R.L.	46	163.8	72.2	18.60	26.47	170
$\bar{X}$	43.9	175.1	78.19	17.68	34.50	177
SD	6.60	9.63	7.06	4.29	5.47	11.19
TEMOIN						
A.M.	35	167.6	68.18	17.76	31.22	195
R.L.	38	168.3	92.05	25.74	30.43	186
A.P.	49	165.1	77.50	18.44	45.64	180
R.D.	49	171.4	76.36	19.12	26.34	186
M.C.	53	175.8	79.55	19.48	35.09	156
R.R.	39	175.8	81.59	24.55	36.50	186
J.S.	45	174.2	81.59	16.87	33.57	174
$\bar{X}$	44.0	171.2	79.55	20.28	34.26	180
SD	6.76	3.96	7.17	3.19	6.10	12.54

TABLEAU 2  
DONNEES ANTHROPOMETRIQUES ET  $\dot{V}O_2$  DE POINTE DES  
SUJETS FEMININS

EXPERIMENTAL						
NOM	AGE (année)	TAILLE (cm)	POIDS (kg)	% DE GRAISSE	$\dot{V}O_2$ (ml/kg/min)	FC (maximale)
P.K.	40	158.7	71.25	<del>32.37</del>	22.59	174
C.J.	46	156.8	52.20	20.13	24.18	180
J.J.	43	173.4	66.70	29.28	24.23	174
G.D.	49	161.3	59.40	27.70	26.18	186
L.B.	42	149.9	50.00	19.48	29.03	174
B.T.	45	172.9	55.80	17.03	33.17	174
$\bar{X}$	44.2	162.2	59.23	23.41	26.56	177
SD	3.9	8.49	8.33	5.48	3.92	5.02
TEMOIN						
A.D.	47	169.5	59.32	23.08	23.80	156
J.A.	37	157.5	58.52	25.50	27.75	180
L.D.	49	166.4	61.82	27.90	28.96	168
E.F.	51	165.7	61.73	24.19	24.50	168
M.C.	38	165.1	55.11	19.48	26.48	168
F.A.	46	161.9	60.34	19.98	23.82	168
$\bar{X}$	44.7	164.4	59.47	23.48	25.89	168
SD	5.8	3.78	2.50	3.24	2.18	7.59

un rendez-vous fut fixé afin d'évaluer la consommation d'oxygène de pointe et initier les sujets au protocole du Pré-Test: Cette séance d'orientation eut lieu la première semaine de janvier 1976, aux heures et jours fixés par le sujet et le chercheur.

#### Le Pré-Test

Le groupe expérimental et témoin se présentèrent au laboratoire de Kinanthropologie de l'Université d'Ottawa à quatre occasions différentes. L'examen médical, l'électrocardiogramme au repos, certaines mesures anthropométriques furent obtenues durant la première session. Les deux premières séances pratiques furent utilisées pour établir la consommation d'oxygène de pointe des sujets et la dernière pour enregistrer les composantes temporelles (LVET, QS<sub>2</sub>, PEP, ICP, PEP/LVET) de la systole ventriculaire gauche, au repos, suite à un travail représentant soixante pour cent de la consommation d'oxygène de pointe à la suite d'une charge intermédiaire équivalente pour le groupe expérimental et témoin. Les composantes temporelles de la systole ventriculaire gauche furent également mesurées à des fréquences cardiaques de 110 et 100 battements par minute; au cours de la récupération, en position assise.

#### Les deux premières séances

Les sujets du groupe expérimental et témoin se présentèrent au laboratoire sur rendez-vous, de préférence

le matin entre 8:00 heures et midi. L'évaluation durant cette période tend à réduire l'influence de facteurs contaminants comme la fatigue, l'anxiété, etc. Certains par contre ont dû être évalués l'après-midi (4) et un le soir.

Sur place, les sujets revêtirent une tenue sport, et à la suite d'explications détaillées sur le déroulement du test, signèrent en connaissance de cause une formule de consentement (annexe 5). Ils furent ensuite conduits dans un endroit confortable et calme, où ils se reposèrent environ vingt minutes. Suite à cette période de repos, trois électrodes furent placées en position CM-5\* et branchées à un pré-amplificateur et à un électrocardiographe portatif. Un sphygmomanomètre conventionnel fut enroulé ensuite autour du bras gauche des sujets. Le chercheur enregistra alors la pression systolique et diastolique (4<sup>e</sup> phase) au repos en position assise. Un cardiotelemètre et un oscilloscope furent alors mis en marche afin de suivre l'électrocardiogramme tout au cours de l'épreuve. Une brève explication de la procédure à suivre pour marcher sur le tapis roulant précéda l'épreuve d'effort. La période d'échauffement d'une durée de trois minutes, à une vitesse de trois milles à l'heure et à une pente de 2.5% fut suivie d'une période de récupération de deux minutes. Durant cette période des

---

\* CM-5 - partie supérieure du sternum (manubrium sterni)  
 - partie inférieure du manubrium sterni (appendice xiphoïde)  
 - Cinquième côte (mi-distance entre l'acromion et le sternum)

explications détaillées sur le déroulement du test à l'effort furent transmises aux sujets. Ils débutèrent au stage 1 de l'épreuve d'effort, telle que conçue par le Dr M. Jetté. L'électrocardiogramme fut enregistré pendant les dix dernières secondes de chaque minute de l'épreuve à l'effort et de la période de récupération. Une description détaillée du protocole expérimental apparaît en annexe (6). Un échantillon de gaz fut recueilli pendant trente secondes (1:25 à 1:55 minute) à la fin de la deuxième minute de chacun des paliers du test dans un gasomètre Tissot d'une capacité de 120 litres. Les variables  $\dot{V}O_2$ ,  $\dot{V}E$ ,  $\dot{V}E_{CO_2}$ , et les fréquences respiratoires furent mesurées par circuit ouvert. Les volumes respiratoires furent ensuite analysés pour leur teneur en oxygène et en bioxide de carbone. La pression sanguine fut enregistrée à la fin de la première minute de chaque stage et à la fin de la première et troisième minute de récupération. Le chercheur mit fin à l'épreuve lorsque les sujets ne se sentaient plus disposés à entreprendre un autre stage du test, malgré l'encouragement à poursuivre. La consommation d'oxygène à ce stage représentait le  $\dot{V}O_2$  de pointe du sujet. La consommation d'oxygène obtenue durant la seconde épreuve d'effort fut utilisée pour fin d'analyse statistique. Par contre, il faut mentionner que deux sujets ont dérogé à cette règle; l'un enregistra des consommations d'oxygène de pointe plus élevées durant le premier test à l'effort et l'autre dû refaire une

troisième épreuve puisque durant les deux premières, il était sous l'influence d'une grippe.

### La troisième séance

Les sujets se présentèrent au laboratoire de Kinanthropologie une troisième fois pour l'enregistrement des composantes temporelles de la systole ventriculaire gauche au repos et immédiatement à la suite de trois charges de travail d'intensités différentes. Une prescription d'exercices fut établie à la même occasion pour tous les sujets du groupe expérimental et témoin.

À la suite d'un bref repos (20 minutes), les sujets furent conduits au tapis roulant où des électrodes branchées à un pré-amplificateur et à un électrocardiographe portatif furent placées en position CM-5. Le phonocardiogramme fut obtenu en fixant un microphone à quartz sur le thorax, légèrement à gauche du sternum, dans le troisième espace intercostal. L'appareil fut retenu au moyen d'une courroie élastique entourant la poitrine des sujets. Le chercheur vérifia les bruits cardiaques au moyen d'un stéthoscope pour s'assurer que l'endroit en question offrait les meilleurs sons disponibles. Le carotidogramme fut obtenu au moyen d'un microphone placé sur l'artère carotidienne gauche. Une courroie élastique retenait également l'appareil sur l'artère carotidienne.

L'électrocardiogramme, le phonocardiogramme et le carotidogramme furent enregistrés simultanément. Tous les

enregistrements graphiques furent obtenus à une vitesse du papier de 100 mm/seconde. Une moyenne de huit battements consécutifs fut utilisée pour évaluer les composantes temporelles de la systole ventriculaire gauche. Le chercheur enregistra d'abord les composantes temporelles au repos et surveilla visuellement le tracé sur un oscilloscope afin d'obtenir des résultats aussi clairs et précis que possible. Le phonocardiophone et le carotidophone furent ensuite retirés de leur position respective indiquée par un gros X. Les courroies élastiques demeurèrent en place. Trois autres charges de travail furent trouvées pour chaque sujet du groupe expérimental et contrôle. Le protocole expérimental apparaît en annexe (7).

#### La première charge de travail

La première charge de travail fut obtenue en soustrayant quinze battements minute de la fréquence cardiaque prédite pour un travail exigeant soixante pour cent de la consommation d'oxygène de pointe. Le protocole utilisé fut le même pour la deuxième charge de travail.

#### La deuxième charge de travail

Avant d'entreprendre cette deuxième charge de travail, la fréquence cardiaque devait redescendre à un niveau normal, c'est-à-dire à plus ou moins dix battements cardiaques de la fréquence de repos. Afin de prédire cette deuxième charge de travail, le chercheur utilisa les fréquences cardiaques et les consommations d'oxygène obtenues

au cours des deux épreuves d'efforts des séances 1 et 2 du Pré-Test (annexe 8). La fréquence cardiaque cible et la consommation d'oxygène désirée furent obtenues en augmentant la vitesse du tapis roulant au moyen d'un moniteur jusqu'au moment précis où la fréquence cardiaque désirée apparaissait sur le cardiotelemètre et était confirmée par une lecture sur l'électrocardiogramme. Le chronomètre était alors mis en marche pour une période de six minutes. La vitesse du tapis roulant (km/heure et révolutions par minute) fut notée à ce moment précis. Un échantillon de gaz fut obtenu à la troisième (3:30 - 4:00 minute) et cinquième (5:15 - 5:45 minute) minute de l'épreuve afin de confirmer la consommation d'oxygène visée. Ces deux échantillons furent analysés immédiatement pour leur teneur en oxygène et en bioxyde de carbone et une moyenne obtenue. La consommation d'oxygène fut calculée sur une calculatrice à mémoire (Wang 6000).

Lorsque le sujet se situait à plus ou moins 1.5 millilitres d'oxygène par kilogramme de poids par minute de la consommation désirée, l'épreuve se terminait à la sixième minute. Par contre si la déviation était plus grande que 1.5 ml/O<sub>2</sub>/kg/min. lors du premier échantillon, la vitesse était augmentée ou diminuée selon le besoin et le chronomètre remplacé à quatre minutes. De nouveaux échantillons furent recueillis à la première (1:25 - 1:55) et la troisième (3:15 - 3:45) minute. La nouvelle vitesse fut alors notée. Lorsque l'effort exigeait environ soixante

pour cent de la consommation d'oxygène de pointe, le tapis roulant s'arrêtait immédiatement (6e ou 8e minute). Les sujets devaient regagner le plus rapidement possible un fauteuil de type inclinable (L-Z Boy) placé à proximité du tapis roulant. L'enregistrement des composantes temporelles s'effectua à la quinzième et soixantième seconde de la première minute de récupération. Les quinze premières secondes furent utilisées pour replacer le phonocardiophone et le carotidophone aux endroits décrits précédemment.

#### La troisième charge de travail

Durant la période de récupération, les composantes temporelles furent également enregistrées à une fréquence cardiaque de 110 et 100 battements par minute. Chez deux sujets masculins, la fréquence cardiaque notée lors d'un travail à 60% de la consommation d'oxygène de pointe fut inférieure à 110 battements par minute. Ces deux sujets furent replacés sur le tapis roulant et la vitesse augmentée jusqu'au moment où le chercheur remarqua une fréquence de plus de 110 battements par minute sur l'électrocardiogramme. Le tapis fut alors arrêté brusquement et une mesure des composantes obtenue le plus rapidement possible.

#### Le traitement expérimental

Le programme de conditionnement physique d'une durée de trois mois (12 semaines) se déroula au département de Kinanthropologie sur deux tapis roulants. Trois fois par semaine, à des heures et jours fixés à l'avance, les sujets

du groupe expérimental seulement se présentèrent au laboratoire vêtus de culottes courtes et chaussés d'espadrilles. Ils devaient marcher ou courir sur le tapis roulant de 15 à 30 minutes, à une vitesse représentant soixante pour cent de leur consommation d'oxygène de pointe, telle que mesurée au Pré-Test. Pour veiller à la bonne marche et à la sécurité des participants le chercheur assista à toutes les séances d'entraînement en laboratoire. La vitesse du tapis roulant fut déterminée en utilisant la méthode Jetté et al. (1975) telle que décrite précédemment. La pente du tapis roulant fut gardée au niveau durant toute la durée de l'entraînement. Chaque séance de conditionnement physique fut divisée en trois parties distinctes:

i) La période d'échauffement: Le réchauffement s'effectua sur le tapis roulant à une vitesse de trois milles à l'heure pendant deux minutes.

ii) La période de mise en train: Les différences physiques individuelles n'ont pas influencé la nature de l'effort. Pour produire un travail exigeant soixante pour cent de la consommation d'oxygène de pointe, une marche rapide s'avéra suffisante pour tous les sujets sauf un qui a dû courir lentement. Afin de permettre une adaptation graduelle de l'organisme au travail et diminuer le risque de blessures causées par un effort soudain trop difficile et trop long, la durée de la période de mise en train fut allongée progressivement d'une semaine à l'autre (Tableau 3).

TABLEAU 3  
PROGRAMME DE CONDITIONNEMENT PHYSIQUE  
DU GROUPE EXPERIMENTAL

SEMAINE	ECHAUFFEMENT (durée/min.)	MISE EN TRAIN. (durée/min.)	INTENSITE (% PVO <sub>2</sub> )	RECUPERATION (durée/min.)
1	2	15	50%	2
2	2	20	60%	2
3	2	25	60%	2
4	2	30	60%	2
5	2	30	60%	2
6 (1 <sup>ière</sup> séance)	2	30	60%	2
6 Réévaluation de la prescription d'exercices. (PVO <sub>2</sub> )				
6 (3 <sup>ième</sup> séance - nouvelle vitesse.				
7	2	20	60%	2
8	2	25	60%	2
9	2	30	60%	2
10	2	30	60%	2
11	2	30	60%	2
12	2	30	60%	2

La durée de l'effort n'excéda jamais trente minutes.

iii) Une période de récupération donna suite à la période de mise en train. La vitesse du tapis roulant fut diminuée progressivement jusqu'à 2.5 milles à l'heure. Le sujet marcha à cette vitesse deux minutes exactement.

