

**LE REENTRAINEMENT A L'EFFORT
DANS L'INSUFFISANCE CARDIAQUE :
ENTRAINEMENT CONTINU ET
ENTRAINEMENT EN INTERVALLE**



DARBOT Laura
Promotion 2014

LE REENTRAINEMENT A L'EFFORT DANS L'INSUFFISANCE CARDIAQUE

Revue de littérature

Travail réalisé sous la direction de
Mme GONZALEZ, MKDE Cadre de Santé de Dijon

DARBOT Laura

Promotion 2014

Remerciements

A Madame Angélique Gonzalez pour sa précieuse aide ainsi que pour son investissement tout au long de ce mémoire.

A Monsieur Alain Chiffot sans qui je n'aurai jamais été inspirée de réaliser un mémoire sur le réentraînement à l'effort dans l'insuffisance cardiaque.

A Madame Armelle Hannequin pour sa relecture et sa disponibilité.

A ma famille et à mes proches pour m'avoir soutenu tout au long de mes études.

Sommaire

1. Introduction	1
2. Cadre conceptuel	2
2.1 <u>L'insuffisance cardiaque</u>	2
2.1.1 Epidémiologie	2
2.1.2 Les étiologies de l'insuffisance cardiaque	2
2.1.3 Les mécanismes responsables de l'insuffisance cardiaque	2
2.1.4 Les modifications adaptatives entraînées par l'insuffisance cardiaque	3
2.2 <u>Les classifications de l'insuffisance cardiaque</u>	4
2.2.1 La VO2 maximale	4
2.2.2 La voie aérobie	5
2.2.3 Les seuils ventilatoires	5
2.3 <u>Le réentraînement à l'effort</u>	5
2.3.1 Une nécessité à la réadaptation cardiaque	5
2.3.2 Les différents types de réentraînement à l'effort	6
• L'entraînement continu	6
• L'entraînement en intervalle	6
• L'entraînement en résistance dynamique	6
• L'électrostimulation musculaire	7
• La gymnastique	7
• L'entraînement respiratoire	8
2.3.3 Les effets du réentraînement à l'effort	8
2.3.4 Les indications et contre-indications au réentraînement à l'effort	9
2.3.5 Prescription des différents types de réentraînement selon les patients	9
2.3.6 Méthodes d'évaluation à l'effort	9
• Le test d'effort	9
• Le test de marche de six minutes	10
3. Méthodologie	10
4. Résultats	12
4.1 <u>Indication de prescription</u>	12
4.1.1 Indication de prescription de l'EC	12
4.1.2 Indication de prescription de l'EI	13
4.2 <u>Détermination du niveau d'intensité</u>	15
4.2.1 Paramètres déterminant le niveau d'intensité	15
• Les différents paramètres	15
• Paramètres utilisés pour l'EC	16
• Paramètres utilisés pour l'EI	17
4.2.2 Niveau d'intensité utilisé	17
• Niveau d'intensité utilisé dans l'EC	17
• Progression de l'EC	18
• Niveau d'intensité utilisé dans l'EI	18
• Progression dans l'EI	18
4.3 <u>Modalités pratiques</u>	19

4.3.1 Matériel	19
4.3.2 Durée d'entraînement	19
4.3.3 Méthode d'évaluation à l'effort	19
4.3.4 Période d'échauffement et de récupération	20
4.4 <u>Les effets</u>	20
4.4.1 Les effets supérieurs de l'EI par rapport à l'EC	20
4.4.2 Les effets supérieurs de l'EC par rapport à l'EI	21
4.4.3 Les effets similaires entre l'EI et l'EC	22
5. Discussion	24
5.1 Analyse des études	24
• Constat	24
• Proposition sur les modalités nécessaires aux futures études	24
5.2 Avantages et inconvénients	25
• De l'entraînement continu	25
• De l'entraînement en intervalle	26
5.3 En pratique	26
• Indication similaire de l'EI et de l'EC	26
• Rappel sur la justification de l'EI	27
• Distinction EI haute intensité et EI basse intensité	27
• Prescription d'intensité	28
6. Conclusion	29

1. Introduction

Actuellement, près d'un million d'insuffisants cardiaques sont recensés en France [1]. L'insuffisance cardiaque est une pathologie générale [2], du fait de ses répercussions sur tous les organes, de plus en plus fréquente. Ce qui est notamment expliqué par le vieillissement de la population et le progrès médical. J'ai voulu en savoir plus sur cette atteinte que je connaissais peu. Et réaliser un mémoire dans le domaine du réentraînement à l'effort était ce qui m'intéressait le plus. En effet, lors d'un stage en service de cardiologie, j'ai pu observer la prise en charge et notamment le réentraînement à l'effort, de patients coronariens et de patients insuffisants cardiaques. D'après moi, les patients cardiaques nécessitaient un réentraînement axé sur leur cœur pour qu'il fonctionne mieux. Mais en réalité le principe du réentraînement consiste à réentraîner les muscles périphériques, par un travail sur cycloergomètre ou des exercices de gymnastique, afin d'économiser le cœur. Cela m'a interpellée et m'a donnée envie d'approfondir mes recherches, d'autant plus que l'insuffisance cardiaque touche les muscles périphériques. Le réentraînement à l'effort et les effets qu'il peut entraîner dans cette pathologie m'a donc semblé très intéressant. Durant ce stage, et par la suite en fonction des recherches que j'ai pu effectuer sur Internet, j'ai remarqué qu'il existe bon nombre de méthodes illustrant le réentraînement à l'effort, à savoir l'entraînement en endurance continu ou en intervalle, l'entraînement en résistance dynamique, l'entraînement respiratoire et l'électrostimulation musculaire...

Ce constat m'a amenée à me poser la question suivante, quels sont les différents types de réentraînement à l'effort que l'on peut proposer chez l'insuffisant cardiaque ?

Afin de me consacrer à la réalisation d'une revue de littérature, et d'éviter de faire une simple liste des différents types de réentraînement, il me semblait nécessaire d'affiner cette question de départ. Dans l'objectif de préciser ma problématique, j'ai ciblé sur deux modes d'entraînement qui, à priori, semblaient s'opposer selon mes lectures : l'entraînement continu et l'entraînement en intervalle. Il s'agissait alors de rechercher quelles différences pouvaient les opposer.

Il était également nécessaire que je précise quels étaient les patients ciblés. En effet, dans la littérature, le réentraînement à l'effort est indiqué pour des patients classés NYHA 2 et 3. La New York Heart Association NYHA est une classification prenant en considération les symptômes et les limitations à l'effort que présente le patient du fait de sa pathologie [2].

Le réentraînement est également indiqué pour des patients insuffisants cardiaques stables. Il me semblait alors nécessaire de cibler les patients chroniques, chez qui l'insuffisance cardiaque est compensée c'est-à-dire contrôlée par la thérapeutique.

Au cours de mes lectures, j'ai également découvert qu'il existe plusieurs types d'insuffisance cardiaque : l'insuffisance systolique et l'insuffisance diastolique [3]. J'ai découvert que selon le degré d'évidence classe 1, qui signifie qu'il existe des preuves et/ou un consensus général, ainsi que selon le niveau de preuve A qui comprend des preuves tirées de plusieurs essais cliniques randomisés ou de méta analyses, le programme de réadaptation de l'insuffisance cardiaque systolique est basé, en partie, sur un programme d'entraînement physique adapté, dont des protocoles d'entraînement en endurance. Ainsi, le réentraînement est fortement indiqué pour les patients avec une insuffisance cardiaque systolique. En revanche, il semble que l'entraînement ne soit pas indiqué dans l'insuffisance cardiaque diastolique. En effet, il manque encore de preuves sur l'intérêt des programmes de réadaptation dans ce type d'insuffisance.

Voilà pourquoi la problématique que je pose cible les patients insuffisants cardiaques chroniques par dysfonction systolique du ventricule gauche, classés NYHA 2 et 3.

La problématique de ce mémoire est donc la suivante : **quelles sont les différences entre l'entraînement continu et l'entraînement en intervalle chez les patients insuffisants cardiaques chroniques par dysfonction systolique du ventricule gauche classés NYHA 2 et 3 dans le cadre du réentraînement à l'effort ?**

2. Cadre conceptuel

2.1 L'insuffisance cardiaque

L'insuffisance cardiaque IC se définit comme « l'incapacité du système cardiovasculaire à répondre aux besoins en débit sanguin de l'organisme » [4]. On distingue l'IC droite, l'IC gauche ainsi que l'IC globale qui est la réunion des deux.

2.1.1 Epidémiologie [5]

Un million d'insuffisants cardiaques sont recensés actuellement en France, l'âge moyen étant de 77 ans. Près de 22 000 décès ayant pour cause initiale l'insuffisance cardiaque en France ont été recensés en 2008 par l'INVS Institut de Veille Sanitaire. De plus, sur la même année, il y a eu près de 200 000 séjours hospitaliers avec pour diagnostic principal l'insuffisance cardiaque. Selon ces enquêtes, la prévalence déclarée a été estimée à 2,3% dans la population adulte en 2008/2009.

2.1.2 Les étiologies de l'insuffisance cardiaque [3]

Il existe plusieurs étiologies de l'insuffisance cardiaque, ce sont la cardiopathie ischémique (avec ou sans infarctus) ; l'hypertension ; les cardiomyopathies dilatées qui peuvent être primitives, infectieuses, toxiques, métaboliques, post partum, ou dues à des maladies neuro musculaires ; les cardiopathies hypertrophiques primitives, les cardiopathies restrictives; ainsi que les valvulopathies (insuffisance mitrale, insuffisance et rétrécissement aortique); les arythmies; les maladies du péricarde; les cardiopathies congénitales... L'IC droite, en particulier, peut être due à des valvulopathies tricuspides ou pulmonaires, à une hypertension artérielle pulmonaire ou à une pathologie respiratoire, et elle peut être secondaire à une IC gauche.

2.1.3 Les mécanismes responsables de l'insuffisance cardiaque [1] [3]

Deux mécanismes de dysfonction du ventricule entraînent une insuffisance ventriculaire responsable de l'insuffisance cardiaque. Ce sont la dysfonction systolique du ventricule gauche qui correspond à l'incapacité du ventricule à se vider correctement, cela correspond à un trouble de la contractilité ventriculaire. Lorsque l'on ne trouve pas d'explication à ce trouble, on parle de cardiomyopathie dilatée idiopathique. Mais une des explications connues de cette incapacité est une atteinte des artères coronaires (rétrécies ou obstruées). Cette dysfonction peut également être causée par une atteinte virale des cellules cardiaques. La fraction d'éjection du ventricule gauche est un indice reflétant la dégradation pathologique de la fonction du ventricule. Elle est donc diminuée dans l'IC. Sa valeur normale étant d'environ 65%.

L'insuffisance ventriculaire gauche à fonction systolique relativement conservée, appelée également « diastolique » correspond à l'incapacité du ventricule à se remplir de façon satisfaisante. C'est le cas lors de l'hypertension artérielle ou d'un rétrécissement de valve aortique. Dans ce travail, je traiterai de l'insuffisance cardiaque par dysfonction systolique du ventricule gauche.

2.1.4 Les modifications adaptatives entraînées par l'insuffisance cardiaque [3] [4]

Lors d'une insuffisance cardiaque chronique, des mécanismes d'adaptations sont mis en place. Le remodelage du ventricule gauche qui consiste en une modification de la masse et de la géométrie du ventricule fait partie des mécanismes d'adaptations. Il s'accompagne d'une surcharge mécanique ayant pour but d'augmenter le travail cardiaque, le débit n'étant plus assuré correctement.

En cas de surcharge de pression, le ventricule s'hypertrophie. Ses myocytes sont plus épais, ce qui est secondaire à une multiplication de sarcomères en parallèles. Une surcharge barométrique peut être présente lors d'un rétrécissement aortique ou lors d'une hypertension artérielle. En cas de surcharge de volume, retrouvée dans les cardiomyopathies primitives ou ischémiques, le ventricule se dilate par la multiplication de sarcomères en série ayant pour conséquence des myocytes plus longs. Une des causes d'une surcharge volumétrique est l'insuffisance aortique ou mitrale avec fuites. Cela va entraîner le sang à revenir à l'intérieur du cœur, et va donc nécessiter une augmentation du travail du cœur afin d'éjecter cette quantité de sang. Il en est de même si un shunt c'est-à-dire une communication entre les ventricules est présent.

Des modifications neurohormonales sont également mises en place, avec la prépondérance de systèmes vasoconstricteurs dans le but de maintenir une pression artérielle systémique et d'augmenter la volémie. Ainsi, le système nerveux sympathique est activé de manière réflexe, ce qui entraîne une accélération de la fréquence cardiaque, et du débit cardiaque par un mécanisme de vasoconstriction. De plus, le système rénine angiotensine aldostérone qui est une régulation endocrinienne et enzymatique va permettre de préserver l'équilibre hydrosodé entre le sodium et l'eau dans le sang afin d'augmenter la volémie. Ce système va entraîner une vasoconstriction périphérique des artéioles ; la fabrication d'aldostérone, ce qui favorise la rétention hydrosodée ; ainsi que la stimulation de la vasopressine qui est une hormone antidiurétique provoquant une rétention hydrique. De plus, l'augmentation précoce des peptides natriurétiques auriculaires et cérébrales étant le reflet assez fidèle du degré d'étirement des fibres myocardiques en diastole, va avoir une action natriurétique permettant par une rétention hydrosodée d'augmenter la volémie. Et l'activation noradrénergique va entraîner une augmentation de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle.

Des adaptations périphériques sont également mises en place. Ainsi, une redistribution du débit sanguin consistera à privilégier le cerveau et les coronaires, et donc à diminuer le débit dans d'autres territoires tels que rénale, cutané, splanchnique... Au niveau pulmonaire, les modifications adaptatives consistent en une diminution de la compliance pulmonaire notamment entraînée par la cardiomégalie, une diminution de la capacité de diffusion de l'oxygène, une hypoperfusion des muscles respiratoires notamment à l'exercice, ainsi que des anomalies du rapport ventilation/perfusion contribuant à la dyspnée. La réduction de la perfusion rénale qui est un phénomène précoce dans l'histoire de la maladie est à l'origine de la stimulation du système rénine angiotensine, ce qui contribue au dérèglement de la balance hydrosodée.

La vasoconstriction artériolaire des vaisseaux périphériques secondaire à une hyperstimulation neurohormonale est responsable de l'augmentation des résistances, aboutissant à un trouble de la

distribution de l'oxygène. De plus, la fonction endothéliale, qui participe au contrôle de la vasomotricité, est altérée.

Au niveau des muscles périphériques, les fibres 1a « rouges » riches en enzymes oxydatives sont diminuées alors que les fibres 2b « blanches », glycolytiques riches en enzymes de la voie glycolyse anaérobie sont augmentées. On retrouve également une diminution du nombre et de la surface de mitochondries, ce qui a pour conséquence une production moindre d'ATP (adénosine triphosphate) lors de l'exercice ainsi qu'une production précoce d'acide lactique entraînant une fatigabilité musculaire. Les patients insuffisants cardiaques présentent une diminution de la tolérance à l'effort déterminée par une composante centrale c'est à dire le débit cardiaque et une composante périphérique c'est à dire la différence artério veineuse en oxygène dans le muscle.

Ces mécanismes compensateurs mis en place dans le but d'améliorer le débit sanguin vont entraîner des effets néfastes tels qu'un déséquilibre hydro électrolytique, une surcharge ventriculaire, une dilatation du cœur et une augmentation des résistances vasculaires périphériques.

2.2 Les classifications de l'insuffisance cardiaque [3] [4]

Les principaux symptômes de l'insuffisance cardiaque sont la dyspnée et la fatigue. Et dans l'insuffisance cardiaque chronique, la symptomatologie d'effort est primordiale. En effet, une dyspnée qui ne se majore pas à l'effort a peu de chances d'être en rapport avec l'insuffisance cardiaque. Une classification est basée sur ces symptômes, c'est la classification NYHA [3].

