

THESE

Présentée devant

L'UNIVERSITE PAUL SABATIER DE TOULOUSE (SCIENCES)

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITE PAUL SABATIER

Spécialité : Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives (STAPS)

Option : Activité Physiques Adaptée

Par

Daniel CURNIER

ENTRAINEMENT PHYSIQUE A COURT TERME

ET

INSUFFISANCE CARDIAQUE :

EFFETS PHYSIOLOGIQUES ET IMPLICATIONS PHARMACOLOGIQUES.



Soutenance le 20 décembre 2000, devant la commission d'examen :

Professeur Yves Eberhard, UFRSTAPS, UJF Grenoble I
Professeur Michel Galinier, Faculté de Médecine, Toulouse III
Professeur Pascale Mauriège, UFRSTAPS, Toulouse III
Professeur Jean-Louis Montastruc, Faculté de Médecine, Toulouse III
Professeur Alain Varray, UFRSTAPS, Montpellier I

Rapporteur
Examineur
Examineur
Examineur
Examineur

Table des matières

Introduction	1
1. Etude bibliographique	4
1.1. Définition de l'insuffisance cardiaque et généralités	4
1.1.1. Le système nerveux autonome dans l'insuffisance cardiaque	4
1.1.1.1. Généralités	4
1.1.1.2. Moyens d'exploration du système nerveux autonome	5
1.1.2. Le système de conduction électrique du cœur	6
1.1.2.1. Généralités	6
1.1.2.2. Moyens d'explorations	7
1.2. Insuffisance cardiaque et exercice	8
1.2.1. La chaîne de transport de l'oxygène	8
1.2.2. La ventilation	8
1.2.3. La circulation	12
1.2.3.1. Les réponses cardiaques	12
1.2.3.1.1. Le volume d'éjection systolique	12
1.2.3.1.2. La fréquence cardiaque	13
1.2.3.2. La circulation périphérique	14
1.2.3.2.1. Réponses vasoconstrictrices	14
1.2.3.2.2. Réponses vasodilatatrices	15
1.2.3.2.3. La microcirculation pulmonaire	15
1.2.4. L'activité musculaire	16
1.2.4.1. Le métabolisme musculaire	16
1.2.4.2. La morpho-histologie et la biochimie musculaire	17
1.2.4.3. Les muscles respiratoires	18
1.2.5. Synthèse	18
1.3. Insuffisance cardiaque et entraînement physiques	20
1.3.1. Principes de l'entraînement physique	20
1.3.2. Prescription de l'entraînement	22
1.3.2.1. Intensité de l'entraînement	22
1.3.2.2. Durée de la séance	22
1.3.2.3. Fréquence de l'entraînement	23
1.3.2.4. Modalité de l'entraînement	23

1.3.2.5. Séance d'entraînement	23
1.3.3. Bases de l'entraînement physique chez l'insuffisant cardiaque	24
1.3.3.1. Parallélisme avec les patients coronariens	24
1.3.3.2. Parallélisme avec les sujets déconditionnés	25
1.3.4. Résultats de l'entraînement chez l'insuffisant cardiaque	26
1.3.4.1. Effets de l'entraînement sur la consommation d'oxygène	26
1.3.4.2. Effets de l'entraînement sur la ventilation	27
1.3.4.3. Effets de l'entraînement sur la circulation	27
1.3.4.4. Effets de l'entraînement sur le muscle	28
1.3.4.5. Effets de l'entraînement sur le système nerveux autonome	28
1.3.5. Synthèse	28
1.4. Programme d'entraînement et insuffisance cardiaque	29
1.4.1. Intensités d'entraînement utilisées dans l'insuffisance cardiaque	29
1.4.1.1. Intensités d'entraînement basées sur un pourcentage de la consommation maximale d'oxygène	30
1.4.1.2. Intensités d'entraînement basées sur un pourcentage de la fréquence cardiaque maximale ou la fréquence cardiaque de réserve	31
1.4.1.3. Intensités d'entraînement spécifiques pour un entraînement en créneaux	31
1.4.1.4. Autres méthodes d'entraînement	32
1.4.2. Durées d'entraînement utilisées dans l'insuffisance cardiaque	32
1.4.3. Modalités d'entraînement utilisées dans l'insuffisance cardiaque	34
1.4.4. Individualisation de l'entraînement	34
1.5. Paramètres pronostics dans l'insuffisance cardiaque	37
1.5.1. Synthèse	38
1.6. Traitement pharmacologique et entraînement dans l'insuffisance cardiaque	39
1.6.1. Synthèse	41
1.7. Patients insuffisances cardiaques et entraînement	42
1.7.1. Patients insuffisants cardiaques inclus dans un programme de réhabilitation	42
1.7.2. Etiologie des patients insuffisants cardiaques inclus dans des programmes d'entraînement physique	42
1.7.3. Synthèse	43
2. Matériel et méthodes	45
2.1. Population	45
2.1.1. Critères d'inclusion	45
2.1.2. Critères d'exclusion	45
2.2. Méthodes	46
2.2.1. Détermination de la fraction d'éjection ventriculaire	46