L'ajustement de la prescription d'exercices

Six semaines d'entraînement ou 16 séances exactement s'écoulèrent avant que tous les sujets du groupe expérimental puissent revenir au laboratoire pour l'ajustement de la prescription d'exercices. Des trois séances de conditionnement physique hebdomadaires la deuxième sert à mesurer la consommation d'oxygène de pointe et la troisième à trouver, si tel était le cas, la nouvelle vitesse représentant une intensité de 60% de la consommation d'oxygène de pointe. Le protocole expérimental fut le même qu'au Pré-Test deuxième et troisième séance.

Evaluation quantitative des effets de l'entraînement

A la troisième séance de la quatrième, huitième et douzième semaine, les composantes temporelles de la systole ventriculaire furent obtenues au repos, en position assise et immédiatement (15 et 60 secondes) à la suite d'un travail représentant 60%  $PV_{O_2}$  du Pré-Test. Les participants étaient replacés à la vitesse exacte trouvée pour eux au Pré-Test. Le protocole expérimental fut le même qu'au Pré-Test troisième séance. Le chercheur enregistra la

fréquence cardiaque à chaque minute de l'effort mais n'utilisa que la moyenne de la cinquième et sixième minute pour identifier les changements attribuables à l'entraînement. Lorsqu'une diminution de plus de cinq battements minute était notée, une nouvelle charge de travail était établie. Avant d'entreprendre cette nouvelle charge de travail la fréquence cardiaque devait redescendre à plus ou moins 10 battements/min. de la fréquence cardiaque de repos. Les sujets étaient alors replacés sur le tapis roulant. La vitesse était progressivement augmentée jusqu'au moment où la fréquence cardiaque était identique à celle obtenue pour cette même charge et ce même sujet au Pré-Test troisième séance. Si la diminution de la fréquence cardiaque était moins de cinq battements par minute, la deuxième charge de travail était omise.

Le Post-Test

Tous les sujets du groupe expérimental et témoin furent réinvités au laboratoire les deux dernières semaines du mois de mai 1976 pour une dernière série de tests.

L'augmentation relative de la consommation d'oxygène chez le groupe expérimental fut utilisée pour établir la charge intermédiaire du groupe témoin (Tableau 8). A la dernière séance d'entraînement de la douzième semaine, quelques mesures anthropométriques, de force et flexibilité furent également obtenues.

La première séance

La première séance du Post-Test fut utilisée pour établir la nouvelle consommation d'oxygène de pointe chez tous les sujets du groupe expérimental et témoin. Le protocole expérimental fut le même qu'au Pré-Test.

La deuxième séance

Le chercheur utilisa cette deuxième séance pour enregistrer les composantes temporelles de la systole ventriculaire au repos et immédiatement à la suite de trois charges de travail d'intensité différente.

Première et deuxième charge de travail:

La première charge de travail du groupe expérimental représentait environ soixante pour cent de la consommation d'oxygène de pointe obtenue au Pré-Test, tandis que la deuxième charge représentait soixante pour cent de la consommation d'oxygène de pointe telle que mesurée au Post-Test. La première charge de travail du groupe témoin a été calculée en se servant de l'augmentation de la consommation d'oxygène de pointe, notée à la fin du programme de conditionnement physique chez le groupe expérimental. Comme la première charge de travail du groupe expérimental représentait environ 50% de la consommation d'oxygène de pointe du Post-Test, une charge de valeur équivalente fut trouvée pour le groupe témoin. La deuxième charge de travail du groupe témoin représentait exactement 60% du  $PV\dot{O}_2$  du Post-Test.

Troisième charge de travail: L'enregistrement des composantes temporelles fut également obtenu durant la période de récupération à une fréquence cardiaque de 110 et 100 battements par minute.

Les formules de régression utilisées

Les différentes formules de régression obtenues au repos et le manque d'unanimité pour l'utilisation d'une formule à l'exercice contribuent à la diversité des résultats entre chercheurs. La période de pré-éjection (PEP), la systole électromécanique (QS<sub>2</sub>) et le temps d'éjection ventriculaire gauche (LVET) furent corrigés par l'utilisation de formules de régression obtenues durant la recherche au repos et à la suite de l'effort physique (15 et 60 secondes).

L'équipement utilisé

L'électrocardiogramme fut obtenu grâce à un amplificateur isolé Quinton (M-620) dont les impulsions sont transmises à un pré-amplificateur Sandborn (M-350-3200-A) pour être enregistrées à une calibration d'un millivolt (déflexion d'un centimètre). Le phonocardiogramme utilisé fut branché à un amplificateur cardiaque Hewlett-Packard (M1506 B) dont les impulsions furent retransmises à un pré-amplificateur Sandborn (M-350-1300 C; DC-coupling). Le microphone carotidien relia les ondes à un générateur électrique qui les renvoya à un pré-amplificateur Sandborn (M-350-3200 A). Tous les pré-amplificateurs Sandborn 350

furent branchés à un appareil enregistreur Sandborn (M-7700) capable d'enregistrer les bruits cardiaques, le carotidogramme et l'électrocardiogramme simultanément.

L'épreuve d'effort se déroula sur un tapis roulant Quinton (M-24-72) relié à un tableau de contrôle Quinton (M-643), possédant un cardiotelemètre (M-609).

L'électrocardiogramme au repos fut obtenu grâce à un électrocardiographe portatif Cambridge VS<sub>4</sub>. Les électrodes (M-80 Silver Chloride Medical Foam, Monitrode Inc.) furent jetées après usage. Durant toute la durée de l'épreuve, les sujets furent observés sur un moniteur Hewlett-Packard (M-760) et un amplificateur Sandborn (M-768-100). La pression sanguine fut enregistrée avant, pendant, et après l'épreuve d'effort au moyen d'un sphygmomanomètre et un stéthoscope conventionnel.

#### L'analyse statistique utilisée

Les composantes temporelles PEP, QS<sub>2</sub> et LVET furent corrigées pour l'influence de la fréquence cardiaque en utilisant les formules de corrections obtenues, durant la recherche, au repos ainsi que 15 et 60 secondes post-exercice. Une analyse de la variance à une voie fut utilisée au Pré-Test pour s'assurer qu'aucune différence significative existait entre les sujets des groupes masculins d'une part et les sujets des groupes féminins de l'autre. Les intervalles PEP<sub>c</sub>, LVET<sub>c</sub>, QS<sub>2c</sub>, PEP, ICP du groupe expérimental et

témoin furent comparés à la douzième semaine en utilisant l'analyse de la covariance à une voie. Le rapport PEP/LVET fut également étudié.

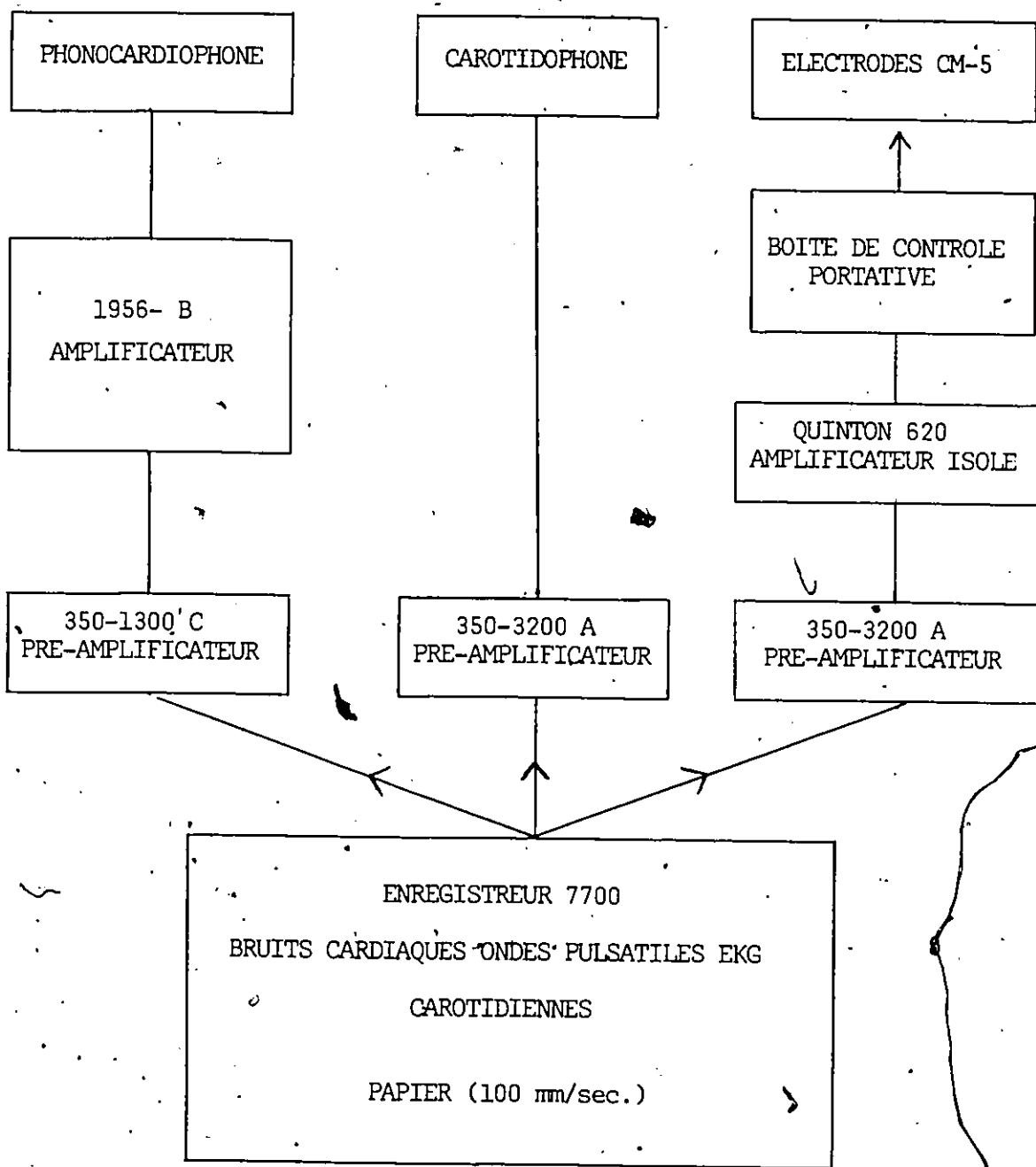
L'auteur compara les résultats de la première, quatrième, huitième et douzième semaine grâce à l'analyse de la variance à mesure répétée. Pour s'assurer de l'homogénéité de la variance le test de LEVENE fut retenu.

Lorsqu'une différence significative pouvait être notée entre les différentes semaines le test de SCHEFFE compléta l'étude statistique.

Une valeur de  $p < .01$  fut acceptée afin d'évaluer les différences entre les groupes.

FIGURE 2

## L'EQUIPEMENT UTILISE



## CHAPITRE IV

### RESULTATS ET DISCUSSION

#### Introduction

Cette étude fut entreprise afin d'évaluer les effets d'un programme de conditionnement physique d'une durée de douze semaines, à une intensité représentant soixante pour cent de la consommation d'oxygène de pointe ( $PVO_2$ ), sur la durée de certaines composantes temporelles de la systole ventriculaire gauche (PEP,  $PEP_C$ , ICP,  $QS_2C$ ,  $LVET_C$  et le rapport PEP/ $LVET$ ):

- au repos;
- quinze et soixante secondes à la suite d'un travail exigeant soixante pour cent de la consommation d'oxygène de pointe des sujets;
- quinze et soixante secondes à la suite d'une charge intermédiaire représentant pour le groupe expérimental aux valeurs absolues du Pré-Test, et pour le groupe témoin à une charge de valeur énergétique équivalente;
- à la 1<sup>ière</sup>, 4<sup>e</sup>, 8<sup>e</sup> et 12<sup>e</sup> semaine de conditionnement physique et
- à une fréquence cardiaque identique de 110 et 100 battements par minute obtenue durant la période de récupération, en position assise.

Les résultats de la recherche seront présentés dans un premier temps en tenant compte du protocole expérimental et seront par la suite comparés à ceux obtenus par d'autres

chercheurs dans des conditions analogues. Les hommes et les femmes feront l'objet d'une étude séparée. Une analyse de la variance utilisant les composantes temporelles obtenues au début du programme ne rapporte aucune différence significative entre le groupe expérimental et témoin masculin, et le groupe expérimental et témoin féminin. Par contre certaines différences significatives ( $p < .01$ ) furent observées entre les quatre groupes de sujets au début du programme. Ces différences s'expliquent en partie par l'utilisation de facteurs de correction propres à chacun des sexes ainsi qu'à la nature même des groupes. Ces différences ne seront pas étudiées à l'intérieur de cette recherche mais pourront faire l'objet d'une étude ultérieure. Tous les sujets du groupe expérimental participèrent aux douze semaines d'entraînement sauf un (G.M.) qui dû quitter à la dixième semaine du programme.

La relation linéaire observée par plusieurs auteurs (Cardus et Vera (1974); Cokkinos, Heimonas, Demopoulos, Haralambakis, Tsartalis et Gordikas (1976); Hoeven, Clerens, Donders, Beneken et Vonk (1977); Maher, Beller, Ransil et Hartley (1974); Weissler, Harris et Schoenfeld (1968a)) entre FC et certaines composantes temporelles et le manque de consensus pour l'utilisation d'une formule universelle au repos et durant l'exercice physique poussèrent l'auteur à étudier la relation entre ces deux facteurs durant la recherche. Les composantes temporelles furent corrigées par

des facteurs de correction obtenus durant la recherche. Par conséquent le nombre et la nature des groupes de sujets, l'équipement utilisé, les conditions en laboratoire ainsi que les formules de régression obtenues contribuent à rendre les résultats très spécifiques. Le tableau 4 présente les formules de régression, l'erreur standard de prédiction, le facteur de correction, la corrélation ainsi que le degré de signification, obtenus au repos ainsi que 15 et 60 secondes post-exercice à des charges de travail de 50 et 60% du  $PVO_2$  des sujets.

On peut observer les corrélations plus faibles obtenues pour les intervalles PEP des hommes et des femmes. La période pré-éjectionnelle des femmes obtenue au repos ne démontra pas la relation linéaire inverse observée chez les autres composantes temporelles. La corrélation des hommes dénotent également une relation plus faible ( $p < .05$ ) entre la fréquence cardiaque et la durée de PEP obtenue au repos en position assise.

#### La durée des composantes temporelles

##### Au repos

La durée des composantes temporelles (STI) ne pouvait différencier les groupes expérimentaux des groupes témoins hommes et femmes, au repos en position assise à la suite de douze semaines de conditionnement physique.