La NYHA 1 correspond à une absence de fatigue, de dyspnée provoquée par l'effort physique habituel. La NYHA 2 signifie qu'une petite limitation des capacités physiques est entraînée par des efforts normaux, et cela s'accompagne de la présence des symptômes que sont la fatigue, la dyspnée et les palpitations. La NYHA 3 s'applique aux patients pour lesquels l'effort minime provoque des symptômes, et la NYHA 4 concorde avec une limitation importante de la capacité d'effort, puisque le patient ne peut plus effectuer aucun effort sans éprouver les symptômes.

Annexe I.

D'autres classifications existent telle que la classification de Weber [4], basée sur la gêne fonctionnelle, la VO₂ max et le seuil anaérobie **Annexe II**. Cette classification comporte quatre classes. La classe la moins sévère correspond à une absence de gêne fonctionnelle, une valeur de VO₂ maximale supérieure à 20 L/min/kg et une valeur du seuil anaérobie supérieure à 14 L/min/kg. Et la classe correspondant à l'atteinte la plus importante, comprend une gêne fonctionnelle sévère, une valeur de VO₂ maximale inférieure à 10 L/min/kg, et une valeur du seuil anaérobie inférieure à 8 L/min/kg.

2.2.1 La VO₂ maximale [2] [6]

La VO₂ maximale ou pic de VO₂ correspond à la quantité maximale d'oxygène consommée en une minute par l'organisme, en L/min-1 ou mL/min-1 par poids corporel en kilogrammes. Il s'agit en fait de la quantité maximale d'oxygène que l'organisme peut capter par le système ventilatoire, fixer sur l'hémoglobine, transporter par la circulation sanguine puis utiliser au niveau musculaire. La VO₂ maximale correspond à la puissance maximale aérobie PMA. Chez l'adulte sain, sa valeur est en général supérieure à 20 ml/min/kg, et elle peut aller jusqu'à 90 ml/kg/min chez le sportif de haut niveau. C'est une valeur pronostique chez l'insuffisant cardiaque. De plus, à l'effort elle varie avec la fréquence cardiaque. Elle dépend du matériel génétique et de

l'entraînement effectué avant 25 ans. Elle est limitée par le fonctionnement du système cardiovasculaire et l'épuisement enzymatique (des mitochondries) des fibres musculaires. Le pic de VO₂ est la valeur la plus élevée que le patient a atteint lors du test d'effort, elle ne correspond pas toujours à la VO₂ maximale car ces patients sont déconditionnés. De plus, la réserve de VO₂ correspond à la VO₂ maximale moins la VO₂ mesurée au repos.

2.2.2 La voie aérobie [6]

La voie aérobie est celle qui produit de l'ATP grâce à un apport suffisant d'oxygène et en dégradant des glucides et des lipides, contrairement aux voies anaérobies qui n'utilisent pas d'oxygène. La puissance de cette voie dépend de la VO₂ max. Elle permet des exercices d'intensité modérée mais de longue durée. C'est la voie de l'endurance, l'endurance étant définie comme la possibilité de durer dans l'exercice à l'intensité choisie.

2.2.3 Les seuils ventilatoires [6]

La réalisation d'un effort physique s'accompagne de production de lactate sanguin. Et c'est à partir du taux de lactates qu'a été défini différents seuils. Ainsi, le seuil aérobie se situe à 2 mmol de lactate, il permet un effort en aisance respiratoire. Il correspond également au seuil d'adaptation ventilatoire ou seuil ventilatoire numéro 1. Le seuil anaérobie ou seuil ventilatoire numéro 2 est jugé à 4 mmol de lactate et permet un effort à un rythme supérieur. La capacité aérobie est la zone transitionnelle entre aérobie et anaérobie, elle se situe à 3 mmol de lactate. Travailler dans cette zone permettra d'entraîner la filière aérobie.

2.3 Le réentraînement à l'effort

2.3.1 Une nécessité à la réadaptation cardiaque [2] [4] [7] [8]

En phase aiguë, lorsque l'insuffisance cardiaque est décompensée, le traitement comprend notamment le repos, des diurétiques et des vasodilatateurs. Mais malgré ces traitements, la tolérance à l'effort ne sera pas améliorée. Ainsi, lorsque l'insuffisance cardiaque est compensée, c'est à dire contrôlée par la thérapeutique [7], l'entraînement physique est un élément indispensable du traitement, même s'il a été longtemps contre indiqué dans l'IC [4]. En effet, il va tendre à corriger les anomalies périphériques présentes dans cette pathologie. De plus, d'après les recommandations internationales, le traitement de l'IC consiste en une prise en charge globale avec un contrôle diététique, une aide au sevrage tabagique, une éducation thérapeutique des patients, une adaptation des traitements ainsi qu'une aide sur le plan psychologique et socioprofessionnel [2]. Les objectifs de la réadaptation cardiaque sont précisés par la définition de l'OMS Organisation Mondiale de la Santé, «La réadaptation cardiovasculaire est l'ensemble des activités nécessaires pour influencer favorablement le processus évolutif de la maladie, ainsi que pour assurer aux patients la meilleure condition physique, mentale et sociale possible, afin qu'ils puissent par leurs propres efforts, préserver ou reprendre une place aussi normale que possible dans la vie de la communauté» [8]. Cette prise en charge globale dont l'entraînement physique fait partie des activités nécessaires à la réadaptation cardiaque. En effet, les patients insuffisants cardiaques, du fait de leurs symptômes en viennent à limiter leur activité physique et à s'installer dans un cercle vicieux de déconditionnement.

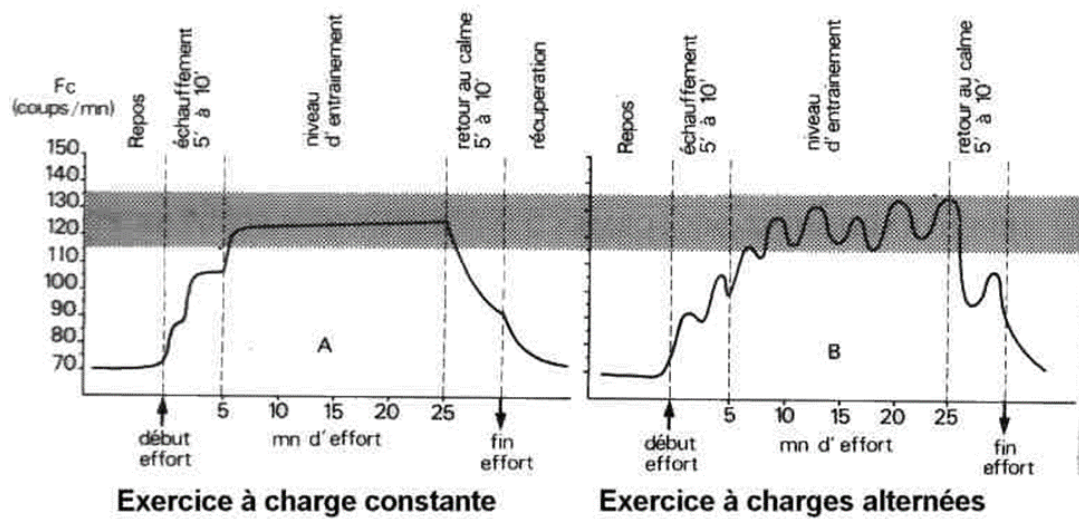


Fig.1 : Schéma de l'entraînement continu et de l'entraînement en intervalle [11]

2.3.2 Les différents types de réentraînement à l'effort

Tout d'abord, dans le cadre du réentraînement à l'effort, deux principaux types de protocoles en endurance sont utilisés, l'endurance correspondant à un maintien dans le temps d'un certain niveau d'intensité exigé.

- L'entraînement continu EC [8] [9] [10] [11] (fig.1)

L'entraînement continu se définit en un protocole d'entraînement physique d'endurance, à charge constante. Il est dit rectangulaire, et est réalisé à une fréquence cardiaque qui ne dépasse pas le seuil d'adaptation ventilatoire déterminé par le test d'effort. L'EC correspond à un travail effectué sous le seuil d'accumulation sanguine d'acide lactique, et il sollicite le métabolisme aérobie. Il se caractérise par un effort sous maximal prolongé et permet l'amélioration de la capacité aérobie et de la capacité endurance [8] [9] [11]. Il peut être réalisé à une intensité modérée ainsi qu'à une intensité haute. L'efficacité et la sûreté de cet entraînement ont été démontrés, et il est hautement recommandé [8] [10]. La détermination de l'intensité de l'entraînement est essentiel lorsque l'on veut tenir compte des impératifs, du mode de vie de chaque patient. En effet, l'entraînement, selon ses modalités, peut avoir un impact différent sur les capacités physiques d'un patient. Ainsi, l'EC, en développant la filière métabolique aérobie, permet de favoriser les activités physiques modérées et durantes.

- L'entraînement en intervalle EI [8] [9] [10] (fig.1)

L'entraînement en intervalle, également appelé protocole fractionné, ou en créneaux ou « interval training », consiste en une succession de périodes courtes d'exercices à charge maximale ou sous maximale, de puissance correspondant à 60-80% de la puissance maximale aérobie, avec des périodes plus longues d'exercice à charge réduite. Les phases de créneaux sont courtes et permettent une bonne tolérance hémodynamique au cours de l'insuffisance cardiaque. Et plusieurs combinaisons de durées des différentes phases sont possibles. Cet entraînement est le dérivé de l'entraînement fractionné des sportifs et a été proposé plus récemment comme une méthode d'endurance alternative à l'EC. Il peut être appliqué à de faibles intensités, c'est-à-dire environ 50% de la capacité maximale et à de hautes intensités, ce qui signifie 90-95% de la capacité maximale [10]. Quand l'EI est supérieur à 90% de la VO₂ maximale, le mécanisme aérobie ainsi que le mécanisme anaérobie se trouvent sollicités. Ainsi, l'EI va recruter les deux filières aérobie et anaérobie. Le niveau d'entraînement dépassant le seuil anaérobie, il répondra à l'objectif de privilégier la résistance. Il permet également l'amélioration de la puissance aérobie, ce qui correspond à la capacité de réaliser un effort maximal sans perte d'oxygène, et de la force musculaire [8] [9].

En plus de l'entraînement continu et l'entraînement en intervalle, il existe d'autres types de réentraînement que sont les suivants :

- L'entraînement en résistance dynamique [9] [12] [13] [14]

L'entraînement en résistance dynamique fait partie des différents types de réentraînement à l'effort. En effet, du fait du déconditionnement à l'effort et du déficit musculaire, l'IC entraîne un handicap au niveau des loisirs et des activités de la vie quotidienne. L'entraînement en résistance va permettre en augmentant la force musculaire, de diminuer ce déconditionnement. C'est un renforcement musculaire qui consiste en une succession de mouvements concentriques et

excentriques par un membre ou un segment de membre. Le travail statique est contre indiqué car il entraîne des effets hémodynamiques potentiellement délétères. Ce type de réentraînement sollicite à la fois la filière aérobie et la filière anaérobie en proportion variable, selon l'amplitude du mouvement, l'importance de la charge, la durée de l'exercice, la quantité de masse musculaire recrutée. En ce qui concerne ses modalités, cet entraînement consiste en 8 à 10 types de mouvements différents, répétés 10 à 15 fois à une faible intensité de 30 à 50% de la force maximale développée. La fréquence des séances est de 2 à 3 séances par semaine pour une durée de 20 à 30 minutes d'après le référentiel des bonnes pratiques de la Réadaptation Cardiaque du Groupe Exercice Réadaptation Sport GERS. Cet entraînement peut se faire avec des petites haltères, des bracelets lestés, des bandes élastiques et des bancs de musculation spécifiques. Des protocoles sont établis dans un but de renforcement musculaire tel que le protocole de Koch qui se fait sur le banc de Koch, sous scope avec surveillance du tracé électro cardio graphique [13]. Ce protocole définit le nombre de mouvements et de séries ainsi que la charge appliquée au début et à la fin du programme. Il met en place des temps de récupération au moins égaux au temps de travail afin de limiter l'augmentation trop importante du travail cardiaque **Annexe III**. L'entraînement en résistance peut se faire selon le circuit weight training qui consiste en l'alternance de 7 exercices en résistance et 8 exercices aérobiques sur cyclo ergomètre. Chaque exercice dure 45 secondes avec 15 secondes d'intervalle. La fin de la séance consiste en 5 minutes de tapis roulant. Ce circuit privilégie les muscles des membres inférieurs. Ensuite, l'intensité et la durée du programme augmente progressivement selon les tolérances individuelles en augmentant d'abord le nombre d'exercices du circuit puis en augmentant la résistance ou la charge du vélo.

- **L'électrostimulation musculaire [9] [11] [15]**

D'après le référentiel des bonnes pratiques de la réadaptation cardiaque de l'adulte en 2011, l'électrostimulation musculaire ESM est également un type de réentraînement à l'effort. L'ESM consiste en une stimulation basse fréquence, inférieure à 30Hz placée préférentiellement sur les muscles de la jambe tels que le triceps sural et le quadriceps. Elle est réalisée 1 heure par jour pendant 20 séances. Cet entraînement va provoquer des effets fonctionnels, des effets sur la force musculaire et sur les capacités physiques. Elle permet également d'augmenter la proportion de fibres musculaires type aérobie, déficitaires dans cette pathologie, et de limiter les effets délétères de l'alitement. Elle peut être réalisée en combinaison avec d'autres types de réentraînement ou de façon alternative pour les patients très déconditionnés ou présentant des comorbidités. L'ESM est en fait utile pour les patients qui ne peuvent pas réaliser l'entraînement dit conventionnel d'endurance. C'est le cas des patients présentant des troubles orthopédiques ou des patients avec des difficultés à l'entraînement notamment les patients classés NYHA 3 et 4. Selon l'étude Smart et al, l'ESM permet une amélioration du pic de VO₂, de la distance réalisée au test de marche de 6 minutes TDM6, et de la qualité de vie [15].

Il existe un autre mode d'ESM qui consiste à associer une contraction volontaire à la stimulation électrique. En privilégiant le travail des muscles quadriceps, ischiojambiers, et dorsaux sur des machines musculaires, l'ESM permettra de recruter un maximum de fibres sur un mode réflexe. Ce qui signifie que le patient travaille en synchronisation avec l'appareil de stimulation [11].

- **La gymnastique [9]**

La gymnastique fait partie des types de réentraînement proposés. Elle peut se faire sur sol, sur barre, et en milieu aquatique. L'objectif est de travailler les membres supérieurs et inférieurs ainsi que la coordination, la souplesse, la force musculo ligamentaire. En milieu aquatique, la pression hydrostatique induite par l'immersion entraîne une augmentation du volume sanguin intra

thoracique potentiellement délétère chez les patients avec dysfonction ventriculaire gauche. Pour limiter ces effets, les exercices se feront en position debout avec une hauteur d'eau maximale à mi thorax et à température de thermoneutralité c'est à dire environ 31, 33°C. Ce type d'entraînement entraîne des effets bénéfiques telle qu'une sensation de bien-être et des effets thérapeutiques liés à l'eau chaude.

- **L'entraînement respiratoire [9] [16]**

L'entraînement respiratoire va permettre de travailler l'amplitude ventilatoire, le contrôle du débit et du rythme ventilatoire. Il peut se faire de façon individuelle ou en groupe. Chez les patients insuffisants cardiaques, l'entraînement inspiratoire améliore la capacité ventilatoire à l'exercice ainsi que les capacités de récupération et la qualité de vie [9].

De plus, l'entraînement des muscles inspireurs réalisé à une charge inspiratoire de 30% de la pression inspiratoire maximale en utilisant le Treshold inspiratory muscle training chez des patients insuffisants cardiaques présentant une faiblesse musculaire inspiratoire permet d'améliorer cette pression inspiratoire maximale, d'augmenter le pic de VO₂ et la distance du TDM6 [16].