2.2.2.	Evaluation de l'aptitude physique aérobie	46
2.2.2.1.	Epreuve d'exercice musculaire	46
2.2.2.2.	Détermination du seuil ventilatoire	47
2.2.2.3.	Consommation d'oxygène maximale	52
2.2.3.	Enregistrement Holter sur 24 heures	52
2.2.4.	Mesure de la variabilité de la fréquence cardiaque	53
2.2.4.1.	Le domaine temporel	53
2.2.4.2.	Le domaine spectral	54
2.2.5.	Mesure de la repolarisation	56
2.2.5.1.	La dispersion de la repolarisation	56
2.2.5.2.	La dynamique de la repolarisation	58
2.2.6.	Mesure de la fréquence cardiaque de repos	62
2.2.7.	Entraînement physique	62
3.	Travaux personnels	66
3.1.	1^{ier} travail : Le seuil ventilatoire chez l'insuffisant cardiaque : comparaison avec des intensités basées sur le concept des pourcentages relatifs et utilisation.	64
3.1.1.	But	64
3.1.2.	Matériels et méthodes	64
3.1.3.	Résultats	65
3.1.4.	Discussion	69
3.1.5.	Limites de l'étude et conclusion	70
3.2.	2^{ème} travail : Effet d'un entraînement individualisé sur la variabilité de la fréquence cardiaque et la repolarisation ventriculaire chez l'insuffisant cardiaque.	71
3.2.1.	But	71
3.2.2.	Matériels et méthodes	71
3.2.2.1.	Aptitude aérobie et analyse du seuil ventilatoire	71
3.2.2.2.	Fréquence cardiaque de repos et mesure de la dispersion du QT.	72
3.2.2.3.	Holter sur 24 heures et analyse	72
3.2.3.	Résultats	72
3.2.3.1.	Variabilité de la fréquence cardiaque	72
3.2.3.2.	Repolarisation ventriculaire	73
3.2.4.	Discussion	73
3.2.5.	Limites de l'étude et conclusion	75
3.3.	3^{ème} travail : Dynamique du QT chez l'insuffisant cardiaque: un nouveau marqueur pronostic de mortalité indépendant	76
3.3.1.	Objectifs	76
3.3.2.	Méthodes	76
3.3.2.1.	Population	76

3.3.2.2. Holter ECG de 24 heures et analyses	77
3.3.2.3. Suivi	77
3.3.2.4. Analyses statistiques	77
3.3.3. Résultats	77
3.3.3.1. Analyse de survie univariée	78
3.3.3.2. Analyse de survie multivariée	78
3.3.4. Discussion	79
3.3.4.1. Variabilité de la fréquence cardiaque	79
3.3.4.2. Dynamique du QT	80
3.3.5. Limites de l'étude et conclusion	82
3.4. 4^{ème} travail : Valeur pronostique de la variabilité de la fréquence cardiaque dans le domaine spectral : un marqueur de mort subite	83
3.4.1. But	83
3.4.2. Matériels et méthodes	83
3.4.2.1. Holter ECG de 24 heures et analyses	84
3.4.2.2. Suivi	84
3.4.2.3. Analyse statistique	84
3.4.3. Résultats	84
3.4.3.1. Caractéristique des patients	84
3.4.3.2. Suivi	85
3.4.3.3. Analyse univariée et multivariée	85
3.4.4. Discussion	85
3.4.5. Limites de l'étude et conclusion	86
3.5. 5^{ème} travail : Evaluation de l'effet de l'entraînement physique en fonction de l'étiologie du sujet l'insuffisant cardiaque	87
3.5.1. Objectif	87
3.5.2. Matériel et méthodes	87
3.5.2.1. Population	87
3.5.2.2. Examens	88
3.5.2.3. Programme d'entraînement	88
3.5.2.4. Analyse statistique	88
3.5.3. Résultats	89
3.5.4. Discussion	90
3.5.4.1. Paramètres cardio-pulmonaire	90
3.5.4.2. Les adaptations de la fréquence cardiaque	91
3.5.5. Implications cliniques et limites de l'étude	92
3.5.6. Conclusion	92
3.6. 6^{ème} travail : Effet de l'entraînement chez l'insuffisant cardiaque avec et sans traitement bêtabloquant.	93