L'auteur utilisa les valeurs corrigées des composantes

TABEAU 4

COMPOSANTES TEMPORELLES: FORMULES DE REGRESSION ET FACTEURS DE CORRECTION

FORMULES DE REGRESSION*		E. S. P.**	FACTEURS DE CORRECTION			r	P
<b>HOMMES</b>							
LVET	= 380.9-1.64 X	10	FC				
LVET	= 379.3 1.64 X	11	FC	LVET <sub>C</sub> = LVET+1.64 X	FC	-.867	R (1)
LVET	= 382.8 1.67 X	12	FC	LVET <sub>C</sub> = LVET+1.64 X	FC	-.927	15 (2)
				LVET <sub>C</sub> = LVET+1.67 X	FC	-.905	60 (3)
QS2	= 508.1-1.88 X	13	FC	QS2 <sub>C</sub> = QS2 +1.88 X	FC	-.844	R
QS2	= 480.1-1.90 X	14	FC	QS2 <sub>C</sub> = QS2 +1.90 X	FC	-.926	15
QS2	= 500.8-2.00 X	14	FC	QS2 <sub>C</sub> = QS2 +2.00 X	FC	-.902	60
PEP	= 127.3-0.23 X	09	FC	PEP <sub>C</sub> = PEP +0.23 X	FC	-.265	R
PEP	= 100.6-0.26 X	09	FC	PEP <sub>C</sub> = PEP +0.26 X	FC	-.479	15
PEP	= 118.0-0.34 X	12	FC	PEP <sub>C</sub> = PEP +0.34 X	FC	-.389	60
<b>FEMMES</b>							
LVET	= 438.3-2.31 X	11	FC	LVET <sub>C</sub> = LVET+2.31 X	FC	-.875	R
LVET	= 408.7-1.80 X	10	FC	LVET <sub>C</sub> = LVET+1.80 X	FC	-.927	15
LVET	= 411.0-1.84 X	13	FC	LVET <sub>C</sub> = LVET+1.84 X	FC	-.869	60
QS2	= 558.6-2.45 X	15	FC	QS2 <sub>C</sub> = QS2 <sub>C</sub> +2.45 X	FC	-.841	R
QS2	= 408.7+2.20 X	10	FC	QS2 <sub>C</sub> = QS2 <sub>C</sub> +2.20 X	FC	-.950	15
QS2	= 426.5-2.20 X	14	FC	QS2 <sub>C</sub> = QS2 <sub>C</sub> +2.20 X	FC	-.885	60
PEP	= 120.3-.139 X	09	FC	PEP <sub>C</sub> = PEP +0.14 X	FC	-.480	R
PEP	= 112.8-.424 X	08	FC	PEP <sub>C</sub> = PEP +0.42 X	FC	-.600	15
PEP	= 120.6-.390 X	08	FC	PEP <sub>C</sub> = PEP +0.39 X	FC	-.511	60

(1) R - repos (2) 15 - 15 secondes post-exercice (3) 60 - 60 secondes post-exercice

\* Erreur standard de prédiction.)

\*\* Formules de régression obtenues en utilisant la mesure des intervalles systoliques répétée chez chacun des sujets au cours de la recherche.

temporelles obtenues grâce à l'analyse de la covariance pour fin de discussion. Ces dernières apparaissent au tableau 5.

#### Données générales

A la suite du programme de conditionnement physique sur le tapis roulant, l'auteur a pu constater une augmentation significative de la consommation d'oxygène de pointe ( $PVO_2$ ), ainsi que de la consommation d'oxygène à 60% du  $PVO_2$  chez les deux groupes expérimentaux. La vitesse (révolutions/minute) nécessaire afin d'obtenir cette dernière charge chez les deux groupes expérimentaux augmenta également de façon significative. Les données corrigées apparaissent au tableau 6.

Aucune différence significative ne fut notée chez la fréquence cardiaque maximale ainsi que chez la fréquence cardiaque à soixante pour cent de la consommation d'oxygène de pointe ( $PVO_2$ ), chez les groupes masculins et féminins.

#### Composantes temporelles: 15 et 60 secondes post-exercice à 60% du $PVO_2$

La durée des composantes temporelles ( $PEP$ ,  $PEP_c$ ,  $QS_{2c}$ ,  $LVET_c$ ,  $ICP$  et le rapport  $PEP/LVET$ ) ne pouvait différencier à la suite du programme de conditionnement physique le groupe expérimental du groupe témoin durant la récupération d'un travail exigeant environ soixante pour cent de la consommation d'oxygène de pointe. Le tableau 7 présente les composantes temporelles obtenues chez les quatre groupes

TABLEAU 5

95

## COMPOSANTES TEMPORELLES DE LA SYSTOLE VENTRICULAIRE AU REPOS

	HOMMES			FEMMES		
	EXPERI- MENTAL	TEMOIN	VALEUR F	EXPERI- MENTAL	TEMOIN	VALEUR F
LVET <sub>C</sub> (msec)	367	378	0.24	436	436	0.01
QS <sub>2C</sub> (msec)	504	503	0.10	564	555	4.15
PEP/LVET	.432	.410	0.88	.437	.398	1.23
PEP (msec)	114	109	0.76	120	111	7.91
PEP <sub>C</sub> (msec)	129	124	1.18	129	120	6.95
ICP (msec)	045	048	0.31	058	050	1.43
FC (b/m)	065	065	0.01	068	065	0.29

\*Valeur critique de: F.<sub>01</sub> (1,11) = 9.65F.<sub>01</sub> (1,9) = 10.56TABLEAU 6  
DONNEES GENERALES (1)

	HOMMES			FEMMES		
	EXPERI- MENTAL	TEMOIN	VALEUR F	EXPERI- MENTAL	TEMOIN	VALEUR F
P <sub>V</sub> O <sub>2</sub> (ml/kg/min.)	39.0	35.0	12.12*	30.8	26.2	13.92*
FC maximale (b/m)	178.6	179.6	0.08	173.5	172.0	0.11
VO <sub>2</sub> 60% (ml/kg/min)	24.0	21.9	10.39*	19.3	15.5	25.80*
Révolution par minute <sup>2</sup>	97.8	88.8	47.95*	83.6	73.8	21.69*
FC 60% (b/m)	136.8	132.6	1.17	130.9	124.4	3.33

\*Valeur critique de F.<sub>01</sub> (1,11) = 9.65F.<sub>01</sub> (1,9) = 10.56(1) Pour de plus amples informations touchant les variables P<sub>V</sub>O<sub>2</sub>, F<sub>C</sub>, VO<sub>2</sub> 60% et les révolutions par minute; prière de consulter la thèse de monsieur John Campbell.

(2) Une révolution = 5.42 mètres.

TABLEAU 7.

COMPOSANTES TEMPORELLES: 15 et 60 SECONDES POST-EXERCICE A 60% DU PVO<sub>2</sub>

	HOMMES			FEMMES		
	EXPERIMENTAL	TEMPOIN	VALEUR DE F	EXPERIMENTAL	TEMPOIN	VALEUR DE F
QUINZE SECONDES POST-EXERCICE						
L <sub>VET</sub> C (msec.)	372	374	0.24	409	402	1.41
Q <sub>S2C</sub> (msec.)	475	469	1.14	523	517	1.63
PEP/LVET	406	335	7.04	314	335	0.40
PEP (msec.)	073	070	0.40	071	074	0.22
PEP <sub>C</sub> (msec.)	102	095	2.59	109	117	1.93
ICP (msec.)	018	020	2.59	020	021	0.02
FC (b/m)	108.8	101.2	6.77	99.20	91.8	1.61
SOIXANTE SECONDES POST-EXERCICE						
L <sub>VET</sub> C (msec.)	375	377	0.11	414	405	1.62
Q <sub>S2C</sub> (msec.)	495	485	6.07	533	523	2.98
PEP/LVET	405	340	5.33	344	353	0.07
PEP (msec.)	091	081	2.22	090	090	1.57
PEP <sub>C</sub> (msec.)	122	109	6.34	122	121	0.01
ICP (msec.)	029	024	1.23	033	030	0.62
FC (b/m)	87.7	84.6	0.20	80.5	79.3	0.06

\*Valeur critique de F<sub>.01</sub> (1,11) = 9.65

F<sub>.01</sub> (1,9) = 10.56

participants quinze et soixante secondes post-exercice en position assise. Malgré l'augmentation de la capacité de travail et de la consommation d'oxygène de pointe chez les groupes expérimentaux, la durée des composantes temporelles de la systole ventriculaire gauche n'a pu identifier les groupes actifs des groupes sédentaires à la suite de cette charge de travail.

#### Charge intermédiaire

A la douzième semaine du programme de conditionnement physique, la première charge de travail du groupe expérimental représenta environ soixante pour cent de la consommation d'oxygène de pointe du Pré-Test. La première charge de travail du groupe témoin fut calculée en se servant de l'augmentation relative (%) observée à la fin du programme de conditionnement physique chez les groupes expérimentaux. Ces données apparaissent au tableau 8. La charge intermédiaire obtenue représentait environ 50% de la consommation d'oxygène de pointe des quatre groupes de sujets. L'auteur nota une différence significative ( $p < .01$ ) dans la vitesse (révolutions/minute) nécessaire pour atteindre ce 50% du  $PVO_2$  chez les deux groupes de sujets entraînés. Une différence significative fut également observée entre la consommation d'oxygène à 50% du  $PVO_2$  du groupe expérimental et témoin féminin ( $p < .01$ ). Aucune différence significative ne fut obtenue chez le groupe



masculin malgré une augmentation sensible de la consommation d'oxygène à 50% du  $PVO_2$  (19.59 vs 17.22 ml/kg/min.).

Aucune différence significative ne fut observée entre les fréquences cardiaques des groupes expérimentaux et témoins masculins et féminins à la sixième minute de la charge de travail. Le tableau 9 présente les composantes temporelles quinze et soixante secondes post-exercice en position assise. L'auteur n'a pu différencier le groupe actif du groupe sédentaire quinze secondes post-exercice chez les deux groupes de sujets. On peut par contre constater une différence significative ( $p < .01$ ) de la durée de PEP et  $PEP_c$ , soixante secondes post-exercice chez le groupe masculin. Le rapport PEP/LVET est significativement plus élevé chez le groupe expérimental que chez le groupe témoin (.4319 vs .3358;  $p < .01$ ). L'allongement des intervalles PEP et  $PEP_c$  et du rapport PEP/LVET du groupe masculin semble indiquer un retour aux valeurs de repos plus rapide chez le groupe de sujets actifs.

#### Quantification

A la première, quatrième, huitième et douzième semaine de l'entraînement, l'auteur compara la durée des composantes temporelles de la systole ventriculaire gauche des deux groupes expérimentaux. Les composantes temporelles furent obtenues au repos et immédiatement (15 et 60 secondes) à la suite d'un travail physique représentant 60% de la consommation d'oxygène de pointe obtenue au Pré-Test. Les

TABLEAU 9

COMPOSANTES TEMPORELLES: 15 et 60 SECONDES POST-EXERCICE A 50% DU PVO<sub>2</sub>

	HOMMES			FEMMES		
	EXPERIMENTAL	TEMOIN	VALEUR DE F	EXPERIMENTAL	TEMOIN	VALEUR DE F
QUINZE SECONDES POST-EXERCICE						
LVET <sub>C</sub> (msec.)	376	377	1.34	410	406	0.32
QS <sub>2C</sub> (msec.)	484	478	1.38	527	521	0.96
PEP/LVET	.383	.337	5.37	.328	.317	0.14
PEP (msec.)	086	077	3.43	079	081	0.20
PEP <sub>C</sub> (msec.)	109	099	7.23	116	114	0.13
ICP (msec.)	024	022	0.68	026	023	0.40
FC (b/m)	87.8	87.4	0.01	89.0	81.0	1.94
SOIXANTE SECONDES POST-EXERCICE						
LVET <sub>C</sub> (msec.)	371	389	5.99	408	410	0.04
QS <sub>2C</sub> (msec.)	502	498	0.53	533	527	1.60
PEP/LVET	.432	.336	13.76*	.374	.327	1.43
PEP (msec.)	106	085	10.58*	099	094	1.07
PEP <sub>C</sub> (msec.)	131	112	14.60*	127	121	1.12
ICP (msec.)	039	033	1.83	044	031	1.86
FC (b/m)	74.7	78.0	0.23	73.9	70.1	0.79

\* Valeur critique de F.01 (1,11) = 9.65

F.01 (1,9) = 10.56

composantes temporelles apparaissent aux tableaux 10 et 11. Aucune différence significative ne fut observée au repos entre la première, quatrième, huitième et douzième semaine de conditionnement chez les composantes temporelles des sujets masculins et féminins. La fréquence cardiaque moyenne enregistrée durant la cinquième et sixième minute de l'exercice présenta une diminution sensible lorsque l'on compare la première à la douzième semaine. La fréquence cardiaque du groupe expérimental masculin diminua de 14.6 battements par minute (135.6 vs 121.0 battements/minute). Une diminution plus faible (9.6 battements par minute) fut enregistrée chez le groupe de sujets féminins.

Quinze secondes à la suite d'un travail exigeant 60% de la consommation d'oxygène de pointe du Pré-Test, l'auteur remarqua l'allongement de la période pré-éjectionnelle non-corrigée (64 vs 83 vs 83 msec.;  $p < .01$ ) ainsi qu'une diminution importante de la fréquence cardiaque (111.9 vs 92.2 vs 90.6 vs 90.1;  $p < .01$ ) chez le groupe de sujets masculins.

Une fois corrigée pour les effets de la fréquence cardiaque,  $PEP_c$  ne présenta aucune différence significative entre la première et la douzième semaine de conditionnement physique.