2.3.3 Les effets du réentraînement à l'effort [2] [4] [7]

L'adaptation musculaire à l'effort augmentée par l'entraînement physique chronique explique les bénéfices obtenus par le réentraînement. La quantité d'oxygène ou de substrats utilisés par un muscle est égale au produit du débit sanguin de ce muscle par la différence artério veineuse en oxygène ou en substrat. Il existe donc deux mécanismes permettant l'augmentation des apports musculaires en oxygène et en substrats nécessaires pendant l'effort. Ce sont l'augmentation du débit sanguin et l'accroissement de l'extraction d'oxygène et de substrats par le muscle. L'augmentation du débit sanguin peut se faire par l'augmentation du débit cardiaque sous l'effet de la stimulation sympathique et médullo surrénale. Pour cela le cœur et les coronaires doivent être en état d'assurer ce travail supplémentaire. Il peut se faire également par la redistribution du sang des zones inactives vers les zones musculaires actives, ce qui ne nécessite pas de travail cardiaque supplémentaire. L'augmentation de l'extraction d'oxygène et de substrats correspond à l'augmentation de la différence artério veineuse qui ne nécessite aucune augmentation de l'activité cardiaque et qui s'améliore avec l'entraînement. De plus, pour permettre le transport de l'oxygène dans le sang, une augmentation synchrone de la ventilation pulmonaire est nécessaire à l'effort [7]. Le réentraînement à l'effort va donc permettre d'augmenter la différence artério veineuse en oxygène et ainsi d'augmenter les apports musculaires en oxygène.

Les effets du réentraînement seront un gain de 15 à 30% du pic de VO₂ et de la durée d'exercice ainsi qu'une amélioration du seuil d'adaptation ventilatoire. Les effets pulmonaires seront une diminution de la ventilation pour un niveau d'effort donné ainsi qu'une amélioration de l'extraction d'oxygène et de l'efficacité ventilatoire. Il va permettre également une amélioration de l'endurance et de la force musculaire, une réduction des résistances vasculaires et de production de lactates associée à une augmentation de la densité mitochondriale et des fibres oxydatives. Les effets principaux du réentraînement à l'effort seront également, sur le système cardio-vasculaire une diminution de la fréquence cardiaque de repos ainsi qu'une augmentation du débit sanguin. La fréquence cardiaque est plus basse pour un niveau d'effort donné. Les effets sur le système neurovégétatif sont une diminution du tonus sympathique et une augmentation du tonus parasympathique au repos. De plus, les patients décrivent une amélioration de la vie quotidienne par une amélioration des performances sous maximales.

2.3.4 Les indications et contre-indications au réentraînement à l'effort [2] [4] [8]

Il existe des contre-indications au réentraînement à l'effort. Ce sont les cardiomyopathies obstructives, les myocardites, les patients ayant des troubles du rythme ventriculaire graves, un thrombus ventriculaire mobile, un angor instable, un rétrécissement aortique serré ou encore une hypertension artérielle pulmonaire, ainsi que l'insuffisance cardiaque décompensée.

Les indications au réentraînement à l'effort sont une insuffisance cardiaque stable, classée NYHA 2 et 3 d'après les recommandations de l'European Society of Cardiology et de l'American Heart Association. Il n'existe pas de valeur seuil de la fonction ventriculaire gauche préconisée. La réadaptation cardiaque est classée en trois phases. La phase 1 est la phase hospitalière, la phase 2 est la phase post hospitalière immédiate dite phase de convalescence active, et la phase 3 est la phase de maintenance des acquis obtenus lors de la phase 2. La phase 2 peut se dérouler en Unité de réadaptation cardiovasculaire, en hospitalisation complète ou ambulatoire, et le réentraînement à l'effort s'effectuera dans cette phase.

L'insuffisance cardiaque est une indication type A à la réadaptation cardiaque. Il existe d'autres indications à la réadaptation cardiaque, que je ne traiterai pas dans ce travail, que sont la réadaptation après greffe cardiaque, il s'agit d'une insuffisance cardiaque terminale, et la réadaptation des patients porteurs d'un stimulateur cardiaque ou d'un défibrillateur automatique implantable associé une insuffisance cardiaque.

2.3.5 Prescription des différents types de réentraînement selon les patients [17]

Selon le consensus de la Heart Failure Association et de l'European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, une prescription de réentraînement peut être faite selon la capacité d'exercice, l'âge et les activités quotidiennes **Annexe IV**. Ainsi, les patients sont classés en fonction de leur âge : inférieur ou supérieur à 65 ans, de leur activité : sédentaire ou actif, de la valeur de leur pic de VO₂ : inférieure ou égale à 10 mL/kg/min, entre 10 mL/kg/min et 18 mL/kg/min, ou supérieure à 18 mL/kg/min, et de la distance parcourue au test de marche de 6 minutes : inférieure à 300 mètres, entre 300 et 450 mètres, supérieure à 450 mètres. En ce qui concerne l'entraînement respiratoire, il est proposé pour tous les types de patient, mais seulement si nécessaire pour les patients avec un pic de VO₂ supérieur à 18mL/kg/min, ou une distance de 450 mètres au TDM6. Et l'entraînement en résistance est pratiquement proposé pour tous, sauf pour les patients sédentaires de plus de 65 ans.

2.3.6 Méthodes d'évaluation à l'effort [17] [18]

- Le test d'effort

Des méthodes d'évaluation sont nécessaires pour orienter le réentraînement à l'effort. Ainsi, le test d'effort est une méthode d'évaluation qui peut se faire sur cyclo ergomètre ou sur tapis roulant. Il consiste en plusieurs phases avec une intensité de la charge à chaque fois plus importante. La charge augmente par palier de une, deux minutes. Ce test d'effort a plusieurs intérêts. Il permet de mettre en évidence d'éventuels troubles rythmiques ou une ischémie myocardique, d'ajuster le traitement notamment de réduire la posologie des bêtabloquants lors d'une bradycardie basale excessive. Il permet également de programmer le réentraînement à l'effort. Ainsi la fréquence cardiaque cible FCC ou fréquence cardiaque d'entraînement FCE, qui est la fréquence à laquelle le patient doit se réentraîner, est déterminée à partir de la formule de Karvonen. Cette formule correspond à $FCE = X (FC \text{ de réserve}) + FC \text{ repos}$, X dépendant de la fraction d'éjection du ventricule gauche et la fréquence de réserve correspondant à la fréquence cardiaque maximale moins la fréquence de repos. Mais il existe d'autres façons de déterminer

l'intensité de réentraînement dont la perception de la fatigue et de l'intensité de l'effort ressentie par le patient avec l'échelle de Borg **Annexe V**. Cette échelle va d'une intensité de fatigue ressentie comme très très légère à très très pénible. L'épreuve d'effort couplée à l'analyse des échanges gazeux doit être privilégiée. En effet, elle permet de mesurer la consommation en oxygène ainsi que la production en dioxyde de carbone. Ainsi, le pic de VO₂ et le seuil d'adaptation ventilatoire sont obtenus et la fréquence cardiaque relevée à ce seuil nous permettra de déterminer l'intensité du réentraînement. L'épreuve d'effort initiale permet donc de programmer le réentraînement. L'épreuve d'effort intermédiaire réactualise les prescriptions et peut mettre en évidence une nouvelle symptomatologie. L'épreuve finale permet une évaluation des capacités physiques au terme de la réadaptation ainsi qu'une évaluation de la progression du patient [10]. Concernant l'EI, la détermination du niveau d'intensité pour les phases de travail se fait à partir du ramp test qui donne la capacité maximale d'exercice pour un court temps. Il consiste à pédaler 3 minutes sans charge, puis le niveau de travail augmente de 25 watts toutes les 10 secondes.

- Le test de marche de six minutes [18]

Le test de marche de 6 minutes TDM6 est une méthode complémentaire de ce test d'effort. Il est simple à réaliser, de faible coût et bien toléré. Il évalue l'adaptation du patient aux efforts se rapprochant de ceux de la vie quotidienne. Ce test consiste à parcourir la plus grande distance possible en 6 minutes sans courir et à allure régulière. Ce test a une valeur pronostic et il est possible de classer le degré de sévérité de la pathologie selon la distance parcourue **Annexe VI**. En effet, si la distance parcourue au TDM6 est inférieure à 150 mètres, le degré de sévérité est considéré comme très important, si la distance se situe entre 150 et 425 mètres, le degré de sévérité est dit modéré, et enfin, si la distance est entre 426 et 550 mètres, la sévérité est considérée légère.

3. Méthodologie

Je commence mes recherches sur la réadaptation cardiaque chez l'insuffisant cardiaque, par une approche globale du sujet. Les mots clés utilisés sont notamment :

- heart failure rehabilitation,
- réadaptation insuffisance cardiaque,
- réentraînement à l'effort insuffisance cardiaque,

Je me sers des bases de données PubMed, PEDro, et Google Scholar. Le nombre d'articles de départ est d'environ 120. Une fois constaté qu'il existe différents types de réentraînement à l'effort chez l'insuffisant cardiaque, je cherche à en connaître plus sur ces différents réentraînements afin de pouvoir les détailler. Je continue donc mes recherches avec les mots clés electromyostimulation heart failure, inspiratory training heart failure, aquatherapy heart failure, resistance training heart failure afin de traiter spécifiquement chaque type de réentraînement.

En détaillant ces différents types, je remarque que deux entraînements semblent s'opposer par leurs modalités d'application. Ce sont l'entraînement continu et l'entraînement en intervalle. La problématique qui en découle est donc la suivante : Quelles sont les différences entre l'entraînement continu et l'entraînement en intervalle, chez les patients insuffisants cardiaques chroniques par dysfonction systolique du ventricule gauche, classés NYHA 2 et 3, dans le cadre du réentraînement à l'effort?

J'affine ensuite mes recherches en utilisant les mots clés « interval training heart failure » et « continuous training heart failure ». J'utilise les différentes bases de données, et essentiellement PubMed qui référence des articles de journaux de cardiologie. Ce sont, par exemple, The American journal of cardiology, International journal of cardiology, Journal of the American College of Cardiology et Circulation. Ces journaux ont respectivement un impact factor de 3.209; 5.509; 14.086; 15.202. Il est important de connaître l'impact factor d'un journal car il correspond au nombre moyen de citations de chaque article publié dans ce journal. Ainsi, plus un journal a un impact factor élevé, plus il est lu et cité. L'impact factor sert donc de critère d'évaluation du journal. Pour trouver l'impact factor de chaque journal, j'utilise le site internet suivant : <http://impactfactor.weebly.com/cardiology.html> ou je tape le nom du journal ainsi que impact factor sur la barre de recherche de Google. Pour la majorité des articles, j'utilise les sites linguee et word reference qui me permettent de traduire ces articles écrits en anglais.

Lors de mes recherches, je me sers également des bibliographies des articles qui m'ont intéressée dans le but de trouver d'autres articles. Je recherche des recommandations concernant la réadaptation de l'insuffisance cardiaque. J'écris des mails à certains auteurs afin d'obtenir leurs articles non disponibles sur internet. De plus, je réalise des recherches dans la bibliothèque de l'Institut de Formation de Masso Kinésithérapie de Dijon. Et avec l'aide de la bibliothécaire, je trouve plusieurs livres de cardiologie très utiles, notamment dans la réalisation du cadre conceptuel. Je trouve également d'autres articles mais ils ne proviennent pas de journaux de cardiologie, ils ne seront donc pas utilisés.

Mon étude se concentre alors sur une trentaine d'articles. En effet, les critères d'inclusion sont :

- des articles détaillant l'entraînement continu et/ou l'entraînement en intervalle
- des articles comparant ces entraînements sur les modalités d'application, sur les effets, sur les indications de prescription
- des articles provenant de journaux de cardiologie ou de physiothérapie
- des articles avec des patients :
 - insuffisants cardiaques par dysfonction systolique du ventricule gauche, quelque soit l'étiologie
 - classés NYHA 2 et 3
 - sous un entraînement supervisé en phase deux de réadaptation cardiaque excepté pour les études traitant des effets sur le long terme
 - suivant un entraînement en intervalle ou un entraînement continu
 - non opérés

Je ne retiens pas de limites d'âge puisque cela varie selon les études.

Dans le cadre de mes lectures, j'utilise des articles qui comparent les deux modes d'entraînement ou simplement qui détaillent un type d'entraînement, dans le but de rechercher les différences entre les deux modes, ce qui correspond à ma problématique. Au fur et à mesure de mes lectures, certains paramètres s'opposent. Ce sont tout d'abord les modalités de protocole puisque c'est ce qui les différencie au premier abord, puis les effets qui peuvent être différents ou similaires et à court ou long terme, et je remarque également une différence dans les indications de prescription de l'entraînement.

L'objectif est donc de rechercher les différences, ou les ressemblances entre les entraînements sur leurs modalités d'application et de progression, sur leurs différents effets, ainsi que sur leurs indications de prescription.

Je réalise donc un tableau avec des études et des articles qui comparent les deux types de réentraînement, ou un mode de réentraînement avec un groupe contrôle. Ils décrivent leurs effets, leurs indications de prescription, et leurs modalités d'application, notamment en ce qui concerne le niveau d'intensité. Ainsi, ce tableau comporte le titre, le nom du ou des auteurs, la référence de l'article, l'impact factor du journal, l'année, le type de réentraînement à l'effort détaillé dans l'article et les paramètres décrits c'est-à-dire les effets, les indications de prescription ou les modalités d'application. En premier, sont classées les études, provenant majoritairement de PubMed qui comparent l'EC et l'EI. Puis ce tableau comprend les articles qui décrivent l'EC et/ou l'EI ; les articles spécifiques au réentraînement à l'effort ainsi que ses modalités ; et les articles sous forme de recommandations. Ce tableau permet donc de comparer les différences ou ressemblances des paramètres décrits entre les différents articles et de comparer les impact factor des journaux, nécessaire dans l'évaluation de ceux-ci **Annexe VII**.

Des personnes m'ont aidée dans mes recherches. En effet, M Alain Chiffot, qui a été mon tuteur de stage, travaillait dans le service de cardiologie du centre de médecine physique et de réadaptation de Mardor. Il m'a été d'une grande aide au début de mes recherches lors de nos échanges par messages électroniques. En effet, il m'a orienté dans la recherche de documents et de ressources actuelles concernant l'insuffisance cardiaque. J'ai également rencontré Mme Armelle Hannequin, enseignante à l'Institut de Formation en Masso Kinésithérapie de Dijon, qui possède un diplôme universitaire réadaptation cardiovasculaire et éducation thérapeutique, et qui travaille dans le service de cardiologie au Centre de Convalescence et de Réadaptation de Dijon. Elle m'a également orienté sur certains articles et m'a apporté son aide lors de la vérification de mon cadre théorique. M Aubéry Patrick, qui a été mon tuteur lors de mon stage en service de réanimation à l'hôpital de Chalon sur Saône m'a également guidé dans la recherche de document au début de mon travail.

4. Résultats

Pour présenter le plan de mes résultats répondant à la question : quelles sont les différences entre l'entraînement continu et l'entraînement en intervalle, il est possible de l'expliquer sous la forme de la démarche que l'on peut avoir face à un patient insuffisant cardiaque chronique. Tout d'abord, il est nécessaire de vérifier l'indication de prescription, c'est-à-dire le mode d'entraînement indiqué pour ce patient, puis de rechercher le niveau d'intensité à mettre en place ainsi que les modalités pratiques d'application, et enfin de connaître les effets que l'on peut attendre de ce type d'entraînement.

4.1 Indication de prescription

4.1.1 Indication de prescription de l'EC [17] (Tableau I)

Dans le consensus de Piepoli et al [17], les différents types de réentraînement à l'effort pouvant être utilisés, sont classés selon l'âge, l'activité, le pic de VO₂ ou la distance du test de marche de 6 minutes des patients. L'entraînement continu est proposé pour toutes les catégories, que le patient soit actif ou sédentaire, âgé de plus ou de moins de 65 ans, quelque soit le pic de VO₂ (inférieur à 10 mL/kg/min, supérieur à 10 mL/kg/min ou supérieur à 18 mL/kg/min), et quelque soit la distance du TDM6 (inférieure à 300 mètres, entre 300 et 450 mètres, supérieure à 450 mètres).