3.6.1. But	93
3.6.2. Matériels et méthodes	93
3.6.3. Résultats	94
3.6.4. Discussion	95
3.6.5. Limites de l'étude et conclusion	96
4. Conclusion	98
5. Perspectives	100
6. Annexes	102
7. Références bibliographiques	119

Entraînement physique à court terme et insuffisance cardiaque : Effets physiologiques et implications pharmacologiques.

Résumé:

Nous avons étudié une approche individualisée de l'entraînement à court terme fondée sur une intensité d'exercice au niveau du seuil ventilatoire chez des sujets insuffisants cardiaques. Les comparaisons de ce type d'entraînement avec des entraînements basés sur le concept des pourcentages relatifs ont montré une dispersion de la prescription des intensités d'entraînement. L'entraînement induit une amélioration de la variabilité de la fréquence cardiaque et de la dynamique du QT mais pas de sa dispersion. Cette observation est en faveur de l'existence d'un bénéfice direct de l'entraînement sur le myocarde. Nous avons ensuite démontré que la dynamique du QT était un facteur pronostic de mortalité globale et spécifiquement de mort subite pour la variabilité de la fréquence cardiaque dans le domaine spectral. Les bêtabloquants ne limitaient pas les adaptations à l'entraînement et ne modifiaient pas la prescription d'intensités d'entraînement. En fonction de l'étiologie, l'entraînement induit des adaptations différentielles sur la réserve chronotrope pouvant impliquer des modifications des bêta-récepteurs myocardiques.

Ces travaux ont permis de mettre en évidence l'intérêt d'une prescription individualisée et ont démontré qu'un entraînement à court terme était suffisant pour améliorer l'aptitude aérobie, la variabilité de la fréquence cardiaque et la dynamique du QT. Les études différentielles en fonction de l'étiologie et des bêtabloquants devraient permettre d'aider le clinicien dans la prise en charge de l'insuffisant cardiaque.

Mots clés: Insuffisance cardiaque, seuil ventilatoire, repolarisation ventriculaire, variabilité de la fréquence cardiaque, pronostic.

Short-term exercise training and chronic heart failure: Physiological effects and pharmacological involvement

Abstract:

We studied short-term individualised exercise training based on ventilatory threshold in Congestive heart failure patients. Comparison between ventilatory threshold and relative percent concept methods showed an heteroscedasticity of training intensity. After four weeks, aerobic capacity increased. Exercise training induce an improvement in heart rate variability and QT dynamics but no dispersion. These observations may reflect myocardial benefits. We demonstrated QT dynamics as independent predictors of global mortality and specifically heart rate variability in spectral domain as independent predictors of sudden death. Aetiology and beta blockade were then studied with exercise training. Beta blockade did not limit short-term exercise training adaptations and did not modify exercise intensity prescription. With respect to aetiology, training induced differential adaptations on chronotropic response, which could involve beta adrenoceptor modifications.

These studies showed the interest of an individualised exercise intensity prescription and demonstrated that a short-term training was enough to induce aerobic capacity, heart rate variability and QT dynamics improvements. Studies about aetiology and beta blockade could help the physician to set up a rehabilitation program.

Keywords: Chronic heart failure, ventilatory threshold, ventricular repolarisation, heart rate variability, pronostic.