$PEP$ ,  $PEP_c$ ,  $ICP$  et  $FC$  présentèrent des différences significatives ( $p < .01$ ) soixante secondes post-exercice, chez le groupe de sujets masculins seulement. L'auteur a pu observer une différence significative entre la première

TABLEAU 10

COMPOSANTES TEMPORELLES: AU REPOS: QUANTIFICATION GROUPE EXPERIMENTAL

SEMAINE	HOMMES				FEMMES				Valeur de F
	1	4	8	12	1	4	8	12	
L <sub>VETc</sub> (msec.)	384	379	383	378	439	438	444	436	0.71
Q <sub>S2c</sub> (msec.)	505	509	513	505	559	555	556	564	1.07
PEP/LVET	.391	.432	.405	.427	.391	.382	.364	.433	2.07
PEP (msec.)	105	115	115	112	112	108	103	119	2.41
PEP <sub>c</sub> (msec.)	121	130	130	127	121	117	113	128	2.41
ICP (msec.)	046	048	048	046	058	051	050	062	4.40
FC (b/m)	70.6	65.9	65.7	66.6	65.6	67.2	71.0	67.4	0.76

\* Valeur critique de F<sub>.01</sub> (5,30) = 3.7

F<sub>.01</sub> (5,25) = 3.86

TABLEAU 11

COMPOSANTES TEMPORELLES: 15 et 60 SECONDES POST-EXERCICE: QUANTIFICATION GROUPE EXPERIMENTAL

SEMAINE	HOMMES				FEMMES				VALEUR DE F
	1	4	8	12	1	4	8	12	
QUINZE SECONDES POST-EXERCICE									
LVET <sub>c</sub> (msec.)	381	386	376	377	413	409	407	410	0.89
QS2 <sub>c</sub> (msec.)	475	486	485	483	518	521	519	527	0.98
PEP/LVET	.332	.331	.382	.365	.271	.299	.304	.322	1.06
PEP (msec.)	064	077	083	082	064	076	073	079	2.70
PEP <sub>c</sub> (msec.)	093	101	107	106	104	112	111	116	1.62
ICP (msec.)	019	022	022	023	025	027	023	028	0.66
FC (b/m)	111.9	92.2	90.6	90.1	95.5	84.9	88.9	87.3	2.44
SOIXANTE SECONDES POST-EXERCICE									
LVET <sub>c</sub> (msec.)	386	389	381	377	411	412	410	411	1.20
QS2 <sub>c</sub> (msec.)	493	508	506	504	524	527	527	535	1.97
PEP/LVET	.341	.366	.397	.412	.328	.321	.346	.366	1.38
PEP (msec.)	076	093	098	102	084	090	091	099	2.57
PEP <sub>c</sub> (msec.)	108	120	125	128	117	118	120	128	1.75
ICP (msec.)	022	032	032	038	036	040	037	046	2.16
FC (b/m)	94.7	79.4	79.1	77.7	84.6	72.0	75.6	72.6	2.39

#Valeur critique de F.01 (5,30) = 3.7

F.01 (5,25) = 3.86

et la huitième, ainsi que la première et douzième semaine de conditionnement physique chez les intervalles PEP (15 secondes post-exercice) et PEP<sub>C</sub>, (60 secondes post-exercice).

Aucune différence significative ne fut observée chez le groupe féminin, au repos et à la suite (15 et 60 secondes) d'un exercice physique sur le tapis roulant exigeant soixante pour cent de la consommation d'oxygène de pointe, telle qu'obtenue au Pré-Test.

#### Cent dix et cent battements par minute

La durée des composantes temporelles non-corrigées à des fréquences cardiaques identiques (110 et 100 battements/minute) n'a pu différencier le groupe expérimental du groupe témoin à la douzième semaine de conditionnement physique (tableau 12). Les composantes temporelles ne furent pas corrigées pour les effets de la fréquence cardiaque puisque les intervalles furent obtenus à des fréquences cardiaques identiques durant la période de récupération d'un exercice physique.

#### Discussion

Weissler, Harris et Schoenfeld (1968b) rapportent une relation faible mais toutefois significative entre PEP et FC chez 121 hommes et 90 femmes en position allongée. Montoye, Willis, Keller et Metzner (1972); Cardus et Vera (1974) et plusieurs autres (Spodick et Lance 1976a et 1975); Lance et al. (1976)) ont confirmé cette relation faible entre ces deux facteurs en position allongée. Raab (1966) par

TABLEAU 12

COMPOSANTES TEMPORELLES:  
CENT DIX ET CENT BATTEMENTS PAR MINUTE

	HOMMES			FEMMES		
	EXPERI- MENTAL	TEMOIN	VALEUR DE F	EXPERI- MENTAL	TEMOIN	VALEUR DE F
<u>110 b/m</u>						
LVET (msec.)	194	210	6.48	215	226	4.70
QS <sub>2</sub>	269	261	1.30	282	290	3.44
PEP/LVET	.388	.343	2.46	.321	.282	2.67
PEP (msec.)	075	066	6.05	068	064	0.80
ICP (msec.)	026	020	0.04	020	019	0.69
FC (b/m)	110.6	110.0	1.40	111.0	109.7	3.32
<u>100 b/m</u>						
LVET (msec.)	218	210	1.52	235	232	0.18
QS <sub>2</sub>	301	285	5.57	306	301	1.31
PEP/LVET	.382	.355	1.21	.311	.294	0.26
PEP (msec.)	083	075	3.64	072	068	0.76
ICP (msec.)	024	022	0.27	023	021	0.36
FC (b/m)	100.3	100.3	0.01	100.0	99.6	0.95

\*Valeur critique de  $F_{.01}(1,11) = 9.65$

$F_{.01}(1,9) = 10.56$

contre cite plusieurs études n'ayant pu démontrer cette relation linéaire significative entre PEP et FC. Les formules de régression obtenues durant cette recherche en position assise semble confirmer cette relation faible entre ces deux facteurs\*.

Au repos, le temps d'éjection ventriculaire gauche LVET, non-corrigé, tel que mesuré en position couchée varie selon Martin, Shaver, Thompson et Leonard (1970); Martin, Shaver, Thompson, Reddy et Leonard (1971) entre 175 et 385 millisecondes. Blumberger et Meiner (1959) rapportent des durées de 200 à 310 msec. alors que Fardy, Maresh, Abbott et Kristiansen (1976) présentent chez 560 sujets masculins une durée moyenne de  $306 \pm 30$  msec.. En passant de la position allongée à la position droite, le débit systolique, la pression intraventriculaire et le volume ventriculaire tendent à diminuer, expliquant en partie la diminution du temps d'éjection observée chez des sujets en position assise (Spodick et Quarry-Pigott (1973)). Polis, Ghuyts, Smets, Dekeyser, Messin et Vancrombreucg (1971) enregistrèrent chez 21 sujets mâles en position assise une durée moyenne non-corrigée de 253 msec. (FC = 71 b/m) alors que Wiley obtint  $256 \pm 22$  msec. (FC = 73 b/m). La durée moyenne du temps d'éjection ventriculaire gauche  $PEP_c$  obtenue durant cette recherche à la douzième semaine du programme de conditionnement

---

\* Hommes  $PEP_c = PEP - .23 \times FC$ ,  $r = -.265$ ,  $P < .05$   
 Femmes  $PEP_c = PEP - .139 \times FC$ ,  $r = -.48$ ,  $P: NS$

physique est plus longue chez le groupe féminin (436.2 msec.) que chez le groupe masculin (376.0 msec.). Cette différence s'explique en partie par la divergence des facteurs de correction des deux groupes (Femme = 2.31, Homme = 1.64).

La formule de régression obtenue par Lance et Spodick\* (1976a) chez 18 sujets mâles en position assise sur une bicyclette ergométrique se rapproche de celle obtenue par l'auteur au cours de cette présente recherche\*\*. Quoique les pentes diffèrent légèrement, les valeurs d'intersections sont presque identiques. Naughton et Leach (1971) rapportent un allongement de la durée de  $LVET_c$  chez des groupes de sujets entraînés. Cette observation semble suggérer une augmentation du débit systolique au repos grâce au conditionnement physique, et semblent s'appuyer sur la bradycardie cardiaque notée chez les sujets entraînés. Adams, DeVries, Girondola et Bowen (1977) rapportent un allongement de  $LVET$  et  $LVET_c$  chez 13 sujets mâles ( $\bar{X} = 66.3$  ans) au repos en position assise sur une bicyclette ergométrique, à la suite d'un programme de conditionnement physique d'une durée de 10 semaines. La stabilité déconcertante de la fréquence cardiaque et du temps d'éjection ventriculaire gauche observée au repos, ainsi que douze semaines à la suite du programme de conditionnement physique semble suggérer que le programme n'était pas suffisamment intense pour produire les changements attendus.

---

\* Lance et Spodick -  $LVET = .3787 - 1.76 X FC$   
 \*\* L'auteur -  $LVET = .3809 - 1.64 X FC$

Lorsque l'on observe la durée de la systole électromécanique ( $QS_2$ ) dans sa totalité temporelle sans s'attacher aux sous-intervalles PEP et LVET il devient très ambigu et difficile à expliquer. Hardarson, Spiro, Curiel et Hahn (1973) enregistrèrent au repos en position assise sur une bicyclette ergométrique une durée de 514.6 msec.. L'intervalle fut corrigé par la formule de Weissler, Harris et Schoenfeld (1968a). L'auteur de ce présent document rapporte chez le groupe expérimental et témoin masculin une durée moyenne de 504.1 et 503.1 msec. respectivement alors que les femmes présentent des durées de 564.4 et 555.0 msec. à la douzième semaine de conditionnement physique. Van der Hooven, Clerens, Donders, Benéken et Vonk (1977) démontrèrent une relation linéaire inverse significative entre  $QS_2$  et FC. La formule de régression obtenue par l'auteur\* se rapproche de celle obtenue par Hoeven\*\*. A la suite d'un programme de conditionnement physique, l'allongement de la systole électromécanique ( $QS_{2c}$ ) au repos, durant l'exercice et au cours de la récupération peut s'expliquer en partie par l'allongement du sous-intervalle  $LVET_c$ .

Il apparaît selon plusieurs recherches que la diminution de la capacité fonctionnelle du cœur augmente le rapport PEP/LVET. Cardus et Vera (1974) rapportent .463 chez 30 sujets masculins en position assise alors que Spodick

---

\* L'auteur -  $QS_2 = 508 - 1.88 \times FC$   
 \*\* Hoeven -  $QS_2 = 500 - 1.68 \times FC$

enregistra  $.563 \pm .23$ . Wiley (1971) a obtenu  $.433$  chez 42 sujets mâles âgés de 24 à 62 ans. Au cours de cette présente étude, l'auteur a enregistré des rapports variant de  $.398$  à  $.432$  chez les quatre groupes de sujets en position assise.

Les valeurs de repos, obtenues au cours de cette recherche se rapprochent sensiblement de celles citées dans la littérature. Aucune différence significative ne fut observée au repos entre les groupes expérimentaux et témoins au Post-Test. L'augmentation significative de la consommation d'oxygène ( $\dot{V}O_2$ ) et la diminution de la fréquence cardiaque durant un effort standardisé démontrent bien la capacité d'adaptation des hommes et des femmes âgés de trente-cinq à cinquante-cinq ans lorsque soumis à un programme de conditionnement physique à une intensité moyenne ( $60\% \dot{V}O_2$ ). La durée des composantes temporelles n'a pu différencier le groupe actif du groupe sédentaire.

La durée de la période pré-éjectionnelle au repos en position allongée se situe selon Blumberger et Meiner (1959) entre 50 et 105 msec.. Franks, Wiley et al. (1969); Fardy, Maresh, Abbott et Kristiansen (1976) ainsi que Xenakis, Quarry et Spodick (1975) ont obtenu au cours de leurs recherches des durées variant de 60 à 125 millisecondes chez des groupes de sujets en santé en position allongée. Les résultats obtenus durant cette recherche rapportent des durées variant entre 108.8 et 119.9 msec. chez les quatre groupes de sujets en position assise. Nazarov et Musiichuk

(1965) rapportent une durée de  $109 \pm 12$  msec. chez 162 sujets mâles et femelles en position assise. Wiley (1971) enregistra dans cette même position une durée semblable chez 42 sujets mâles ( $111 \pm 10$  msec.). Les valeurs présentées au cours de ces recherches ne furent pas corrigées pour l'influence déterminante de la fréquence cardiaque.

Raab (1966) a rapporté des périodes de pré-éjection plus longues chez des groupes de sujets actifs lorsque comparés à des groupes sédentaires. Naughton et Leach (1971); Naughton (1975) ne remarquèrent aucune différence significative entre deux groupes de sujets dont l'un était entraîné. Récemment, Adams, DeVries, Gironola et Bowen (1977) à la suite d'un programme de conditionnement physique d'une durée de dix semaines sur une bicyclette ergométrique remarquèrent que la durée de PEP et PEP<sub>c</sub> ne pouvait différencier le groupe expérimental du groupe témoin au repos en position assise. Au cours de cette présente recherche, aucune différence significative ne fut observée entre la durée de la période de pré-éjection (corrigée ou non) du groupe expérimental et témoin masculin et féminin, à la suite de douze semaines de conditionnement physique. Une augmentation significative ( $p < .01$ ) de la consommation d'oxygène de pointe fut par contre observée chez les deux groupes expérimentaux. Quoique PEP, PEP<sub>c</sub> et ICP semblent s'allonger aucune différence significative ne fut observée, 15 et 60 secondes post-exercice à 60% du  $\dot{V}O_2$ .

L'exercice physique cause une augmentation de la fréquence cardiaque et une réduction de la durée de certaines composantes temporelles ( $QS_2$ , PEP,  $PEP_c$ , ICP, LVET) (Raab et Krzywanek (1965); Raab et al. (1960); Raab (1966)). Lindquist, Spangler et Blorint (1973) ainsi que Lance et Spodick (1975) ont démontré la valeur des composantes temporelles comme moyen d'évaluer la réponse cardiovasculaire durant un effort physique. Plusieurs études rapportent l'instabilité de la fréquence cardiaque, de la pression sanguine, de l'ondée systolique, du volume ventriculaire fin-diastole (LVEDV) et de l'activité sympathique immédiatement à la suite d'un effort physique (Braunwald, Sarnoff et Stainsby (1958); Braunwald, Sonnenblick, Ross, Glick et Epstein (1967); Braunwald, Moscovitz et al. (1955); Molnar (1976); Polis, Ghuyts, Smets, Dekeyser, Messin et Vancrombreucg (1971)).

La durée des composantes temporelles enregistrée quinze et soixante secondes post-exercice à 60% du  $PVO_2$  ne démontra pas de différences significatives entre le groupe expérimental et témoin masculin et féminin. L'auteur a pu par contre constater une réduction de la durée des intervalles quinze secondes post-exercice ainsi qu'un allongement progressif jusqu'à la soixantième seconde de récupération. Les composantes les plus touchées furent  $QS_2$ , PEP,  $PEP_c$ , et ICP. L'auteur constata une diminution marquée de la fréquence cardiaque en passant de l'effort au repos quinze

et soixante secondes. La durée de  $LVET_c$  demeura relativement stable chez les deux groupes de sujets. Le temps d'éjection<sub>c</sub> féminin dénota une réduction plus marquée que chez le groupe masculin. Les recherches récentes de Nandi et Spodick (1977) ont démontré chez dix sujets masculins sédentaires âgés de 23 à 27 ans que  $LVET_c$  (ETI) augmentait de façon significative ( $p < .001$ ) durant un exercice en position droite. Durant les premières secondes de récupération de l'exercice (état passif), le temps d'éjection<sub>c</sub> diminua de façon significative ( $p < .001$ ). Cette diminution n'était pas reliée à l'intensité de la charge de travail. La durée de  $LVET_c$  quinze et soixante secondes à la suite d'un travail de 100 watts (FC:  $131 \pm 13.65$  b/m) demeura stable et de valeurs semblables à celles enregistrées au repos ( $332 \pm 10.24$  msec. vs  $333 \pm 15.89$  msec.).