Tableau I : Prescription du réentraînement dans l'insuffisance cardiaque selon la capacité d'exercice, l'âge, et les activités. [17]

	Patient actif Age<65 ans	Patient sédentaire Age<65 ans	Patient actif Age>65 ans	Patient sédentaire Age>65 ans
- Pic de VO2 inférieur ou égale à 10 mL/kg/min - ou <300 mètres au TDM6	-EC -Entraînement respiratoire -Entraînement en résistance -EI à faible intensité	-EC -Entraînement respiratoire -Entraînement en résistance -EI à faible intensité	-EC -Entraînement respiratoire -Entraînement en résistance -EI à faible intensité	-EC -Entraînement respiratoire -EI à faible intensité
- Pic de VO2>10 à 18 mL/kg/min - ou TDM6 entre 300 et 450 mètres	-EC -Entraînement respiratoire -Entraînement en résistance -EI	-EC -Entraînement respiratoire -Entraînement en résistance	-EC -Entraînement respiratoire -Entraînement en résistance	-EC -Entraînement respiratoire
-Pic de VO2>18 mL/kg/min -ou TDM6>450 mètres	-EC -Entraînement respiratoire si nécessaire -Entraînement en résistance -EI à haute intensité	-EC -Entraînement respiratoire si nécessaire -Entraînement en résistance -EI à haute intensité	-EC -Entraînement respiratoire si nécessaire -Entraînement en résistance -EI à haute intensité	-EC -Entraînement respiratoire si nécessaire -Entraînement en résistance -EI à haute intensité

4.1.2 Indication de prescription de l'EI [9] [17] [19] [20] [21] [22] [23] [24] [25] (Tableau I)

L'EI à faible intensité est proposé pour les patients avec un pic de VO₂ inférieur ou égal à 10 mL/kg/min ou avec une distance du TDM6 inférieure à 300 mètres, quelque soit l'âge et l'activité du patient.

L'EI d'intensité modérée est appliqué pour les patients actifs, de moins de 65 ans, avec un pic de VO₂ supérieur à 10mL/kg/min, ou une distance du TDM6 comprise entre 300 et 450 mètres.

Et l'EI haute intensité est indiqué, quelque soit l'âge et l'activité, pour les patients avec un pic de VO₂ supérieur à 18mL/kg/min, ou avec une distance du TDM6 supérieure à 450 mètres [17].

Selon les recommandations de Meyer et al [19] sur l'entraînement dans l'insuffisance cardiaque, l'EI est recommandé pour les patients insuffisants cardiaques présentant des limitations physiques initiales significatives. En effet, en sachant que l'entraînement devrait être à la fréquence cardiaque la plus faible possible chez des patients souffrant de cardiopathie, l'EI semble préférable car le stimuli périphérique est plus élevé sans pour autant entraîner une augmentation significative de la fréquence cardiaque. Ce qui est appuyé dans une étude menée par le même auteur, dans laquelle la fonction ventriculaire gauche pendant l'EC et pendant l'EI chez des patients insuffisants cardiaques a été comparée. Il en résulte pour les deux modes une augmentation significative de la fraction d'éjection du ventricule gauche avec une augmentation de la fréquence cardiaque et du débit cardiaque. La conclusion qui en découle est que l'EI apparaît aussi sûr que l'EC, il peut être recommandé pour l'entraînement des patients insuffisants cardiaques afin d'appliquer un stimulus périphérique plus élevé, sans augmenter le stress, comparé à l'EC [20].

D'autres auteurs arrivent également à la conclusion que l'EI doit être recommandé pour les patients insuffisants cardiaques avec de faibles capacités physiques. En effet, d'après l'article de Pathanasiou et al sur les modes de réentraînement des patients insuffisants cardiaques, l'utilité de l'EI consiste en la possibilité de réaliser cet entraînement avec des combinaisons différentes de temps d'intervalle d'entraînement et de repos, chez des patients avec une faible capacité d'entraînement [21]. De même, Smart et al réalise dans leur étude une comparaison de 16 semaines entre l'EC et l'EI chez des patients insuffisants cardiaques. Les résultats sont une amélioration de la qualité de vie pour les deux modes ainsi qu'augmentation de la VO₂ pour les deux modes. L'auteur conclut alors que l'EI devrait être considéré comme un outil au moins égal à l'EC chez des patients insuffisants cardiaques sévères, incapables de compléter l'EC, tout en fournissant un volume de travail similaire [22].

De plus, dans l'étude de Chrysohoou et al sur les effets de l'EI haute intensité sur la qualité de vie, l'EI permet, parmi plusieurs effets bénéfiques, une amélioration de la qualité de vie selon le questionnaire du Minnesota Living. Ce questionnaire a pour objectif de rechercher à quel point la vie des patients est affectée par la maladie, si elle empêche de vivre leur vie comme ils le veulent. La conclusion est que l'EI peut être encouragé chez les patients insuffisants cardiaques puisqu'il améliore la qualité de vie [23].

Dans la littérature, plusieurs documents s'accordent sur le fait que l'EI est mieux supporté chez les patients déconditionnés ou avec un seuil ischémique bas, dont un document de l'AHA et le référentiel des bonnes pratiques de la réadaptation cardiaque de l'adulte de 2011 [9] [24] .

Pour conclure, l'EI par ses modalités d'application est recommandé chez les patients insuffisants cardiaques déconditionnés. En effet, il permet d'augmenter le stimulus périphérique sans augmenter le stress cardiaque et il peut être adapté au patient en modifiant les intervalles de travail et de repos.

Malgré ces différences entre l'EC et l'EI dans l'indication de prescription, il existe une indication commune de prescription pour ces deux modes. D'après l'article sur l'insuffisance cardiaque de Mme Monpère [25], ce sont les patients améliorés ou à risque modéré. Ils bénéficient, en effet, d'un entraînement en endurance dynamique que ce soit l'EC ou l'EI, associé à du renforcement musculaire. Ce sont des patients avec une VO_2 supérieure à 50% de la valeur du VO_2 théorique maximal ou un pic de $VO_2 > 14$ mL/kg/min, un seuil ischémique ou arythmique supérieur à 60 watts, avec des capacités fonctionnelles moyennes. D'après ce document, l'EC et l'EI sont donc tous les deux indiqués pour le même type de patient que sont les patients améliorés ou à risque modéré.

Une fois le mode d'entraînement choisi selon l'indication de prescription, il est nécessaire de connaître l'intensité à laquelle doit être appliquée l'entraînement.

4.2 Détermination du niveau d'intensité

La détermination du niveau d'intensité de l'EC ou de l'EI peut se faire selon différents paramètres et selon différentes valeurs.

Tableau II : tableau récapitulatif des paramètres utilisés afin de déterminer le niveau d'intensité ainsi que les valeurs d'intensité utilisées dans l'entraînement continu et dans l'entraînement en intervalle [9] [10] [11] [17] [20] [25] [27] [28] [29] [30] [31]

	Paramètres utilisés	Valeurs utilisées
CONTINU ENTRAÎNEMENT	FC maximale	FCE=60-80% de FC max, 50% pour les plus déconditionnés
	FC de réserve	FCE=60-80% de FC Réserve ; 40-70% de la FC Réserve ; Formule de Karvonen : $FC_{Repos} + X (FC_{max} - FC_{Repos})$
	Seuil ventilatoire	FCE=FC correspondant au seuil ventilatoire 1
	Pic de VO ₂ (ou VO ₂ maximale)	FCE= 60-80% de la FC observée au pic de VO ₂ ; FCE= 40-50% à 70-80% de la FC du pic de VO ₂
	Réserve de VO ₂	FCE= 40-50% à 70-80% de la FC correspondant à la réserve de VO ₂
	Puissance maximale	Puissance de l'ergomètre en watts= 65-75% de la puissance max ; puissance = puissance observée au seuil ventilatoire 1
	Echelle de Borg	Entre 10 et 15
	Degré d'essoufflement	En aisance respiratoire
	EVA	Entre 4 et 6
ENTRAÎNEMENT EN INTERVALLE	FC maximale	FCE=40-70% de la FC max ; 80% de la FC max ; 70-75% de la FC max ; 90-95% de la FC max
	Pic de VO ₂	FCE= 60% de la FC observée au pic de VO ₂
	Puissance max	Puissance de l'ergomètre= 50% de la puissance max
	Echelle de Borg	15

4.2.1 Paramètres déterminant le niveau d'intensité

- Les différents paramètres

La détermination de l'intensité de l'exercice peut se faire en fonction de la fréquence cardiaque FC maximale atteinte lors du test d'effort ainsi que, d'après le consensus sur l'entraînement dans l'insuffisance cardiaque de Piepoli et al, selon le pic de VO₂, et la réserve de VO₂ [17]. La détermination de l'intensité peut se faire également selon la perception de fatigue sur l'échelle de Borg, même si elle semble n'être qu'un complément au pourcentage de la VO₂ maximale ou de la FC maximale, selon la valeur de la douleur à l'EVA échelle visuelle analogique

et selon l'aisance respiratoire [9] [10] [19]. En effet, la détermination du niveau d'intensité nécessite la surveillance du degré d'essoufflement: l'exercice doit se faire au degré 2 d'essoufflement qui correspond à une respiration nasale et buccale avec une conversation hachée. C'est le stade de travail idéal. Le stade 1 correspond à une aisance respiratoire autorisant une conversation normale non hachée et une respiration nasale. C'est le stade d'échauffement. Le degré 3 signifie un essoufflement important nécessitant une respiration buccale et correspondant à la VO₂ maximale et le stade 4 est l'essoufflement extrême [11]. Pour résumer, les critères cliniques qui guident le niveau d'effort sont donc la dyspnée c'est-à-dire le degré d'essoufflement, la difficulté du patient à répondre aux questions ; la fatigue musculaire correspondant à la douleur ressentie au moment de l'effort ; et l'asthénie, c'est-à-dire la dégradation de l'état général qui peut être évaluée avec l'échelle de Borg. [27] [28] **Annexe VIII.**

Et selon le référentiel des bonnes pratiques ainsi que selon les recommandations de la SFC sur la pratique de la réadaptation cardiovasculaire [8] [9], il est également possible de retrouver la fréquence cardiaque cible d'entraînement par la lecture de la fréquence cardiaque atteinte à l'apparition du seuil aérobie d'adaptation ventilatoire lors de l'épreuve d'effort ou encore de la calculer par la formule de Karvonen $FCE = FCR + (X) (FC_{max} - FC_{repos})$. En fait selon les recommandations du GERS [29], cela va dépendre de la possibilité de réaliser une épreuve d'effort avec mesure de la VO₂. La FCE trouvée au seuil d'adaptation ventilatoire est utilisée lorsque l'épreuve d'effort se fait avec la mesure de la VO₂ et la formule de Karvonen est utilisée lorsque l'épreuve d'effort se fait sans la mesure de la VO₂. La valeur de X est variable, elle peut être égale à 0.6 si le patient ne prend pas de bêtabloquants et X égale 0.8 si le patient est sous bêtabloquants selon le référentiel des bonnes pratiques [9]. Et d'après les annales de réadaptation et de médecine physique sur l'entraînement à l'effort au cours de pathologies cardio-vasculaires, X égale 70-80% si la fonction ventriculaire est normale, 65% si la fonction est altérée et 50% si elle est très altérée [10]. L'intensité est également prescrite sous la forme de puissance de l'ergomètre. La prescription peut se faire en watts sur ergomètre, et elle peut se faire en fonction de la pente ou de la vitesse sur tapis roulant. Quelque soit le paramètre pris en compte, la charge de travail doit correspondre au SV1 retrouvé lors du test d'effort [9].

Ainsi, en utilisant le seuil ventilatoire, cela permet d'individualiser et d'optimiser les paramètres de l'exercice en fonction du patient. D'après une étude de Vibarel et al sur les effets de l'entraînement au seuil ventilatoire [26], en fixant l'intensité d'entraînement à ce seuil qui est propre à chaque sujet, cela permet d'individualiser l'entraînement et permet un confort ventilatoire. Les effets de l'entraînement au seuil ventilatoire sont d'après cette étude, une amélioration de la VO₂ maximale et de la puissance maximale pour l'exercice maximal ; un recul du seuil ventilatoire, une amélioration de la réponse ventilatoire, une augmentation de la distance du TDM6 et une amélioration de la qualité de vie à l'exercice sous maximal. La conclusion est qu'individualiser l'entraînement est nécessaire afin d'optimiser les bénéfices du réentraînement.

- Paramètres utilisés pour l'EC

Selon la synthèse de 46 études portant sur le réentraînement à l'effort de Brisset et al [30], il n'est pas établi qu'une modalité pratique soit plus bénéfique qu'une autre. Cette synthèse établit les différentes façons de déterminer l'intensité concernant l'EC. L'entraînement peut se faire en fonction de la FC maximale; selon la formule de Karvonen ; au seuil ventilatoire pour individualiser l'entraînement ; selon l'appréciation subjective avec l'échelle de Borg; selon la

puissance maximale de l'ergomètre du test d'effort.

De même, d'après une enquête menée par le groupe évaluation et réadaptation cardiaque de la Société Française de Cardiologie en septembre 2005 sur les modalités d'entraînement de 40 centres de réadaptation cardiaque, l'intensité est prescrite dans la majorité des cas à partir d'un test d'effort, et selon 3 modalités différentes : selon la fréquence cardiaque d'entraînement FCE qui peut soit correspondre à la FC au SV1, soit être calculée avec la formule de Karvonen, soit être en fonction de la FC observée au pic de VO₂, de la FC maximale, ou de la FC de réserve ; selon l'échelle de Borg dans un tiers des cas de cette étude ; et selon la puissance de l'ergomètre observée au SV1, plus rarement [2] [31].

Selon le consensus de Piepoli et al, l'intensité recommandée pour l'EC est en fonction du pic de VO₂ ou de la réserve de VO₂. Lorsque le test d'effort n'est pas réalisable, il est possible d'utiliser la FC, la réserve de FC, et le taux de perception de fatigue avec l'échelle de Borg [17] [19] [24]. Et selon le référentiel de bonnes pratiques [9], l'entraînement est guidé par les sensations du patient, surtout en fin de programme afin de favoriser son autonomie. Le niveau d'effort est alors déterminé par l'échelle de Borg, l'EVA ou l'aisance respiratoire.

Pour résumer, les paramètres utilisés sont la FC maximale, la FC de réserve, le seuil ventilatoire, le pic de VO₂, la réserve de VO₂, la perception de la fatigue, le degré d'essoufflement, l'EVA, et la puissance de l'ergomètre.

- Paramètres utilisés pour l'EI

Dans l'étude de Brisset et al, l'intensité de l'EI est variable, elle peut être en fonction de la FC maximale, de la puissance maximale et de l'échelle de Borg. L'auteur remarque que lorsque les temps de créneaux de l'EI sont courts, l'échelle de Borg ou la puissance en watts de l'ergomètre sont utilisés pour déterminer l'intensité de l'entraînement alors que pour les temps de créneaux longs, c'est la fréquence cardiaque qui est utilisée [30].

Et selon le document de l'American Heart Association AHA [24], l'EI doit se faire, pour commencer, en fonction du pic de VO₂.

4.2.2 Niveau d'intensité utilisé

Tout d'abord, il est nécessaire de rappeler que les recommandations des Sociétés Savantes restent imprécises concernant les modalités de prescription des séances de réentraînement du fait de l'hétérogénéité des techniques d'entraînement décrites dans les études [31]. Même si l'essentiel est que le patient se réentraîne, la détermination de l'intensité du réentraînement est importante puisque pour être idéale, elle doit être suffisamment élevée pour permettre d'améliorer au mieux les capacités physiques du patient mais pas trop élevée afin de ne pas faire prendre de risque.

- Niveau d'intensité utilisé dans l'EC

Selon la synthèse de Brisset et al, l'EC peut se faire à 60-80% de la FC maximale, 50% pour les patients déconditionnés ; selon l'appréciation subjective avec des valeurs de 12 à 15 sur 20 sur l'échelle de Borg; selon la puissance maximale du test d'effort avec une valeur de 65-75% de cette puissance [30].

Et selon l'enquête menée par la SFC sur 40 centres, la fréquence cardiaque d'entraînement peut être égale à 60-80% de la FC observée au pic de VO₂, ou 60-80% de la FC maximale, ou 60-80% de la FC de réserve ; et le niveau d'intensité peut être entre 12 et 14 sur l'échelle de Borg.

Selon le référentiel de bonnes pratiques [9], le niveau d'effort utilisé est de 12-14 sur l'échelle de Borg, ou de 4 à 6 sur l'EVA. De plus, il faut rester sous le seuil d'essoufflement, et le patient doit pouvoir continuer à répondre avec des phrases hachées [27] [28]. Selon le consensus de Piepoli et al, l'intensité recommandée pour l'EC va de 40-50% jusqu'à 70-80% du pic de VO₂ ou de la réserve de VO₂. Lorsque la FC de réserve est utilisée, les valeurs sont de 40-70% de la FC de réserve, et lorsque l'échelle de Borg est utilisée, les valeurs d'entraînement doivent être comprises entre 10 et 14 [17] [19] [24].

De même selon la SFC, la prescription d'intensité recommandée dans la phase 2 de réadaptation pour l'EC est de 60% de la VO₂ maximale soit 70-75% de la réserve de FC max obtenue au test d'effort. Ce qui correspond habituellement au seuil d'adaptation ventilatoire [8]. Selon le document de l'American Heart Association AHA [24], les valeurs d'intensité les plus utilisées pour l'EC sont de 70-80% du pic de VO₂. Et l'intensité optimale ciblée sur l'échelle de Borg doit être inférieure à 15/20 [17].

- [Progression de l'EC](#)

Puisqu'il n'existe pas de consensus, ni de prescription universelle, il semble nécessaire d'individualiser le programme d'entraînement. Ainsi, une prescription d'entraînement pouvant être proposée, est celle qui consiste en une fréquence cardiaque d'entraînement de base, une fréquence cardiaque maximale à ne pas dépasser, et une adaptation de l'intensité en suivant les sensations du patient [31]. La progression de l'entraînement peut alors se faire en étant basée sur une prescription qui permette à l'équipe médicale de pouvoir adapter l'intensité de l'exercice en fonction de l'amélioration des capacités du patient [24]. Selon l'AHA, la progression de l'entraînement doit être basée sur une prescription qui permette à l'équipe médicale de pouvoir adapter l'intensité de l'exercice en fonction de l'amélioration des capacités du patient [24].

Selon le consensus sur l'entraînement dans l'insuffisance cardiaque de Piepoli et al [17], lorsque l'on commence un entraînement continu, l'intensité est situé à un faible niveau, c'est-à-dire 40-50% du pic de VO₂, à une durée d'exercice de 10 à 15 minutes. La durée et la fréquence augmentent selon les symptômes et le statut clinique. En progression de cet entraînement, le premier objectif sera d'augmenter graduellement l'intensité à 50, 60, 70% du pic de VO₂. Et le deuxième objectif sera d'augmenter la durée de la session de 15, 20, 30 minutes. L'intensité est augmentée quand la perception de la fatigue est plus faible, ou quand la tolérance est meilleure. Dans l'ordre chronologique, la durée est augmentée puis la fréquence, puis l'intensité.

- [Niveau d'intensité utilisé pour l'EI](#)

Dans l'étude de Brisset et al, l'intensité peut être appliquée à 40-70% de la FC maximale, à 80% de la FC maximale, 90-95% de FC maximale, 70-75% de la FC maximale, à 50% de la puissance maximale ou à 15 sur l'échelle de Borg.

Et selon le document de l'American Heart Association AHA [24], l'EI doit se faire avec une initiation à 60% du pic de VO₂. Et l'intensité optimale sur l'échelle de Borg doit être inférieure à 15/20 [17].

- [Progression de l'EI](#)

Lorsque l'on débute un entraînement en intervalle, il est recommandé de commencer à faible intensité et en douceur. L'entraînement commence alors en alternant de courtes périodes de

10 secondes à faible intensité, c'est-à-dire 50% du pic de capacité et de longues périodes de récupération de 80 secondes pendant 5 à 10 minutes. En progression, c'est d'abord la durée qui est augmentée de 10 à 30 secondes avec une plus courte période de récupération de 80 à 60 secondes, puis l'intensité est augmentée de 90 à 100%, la session dure 15 à 30 minutes [17] [19].

4.3 Modalités pratiques

Un résumé des différents types de protocoles proposés peut être fait à partir du document de la HFA et de l'Association Européenne [17].

Tableau III : Modalités pratiques appliquées dans l'entraînement continu et dans l'entraînement en intervalle

		Matériel	Durée d'entraînement	Méthode d'évaluation à l'effort	Période d'échauffement et de récupération
EC		Cycloergomètre ou tapis roulant	45-60 minutes	Test d'effort	Oui
EI	Haute intensité	Tapis roulant	Phases de travail=4 min ; phases de récupération à faible intensité=3 min Total : 15-30 minutes	Test d'effort	Oui
	Faible intensité	Cycloergomètre	Phases de travail=30s Phases de repos=60s Total : 15-30 minutes	Ramp test	Oui

4.3.1 Matériel

L'EC peut se faire sur cycloergomètre ou sur tapis roulant, même si d'après Meurin et al [31], l'entraînement sur tapis roulant correspond peu à ce qui est fait en France. Alors que les programmes d'EI haute intensité se font sur tapis roulant, et les programmes d'EI faible intensité se font sur cycloergomètre.

4.3.2 Durée d'entraînement

L'EC permet au patient de réaliser des sessions d'entraînement prolongées jusqu'à 45,60 minutes. Les sessions d'entraînement de l'EI sont plus courtes, de 15 à 30 minutes. Mais en réalité, cela dépend des capacités du patient et de sa progression.

4.3.3 Méthode d'évaluation à l'effort

Comme expliqué dans le cadre théorique, les patients doivent réaliser un test d'effort afin de programmer le réentraînement à l'effort. Pour l'EC et l'EI haute intensité, les patients devront alors, sur cycloergomètre ou sur tapis roulant, pédaler ou marcher pendant plusieurs phases dont

l'intensité de la charge augmente d'environ 10-20 watts, chaque pallier durant une à deux minutes. En revanche, pour l'EI faible intensité, on utilise le ramp test. Il consiste à pédaler 3 minutes sans charge, puis le niveau de travail augmente de 25 watts toutes les 10 secondes.

4.3.4 Période d'échauffement et de récupération

Ces différents modes d'entraînement, continu, en intervalle à haute ou faible intensité, nécessitent tous une période d'échauffement d'environ 5 à 10 minutes puis une période de récupération à la fin de la séance.

4.4 Les effets

4.4.1 Les effets supérieurs de l'EI par rapport à l'EC

Tout d'abord, d'après l'étude de Freyssin et al, l'EI haute intensité ainsi que l'EC permettent d'augmenter le temps au SV1, mais de façon significativement plus élevée par l'EI. Et ces deux modes d'entraînement permettent également d'augmenter la distance du TDM6. Mais l'EI permet, en plus de l'EC, d'augmenter le pic de VO₂, la durée d'exercice et la consommation d'oxygène au SV1. L'auteur conclut alors que l'EI à haute intensité apparaît plus efficace que l'EC dans l'amélioration des capacités d'exercice submaximales [32].

De plus, Haykowsky et al ont réalisés une méta analyse, avec des recherches sur MEDLINE, Pubmed, Scopus et Web of science, chez des patients insuffisants cardiaques avec une fonction ventriculaire gauche altérée. Le résultat de cette méta analyse est que l'EI haute intensité augmente significativement le pic de VO₂ comparé à l'EC à intensité modérée [33]. De même, dans l'étude de Smart et al sur la comparaison de 16 semaines d'EC à 70% du pic de VO₂ et d'EI également appliqué à 70 % du pic de VO₂, chez les patients insuffisants cardiaques, il en résulte une augmentation de la VO₂ plus importante par l'EI que par l'EC avec des valeurs respectives de 21% et de 13% [22].

Cette amélioration de la VO₂ permise de façon plus marquée par l'EI est retrouvée dans l'étude de Maiorana qui compare les effets de l'EC et de l'EI. En effet, les résultats de cette étude sont une valeur de la VO₂ supérieure entraînée par l'EI à haute intensité, à 90-95% de la FC maximale, qu'avec l'EC appliqué à une intensité modérée c'est-à-dire à 70-75% de la FC maximale. De plus, d'après cette étude, l'EI entraîne de meilleurs gains en termes de mesures de fonctions systoliques et diastoliques et de fonction endothéliale. L'auteur en conclut que l'EI à haute intensité permet de meilleurs gains que l'EC à intensité modérée en ce qui concerne l'amélioration de la capacité aérobie et les mesures reflétant la fonction du ventricule gauche [34].

De plus, Fu et al en comparant les effets de l'EI appliqué à 80% du pic de VO₂, de l'EC à intensité modérée, c'est-à-dire à 60% du pic de VO₂, et d'un groupe contrôle sur le taux d'oxygène, découvre d'autres effets permis par l'EI. Ce sont une augmentation du taux d'oxygène et une ventilation plus basse par rapport à l'EC et le groupe contrôle. Contrairement à l'EC, l'EI augmente le débit cardiaque. De plus, l'EI permet une diminution du taux de BNP (peptide cérébral natriurétique) sanguin, qui est un marqueur de l'insuffisance cardiaque lorsque son taux est élevé, ainsi qu'une amélioration de la qualité de vie sur le questionnaire du Minnesota Living with heart

failure. Il en conclut que l'EI améliore la qualité de vie, ainsi que le taux d'oxygène en améliorant les réponses hémodynamiques musculaires et cérébrales et en supprimant le stress oxydatif [35].

Enfin, une étude avec d'intéressants résultats et de possibles implications futures sur le choix des modes de réentraînement est celle de Wisloff et al qui compare les effets cardiovasculaires entre l'EC à 70-75% de la FC max et l'EI haute intensité à 95% de la FC max chez des patients insuffisants cardiaques. Ses résultats concernant l'EI sont une augmentation de la VO₂ de 46%, une diminution des volumes du ventricule gauche, une augmentation de la fraction d'éjection du ventricule gauche de 35%, une diminution des BNP de 40%, ainsi qu'une amélioration de la fonction endothéliale alors que l'EC entraîne une augmentation de 14% de la VO₂. La qualité de vie est améliorée dans les deux modes [36]. De plus, d'après l'étude de Normandin et al sur les réponses à l'EC intensité modérée et à l'EI haute intensité, l'EI permet une efficacité ainsi qu'une adhérence à l'exercice plus élevée [37].

Pour conclure, d'après cet ensemble d'études, l'EI haute intensité semble avoir des effets supérieurs à l'EC en ce qui concerne le pic de VO₂, la consommation d'oxygène au SV1, le temps au SV1, la durée d'exercice, les fonctions du ventricule gauche, la fonction endothéliale, le taux de BNP et le débit cardiaque.

4.4.2 Les effets supérieurs de l'EC par rapport à l'EI

Dans l'étude de Dimopoulos et al sur les effets de la réhabilitation cardiaque sur la fréquence cardiaque, l'EC à 50% du pic d'intensité et l'EI haute intensité à 100% du pic d'intensité sont comparés. Il en résulte que les deux modes d'entraînement augmentent le pic de VO₂. L'auteur en conclut que ces deux modes améliorent la capacité d'exercice chez les patients insuffisants cardiaques, cependant l'EC améliore la fréquence cardiaque de récupération, c'est-à-dire la fréquence cardiaque prise immédiatement après l'exercice, qui est un marqueur de l'activité parasympathique suggérant une meilleure contribution au système nerveux autonome [38].

Dans l'étude de Wisloff et al, citée précédemment, il semble néanmoins que l'EC soit supérieur sur un point. En effet, les résultats de l'échelle de Borg exprimant la perception de la fatigue sont de 17/20 pour l'EI ce qui correspond à un effort très pénible, et de 12/20 pour l'EC, ce qui correspond à une fatigue considérée entre légère et un peu difficile. L'EC serait donc moins fatigant [36].

D'après ces études, l'EC serait supérieur à l'EI en ce qui concerne l'amélioration de la fréquence cardiaque de récupération et de la perception de fatigue.

De plus, d'après le document de la HFA et de l'Association Européenne pour la Prévention et Réhabilitation cardiaque, l'EC entraîne une amélioration de la capacité d'exercice, c'est-à-dire de la tolérance à l'exercice par une durée d'exercice, un pic de VO₂, une charge maximale, une ventilation et une capacité d'exercice submaximale (TDM6) améliorés. Les effets hémodynamiques entraînés par l'EC sont une amélioration du débit cardiaque au repos et du pic de débit cardiaque, de la perfusion myocardique, de la fonction diastolique, de la fraction d'éjection du ventricule gauche, et de la prévention du remodelage ventriculaire gauche. Les effets respiratoires sont une diminution de la ventilation excessive, ainsi qu'une amélioration du contrôle cardiorespiratoire. Et les effets périphériques sont une amélioration de la fonction endothéliale, du

pic de flux sanguin dans les jambes, une amélioration de la force musculaire, et une diminution de l'activation neurohormonale. En ce qui concerne l'EI, celui-ci améliore la capacité d'exercice en améliorant la tolérance à l'exercice. Ainsi, la durée d'exercice, le pic de VO₂, la charge et la capacité d'exercice submaximale (TDM6) sont améliorés. Les effets hémodynamiques sont retrouvés lorsque l'EI est appliqué à haute intensité, et consistent en une amélioration de la fraction d'éjection du ventricule gauche au repos. Mais l'EI n'entraîne pas d'effets respiratoires, ni d'effets périphériques d'après ce document. Donc l'EC a des effets supérieurs à l'EI, en ce qui concerne les effets hémodynamiques, respiratoires et périphériques [17].

Enfin, pour les études concernant les effets sur le long terme, d'après Belardinelli et al, qui compare l'EC sur le long terme à un groupe contrôle, les effets de l'EC à 60 % du pic de VO₂ sur un an sont un maintien d'un pic élevé de VO₂, une amélioration de la qualité de vie associés à une diminution de la mortalité et des réadmissions hospitalières [39].

De même, d'après l'étude de Fernhall sur les effets de l'EC, appliqué à 60-70% du pic de VO₂ pendant 10 ans, comparé à un groupe contrôle, l'EC permet le maintien d'un haut pic de VO₂, une qualité de vie significativement meilleure, et il entraîne moins de risque de réadmission hospitalière et de décès [40]. Ces résultats sont retrouvés dans l'étude de Belardinelli et al sur les effets sur le long terme de l'EC, appliqué à 60% du pic de VO₂ pendant 10 ans, comparé à un groupe contrôle [41].

En ce qui concerne l'EI, l'étude de Nilsson et al sur les effets à 12 mois conclut que l'EI permet une amélioration significative du TDM6, de la charge du cycloergomètre, du temps d'exercice ainsi qu'une amélioration de la qualité de vie sur le questionnaire du Minnesota Living with Heart Failure [42].

Donc, en ce qui concerne les effets sur le long terme, l'EC en diminuant le risque de décès et de réhospitalisations, est supérieur à l'EI.

4.4.3 Les effets similaires entre l'EI et l'EC

Tout d'abord, Meyer et al ont étudiés la comparaison de la fonction ventriculaire gauche pendant l'EC et pendant l'EI chez des patients insuffisants cardiaques chroniques. Il en résulte, pour les deux modes, une augmentation significative de la fraction d'éjection du ventricule gauche avec une augmentation de la fréquence cardiaque et du débit cardiaque [20]. De plus, dans l'étude de Koufaki et al sur la comparaison entre l'EI et l'EC, ces deux modes améliorent le taux d'O₂, et la capacité fonctionnelle, évaluée par les exercices assis- debout et la vitesse de marche [43].