Le temps d'éjection<sub>c</sub> enregistré par l'auteur au cours de cette présente recherche quinze et soixante secondes à la suite d'un effort en position droite (FC: 124 à 137 b/m) se rapproche également, chez le groupe masculin au temps d'éjection enregistré au repos. Le temps d'éjection<sub>c</sub> du groupe féminin est plus court (22 et 30 msec.) soixante secondes post-exercice que le temps d'éjection<sub>c</sub> enregistré au repos. Tel que démontré par Nandi et Spodick (1977), PEP, PEP<sub>c</sub> et ICP tendent à récupérer beaucoup plus lentement que  $LVET_c$ . Soixante secondes post-exercice, la période de contraction isovolumétrique (ICP) fut beaucoup plus courte

que la période de repos et ceci chez les quatre groupes de sujets. Nandi et Spodick (1977) indiquent qu'une récupération d'au moins cinq minutes semble nécessaire pour obtenir des valeurs semblables à celles enregistrées au repos. La durée de  $QS_2$  dépend de la durée de  $PEP_c$  et  $LVET_c$ . La récupération à la suite d'un effort physique varie avec l'intensité de la charge de travail. Ils remarquèrent qu'à la suite d'un effort léger (50 watts, FC:  $110 \pm 9.12$  b/m) les composantes temporelles  $LVET_c$ , PEP, ICP,  $QS_2$  ainsi que le rapport PEP/LVET récupéraient beaucoup plus rapidement qu'à la suite d'une charge de 100 ou 150 watts. La vitesse de récupération de certaines composantes (PEP, ICP, LVET,  $QS_2$ , PEP/LVET) était proportionnelle à l'intensité de la charge de travail.

La durée des composantes temporelles 15 secondes post-exercice à 50% du  $PVO_2$  ne pouvait différencier le groupe expérimental du groupe sédentaire masculin et féminin. Par contre soixante secondes post-exercice, l'auteur de cette présente recherche identifia certaines différences significatives ( $p < .01$ ). L'allongement de PEP,  $PEP_c$  et PEP/LVET du groupe expérimental masculin semble indiquer une récupération plus rapide chez le groupe de sujets entraîné. Raab (1966) indique que l'entraînement physique se manifeste par ses effets chronotropes: une diminution de la fréquence cardiaque de repos et d'effort, et par ses effets inotropes; un allongement de la période pré-éjectionnelle et de contraction

isovolumétrique. Nandi et Spodick (1977) indiquent que la réduction de ICP et PEP durant l'exercice physique s'explique en partie par l'augmentation de l'activité sympathique et de la vélocité de contraction des fibres ventriculaires.

Certains des effets observés chez les composantes durant un exercice en position droite peuvent avoir été causés par l'augmentation de la pré-charge qui au travers du mécanisme de Frank Starling augmente également la vitesse de contraction des myofibrilles ventriculaires. La lenteur de la récupération de PEP et ICP à la suite de charges de travail d'intensité différente peut être également expliquée par des effets adrénérgiques résiduels reliés à l'intensité de la charge de travail. Par conséquent la lenteur ou la rapidité de récupération de certaines composantes temporelles semblent directement reliées à l'intensité et la durée des effets inotropiques sur le coeur à la suite d'efforts physiques de différentes intensités.

La durée des composantes temporelles enregistrée durant la période de récupération d'un effort standard (60% du  $PV_{O_2}$  du pré-test) démontra de la première à la douzième semaine un allongement significatif des intervalles PEP,  $PEP_c$ , ICP ainsi qu'une diminution progressive de la fréquence cardiaque. Il est intéressant de noter que la majeure partie des changements furent observés à la quatrième semaine de conditionnement physique. Par contre les différences

significatives ne furent observées qu'à la huitième ou douzième semaine seulement. La diminution marquée de la fréquence cardiaque durant l'effort ainsi qu'une récupération plus rapide indique bien la diminution progressive du stress physiologique de cette charge de travail. L'augmentation de la dominance parasympathique associée à une diminution de l'activité sympathique durant l'effort contribue selon Raab, et al. (1960); Raab (1966) à la diminution de la fréquence cardiaque au repos durant l'effort et la récupération et à l'allongement de PEP et ICP chez les groupes de sujets entraînés.

Par conséquent l'allongement de certaines composantes temporelles observé chez le groupe expérimental masculin (50% du  $\dot{V}O_2$ ) lorsque comparé au groupe témoin ainsi que l'allongement quinze et soixante secondes post-exercice à la suite d'une charge standard suggère une diminution des effets inotropiques durant l'effort physique et une réduction de leurs effets durant le recouvrement d'un exercice standardisé. Aucune différence significative ne fut observée dans la durée des composantes temporelles du groupe féminin enregistrée au cours de la période de quantification, malgré une tendance certaine à s'allonger (PEP, PEP<sub>e</sub> et ICP). Aucune différence significative ne fut observée à des fréquences cardiaques identiques de cent dix et cent battements par minute chez le groupe expérimental et témoin

indiquant que la récupération à la suite d'un stress semblable ne pouvait différencier le groupe actif du groupe sédentaire.

## CHAPITRE V

### RESUME, CONCLUSIONS, RECOMMANDATIONS

#### Résumé

Cette étude fut entreprise afin d'évaluer les effets d'un programme de conditionnement physique d'une durée de douze semaines et à une intensité représentant environ soixante pour cent de la consommation d'oxygène de pointe ( $\dot{V}O_2$ ) sur la durée de certaines composantes temporelles de la systole ventriculaire gauche:

- au repos;
- quinze et soixante secondes à la suite d'un travail exigeant 60% du  $\dot{V}O_2$ ;
- quinze et soixante secondes à la suite d'une charge de travail représentant pour le groupe expérimental aux valeurs absolues du Pré-Test (60% du  $\dot{V}O_2$ ) et pour le groupe témoin à une charge de valeur énergétique équivalente;
- à la première, quatrième, huitième et douzième semaine d'entraînement au repos et (15 et 60 secondes) à la suite d'un travail exigeant 60% de la consommation d'oxygène de pointe, telle que mesurée au Pré-Test;
- à une fréquence cardiaque identique de 110 et 100 battements par minute.

Vingt-six volontaires (14 hommes et 12 femmes) âgés entre trente et cinquante-cinq ans ( $\bar{X} = 44$  ans) participèrent à cette recherche. Le groupe expérimental et témoin masculin

furent composés de sept sujets chacun et les groupes féminins, six. Trois fois par semaine, à des heures fixées à l'avance, les sujets des groupes expérimentaux se présentèrent au laboratoire de Kinanthropologie pour marcher sur un tapis roulant, à des vitesses obtenues pour chacun au Pré-Test. A la sixième semaine du programme de conditionnement physique, le chercheur ajusta la prescription d'exercice afin que les sujets puissent travailler à environ soixante pour cent du  $\dot{V}O_2$ .

Aucune différence significative ne fut observée au Pré-Test entre les groupes masculins d'une part et les groupes féminins de l'autre, telle qu'analysée au moyen de l'analyse de la variance à une voie. Tous les résultats Pré-Post-Test furent analysés en utilisant l'analyse de la covariance à une voie. Seules les valeurs corrigées furent retenues pour fin de discussion. Toutes les composantes temporelles furent obtenues grâce à l'enregistrement simultané de l'électrocardiogramme, du phonocardiogramme et du carotidogramme en position assise. Tous les enregistrements furent obtenus à une vitesse du papier de 100 millimètres par seconde. Les composantes temporelles furent corrigées grâce à des formules de régression obtenues durant la recherche. Seule PEP fut présentée sous sa forme corrigée et non-corrigée. A une fréquence cardiaque identique (110 et 100 b/m) les composantes temporelles ne furent pas corrigées. Pour évaluer les changements obtenus par l'entraînement, les composantes

temporelles furent enregistrées à la première, quatrième, huitième et douzième semaine, au repos ainsi que quinze et soixante secondes post-exercice. Une analyse de la variance à une voie, mesures répétées, fut utilisée afin de comparer les résultats entre eux.

Les composantes temporelles n'ont pu différencier le groupe expérimental du groupe témoin au repos, 15 et 60 secondes post-exercice à 60% du  $\dot{V}O_2$ , à 110 et 100 battements par minute ainsi que 15 secondes à la suite d'une charge intermédiaire équivalente aux deux groupes de sujets.

L'auteur a pu remarquer une différence significative entre la durée de PEP et  $PEP_C$  (60 secondes post-exercice à 50% du  $\dot{V}O_2$ ) du groupe expérimental et témoin masculin. PEP/LVET était également plus long.

L'évaluation quantitative des effets de l'entraînement telle qu'obtenue par la mesure répétée des composantes temporelles (1ière, 4ième, 8ième et 12ième semaine) démontra un allongement significatif ( $p < .01$ ) de PEP et FC 15 secondes post-exercice (60% du  $\dot{V}O_2$  du Pré-Test) ainsi qu'un allongement de PEP,  $PEP_C$ , ICP et FC 60 secondes post-exercice chez le groupe masculin seulement.

Aucune différence significative ne fut observée chez le groupe féminin, malgré une tendance des intervalles PEP,  $PEP_C$  et ICP à s'allonger. Une diminution de la fréquence cardiaque à l'effort et durant la récupération, associée à l'allongement

de la période pré-éjectionnelle et de contraction isovolumétrique indique selon Raab (1966); Raab et al. (1960) une amélioration de la capacité ventriculaire et semble suggérer une diminution des effets inotropiques sur le coeur durant l'exercice et la récupération d'un effort standardisé.

### Conclusions

Les résultats de cette recherche indiquent que la durée des composantes temporelles (PEP, PEP<sub>C</sub>, ICP, QS<sub>2C</sub>, LVET et le rapport PEP/LVET) ne peut différencier un groupe actif d'un groupe sédentaire au repos et à la suite d'un exercice physique représentant environ soixante pour cent de la consommation d'oxygène des sujets (PVO<sub>2</sub>). L'allongement de PEP, PEP<sub>C</sub> chez le groupe expérimental mâle 60 secondes post-exercice à 50% du PVO<sub>2</sub> du Post-Test ainsi que PEP, PEP<sub>C</sub> et ICP 15 et 60 secondes post-exercice durant la période de quantification indique une amélioration de la capacité fonctionnelle du myocarde et une diminution des effets inotropes sur le coeur à la suite d'une charge standardisée. Cette appréciation vient s'ajouter à l'augmentation de la consommation d'oxygène de pointe et de la capacité de travail observées chez les groupes expérimentaux. Une diminution de la fréquence cardiaque durant un effort standardisé ainsi qu'une chute plus rapide durant la récupération identifient le groupe actif du groupe sédentaire.

### Recommandations

Les discussions précédentes et les conclusions basées sur les résultats de cette étude indiquent qu'un programme de conditionnement physique à soixante pour cent de la consommation d'oxygène de pointe des sujets peut apporter des effets bénéfiques aux participants et qu'il serait utile d'étudier:

1. L'influence d'un programme de conditionnement physique de différente intensité (80-90-100% du  $\dot{V}O_2$ ) sur la durée des composantes temporelles de la systole ventriculaire gauche.
2. L'application de système d'ordinateurs pour mesurer directement les composantes temporelles au repos comme à l'effort.
3. La réponse des composantes chez un plus grand nombre de sujets des deux sexes.
4. D'étudier les composantes temporelles jusqu'à la dixième minute de récupération d'un exercice dynamique.

## BIBLIOGRAPHIE

- Adams, G.M., DeVries, H.A., Girondola, R.M., Bowen, J.J.,  
The Effect of Exercise Training on Systolic Time Intervals, Medicine and Science in Sport. Abstract, 9:68, 1977.
- Agress, C.M., Wegner, S., Determination of Stroke Volume from Left Ventricular Isovolumetric Contraction and Ejection Times, Japanese Heart Journal. 9:339, 1968.
- Ahmed, S.S., Levinson, G.E., Schwartz, C.J., Ettinger, P.O., Systolic Time Intervals as Measure of the Contractile State of the Myocardium, Circulation. 46:559, 1972.
- Aronow, W.S., Isovolumetric Contraction and Left Ventricular Ejection Time: External Measurement at Rest and after Exercise, American Journal of Cardiology. 26:238, 1970.
- \_\_\_\_\_, Bowyer, A.F., Kaplan, M.A., External Isovolumic Contraction Time and Left Ventricular Ejection Time: External Isovolumic Contraction Time Ratios at Rest and after Exercise in Coronary Heart Disease, Circulation. 43:59, 1971.
- Astrand, P.O., Cuddy, T.E., Stalin, B., Stenberg, J., Cardiac Output during Submaximal and Maximal Exercise, Journal of Applied Physiology. 19:268, 1964.
- Bell, R.L., Non-Invasive Methods of Evaluating Cardiac Ejection Fraction, Journal of Tennessee Medical Association. 68:981, 1975.
- Bennet, E.D., Smitten, C.S., Sowtan, E., An Assessment of the Haemodynamic Alterations in Acute Myocardial Infarction Using the Systolic Time Intervals, Thorax. 26:632, 1971.
- Berk, S., et al., Non-Invasive Differentiation of Cardiomyopathy from Coronary Disease; Pulse Transmission Time and Systolic Time Intervals, Journal of the American Geriatric Society. 24:289, 1976.
- Blumberger, K.J., Meiner, S., Studies of Cardiac Dynamic, Cardiology and Encyclopedia of the Cardiovascular System, Part IV, vol. 11, N.Y., McGraw-Hill and Co., 1959.