Dans les études qui suivent, l'EI est constamment appliqué à haute intensité, et l'EC est mis en place avec des intensités variables. Les premières études comparent l'EI avec l'EC faible intensité pour continuer avec des études pour lesquelles l'EC a une intensité de plus en plus importante.

Dans l'étude de Dimopoulos et al, citée précédemment, sur les effets de la réhabilitation cardiaque sur la fréquence cardiaque, l'EC à 50% du pic d'intensité et l'EI haute intensité à 100% du pic d'intensité sont comparés. Il en résulte que les deux modes d'entraînement augmentent le pic de VO₂ (de 7.8% pour l'EI, 5.8% pour l'EC). L'auteur en conclut que ces deux modes améliorent la capacité d'exercice chez les patients insuffisants cardiaques, même si l'EC améliore, en plus, la fréquence cardiaque de récupération [38].

De plus, dans l'étude de Roditis et al sur la cinétique du taux d'oxygène de l'EC, également appliqué à 50% du pic de puissance, comme dans la précédente étude, et de l'EI à haute intensité appliqué à 100% du pic de puissance, les résultats sont une augmentation significative du pic d'O₂, comme l'étude précédente, ainsi qu'une augmentation du pic de puissance pour les deux modes. Les deux modes ont donc des effets similaires sur la progression de la VO₂ [44].

D'après l'étude de Iellamo et al, en ce qui concerne les effets sur la pression sanguine et sur l'insulino résistance de l'EC à intensité modérée, appliqué à 45-60% de la FC maximale et de l'EI haute intensité à 75-80% de la FC maximale, une augmentation significative du pic de VO₂ et du seuil anaérobie, une diminution de la pression sanguine et une diminution significative du glucose et de l'insuline est observée sans différence significative pour les deux modes [45].

Ensuite, pour une même intensité de l'EC, les résultats d'une étude de Iellamo et al sur les adaptations cardiorespiratoires et métaboliques de l'EC à une intensité de 45-60% de la FC de réserve et de l'EI à 75-80% de la FC de réserve montrent une amélioration significative des capacités aérobiques sans différence significative entre les deux modes de réentraînement. D'après cette étude, le pic de VO₂ augmente significativement sans différence entre l'EC et l'EI ; et la fréquence cardiaque de repos diminue significativement pour les deux modes [46].

Lorsque l'intensité de l'EC est augmentée, Normandin et al avec leur étude portant sur les réponses à l'EC appliqué à une intensité modérée de 60% du pic de charge et à l'EI à haute intensité c'est à dire 100% du pic de charge, retrouvent comme résultats des réponses cardiopulmonaires qui ne diffèrent pas entre les deux modes ainsi qu'une perception de fatigue similaire [37].

Lorsque la même intensité que l'étude précédente est appliquée pour l'EC c'est-à-dire à 60% de la puissance maximale, Gayda et al selon une étude sur les réponses centrales hémodynamiques entraînées par l'EC à intensité modérée et par l'EI à haute intensité 100% de la puissance maximale retrouvent pour l'EI, un taux d'oxygène et une ventilation diminuées avec une bonne tolérance, sans arythmies ni réponses anormales de pression artérielle et des réponses hémodynamiques centrales avec une différence artério veineuse en oxygène similaire à l'EC. L'auteur en conclut que l'EI à haute intensité pourrait s'avérer être une modalité de réentraînement efficace chez les patients insuffisants cardiaques avec fraction d'éjection réduite [47].

Pour finir avec une étude portant sur l'EI et l'EC appliqués à une même intensité, Smart et al en comparant l'EC et l'EI à 70% du pic de VO₂, rapporte que les deux modes améliorent la qualité de vie [22]. Ce qui est un résultat également retrouvé dans l'étude de Wisloff [36].

D'après l'ensemble de ces études, l'EI et l'EC entraînent des effets similaires sur la VO₂, la qualité de vie, les effets cardiopulmonaires, la fraction d'éjection du ventricule gauche, les réponses hémodynamiques centrales, la fréquence cardiaque de repos et la différence artérioveineuse en oxygène.

5. Discussion

5.1 Analyse des études

- Constat

Nous pouvons constater que le nombre d'études rapportant des effets de l'EI supérieurs à ceux l'EC sont de 7/17 ; le nombre d'études avec des effets similaires entre les deux modes sont de 8/17 ; et 2 études démontrent des effets supérieurs de l'EC par rapport à l'EI. Il y a donc plus d'études pour lesquelles l'EI semble supérieur à l'EC (7) que d'études où l'EC est supérieur à l'EI (2). Mais, il y a à peu près autant d'études pour lesquelles l'EI est supérieur à l'EC que d'études pour lesquelles l'EI vaut l'EC.

En analysant ces études, on remarque qu'il existe différentes écoles. En effet, les études pour lesquelles l'EI est supérieur à l'EC proviennent de pays non européens, tel que l'Amérique, le Canada, l'Australie, la Norvège et de Taiwan. Alors que les études pour lesquelles l'EI vaut l'EC, proviennent plutôt de pays européens, tels que l'Allemagne, le Royaume Uni, la Grèce, l'Italie même si on retrouve également l'Australie et le Canada. De plus, en moyenne, le nombre de patients ainsi que l'impact factor des articles où l'EI est supérieur à l'EC, est plus élevé. Mais l'effectif de toutes ces études reste assez faible avec environ 20, 30 patients. Et pour toutes ces études, l'âge des patients ne varie presque pas, mais il reste trop bas, avec une moyenne de 60 ans, alors que l'âge moyen des patients insuffisants cardiaques est de 77 ans **Annexe IX**.

En ce qui concerne l'étude de Wisloff, qui retrouve des résultats entraînés par l'EI nettement supérieurs à l'EC, d'après Brisset et al, les améliorations décrites dans cette étude demandent à être confirmées par d'autres études puisque l'effectif des groupes reste faible. L'auteur explique que ces effets favorables seraient expliqués par les intensités élevées de l'entraînement, et peu proposées chez le malade cardiaque car souvent contre indiquées par l'équipe médicale. Il ajoute cependant, que ces intensités semblent tout de même bien tolérées puisque aucun événement indésirable n'a été relevé pendant l'étude [30]. Meurin et al rapporte la même conclusion à propos de cette étude. Il précise, en effet, qu'il est trop tôt pour appliquer ce type d'entraînement à la pratique quotidienne, car les faibles effectifs de l'étude ne permettent pas d'assurer la sécurité. De plus, cet entraînement, réalisé sur tapis roulant, ne correspond pas à ce qui est fait en France. Cependant, l'auteur conclut que cette étude permet une entrée de l'EI dans la réadaptation cardiaque chez l'insuffisant cardiaque [31].

De plus, il faut rajouter le document de la HFA et de l'Association Européenne en faveur de l'EC puisque d'après ce document il a des effets supérieurs en ce qui concerne les effets hémodynamiques, respiratoires et périphériques.

Donc, il semble qu'à l'heure actuelle, d'autres études concernant l'EI, notamment à plus haut effectif, sont nécessaires avant de pouvoir l'appliquer aussi sûrement que l'EC.

- Proposition sur les modalités nécessaires aux futures études

Comme expliqué précédemment, un manque d'études concernant l'EI est retrouvé. De même, d'après Brisset et al, c'est l'EC qui est utilisé dans la majorité des études utilisées dans sa synthèse, tout comme dans la pratique quotidienne des centres de rééducation. De plus, on remarque que

beaucoup plus d'indications sont données dans la littérature, à propos du niveau d'intensité à utiliser pour l'EC que pour l'EI.

Et dans l'étude de Wisloff, la conclusion est que les découvertes de cette étude peuvent avoir d'importantes implications en ce qui concerne l'entraînement physique dans les programmes de réhabilitation et dans les futures études. Ces futures études devront donc se faire sur des populations à plus grand effectif, comme l'explique Brisset et al, Meurin, et les recommandations de l'HFA et de l'Association Européenne. De même dans les études concernant les effets, l'effectif des patients est seulement entre 20 et 30.

Ces futures études devront également tenir compte de l'âge moyen de l'IC qui est de 77 ans. Parmi les études concernant les effets, seule l'étude de Wisloff était réalisée sur la tranche d'âge qui correspondait (77.5ans), l'âge moyen du reste des études étant de 60 ans. Ceci est même retrouvé dans une grande étude internationale, la HF ACTION, réalisée sur 2331 patients en 2010. L'objectif de cette étude était de répondre à la question de l'efficacité et de la sûreté de la pratique d'exercice physique en termes de décès et de nombre d'hospitalisations chez les patients insuffisants cardiaques. Le protocole consistait en 36 sessions d'entraînement réalisé sous supervision, en centre, puis à domicile. Il en ressort que l'avantage de la pratique d'exercices physiques en termes de décès et de nombre d'hospitalisations chez les patients insuffisants cardiaques stables est probable, et que l'amélioration de la perception de l'état de santé et de la qualité de vie chez ces patients est certaine.

Cependant, cette étude est réalisée sur des patients d'un âge moyen de 59 ans largement inférieur à l'âge moyen de l'IC. Et les auteurs discutent d'un autre inconvénient dans cette étude. En effet, ils expliquent que dans 40 à 60% des cas, l'insuffisance cardiaque serait diastolique, alors que dans cette étude les patients sont insuffisants cardiaques par dysfonction ventriculaire gauche. Donc, d'après eux, l'extrapolation de ces résultats à tous les insuffisants cardiaques n'est pas possible. Or peu importe, car d'après Iliou [2], la réadaptation cardiaque est indiquée pour les patients IC par dysfonction systolique ventriculaire gauche, et actuellement il n'y a pas d'argument démontrant l'intérêt de l'entraînement dans les dysfonctions diastoliques pures ou dans l'IC « à fonction systolique conservée ». Donc, le véritable inconvénient est l'âge qui ne correspond pas.

De plus, les futures études devront également prendre en compte la nécessité de les appliquer sur le long terme. En effet, les études sur les effets sur le long terme, que ce soit pour l'EC ou pour l'EI, sont peu nombreuses. Et cela permettrait de savoir quel protocole est préférable dans un objectif d'amélioration de l'espérance de vie, puisque pour le moment aucune étude ne démontre que tel protocole améliore l'espérance de vie.

De cette analyse de ces études découlent également les avantages et inconvénients de chaque mode d'entraînement.

5.2 Avantages et inconvénients

- De l'entraînement continu

Les avantages de l'EC consistent en une possibilité d'entraînement à très faible charge, une reproductibilité exacte de la charge prescrite, ainsi qu'une facilité de réalisation dans

l'environnement de l'hôpital. De plus, les valeurs de la fréquence cardiaque, de la pression sanguine et du rythme cardiaque sont données en continu par le monitor. Et c'est une modalité d'exercice bien acceptée, hautement recommandée, dont l'efficacité et la sûreté sont démontrées. Les limites de l'EC sont le coût et la disponibilité du matériel en dehors de l'hôpital, ainsi que la compliance à long terme.

- *De l'entraînement en intervalle*

Les avantages de l'EI sont une possibilité d'entraînement à très faible ou à très haute charge, la lecture en continu des valeurs de fréquence cardiaque, de pression sanguine et de rythme cardiaque, ainsi qu'un aspect ludique et varié de l'entraînement.

Mais les inconvénients sont la compliance à court et long terme, ainsi qu'un manque de données disponibles sur ce type d'entraînement. De plus, d'après la HFA et l'Association européenne, l'application quotidienne de l'EI à haute intensité ne peut être recommandée pour le moment du fait des risques cardiaques, et requiert des études additionnelles. L'inconvénient des entraînements appliqués à haute intensité serait la production accrue de lactate associée à cet entraînement et une exacerbation des symptômes que sont la dyspnée et la fatigue [48]. L'EI haute intensité peut donc avoir des conséquences néfastes dans l'observance à long terme.

Or, dans la majorité de mes études portant sur les effets de l'EI, cet entraînement est appliqué à haute intensité. Peu d'études se font sur l'EI à faible intensité. Ce qui est confirmé dans la synthèse d'études de Brisset et al qui rapporte comment l'EI est utilisé, et à quelle intensité il est appliqué lors des phases de travail. Sur les quatre études concernant l'EI, trois l'appliquent à intensité élevée c'est-à-dire 70%, 80%, et 90-95% de la FC maximale, ainsi qu'une étude à 50% de la puissance maximale [30].

Selon ces études, et selon les recommandations européennes, l'EI n'entraîne pas d'effets néfastes. Mais les véritables inconvénients sont la compliance à court et long terme, le manque de données sur l'EI, et la nécessité d'études supplémentaires.

5.3 En pratique

- *Indication similaire de l'EI et de l'EC*

D'après le document de Mme Monpère, l'EC et l'EI sont tous les deux indiqués pour le même type de patient que sont les patients améliorés ou à risque modéré. L'EI est donc indiqué pour des patients améliorés même si l'auteur précise que l'EI semble être mieux supporté par les patients déconditionnés ou à seuil ischémique bas. Cela signifie que les patients ayant la capacité, peuvent réaliser un entraînement en endurance, continu ou en intervalle. Cela correspond aux patients classés NYHA 2 et 3. En revanche, les patients à risque élevé ou faible capacité d'effort, classés NYHA 4, peuvent suivre un autre type de réadaptation c'est-à-dire un traitement médical, de l'électrostimulation, un entraînement gymnique segmentaire.

En pratique, il sera donc nécessaire de commencer par vérifier que le patient est capable de soutenir un entraînement en endurance, malgré ses symptômes, en s'assurant qu'il est classé NYHA 2 ou 3.

- Rappel sur la justification de l'EI

Ensuite, il est nécessaire de rappeler l'utilité de l'EI. La base du réentraînement à l'effort est un entraînement en endurance n'utilisant que le métabolisme aérobie, dont le but est d'augmenter le nombre de fibres de type 1, d'améliorer les capacités oxydatives des muscles périphériques et de retarder la production précoce d'acide lactique. En effet, dans l'IC, un déficit des fibres musculaires type 1 ainsi qu'une atteinte au niveau des mitochondries est retrouvé. Ainsi, un entraînement aérobie permettant d'augmenter ces fibres déficitaires et de produire de l'ATP à partir d'oxygène, de glycogène, et de lipides sans produire d'acide lactique est le plus indiqué. Et c'est ce qui correspond à l'entraînement continu [48].

Mais, en réalité, il est nécessaire de commencer par travailler la puissance aérobie permise par l'EI, puis secondairement, la capacité aérobie permise par l'EC. La puissance aérobie est ce qui permet un effort physique maximal sans perte d'oxygène et la capacité aérobie est ce qui se situe entre le seuil aérobie et le seuil anaérobie.

Le travail anaérobie de l'EI peut être nécessaire au début car le patient est trop déconditionné du fait de sa maladie et ne peut pas travailler en aérobie. Le début de l'entraînement se fait donc en EI à basse intensité.

- Distinction EI haute intensité et EI basse intensité

Il est possible de se demander si l'utilité de l'EI ne serait pas d'être appliqué à basse intensité afin d'être indiqué pour les patients déconditionnés. Mais dans toutes ces études sur les effets des modes d'entraînement, l'EI est majoritairement appliqué à haute intensité. On peut alors se poser la question, si cet entraînement est toujours indiqué pour des patients déconditionnés dans ces conditions d'application.

Ainsi, en recherchant l'intensité appliquée dans les études indiquant l'EI pour des patients déconditionnés, on retrouve d'après l'étude de Smart et al, qui indique l'EI pour des patients sévères ne pouvant compléter l'EC, que l'entraînement est appliqué à une intensité moyenne de 70% du pic de VO₂ [22]. Ensuite, dans un document de l'AHA, l'EI est indiqué pour les patients déconditionnés avec une initiation à 60% du pic de VO₂, qui est une intensité assez faible [24]. Enfin, selon le référentiel des bonnes pratiques de la réadaptation cardiaque de l'adulte, l'EI est mieux supporté chez les patients déconditionnés, et il est appliqué à une intensité de 80 à 95% de la puissance maximale aérobie. Pour conclure, l'EI est donc indiqué pour des patients déconditionnés lorsqu'il est appliqué à une intensité relativement faible, voire moyenne. Donc, en ce qui concerne les études sur les effets, l'EI est appliqué à haute intensité alors que pour les études qui donnent une indication de prescription de l'EI pour les patients déconditionnés, l'EI est appliqué à basse intensité.

De même, d'après le document de l'HFA et de l'Association Européenne à propos de type de prescription selon les patients, l'EI est utilisé à faible intensité pour les patients déconditionnés c'est-à-dire avec un pic de VO₂ inférieur ou égale à 10mL/kg/min ou avec une distance au TDM6 inférieure à 300 mètres. Ou bien, il est utilisé à haute intensité quand les patients sont améliorés, et ont un pic de VO₂ supérieur à 18mL/kg/min ou une distance de TDM6 supérieure à 450 mètres.

Lorsque l'EI est appliqué à haute intensité, il recrute les deux filières, aérobie et anaérobie, et permet alors de débiter l'entraînement aérobie. Et lorsqu'il est appliqué à basse intensité, il

correspond à un travail anaérobie, et il va permettre de réhabituer le patient à l'effort physique, et de débiter l'entraînement pour les patients les plus déconditionnés.

En pratique, pour choisir entre l'EI haute ou faible intensité, il faut savoir que l'EI appliqué à basse intensité est indiqué pour les patients déconditionnés permettant au patient de commencer l'entraînement. Et l'EI appliqué à haute intensité va permettre des effets similaires voire supérieurs à l'EC. Même si d'autres études, avec de plus larges effectifs et avec des patients dont l'âge correspond à l'âge moyen de l'insuffisant cardiaque semblent nécessaires.

D'après moi, lorsqu'un patient déconditionné réalise le réentraînement à l'effort ou le débute, l'EI appliqué à faible intensité, plus simple et plus varié, est tout indiqué. Ensuite, si c'est un patient amélioré, l'EI à plus haute intensité est très intéressant car il permet d'adapter selon la tolérance du patient, la durée des phases de travail et des phases de récupération. De plus, il est nécessaire de prendre en compte le mode de vie des patients, si ce sont des personnes actives ou sédentaires, et de prendre en compte leurs objectifs. Il est indispensable d'individualiser l'entraînement et de s'adapter au patient. Si ce n'est pas le cas, il sera d'autant plus difficile pour le patient de continuer l'entraînement seul à domicile. Ainsi, je pense que pour les personnes avec des activités physiques endurantes, l'EC est à privilégier. Il est possible également de combiner les deux modes en alternant entraînement continu et entraînement en intervalle chaque jour. Cela permet de varier le réentraînement.

Une fois que le mode d'entraînement est choisi, se pose la question du niveau d'intensité à appliquer.

- Prescription d'intensité

Plusieurs associations, américaines et européennes, dont l'AHA et la HFA s'accordent sur le fait qu'il n'existe pas de prescription universelle, pas de consensus sur le niveau d'intensité à utiliser, puisqu'il existe tellement de façons de prescrire l'intensité [17] [24]. Et selon Meurin et al, les recommandations des Sociétés Savantes sont vagues à cause de l'hétérogénéité des techniques d'entraînement. De plus, de nombreuses études suggèrent l'amélioration pronostique des patients suivants un réentraînement à l'effort, mais aucune étude ne montre que telle intensité améliore plus l'espérance de vie qu'une autre.

D'après la HAS, la réadaptation cardiaque est indiquée pour les patients insuffisants cardiaques classés NYHA 2 et 3, quelque soit la fraction d'éjection du ventricule gauche. Et les protocoles de réadaptation sont des activités physiques modérées avec des exercices d'endurance, de résistance, d'équilibre si nécessaire, d'amélioration de la capacité respiratoire et de relaxation avec des exercices tels que la marche, la course, le vélo, la natation, la gymnastique. Donc, en se référant à la HAS, on ne retrouve pas de précision sur l'intensité à utiliser, ni sur le mode d'entraînement [49].

Ce qui semble le plus bénéfique est en fait, comme il est décrit dans les recommandations du GERS, l'application de la fréquence cardiaque au seuil ventilatoire lorsqu'il est possible de réaliser l'épreuve d'effort avec l'analyse des échanges gazeux et la valeur de la VO₂. Et lorsque cela n'est pas possible, il faudra alors utiliser la formule de Karvonen qui est adaptée à la fonction du ventricule gauche.

Comme l'indique l'AHA, la HFA et l'Association Européenne, il est nécessaire de personnaliser et d'individualiser l'entraînement, selon les caractéristiques comportementales, les objectifs

personnels et les préférences. Et l'individualisation de l'entraînement est particulièrement réalisée en utilisant le seuil ventilatoire, puisqu'il apparaît à un niveau métabolique propre à chaque sujet. A cela, s'ajoute l'utilisation des sensations du patient avec l'échelle de Borg, l'échelle visuelle analogique, et l'aisance respiratoire. En ce qui concerne la progression, il est nécessaire que la prescription de base donne la fréquence cardiaque de base et une fréquence cardiaque maximale à ne pas dépasser, permettant une modulation de l'intensité de l'entraînement selon les sensations du patient et selon sa progression.

Ainsi, la réunion des différentes recommandations françaises, européennes et américaines semble être l'idéal et permet de suivre une méthode de détermination de l'intensité de l'entraînement, même s'il n'existe pas de consensus.

6. Conclusion

Ce mémoire m'a permis d'en savoir plus sur un sujet, l'insuffisance cardiaque, qui m'intéresse réellement. Et surtout, il m'a aidé à approfondir mes connaissances sur le réentraînement à l'effort, qui a un rôle très important à jouer dans la réadaptation cardiaque notamment avec l'impact fort qu'il a sur le quotidien des patients. En effet, il va permettre de changer leur vie et d'en améliorer la qualité.

Avant de commencer mes recherches, j'avais un a priori sur l'entraînement en intervalle que je considérais comme indiqué pour les patients très sévères, très déconditionnés et que je croyais très peu utilisé. Mais, en réalité, cet entraînement est en train de se développer et d'élargir les possibilités de réentraînement à l'effort chez les patients insuffisants cardiaques. Il est très intéressant chez ces patients qui présentent des capacités physiques limitées du fait de leur pathologie. Donc, au fur et à mesure de mon travail, ce mémoire m'a fait changer d'avis. Enfin, toutes ces recherches, en me permettant d'en connaître plus, ainsi que l'avantage que représente la variété des méthodes de réentraînement à l'effort m'ont donnée envie de travailler dans ce domaine.

Les difficultés rencontrées lors de la réalisation de ce mémoire sont notamment la recherche d'articles sur Internet, avec la nécessité de sélectionner les informations nécessaires à ce travail.

Pour résumer cette revue de littérature, l'entraînement continu et l'entraînement en intervalle se différencient par

- leur indication de prescription notamment avec la distinction entre l'entraînement en intervalle haute et faible intensité
- la détermination du niveau d'intensité
- le niveau d'intensité appliqué
- la progression de l'entraînement
- leurs modalités pratiques
- leurs effets

Même si l'entraînement en intervalle semble présenter plusieurs avantages, il ne fait pas encore l'unanimité, et nécessite d'autres études. Des études à plus haut effectif, avec des patients

dont l'âge correspond à celui de l'insuffisance cardiaque, et sur le long terme, semblent indispensables avant de pouvoir l'appliquer quotidiennement. Il serait, en effet, très intéressant de réaliser des études supplémentaires sur ce sujet, car l'EI à faible intensité permet de débiter le réentraînement à l'effort chez les patients les plus déconditionnés et l'EI à haute intensité permettrait des effets bénéfiques sur les capacités physiques voire peut être des effets supérieurs à l'EC.

De plus, malgré l'absence de consensus, les auteurs s'accordent sur la nécessité d'individualiser l'entraînement. En effet, individualiser l'entraînement va permettre de répondre aux objectifs de chaque patient, de correspondre à leur mode de vie, d'obtenir une meilleure tolérance ainsi qu'une meilleure observance à l'entraînement. Ceci d'autant plus, lorsque le patient entre dans la phase 3 dans laquelle l'entraînement n'est plus supervisé.

Nous pouvons donc nous interroger sur la personnalisation du réentraînement à l'effort chez les personnes âgées présentant une insuffisance cardiaque, puisque ce sont en effet, les personnes les plus touchées par cette pathologie.

Sommaire des annexes

- **Annexe I**: Classification de la New York Heart Association NYHA de l'insuffisance cardiaque
- **Annexe II**: Classification des insuffisants cardiaques (d'après Weber K.T., Kinasewitz G.T., Janickiet al., Circulation, 1982, 65, 1213-1223)
- **Annexe III**: Exemple de protocole de musculation segmentaire de Koch chez un patient stade 2 NYHA
- **Annexe IV**: Prescription d'intensité selon l'âge, les activités quotidiennes et la capacité d'exercice
- **Annexe V**: Echelle de Borg utilisée pour auto-contrôler la fatigue ressentie par le patient
- **Annexe VI**: Degré de sévérité selon la distance parcourue au test de marche de 6 minutes
- **Annexe VII**: Tableau de synthèse de la méthodologie
- **Annexe VIII**: Critères cliniques guidant l'effort
- **Annexe IX**: Tableau comparatif des études

Annexe I :

Classification de la New York Heart Association NYHA de l'insuffisance cardiaque

Référence : http://minerva-ebm.be/articles/fr/woordenlijst_fr/NYHA.htm

Classe NYHA 1 : Les efforts physiques habituels ne provoquent pas de fatigue, de dyspnée ou de palpitations inhabituelles.

Classe NYHA 2 : Il existe une petite limitation des capacités physiques : le patient n'a pas de symptômes au repos mais les efforts normaux provoquent fatigue, palpitations ou dyspnée.

Classe NYHA 3 : Il existe une limitation évidente de la capacité de l'effort : le patient se sent toujours bien au repos mais un effort minime provoque des symptômes.

Classe NYHA 4 : Le patient ne peut plus effectuer aucun effort sans éprouver de symptômes : les symptômes de l'insuffisance cardiaque sont déjà présents au repos et s'aggravent au moindre effort.

Annexe II :

Classification des insuffisants cardiaques (d'après Weber K.T., Kinasewitz G.T., Janicki et al., Circulation, 1982, 65, 1213-1223)

Référence : Chignon JC, Jan F. Réadaptation de l'insuffisant cardiaque. In : Réadaptation ambulatoire à l'effort en pathologies cardiovasculaires. Elsevier Masson, 1998 : 195-202 [4]

Classe	Gêne fonctionnelle	VO2 max (l/min/kg)	Seuil anaérobie (l/min/kg)
A	absente	>20	>14
V	modérée	16 à 20	11 à 14
C	importante	10 à 15	8 à 10
D	sévère	<10	<8

Annexe III :

Exemple de protocole de musculation segmentaire de Koch chez un patient stade 2 NYHA

Référence : Caffray M. Réentraînement et kinésithérapie du patient porteur d'une pathologie cardio-vasculaire. Kinesitherap. rev. 2010 ; 103 : 30-34 [13]

Muscle ou groupe musculaire	Séries mouvements	Charge (kg) début de programme	Charge (kg) fin de programme
Quadriceps	7*10	4	8
Fessiers (debout)	4*10	4	8
Mains et avant-bras	3*30	Résistance moyenne	Résistance forte
Abaisseurs d'épaule	5*15	2	5
Fléchisseurs dorsaux des pieds	10*15	4	8
Fléchisseurs plantaires	10*15	1	4
Fléchisseurs des coudes	5*15	4	10

Annexe IV :

Prescription d'entraînement selon l'âge, les activités quotidiennes et la capacité d'exercice

Référence : Piepoli M F, Conraads V, Corrà U et al. Exercise training in heart failure: from theory to practice. A consensus document of the Heart Failure Associations and the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. Eur J Heart Fail. 2011 ; 13 : 347-357 [17]

	Patient actif Age<65 ans	Patient sédentaire Age<65 ans	Patient actif Age>65 ans	Patient sédentaire Age>65 ans
Pic de VO2 inférieur ou égale à 10 mL/kg/min ou <300 mètres au TDM6	-Entraînement continu -Entraînement respiratoire -Entraînement en résistance -Entraînement en intervalle à faible intensité	-Entraînement continu -Entraînement respiratoire -Entraînement en résistance -Entraînement en intervalle à faible intensité	-Entraînement continu -Entraînement respiratoire -Entraînement en résistance -Entraînement en intervalle à faible intensité	-Entraînement continu -Entraînement respiratoire -Entraînement en intervalle à faible intensité
Pic de VO2 >10 à 18 mL/kg/min ou TDM6 entre 300 et 450 mètres	-Entraînement continu -Entraînement respiratoire -Entraînement en résistance -Entraînement en intervalle	-Entraînement continu -Entraînement respiratoire -Entraînement en résistance	-Entraînement continu -Entraînement respiratoire -Entraînement en résistance	-Entraînement continu -Entraînement respiratoire
Pic de VO2 >18 mL/kg/min ou TDM6 >450 mètres	-Entraînement continu -Entraînement respiratoire si nécessaire -Entraînement en résistance -Entraînement en intervalle à haute intensité	-Entraînement continu -Entraînement respiratoire si nécessaire -Entraînement en résistance -Entraînement en intervalle à haute intensité	-Entraînement continu -Entraînement respiratoire si nécessaire -Entraînement en résistance -Entraînement en intervalle à haute intensité	-Entraînement continu -Entraînement respiratoire si nécessaire -Entraînement en résistance -Entraînement en intervalle à haute intensité

Annexe V :

Echelle de Borg utilisée pour auto-contrôler la fatigue ressentie par le patient

Référence : Meurin P, Tabet JY, Ben Driss A. (page consultée le 01.03.14), [En ligne] ; <http://www.clubcardiosport.com/documentation/entrainement/Intensite-entrainement.pdf>

Cotation	Niveau de perception
6	
7	Très très facile
8	
9	Très facile
10	
11	Assez facile
12	
13	Un peu difficile
14	
15	Difficile
16	
17	Très difficile
18	
19	Très très difficile
20	

Annexe VI :

Degré de sévérité selon la distance parcourue au test de marche de 6 minutes

Référence : Pierre B. Exploration fonctionnelle en réadaptation cardiaque. In : Précis de réadaptation cardiaque. Paris : Frison Roche, 2010 : 71-81 [18]

Distance parcourue (mètres)	Sévérité
426 à 550	Légère
150 à 425	Modérée
Moins de 150	Sévère

Annexe VII

Tableau de synthèse de la méthodologie

Titre Auteur	Référence Impact Factor Année	Types de réentraînement à l'effort	Paramètres décrits
<i>Cardiac rehabilitation in chronic heart failure: effect of an 8 week, high intensity interval training versus continuous training.</i> Freyssin C, Verkindt C, Prieur F	Archives of physical medicine and rehabilitation 2.358 2012	Entraînement en intervalle EI à haute intensité Entraînement continu EC	Effets différents entre l'EI et l'EC (sur le pic de VO ₂ , la durée d'exercice, la consommation d'O ₂ au SV1, sur le temps au SV1). Modalités de protocole différentes entre les deux réentraînement.
<i>Meta-analysis of aerobic interval training on exercise capacity and systolic function in patients with heart failure and reduced ejection fractions.</i> Haykowsky M J, Timmons M P, Kruger C.	The American journal of cardiology 3.209 2013	EI haute intensité EC à intensité modérée	Effets différents entre l'EI et l'EC (sur le pic de VO ₂).
<i>Interval training confers greater gains than continuous training in people with heart failure.</i> Maiorana A	Journal of physiotherapy 2.255 2012	EI haute intensité EC à intensité modérée	Effets différents entre l'EI et l'EC (sur la VO ₂ , sur les fonctions systoliques, diastoliques et fonction endothéliale, et sur la capacité aérobie). Modalités de protocole différentes.
<i>Effects of high-intensity interval training versus moderate continuous training on 24-h blood pressure and insulin resistance in patients with heart failure.</i> Iellamo F, Caminiti G, Sposato B	Internal and emergency medicine 2.057 2013	EI EC à intensité modérée	Effets sans différence significative entre les deux types de réentraînement (sur le pic de VO ₂ et le seuil anaérobie).
<i>Matched dose interval and continuous exercise training induce similar cardiorespiratory and metabolic adaptations in patients with heart failure.</i> Iellamo F, Manzi V, Caminiti G.	International journal of cardiology 5.509 2013	EI EC intensité modérée	Modalités de protocole différentes. Effets des deux modes de réentraînement (sur les capacités aérobiques).