- Bowen, W.P., Changes in Heart Rate, Blood Pressure and Duration of Systole Resulting from Bicycling, American Journal of Physiology. 17:59, 1904.
- Braunwald, E.B., Moscovitz, H.L., et al., Timing of Electrical and Mechanical Events of the Left Side of the Human Heart, Journal of Applied Physiology. 8:309, 1955.
- \_\_\_\_\_, Sarnoff, S.J., Stainsby, W.N., Determinants of Duration and Mean Rate of Ventricular Ejection, Circulation Research. 6:319, 1958.
- \_\_\_\_\_, Sonnenblick, E.H., Ross, J.R., Glick, G., Epstein, J.E., An Analysis of the Cardiac Response to Exercise, Circulation Research. 20:1, 1967.
- Brubakk, O., et al., Systolic Time Intervals in Acute Myocardial Infarction, Acta Medica Scandinavia. 199:33, 1976.
- Bush, C.A., Lewis, R.P., Leighton, R.F., Fontana, M.E., Weissler, A.M., Verification of Systolic Time Intervals and the True Isovolumic Contraction Time from the Apexcardiogram by Micromanometer Catheterization of the Left Ventricle and Aorta, (Abstract), Circulation. 42 supp. 3:111, 1970.
- Buyukozturk, L., Kimbris, D., Segal, B., Systolic Time Intervals, American Journal of Cardiology. 28:183, 1971.
- Cardus, D., Vera, L., Systolic Time Intervals at Rest and During Exercise, Cardiology. 59:133, 1974.
- Chapman, C.B., Fisher, J.N., Sproule, B.J., Behavior of Stroke Volume at Rest and During Exercise in Human Beings, Journal of Clinical Investigation. 39:1208, 1960.
- Cohn, P.F., Corlin, R., Adams, D.F., et al., Comparison of Biplane and Single Plane Left Ventriculograms in Patients with Coronary Artery Disease, American Journal of Cardiology. 33:1, 1974.
- Cokkinos, D.V., Heimonas, E.T., Demopoulos, J.N., Haralambakis, A., Tsartsalis, G., Gordikas, C.D., Influence of Heart Rate Increase on Uncorrected Pre-Ejection Period / Left Ventricular Ejection Time (PEP/LVET) ratio in Normal Individuals, British Heart Journal. 38:683, 1976.

- Coles, D., Raichlen, J., Bloomfield, D., Effect of Sub-maximal Exercise on Systolic Time Intervals, Circulation. supp. 3, vol. 49-50, 1974.
- Cureton, T.K., Physical Fitness and Dynamic Health. N.Y. Dial Press, 1965.
- Diamant, B., Killip, T., Indirect Assessment of Left Ventricular Performance in Acute Myocardial Infarction, Circulation. 42:579, 1970.
- Diamond, G., Forrester, J.S., Chatterjeek, J., et al., Mean Electromechanical P/T. An Indirect Index of the Peak Rate of Rise of Left Ventricular Pressure, American Journal of Cardiology. 30:338, 1972.
- Dutoit, J.F., Running and Weight Training Program upon the Cardiac Cycle, Unpublished Doctoral Dissertation. University of Illinois, 1966.
- Ekblom, B., Kilbom, A., Soltysiak, J., Physical Training Bradycardia and Autonomic Nervous System, American Journal of Cardiology. 32:251, 1973.
- Fabian, J., Epstein, E.J., et al., Duration of Phases of Left Ventricular Systole Using Indirect Methods in Normal Subjects, British Heart Journal. 34:874, 1972.
- Fardy, P.S., The Effects of Soccer Training and Detraining upon Selected Cardiac and Metabolic Measures, Research Quarterly. 40:502, 1969.
- \_\_\_\_\_, The Influence of Physical Activity on Selected Cardiac Cycle Time Components. Journal of Sport Medicine. 11:219, 1974a.
- \_\_\_\_\_, Left Ventricle Time Component Changes in Middle-Aged Men, Following a Twelve Week Physical Training Intervention Program, Journal of Sport Medicine. 13:219, 1974b.
- \_\_\_\_\_, Maresh, C.M., Abbott, R.D., Kristiansen, T., Myocardial Function as Influenced by Age and Habitual Physical Activity: A Cross Sectional Study. (To be published). World Congress on Physical Activity and Related Science, 1976 (Quebec City).
- Faria, I.E., Cardiovascular Response to Exercise as Influenced by Training at Various Intensities, Research Quarterly. 41:44, 1970.

- Feil, H.S., Katz, L.N., Clinical Observation on the Dynamics of Ventricular Systole: 11 Hypertension. Archives of Internal Medicine. 33:321, 1924.
- Frank, M.N., Habarern, N., The Effect of Handgrip Exercise on Systolic Time Intervals in Human Subject, American Journal of Medical Science. 26:219, 1971.
- \_\_\_\_\_, Kinlaw, W.B., Indirect Measurement of Isovolumic Contraction Time and Tension Period in Normal Subjects, American Journal of Cardiology. 10:800, 1962.
- Franks, B.D., Wiley, J.F., Cureton, T.K., Orthogonal Factors and Norms for Time Components of the Left Ventricle, Medicine Science and Sport. 1:171, 1969.
- \_\_\_\_\_, Wiley, J.F., et al., Effects of Training on Time Components of the Left Ventricle, Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 9:80, 1969.
- Frick, M.H., Somer, T., Elovainio, R.O., Effect of Physical Training on Left Ventricular Systole, Cardiologia. 51:33, 1967.
- Garrard, C.L., Weissler, A.M., Dodge, H.T., The Relationships of Alterations in Systolic Time Intervals to Ejection Fractions in Patients with Cardiac Disease, Circulation. 42:455, 1970.
- Garnod, A.H., On Some Points Connected with the Circulation of the Blood Arrived at From a Study of a Sphygmograph Trace, Proceedings of the Royal Society of Medicine, 23:140, 1874. Cité par Wayne H: p. 157.
- Gobbato, F., Meda, A., Analysis of the Factors that May Influence the Duration of Isotonic Systole in Normal Condition, Cardiologia. 29:114, 1956.
- Graboyes, T.B., Michaelson, E.D., Systolic Time Intervals During - G<sub>z</sub> acceleration, Journal of Applied Physiology. 41:52, 1976.
- Greenfield, J.C., Harley, A., Thompson, H.K., Wallace, A.G., Pressure Flow Studies in Man during Atrial Fibrillation, Journal of Clinical Investigation. 47:2411, 1968.
- Hamosh, P., Cohn, I.M., et al., Systolic Time Intervals and Left Ventricular Function in Acute Myocardial Infarction, Circulation. 42:579, 1970.

- Hardarson, T., Spiro, S.G., Curiel, R., Hahn, H.L., Cardiac Function during Exercise: a Study of Systolic Time Intervals during Increasing and Constant Work Rate Exercise Tests, American Journal of the Medical Sciences. 266:371, 1973.
- Harley, A., Starmer, C.F., Greenfield, J.C., Pressure Flow Studies in Man. An Evaluation of the Duration of the Phases of Systole, Journal of Clinical Investigation. 48:895, 1969.
- Harris, W.S., Aytan, N., Pouget, J.M., Effects of Nitroglycerin on Responses of the Systolic Time Intervals to Exercise, Circulation. 47:499, 1973.
- \_\_\_\_\_, Schoenfeld, C.D., Arnold, M., Weissler, A.M., Effects of Adrenergic Receptor Blockade on the Systolic Pre-Ejection Periods, Heart Rate and Arterial Pressure in Man, The Journal of Clinical Investigation. 46:1704, 1967.
- Harrison, T.R., Dison, T.R., Russel, R.O., Bidwai, P.S., Coleman, H.N., The Relation of Age to the Duration of Contraction, Ejection and Relaxation of the Normal Human Heart, American Heart Journal. 67:189, 1964.
- Hayashi, K.D., Moss, A.J., Yu, P.N., Urinary Catecholamine Excretion in Myocardial Infarction, Circulation. 40:473, 1969.
- Hayman, A.S., The Q-First Heart Sound Interval in Athlete at Rest and after Exercise, Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 4:199, 1964.
- Hegglin, R., What is the Significance of a Shortened Systole, Cardiologia. 48:71, 1966.
- Hodges, M., Halpern B.L., Friesinger, G.G., et al., Left Ventricular Pre-Ejection Period and Ejection Time in Patients with Acute Myocardial Infarction, Circulation. 45:993, 1972.
- Hoeven, G.M.A., Clerens, P.J.A., Donders, J.J.H., Beneken, J.E.W., Vonk, J.T.C., A Study of Systolic Time Intervals During Uninterrupted Exercise, British Heart Journal. 242:254, 1977.
- Holmgren, A., Johnson, B., Sjostrand, T., Circulatory Data in Normal Subjects at Rest and During Exercise in Recumbent Position with Special Reference to Stroke Volume at Different Work Intensities, Acta Physiologica Scandinavica, 49:343, 1960.

- Jetté, M., Thoden, J.S., Gauthier, R., Aerobic Exercise Prescription Intensity in Terms of Maximal Working Capacity, Canadian Journal of Public Health. 66:465, 1975.
- Jezek, V., Clinical Value of the Polygraphic Tracing in the Study of the Sequence of Events During Cardiac Contraction, Cardiologia. 43:298, 1963.
- Jones, W.B., Forster, G.L., Determinants of Duration of the Left Ventricular Ejection in Normal Young Men, Journal of Applied Physiology. 19:279-283, 1964.
- Katz, L.N., Feil, H.S., Clinical Observations on the Dynamics of Ventricular Systole 1: Auricular Fibrillation, Archives of Internal Medicine. 32:672, 1923.
- Kirchoff, H.W., Cardiovascular Function Before and After Reconditioning Periods in a Mountainous Terrain. In Preventive Cardiology. Ed. Raab, W. Springfield Illinois C.C. Thomas. 1966.
- Kolatat, T., et al., Effect of Position on the Duration of Cardiac Cycle Phases in Normal Thai Subjects, Journal of Medical Association Thai. 58:143, 1975.
- Kraus, H., Raab, W., Hypokinetic Disease. Disease Produced by Lack of Exercise. Springfield Illinois c.c. Thomas Publishers, 1961. Cité par Raab W., and Krzywaneck, H.J., 1965.
- Kroetz, F.W., Kioschos, J.M., Mozena, D., et Shierholz, J., Correlation of Left Ventricular Ejection Fraction in Patients with Heart Disease, (Abstract) - Journal of Clinical Medicine. 74:977, 1969.
- Lance, V.Q., et al., Ejection time Heart Rate Relationship During Exercise, Cathet. Cardiovascular Diagn. 2:165, 1976. Catheterization and Cardiovascular Diagnosis.
- \_\_\_\_\_, Spodick, D.H., Constant-Load Versus Heart Rate-targeted Exercise; Responses of Systolic Time Intervals, Journal of Applied Physiology. 38:794, 1975.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, Ejection Time Heart Rate Relationship During Exercise, Catheterization and Cardiovascular Diagnosis. 2:165-173, 1976a.

- Lance, V.Q., Spodick, D.H., Heart Rate-Left Ventricular Ejection Time Relations: Variations During Postural changes and Cardiovascular Challenges. British Heart Journal. 38:1332, 1976b.
- Landöis, L., Die Lehre Von Arteriengials nach, eigenen Versuchungen and Beobachtugen dargestellt. Hurschwald Berlin. 1872,304. Cité par Wayne H.H.
- Leighton, R.F., Weissler, A.M., Weinstein, P.B., and Wooley, C.F., Right and Left Ventricular Systolic Time Intervals. Effect of Heart Rate, Respiration and Atrial Pacing, American Journal of Cardiology. 27:66, 1971a.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, Right and Left Ventricular Systolic Time Intervals, American Journal of Cardiology. 27:1966, 1971b.
- \_\_\_\_\_, Zaron, S.J., Robinson, J.L., Weissler, A.M., Effects of Atrial Pacing on left Ventricular Performance in Patients with Heart Disease, Circulation. 40:615, 1969.
- Levine, H.J., Neill, W.A. Wagman, R.J., Drasnow, N., Gorlin, R., The Effects of Exercise on Mean Left Ventricular Ejection Rate in Man, Journal of Clinical Investigation. 41:1050, 1962.
- Lewis, R.P., Diagnostic Methods in Cardiology: Diagnostic Value of Systolic Time Intervals. Ed Fowler, N., 1975.
- \_\_\_\_\_, Boudoulas, H., Forrester, W.F., et al., Shortening of Electromechanical Systole as a Manifestation of Excessive Adrenergic Stimulation in Acute Myocardial Infarction. Circulation. 46:856, 1972.
- \_\_\_\_\_, Welch, T.G., Boudoulas, H., Forrester, W.F., Usefulness of Systolic Time Intervals in Coronary Artery Disease, American Journal of Cardiology. 37:787, 1976.
- Lindquist, V.A., Spangler, R.D., Blorint, S.G. Jr., A comparison Between the Events of Dynamic and Isometric Exercise as Evaluated by the Systolic Time Intervals in Normal Men, American Heart Journal. 85:227, 1973.
- Lombard, W.P., and Cope, O.M., The Duration of the Systole of the Left Ventricle of Man, American Journal of Cardiology. 77:263, 1926.

- MaHer, J.T., Beller, G.A., Ransil, B.J., Hartley, L.H.,  
Systolic Time Intervals During Submaximal and Maximal  
Exercise in Man, American Heart Journal. 37:334, 1974
- Martin, C.M., et al., Systolic Time Intervals in Normal  
Pregnant Women, Military Medicine. 141:396, 1976.
- Martin, C.E., Shaver, J.A., Thompson, M.E., Leonard, J.J.,  
Correlation of External and Internal Indices of  
Ventricular Function in Man (Abstract), Circulation.  
42:supp 111, 1970.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, Reddy, P.S., Direct Correlation  
of External Systolic Time Intervals with Interval  
Indices of Left Ventricular Function in Man,  
Circulation. 44:419, 1971.
- McConahay, D., Martin M.M., Cheitlin, M.D., Resting and  
Exercise Systolic Time Intervals Correlations with  
Ventricular Performance in Patients with Coronary  
Artery Disease, Circulation. 45:529, 1973.
- Meng, R., Hollander, C., et al., The Use of Non-Invasive  
Methods in the Evaluation of Left Ventricular Perfor-  
mance in Coronary Artery Disease I: Relation of  
Systolic Time Intervals to Angiographic Assessment of  
Coronary Artery Disease Severity, American Heart  
Journal. 90:134, 1975.
- \_\_\_\_\_, Liebson, P.R., Hollander, C., Teran, J.C., Barresi,  
V., Use of Non-Invasive Methods in Evaluation of Left  
Ventricular Performance in Coronary Artery Disease -  
II : Change in Systolic Time Intervals after Coronary  
Artery By Pass in Patients with Stable Angine,  
British Heart Journal. 38:1166-72, 1976.
- Metzger, C.C., Chough, C.B., Kroetz, F.W., Leonard, J.S.,  
True Isovolumic Contraction Time, American Journal of  
Cardiology. 24:434, 1970.
- Milesis, C.A., et al., Cardiac Time Intervals During Active  
and Passive Recovery, Journal of Sports Medicine and  
Physical Fitness. 14:146, 1974.
- Molnar, S., The Effects of Active and Passive Recuperation on  
Left Ventricular Ejection Time, Journal of Sports  
Medicine. 16:177. 1976.


- Montoye, H.J., Willis, P.W., Keller, J.B., Metzner, H.L.,  
Systolic Pre-Ejection Period: Relation to Habitual  
Physical Activity, Medicine and Science in Sports.  
4:77, 1972.
- Nagvi, S.Z., Chisholm, A.W., Standin, J.R., Shane, S.J.,  
Relative Insensitivity of Isovolúmic Phase Indices in  
the Assessment of Left Ventricular Function, American  
Heart Journal. 91:477-83, 1976.
- Nandi, P., Spodick, D.H., Recovery from Exercise at Varying  
Work Loads. Time Course of Responses of Heart Rate  
and Systolic Intervals, British Heart Journal.  
39:958-966, 1977.
- Naughton, J., Systolic Time Intervals and the Evaluation of  
Cardiac Performance, Cardiac Rehabilitation. 6:21,  
1975.
- \_\_\_\_\_, Leach, W., The Effect of a Simulated Warm-Up on  
Ventricular Performance. Medicine and Science in  
Sports. 3:169-171, 1971.
- Nazarov, I.L., and Musiichuk, Y., et al., Influence of Body  
Position on Phases of Cardiac Cycle In Healthy Subjects,  
Terapevticheskii Arkhiv. 37:106, 1965.
- Noble, O.F., Diagnostic Methods in Cardiology, F.A. Davis  
Company, Philadelphia. 245-264, 1975.
- Pigott, V.M., Spodick, D.H., Rectra, E.H., Kham, A.H.,  
Cardiocirculatory Response to Exercise: Physiologic  
Study by Non-Invasive Techniques. American Heart  
Journal. 82:632, 1971.
- Plowman, S.A., The Effects of Progressive Physical Training  
on Cardiovascular Intervals under Conditions of Heat  
and Cold Stress. Thèse de maîtrise non publiée.  
Université d'Illinois 1966.
- Polis, O., Ghuys, E., Smets, P., Dekeyser, J.W., Messin R.,  
Vancrombreucg, J.C., Etude du Temps d'Ejection Ven-  
triculaire Gauche à l'Effort et au Cours de la  
Récupération, Acta Cardiologica. 26:38, 1971.
- Pouget, J.M., Harris, W.A., Mayson, B.R., Naughton, J.P.,  
Abnormal Responses of the Systolic Time Intervals to  
Exercise in Patients with Angina Pectoris,  
Circulation. 43:289, 1971.

- Raab, W., Training Physical Inactivity and The Cardiac Dynamic Cycle, Journal of Sport Medicine and Physical Fitness. 6:38, 1966.
- \_\_\_\_\_, et al., Cardiac Adrenergic Preponderance Due to Lack of Physical Activity, American Journal of Cardiology. 5:300, 1960.
- \_\_\_\_\_, Krzywanek, H.J., Cardiovascular Sympathetic Tone and Stress Response Related to Personality Pattern and Exercise Habits, American Journal of Cardiology. 16:42, 1965.
- Rasmussen, J.P., et al., Changes in Systolic Time Intervals during Stepwise Increasing Hypoxia, Acta Anaesthesiologica Scandinavica. 19:1, 1975.
- Reeves, J.T., Hefner, L.L., Jones, W.B., Coghlan, C., et al., The Haemodynamic Determinants of the Rate of Change of Pressure in the Left Ventricle during Isometric Contraction, American Heart Journal. 60:745, 1960.
- Remington, J.W., Hamilton, W.F., et al., Interrelation Between the Length of the Systole, Stroke Volume and Left Ventricular Work in the Dog, American Journal of Physiology. 154:6, 1948.
- Rivé, D., De Sphygmograph en de Sphymographische Curve. Utrecht, 1866. Cited by Robinson G.C., Draper, G.A., in: A study of the Presphygmic Period of the Heart.
- Robinson, B., The Carotid Pulse II, Relation of External Recordings to Carotid Aortic and Brachial Pulses, British Heart Journal. 25:61, 1963.
- Ross, J., Gault, J.H., Mason, D.T., Linhart, J.W., Braunwald, E., Left Ventricular Performance during Muscular Exercise in Patients with and without Cardiac Dysfunction, Circulation. 34:597, 1966.
- \_\_\_\_\_, Linhart, J.W., Braunwald, E., Effects of Changing Heart Rate in Man, by Electrical Stimulation of Right Atrium: Studies at Rest during Exercise and with Isoproterenol, Circulation. 32:549, 1965.
- Rushmer, R.F., Cardiovascular Dynamics, Philadelphia Saunders Company, 1970.
- Salzman, S.H., Wolfson, S., Jackson, B., et al., Epinephrine Infusion in Man. Standardization, Normal Response and Abnormal Response in Idiopathic Hypertrophic Subaortic Stenosis, Circulation. 43:137, 1971.

- Shah, P.M., Slodki, S.J., The Q-11 Interval: A Study of the Second Heart Sound in Normal Adults and in Systemic Hypertension, Circulation. 29:551, 1964.
- Sharkey, B.J., Intensities and Duration of Training and Development of Cardiorespiratory Endurance, Medicine and Science in Sports. 2:192, 1970.
- Shaver, J.A.; Kroetz, F.W., Leonard, J.J., Paley, H.W., The Effect of Steady State Increases in Systemic Arterial Pressure on the Duration of Left Ventricular Ejection Time, Journal of Clinical Investigation. 47:2, 1968.
- Shrhvatsabaya, Y.K., Investigation of the Length of the Phases of the Cardiac Cycle During Muscular Exercise, Kardiologiya. 4:62, 1964. (Traduit du russe par S. Molnar, University of Illinois, 1967).
- Siegel, J.H., Sonnenblick, E.H., Isometric Time Tension Relationships as an Index of Myocardial Contractility, Circulation Research. 12:597, 1963.
- Spodick, D.H., Communication to the Editor. Chest. 69:569-70, 1976.
- \_\_\_\_\_, Door, C.A., Calabrese, B.F., Detection of Cardiac Abnormality by Clinical Measurement of Left Ventricular Ejection Time, Journal of the American Medical Association. 209:239, 1969.
- \_\_\_\_\_, Kumar, S., Left Ventricular Ejection Period, American Heart Journal. 76:70, 1968.
- \_\_\_\_\_, Meger, M., St Pierre, J.R., The Effect of Upright Tilt on the Phases of the Cardiac Cycle in Normal Subjects, Cardiovascular Research. 5:210-14, 1971.
- \_\_\_\_\_, Quarry-Pigott, V.M., Effects of Posture on Exercise Performance Measurement by Systolic Time Intervals, Circulation. 48:74-78, 1973.
- Stack, R.S., Lee, C.C., Reddy, B.P., Taylor, M.L., Weissler, A.M., Left Ventricular Performance in Coronary Artery Disease, American Journal of Cardiology. 37:331-9, 1976.
- Stafford, R.W., Harris, W.S., Weissler, A.M., Left Ventricular Systolic Time Intervals as Indices of Postural Circulatory Stress in Man, Circulation. 41:485, 1970.

- Strandell, T., Mechanical Systole at Rest, During and After Exercise in Supine and Sitting Position in Young and Old Men, Acta Physiologica Scandinavia. 61:279, 1964.
- Sugimoto, T., Inasaka, T., Bosto, L.L., Takenchi, J., Relationships of Left Ventricular Systolic Time Intervals with Hemodynamic Variables in Intact and Failing Hearts, Japanese Heart Journal. 16:433-445, 1975.
- Takkunen, J.T., Oilinki, O.I., Linnaluoto, M.M.K., Rautahaiju, P.M., Systolic and Diastolic Intervals in the Cardiac Cycle in Healthy Men, Annals of Clinical Research. 9:193, 1977.
- Talley, R.C., Meyer, J.F., McMay, J.L., Evaluation of the Pre-Ejection Period as an Estimate of Myocardial Contractility in Dogs, American Journal of Cardiology. 27:384, 1971.
- Tharp, G.D., Cardiac Function Tests as Indexes of Fitness, Research Quarterly. 40:818, 1964.
- Unger, K., Shaw, D., Karlinir, J.J., et al., Evaluation of Left Ventricular Performance in Acutely Ill Patients with Chronic Obstructive Lung Disease, Chest. 68:135, 1975.
- Wallace, A.G., Mitchell, J.H., Skinner, N.S., and Sarnoff, S.J., Duration of the Phases of the Left Ventricular Systole, Circulation Research. 12:611, 1963.
- Wayne, H.H., Non-Invasive Technics in Cardiology. Year Book Medical Publishers Inc. 1973.
- Weisdorf, D., Spodick, D.H., Duration of Diastole Versus Cycle Length as Correlates of Left Ventricular Ejection Time, British Heart Journal. 38:282-284, 1976.
- Weissler, A.M., and Garrard, C.L. Jr., Systolic Time Intervals in Heart Failure In Man, Modern Concepts of Cardiovascular Disease. 1:2, 1971a.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, Systolic Time Intervals in Cardiac Disease Part I and II. Modern Concepts in Cardiovascular Disease. 40:1,4,5,6, 1971b.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, Systolic Time Intervals in Cardiac Disease, Modern Concepts in Cardiovascular Disease. 40:1,4,5,8, 1971c.

Weissler, A.M., Harris, W.S., Schoenfeld, C.D., Systolic Time Intervals in Heart Failure in Man, Circulation. 38:149, 1968b.

 \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, Systolic Time Intervals in Heart Failure in Man, Circulation. 37:149, 1968a.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, Bedside Technics for the Evaluation of Ventricular Function in Man, American Journal of Cardiology. 3:557, 1969.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, White, G.D., Left Ventricular Ejection Time Index in Man, Journal of Applied Physiology. 18:919-923, 1963.

\_\_\_\_\_, Kamen, A.R., Bornstein, R.S., Schoenfeld, C.D., Cohen, S., The Effects of Deslaniside on the Duration of the Phases of Ventricular Systole in Man, American Journal of Cardiology. 15:152, 1965.

\_\_\_\_\_, Peeler, R.G., Rochill, W.H., Relationships Between Left Ventricular Ejection Time. Stroke Volume, and Heart Rate, in Normal Individuals and Patients with Cardiovascular Disease. American Heart Journal. 62:367, 1961.

Werf De Van, Piessens, S., Kesteloot, H., Geest, D.H., A Direct Comparison between Internally and Externally Measured Left Ventricular Systolic Time Intervals, Acta Cardiologica (Brux). 30:171-179, 1975a.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, A Comparison of Systolic Time Intervals Derived from the Central Aortic Pressure and from the External Carotid Pulse Tracing. Circulation. 51:310-6, 1975b.

Whitsett, T.L., Naughton, J., The Effects of Exercise on Systolic Time Intervals in Sedentary and Active Individuals and Rehabilitated Patients with Heart Disease, American Journal of Cardiology. 27:352, 1971.

Wiggers, C.J., Studies on the Consecutive Phases of the Cardiac Cycle II: The Laws Governing the Relative Durations of Ventricular Systole and Diastole, American Journal of Physiology. 56:439, 1921a.

\_\_\_\_\_, Studies on the Consecutive Phases of the Cardial Cycle I: The Duration of the Consecutive Phases of the Cardiac Cycle and Criteria for Their Precise Determination, American Journal of Physiology. 56:415, 1921b.

- Wiley, J.F., Effects of Training with and without Wheat Germ Oil on Cardiac Intervals and other Fitness Measures of Middle-Aged Men, Thèse de doctorat de l'Université d'Illinois 1978.
- \_\_\_\_\_, Effects of Body Position and Exercise on Left Ventricular Intervals. Medicine and Science in Sports. 2:132, 1970.
- \_\_\_\_\_, Effects of 10 Weeks of Endurance Training on Left Ventricular Performance. Journal of Sports and Medicine. 11: 104, 1971.
- \_\_\_\_\_, Franks, B.D., Molnas, S., Time Components of the Left Ventricle during Work. New Zealand Journal of Physical Education. 2:67-74, 1969.
- Willems, J.L., and Kesteloot, H., The Left Ventricular Ejection Time Its Relation to Heart Rate Mechanical Systole, and Some Anthropometric Data, Acta Cardiologica. 22:401-25, 1967.
- \_\_\_\_\_, Roelandt, J., Geest, D.H., Kesteloot, H., and Joosens, J.J., The Left Ventricular Ejection Time in Elderly Subject. Circulation. 42:37-42, 1970.
- Winters, W.G., Leaman, D.M., Anderson, R.A., The Effect of Exercise on Intrinsic Myocardial Performance. Circulation. 48:50-55, 1973.
- Wohlert, A.S., The Assessment of Cardiovascular Fitness through Analysis of Left Ventricular Components, 1975 - Ph.D. Thesis, Texas.
- Xenakis, A.P., Quarry, V.M., Spodick, D.H., Immediate Cardiac Response to Exercise: Physiologic Investigation by Systolic Time Intervals at Graded Work Loads, American Heart Journal. 89:178, 1975.
- Zoneraich, S., Zoneraich, O., et al., Computerized System for Non-Invasive Techniques I, Its Value for Systolic Time Intervals, American Journal of Cardiology. 33:643, 1974.

ANNEXÉ 1

QUESTIONNAIRE DE SELECTION

## DEPARTEMENT DE KINANTHROPOLOGIE

UNIVERSITE D'OTTAWA

NOM \_\_\_\_\_

AGE \_\_\_\_\_

DATE \_\_\_\_\_

LAB NO: \_\_\_\_\_

Le programme de conditionnement physique consiste à évaluer les effets d'un programme de marche ou de course sur le tapis roulant, à une intensité représentant 60% de votre capacité maximale. Au début du programme vous devrez subir un examen médical complet et quelques tests d'aptitudes physiques. Le programme durera quatorze semaines à raison de trois périodes par semaine. Le sujet et l'examineur discuteront ensemble la cédule d'entraînement. Par exemple, si vous choisissez mardi 12:30, mercredi 10:00 et jeudi 16:00, vous pouvez modifier ces périodes pour la durée de la recherche. Cependant, si vous devez modifier votre cédule, nous pourrions la modifier. Le programme commencera la première semaine de janvier et se terminera à la mi-avril.

	OUI	NON
Participez-vous présentement à un programme de conditionnement physique?		
Avez-vous participé à un programme de conditionnement physique depuis les trois dernières années? Si oui, spécifiez: _____		
Voulez-vous participer à un programme de conditionnement physique sur le tapis roulant d'une durée de quatorze semaines (3 sessions hebdomadaires d'une durée de 20-30 minutes).		
Devez-vous vous absenter de l'Université pour une période de temps relativement longue entre le 5 janvier et le 15 avril 1976?		

	OUI	NON
5. Accepteriez-vous que deux prises de sang soient prélevées à deux occasions différentes afin d'établir votre niveau sanguin de cholestérol et de triglycérides?		
6. Si pour une raison ou une autre vous ne pouvez prendre part au programme de conditionnement physique, voudriez-vous être évalué(e) quand même à la mi-janvier et une autre fois à la mi-avril servant ainsi de groupe-témoin.		

Si vous décidez de participer au programme de conditionnement physique on doit compter sur vous pour les 14 semaines consécutives. Seulement sept hommes et sept femmes participeront au programme de conditionnement physique. Si les sujets abandonnent au milieu du programme, le projet sera compromis.

ANNEXE 2

FEUILLES D'ENREGISTREMENT DE  
DONNEES ANTHROPOMETRIQUES

DEPARTMENT OF KINANTHROPOLOGY

140

CLINICAL FITNESS PROGRAMME

ANTHROPOMETRIC MEASUREMENTS

NAME: \_\_\_\_\_ DATE: \_\_\_\_\_

<u>SER</u>	<u>DESCRIPTIONS</u>	<u>UNITS</u>	<u>MEASUREMENTS</u>
1	Height	in	Desired wt.: 1b
2	Weight	lb	Relative wt.:
3	Arm circumference	cm	
4	Chest circumference	cm	FFBW+ %EAT: 1b
5	Waist circumference	cm	cm to lose: cm
6	Thigh circumference	cm	lb to lose: 1b
7	Calf circumference	cm	OPTIMAL WT.: 1b

SKINFOLD MEASUREMENTS

8	Triceps	mm	
9	Mid axillary	mm	
10	Chest	mm	
11	Supra illiac (females only)	mm	
12	Body density		
13	% Body fat	%	
14	Fat Free Body Weight	kg	

STRENGTH TESTS

15	Right hand grip	kg	
16	Left hand grip	kg	
17	Sit ups	#	
18	Push ups	#	
19	Push	lb	
20	Pull	lb	

FLEXIBILITY

21	Sit and Reach	in cm	
----	---------------	----------	--

Signature \_\_\_\_\_

KIN 4013-4

DEPARTMENT OF KINANTHROPOLOGY  
PULMONARY FUNCTION MEASUREMENTS

NAME: \_\_\_\_\_ Male   
Female  DATE: \_\_\_\_\_  
AGE : \_\_\_\_\_ yrs HEIGHT: \_\_\_\_\_ m.

TEST	UNIT	TRIAL 1	TRIAL 2	TRIAL 3
1. PFR	l/min	_____	_____	_____
2. FEV <sub>1.0</sub>	l	_____	_____	_____
3. FEV <sub>3.0</sub>	l	_____	_____	_____
4. FVC	l	_____	_____	_____
5. VC pred	l	_____	_____	_____
6. %VC	%	_____	_____	_____
7. FEV <sub>1.0</sub> %	%	_____	_____	_____
8. FEV <sub>3.0</sub> %	%	_____	_____	_____

RECORDER: \_\_\_\_\_

ANNEXE 3

INFORMATION MEDICALE



## DEPARTMENT OF KINANTHROPOLOGY

HEALTH APPRAISAL FORM

NAME \_\_\_\_\_ AGE \_\_\_\_\_

	YES	NO	IF YES, GIVE DETAILS
1. Do you smoke?			How much?
2. Do you take any medication?			What?
3. Have you ever had: Diabetes, Thyroid Trouble, Anemia, Arthritis, Slipped Disc, Chronic Knee or Foot Disorders?			
4. Have you had any chest pain within the past year?			Describe
5. Do you suffer any chest pain or discomfort when exercising in any form e.g. climbing stairs?			
6. Have you ever suffered from: Rheumatic Heart Disease, Heart Failure, Heart Attack, High Blood Pressure, Angina, Any other Heart Problem?			
7. Is there any history of Heart Disease in the family?			Who, and at what age?
8. Have you had or are you now suffering from any serious disorder not mentioned above?			
9. Name of personal physician	_____		

City \_\_\_\_\_ Province \_\_\_\_\_



ANNEXE 4

EXIGENCES A SUIVRE

Renseignements généraux.

Pour assurer une utilisation efficace des facilités disponibles au département de Kinanthropologie, veuillez vous présenter aux heures et jours fixés par le chercheur.

Les hommes et les femmes devront porter des espadrilles, des culottes courtes et un gilet léger afin de faciliter la pose des appareils sur la poitrine. Pour éviter tout retard, il est important de se présenter au laboratoire de 10 à 15 minutes à l'avance lorsqu'il s'agit d'une séance d'exercice et de 20 à 25 lorsqu'il s'agit d'une séance d'évaluation.

Il faut éviter de manger et de boire du café, thé et alcool ainsi que fumer au moins deux heures avant les tests. Pour évaluer les effets de l'entraînement, il est important d'éviter de s'exercer à d'autres moments que ceux prescrits et permis pour vous en laboratoire.

ANNEXE 5

FORMULE DE CONSENTEMENT

CONSENT FOR EXERCISE EKG TEST

I, \_\_\_\_\_, authorize the University of Ottawa Cardiac Unit and the Department of Kinanthropology at the University of Ottawa to administer and conduct an exercise stress test. The test is designed to measure my fitness for work and/or sport; to determine the presence or absence of clinically significant heart disease; and/or to evaluate the effectiveness of my current therapy.

I understand that I will walk on a motor driven treadmill or pedal on an exercise ergometer. During the performance of physical activity my electrocardiogram will be monitored and my blood pressure will be measured and recorded at periodic intervals. Exercise will be progressively increased until I attain a predetermined end point corresponding to moderate exercise stress, or if I become distressed in any way or develop any abnormal response whichever of the above occurs first. Every effort will be made to conduct the test in such a way as to minimize discomfort and risk. However, I understand that just as with other types of diagnostic tests there are potential risks associated with an exercise test. These include episodes of transient lightheadedness, fainting, chest discomfort, leg cramps and very rarely, heart attacks.

In requesting such an examination, I waive any legal recourse against the members of the staff or the Department of Kinanthropology, the Department of Kinanthropology, and the University of Ottawa from any and all claims resulting from personal injuries sustained or death resulting from these tests. This waiver shall be binding upon my heirs, my executors, my administrators and my personal representatives.

I, hereby, direct and authorize the University of Ottawa to forward the results of the tests to my doctor, namely, Dr. \_\_\_\_\_, if he so requests in writing.

DATE: \_\_\_\_\_ SUBJECT: \_\_\_\_\_

Referring Physician \_\_\_\_\_ Witness \_\_\_\_\_

ANNEXE 6

PROTOCOLE EXPERIMENTAL



## DEPARTEMENT DE KINANTHROPOLOGIE

## UNIVERSITE D'OTTAWA

Protocole expérimental

1. S'assurer que le sujet a bien suivi toutes les recommandations transmises durant la séance d'orientation.
2. Le sujet lira et signera devant témoin la formule de consentement à l'épreuve d'effort.
3. S'assurer que tous les instruments fonctionnent et que les feuilles d'enregistrement soient bien préparées.
4. Attacher les électrodes en position CM<sub>5</sub> et attacher autour de la taille le générateur portatif.
5. Diriger le sujet au tapis roulant.
6. Asseoir le sujet sur une chaise de type "inclinaison" et enrouler autour du bras gauche du sujet un sphygmomanomètre.
7. Brancher le sujet au tableau de contrôle.
8. Enregistrer la fréquence cardiaque et la pression systolique et diastolique au repos en position assise.
9. Initier le sujet à la marche sur le tapis roulant. Placer le tapis à une vitesse de 3.0 MPH 2.5% de pente. Laisser marcher le sujet pour une période de trois minutes.
10. Une période de repos (2 minutes) suivra la période d'échauffement. Les informations concernant les procédures à suivre seront transmises au sujet.
11. L'épreuve à l'effort débutera à la fin de la période de récupération.

STAGE	MPH/KH	PENTE (%)	MINUTES
1	3.0	2.5	2
2	3.0	5.0	2
3	3.0	7.5	2
4	3.5	7.5	2
5	3.5	10.0	2
6	3.5	12.0	2
7	3.5	14.0	2
8	3.5	16.0	2
9	3.75	16.0	2
10	3.75	18.0	2
11	3.75	20.0	2

12. Enregistrer la fréquence cardiaque pendant les dix dernières secondes de chaque minute de façon visuelle et graphique. La pression sanguine sera obtenue à la fin de la première minute de chaque stage.
13. Lorsque le sujet se sent incapable de continuer, il devra immédiatement poser les deux mains sur les barres entourant le tapis roulant. A ce moment précis, la vitesse et la pente du tapis seront abaissées (2.5 MPH, 0% pente). Le sujet marchera à cette vitesse pendant deux minutes.
14. On enregistre la fréquence cardiaque, durant la période de récupération (1<sup>ère</sup>, 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> minute).
15. A la fin de la période de récupération, débrancher le sujet et enlever les électrodes et le sphygmomanomètre.
16. S'assurer que le sujet se sente bien avant de quitter le laboratoire et lui rappeler de ne pas prendre une douche trop froide ou chaude et d'éviter le sauna.
17. Les consommations d'oxygène furent obtenues et analysées de façon directe à chaque stage du test (2<sup>e</sup> minute).

ANNEXE 7

PROTOCOLE POUR L'ENREGISTREMENT  
DES COMPOSANTES TEMPORELLES DE  
LA SYSTOLE VENTRICULAIRE GAUCHE

DEPARTEMENT DE KINANTHROPOLOGIE  
UNIVERSITE D'OTTAWA

Protocole pour l'enregistrement des composantes temporelles  
de la systole ventriculaire gauche.

1. S'assurer que le sujet a bien suivi toutes les recommandations transmises par le chercheur.
2. S'assurer que l'équipement fonctionne bien. S'assurer également que les feuilles d'enregistrement des données soient préparées.
3. S'assurer que la fréquence cardiaque cible et la consommation d'oxygène à 60% du  $PVO_2$  aient été préalablement calculées.
4. Reposer le sujet une vingtaine de minutes en position couchée.
5. Attacher les électrodes en position CM<sub>5</sub>. (1) Partie supérieure du sternum (2) Partie inférieure du sternum; au niveau de l'appendice xiphoïde (3) sur la cinquième côte. Trouver et marquer d'un gros X, l'endroit offrant les meilleurs sons cardiaques. Un stéthoscope conventionnel fut utilisé pour trouver les sons.
6. Diriger le sujet au tapis roulant. Poser la boîte noire (power pack) autour de la taille du sujet, et brancher l'appareil au tableau de contrôle. S'assurer de la qualité des contacts.
7. Asseoir le sujet sur une chaise (L-Z-boy). Enrouler autour de la poitrine du sujet une courroie élastique et poser le microphone à quartz à l'endroit indiqué d'un gros X. S'assurer de la qualité des deux bruits cardiaques. Poser une courroie autour du cou du sujet et placer le carotidophone au meilleur endroit possible. S'assurer de la qualité des enregistrements en vérifiant de façon visuelle sur l'oscilloscope.

8. Obtenir un enregistrement simultané de l'électrocardiogramme, du phonocardiogramme et du carotidogramme sur un papier graphique à une vitesse de 100 mm/sec.. L'enregistrement s'effectuera durant huit secondes environ.
9. Le sujet marchera ensuite sur le tapis roulant à 0% de pente et à une vitesse d'environ 2.5 MPH. La vitesse sera augmentée de façon graduelle jusqu'au moment où la fréquence cardiaque cible sera atteinte (15 battements par minute de moins que la fréquence cardiaque prédite pour un travail exigeant 60% du  $\dot{V}O_2$ ). A ce moment, le chronomètre sera mis en marche. Le sujet devra marcher six minutes environ. A la troisième (3:30 - 4:00 min.) et cinquième minute (5:15 - 5:45 min.) deux échantillons de gaz seront recueillis et analysés sur le champ pour évaluer leur teneur en oxygène. A la sixième minute le tapis roulant sera arrêté et le sujet replacé sur la chaise (L-Z-boy) pour obtenir les composantes à la 15<sup>e</sup> et 60<sup>e</sup> seconde.
10. Lorsque la fréquence cardiaque sera redescendue à plus ou moins dix battements de la fréquence cardiaque de repos le sujet sera replacé sur le tapis roulant mais cette fois-ci à une charge représentant 60% du  $\dot{V}O_2$ . Même protocole que 9.
11. Durant la récupération de cette dernière charge, une mesure des composantes temporelles sera obtenue à une fréquence cardiaque de 110 et 100 b/m..
12. Lorsque la FC d'effort n'atteindra point 110 b/m une autre charge de travail sera utilisée pour s'assurer d'obtenir des mesures à ces FC précises.
13. Les appareils seront ensuite enlevés et nettoyés.
14. S'assurer de l'état du sujet avant de le voir quitter le laboratoire.

ANNEXE 8

PREDICTION DU  $\dot{V}O_2$  PAR LES FREQUENCES CARDIAQUES

$\tilde{Y} = a + b \bar{x}$  ( $\tilde{Y}$  = valeur prédite de Y pour chaque valeur de x).

Y = Fréquence cardiaque

X =  $\dot{V}O_2$

$y - \bar{y} = y - (a + bx) \rightarrow$  erreur de prédiction.

$\sum (y - \bar{y})^2 = \sum [y - (a + bx)]^2 \rightarrow$  méthode des carrés.

$$\sum y = na + b \sum x = \frac{\sum y}{n} = \frac{na}{n} + \frac{b \sum x}{n} = \bar{y} = a + b \bar{x}$$

$$\begin{aligned} \sum xy &= a \sum x + b \sum x^2 \\ &= (\bar{y} - b \bar{x}) \sum x + b \sum x^2 \\ &= \bar{y} \sum x - b \bar{x} \sum x + b \sum x^2 \\ &= \bar{y} \sum x + b (\sum x^2 - \bar{x} \sum x) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{\sum xy - \bar{y} \sum x}{\sum x^2 - \bar{x} \sum x} \\ &= \frac{\sum xy - \frac{\sum y \sum x}{n}}{\sum x^2 - \frac{\sum x \sum x}{n}} \\ &= \frac{\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}} \end{aligned}$$