<i>The effects of exercise training on the kinetics of oxygen uptake in patient with chronic heart failure.</i> Roditis P, Dimopoulos S, Sakellariou D	European Journal of Preventive Cardiology 3.903 2007	EI haute intensité EC intensité modérée	Modalités de protocole différentes. Effets similaires (sur l'amélioration du pic d'O2 et du pic de puissance).
<i>A comparison of 16 weeks of continuous vs intermittent exercise training in chronic heart failure patients.</i> Smart NA, Steele M	Congestive Heart Failure 2012	EI EC intensité modérée	Modalités de protocole différentes. Effets différents (sur la VO2) ; effets similaires (sur la qualité de vie). Indication de prescription de l'EI pour patients insuffisants cardiaques sévères
<i>Superior cardiovascular effects of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study.</i> Wisloff U, Stoylen A, Loennechen JP	Circulation 15.202 2007	EI haute intensité EC intensité modérée	Modalités de protocole différentes. Effets des deux réentraînements (sur la VO2, sur qualité de vie, sur la perception de la fatigue (Borg))
<i>Acute responses to intermittent and continuous exercise in heart failure patients.</i> Normandin E, Nigam A, Meyer P	The Canadian journal of cardiology 3.122 2013	EI haute intensité EC intensité modérée	Modalités de protocole différentes. Effets (sur les réponses cardiopulmonaires, perception de fatigue). Meilleure adhérence et bonne tolérance de l'EI.
<i>Central hemodynamic responses during acute high intensity interval exercise and moderate continuous exercise in patients with heart failure.</i> Gayda M, Normandin E, Meyer P	Applied physiology ,nutrition, and metabolism 2.009 2012	EI haute intensité EC intensité modérée	Modalités différentes. Effets (sur la ventilation et la VO2, effets sur les réponses hémodynamiques centrales et DAVO2). Bonne tolérance de l'EI. Recommandation de l'EI car non dangereux et efficace.
<i>Low-volume high-intensity interval training vs continuous aerobic cycling in patients with chronic heart failure: A pragmatic randomised clinical trial of feasibility and effectiveness.</i> Koufaki P, Mercer TH, George KP, Nolan J.	Journal of Rehabilitation Medicine 2.134 2014	EI haute intensité EC	Effets similaires entre les deux modes (sur le taux d'oxygène, la capacité fonctionnelle).
<i>Comparison of left ventricular function during control interval vs steady state exercise training in patients with chronic</i>	The American journal of cardiology 3.209	EI EC	Effets (sur la fraction d'éjection du ventricule gauche, sur la fréquence cardiaque et le débit cardiaque). Recommandation de l'EI pour appliquer

<i>congestive heart failure</i> . Meyer K, Foster C, Georgakopoulos N	1998		un stimuli périphérique plus élevé sans augmenter le stress cardiaque.
<i>Effects of exercise rehabilitation on program heart rate recovery in patients with chronic heart failure</i> . Dimopoulos S, Anastasiou-Nana M, Sakellariou D	European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation 2.364 2006	EI EC	Protocoles différents. Effets similaires (sur l'amélioration du pic de VO2).
<i>Aerobic interval training improves oxygen uptake efficiency by enhancing cerebral and muscular hemodynamics in patients with heart failure</i> . Fu TC, Wang CH, Lin PS	International journal of cardiology 5.509 2013	EI EC	Protocoles différents. Effets de l'EI seulement (sur le taux d'O2, la ventilation, le débit cardiaque et la qualité de vie).
<i>High intensity interval exercise improves quality of life of patient with chronic heart failure: a randomized controlled trial</i> . Chrysoshoou C, Tsitsinakis G, Vogiatzis I	Monthly journal of the Association of Physicians 2.36 2014	EI comparé à un groupe contrôle	Effets de l'EI (sur la qualité de vie ; le TDM6 ; le niveau d'O2 max et de CO2 max ; la charge maximale de l'ergomètre).
<i>Effects of group based high intensity aerobic interval training in patients with chronic heart failure</i> . Nilsson BB, Westheim A, Risberg MA	The American journal of cardiology 3.209 2008	EI comparé à un groupe contrôle	Compliance moyenne de l'entraînement. Effets (sur la distance du TDM6, sur la charge de l'ergomètre, la durée de l'exercice, et sur la qualité de vie).
<i>Effects of high intensity training on indices of ventilatory efficiency in chronic heart failure</i> . Myers J, Gademan M, Brunner K	Journal of cardiopulmonary of rehabilitation and prevention 1.585 2012	EC haute intensité comparé à un groupe contrôle	Effets de l'EC haute intensité (sur le pic de VO2, le temps d'exercice, le pic de charge).
<i>Low intensity exercise training in patient with chronic heart failure</i> . Belardinelli R, Georgiou D, Scocco V	Journal of the American College of Cardiology 14.086 1995	EC faible intensité comparé à un groupe contrôle	Effets de l'EC (sur le pic de VO2; sur le seuil d'acide lactique; sur le pic de charge et sur le débit cardiaque et le volume d'éjection systolique).
<i>Long term aerobic exercise maintains peak VO2 improves quality of life and reduces</i>	Journal of physiotherapy 2.255 2013	EC sur le long terme (10 ans) comparé à un groupe contrôle	Effets à long terme sur le pic de VO2, la qualité de vie, le risque de réadmission hospitalière et de mort comparé au groupe contrôle.

<i>hospitalisations and mortality in patient with heart failure.</i> Fernhall B			
<i>10-year exercise training in chronic heart failure: a randomized controlled trial.</i> Belardinelli R, Georgiou D, Cianci G	Journal of the American College of Cardiology 14.086 2012	EC sur le long terme (10 ans) comparé à un groupe contrôle	Effets à long terme sur le pic de VO2, la ventilation, la qualité de vie, le taux de réadmission hospitalière et le taux de mortalité
<i>Randomized, controlled trial of long term moderate exercise training in chronic heart failure.</i> Belardinelli R, Georgiou D, Cianci	Circulation 15.202 1999	EC sur long terme (1an) comparé à un groupe contrôle	Effets à long terme sur le pic de VO2, la qualité de vie, la mortalité et les réadmissions hospitalières.
<i>Long term effects of a group based high intensity aerobic interval training program in patients with chronic heart failure.</i> Nilsson BB, Westheim A, Risberg MA	The American journal of cardiology 3.209 2008	EI sur long terme (1an) comparé à groupe contrôle	Effets à 12 mois sur le TDM6, le temps d'exercice et la charge de l'ergomètre ainsi que sur la qualité de vie.
<i>Le réentraînement chez l'insuffisant cardiaque. Un point sur les différentes études et modalités pratiques de la rééducation.</i> U. Brisset, C.Monpère	Sciences et sports 2011	EI EC	Différentes valeurs de niveau d'intensité dans l'EC ainsi que dans l'EI. La valeur en fonction de laquelle l'intensité est exprimée dans l'EI.

Titre Auteur	Référence	Type d'entraînement	Paramètres décrits
<i>Modalités de l'entraînement physique dans l'insuffisance cardiaque : actualisation.</i> Iliou MC, Cristofini P	Revue générales	EC EI	Description de l'EC. Description de l'EI.
<i>Réadaptation des insuffisants cardiaques.</i> Iliou MC	Livre : Précis de réadaptation cardiaque	EC EI	La nécessité de personnalisation du programme d'entraînement en l'absence de consensus. Différents protocoles utilisés dans l'EC, indication de prescription de l'EI pour les patients très déconditionnés.
<i>Le ré-entraînement à l'effort.</i> Verson T	http://t.verson.free.fr/REEDUCATION-CARDIO-VASCULAIRE/reentrainement.htm	EC EI	Détermination de l'intensité de l'exercice. Différence des effets aérobiques entre l'EC et l'EI. Degré d'essoufflement nécessaire.
<i>Insuffisance cardiaque chronique. Les étapes clés d'une réadaptation cardiovasculaire réussie.</i> Monpère C.	Groupe consensus	EC EI	Indication de prescription pour l'EC et l'EI.

<i>Exercise training modes in rehabilitation of patients with chronic heart failure.</i> Pathanasiou JV, Ilieva EM, Nikolov FP.	Folia Medica 2012	EI	Indication de l'EI: patients avec une faible capacité d'entraînement. L'évolution de l'EI.
---	----------------------	----	--

Titre Auteur	Référence	Type d'entraînement	Paramètres décrits
<i>Effets d'un réentraînement à l'effort au seuil ventilatoire chez l'insuffisant cardiaque.</i> Vibarel N, Ledermann B, Messner P et al.	Science & Sports 2001	EC	Nécessité d'individualisation de l'entraînement. Effets de l'EC au seuil ventilatoire.
<i>Réadaptation des patients insuffisants cardiaques : Pourquoi les recommandations internationales sont elles aussi insistantes ?</i> Meurin PH, Dumaine R, Weber H et al.	Propos cardiologie 2012	EC	La prescription d'intensité selon les modalités d'entraînement de 40 centres de réadaptation. Prescription d'entraînement proposée : une FCE de base, une FC max à ne pas dépasser, et une adaptation de l'intensité en suivant les sensations du patient.
<i>La réadaptation fonctionnelle des insuffisants cardiaques.</i> Réseau des insuffisants cardiaques 38	http://www.resic38.org/public/public_manuscrite.aspx?PAGE_CODE=PUBLIC_REFERE_NTIELS 2012	EC	Le niveau d'effort recommandé en fonction du pic de VO2, et les critères guidant le niveau d'effort.
<i>Education thérapeutique : Perception de l'effort chez l'insuffisant cardiaque.</i> Breut P	Kiné scientifique 2008	EC	Indicateurs de l'adaptation à l'effort.
<i>Exercise training in heart failure: from theory to practice. A consensus document of the Heart Failure Association and the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation.</i> Piepoli MF, Conraads V, Corra U et al.	European Journal of Heart Failure 5.247 2011	EI EC	Paramètres à différencier entre les deux modes. Effets hémodynamiques, respiratoires périphériques, et effets sur la capacité d'exercice. Avantages et limites des deux modes.

<i>Recommandations de la Société française de cardiologie concernant la pratique de la réadaptation cardiovasculaire chez l'adulte.</i> Monpère C, Sellier P, Meurin P et al.	Archives des maladies du cœur et des vaisseaux 2002	EC	Prescription d'intensité recommandée dans la phase 2 de réadaptation pour l'EC.
<i>Exercise and Heart Failure : A Statement From The American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention.</i> Pina IL, Apstein CS, Gary J et al.	Circulation 15.202 2003	EI EC	Valeurs d'intensité les plus utilisées pour l'EC. Indications de l'EI pour les patients déconditionnés. Progression de l'EC. Utilisation de l'échelle de Borg.
<i>Recommendations for exercise training in chronic heart failure patients.</i> Meyer K, Perk J, Drexler H et al.	European Heart Journal 14.097 2001	EC EI	Différences de stimuli entre l'EI et l'EC Indication de l'EI pour les patients de faible capacité aérobie. Détermination du niveau d'intensité de l'EI. Niveau d'intensité recommandé et progression de l'EC.
<i>Recommandations du Groupe Exercice Réadaptation Sport (GERS) de la Société Française de Cardiologie concernant la pratique de la réadaptation cardiovasculaire chez l'adulte.</i> Pavy B, Iliou MC, Vergès B et al.	http://www.sfcardio.fr/groupe/groupe/exercice-readaptation-sport/ 2011	EC	Les recommandations du niveau d'intensité.
<i>Référentiel des bonnes pratiques de la réadaptation cardiaque de l'adulte en 2011.</i> Pavy B, Iliou MC, Verges B, Brion R, Monpère C, Carré F et al	http://www.sfcardio.fr/groupe/groupe/exercice-readaptation-sport 2011	EC EI	Description de l'EC. Description et indication de prescription de l'EI.

Annexe VIII

Critères cliniques guidant l'effort

Référence : Breut P. Education thérapeutique : Perception de l'effort chez l'insuffisant cardiaque. *Kinesither Sci.* 2008 ; 487 :41-46 [28]

- **Echelle de la dyspnée**

Degrés	Sensations
1	Respiration plus ample et plus profonde qu'au repos
2	Parole hachée par de brèves inspirations (respiration bucco nasale)
3	Expression seulement par lambeaux de phases (respiration buccale indispensable)
4	Parole impossible (essoufflement extrême)

- **Echelle de la fatigue musculaire**

Douleur (au moment présent)	0	1	2	3	4
	aucune	faible	Modérée	forte	intense

- **Echelle de la fatigue (asthénie)**

Degrés	Effort ressenti
6	Aucun
7	Extrêmement facile
8	
9	Très facile
10	
11	Facile
12	
13	Assez dur
14	
15	Dur
16	
17	Très dur
18	
19	Extrêmement dur
20	Effort maximal

Annexe IX

Tableau comparatif des études

Pour les études EI>EC

Pays	Amérique	Canada	Australie	Australie	Taiwan	Norvège	Canada	moyenne
Impact factor	2.358	3.209	2.255		5.509	15.202	3.122	5.3
Année	2012	2013	2012	2012	2013	2007	2013	
Nombre de patients	26		26	23	45	37	20	29.5
Age des patients	54+-12	61		66+-7 et 59+-11		75.5+-11.1	61+-9.9	62.8

Pour les études EI=EC

Pays	Allemagne	Royaume Uni	Grèce	Italie	Italie	Canada	Canada	Australie	moyenne
Impact factor	3.209	2.134	3.903	2.057	5.509	3.122	2.009	2.255	3
Année	1998	2014	2007	2013	2013	2013	2012	2012	
Nombre de patients	20	17	21	36	20	20	13	23	21.3
Age des patients		59.1	60+-8			61+-9.9	59+-6	66+-7 et 59+-11	60.3

Bibliographie

1. Fédération Française de Cardiologie. (page consultée le 09/08/13). L'insuffisance cardiaque. [En ligne] <http://www.fedecardio.org/votre-coeur/maladies/linsuffisance-cardiaque>
2. Iliou MC. Réadaptation des insuffisants cardiaques. In : Précis de réadaptation cardiaque. Paris : Frison Roche, 2010 : 218-223
3. Cohen Solal A. Guide pratique de l'insuffisance cardiaque. Paris : Masson, 2006 : 9-25
4. Chignon JC, Jan F. Réadaptation de l'insuffisant cardiaque. In : Réadaptation ambulatoire à l'effort en pathologies cardiovasculaires. Elsevier Masson, 1998 : 195-202
5. Institut de Veille Sanitaire. (page consultée le 05/08/13). Maladies cardio-vasculaires. [En ligne] ; <http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Maladies-chroniques-et-traumatismes/Maladies-cardio-vasculaires/L-insuffisance-cardiaque>; 27 mai 2013
6. Lahouari Bachir. (page consultée le 15/09/13). Les bases physiologiques de l'exercice musculaire : adaptation fonctionnelle à l'effort. http://www.staps.uhp-nancy.fr/foadnatation/physiomusculaire/10_vo2.htm
7. Wolf J-E, Michon D. Anatomie et physiologie du cœur. In : Dossier de kinésithérapie volume 6 : cardiologie et réadaptation cardiaque. Paris, Milan, Barcelone, Bonne : Masson, 1991. P.13-14
8. Monpère C, Sellier P, Meurin P et al. Recommandations de la Société française de cardiologie concernant la pratique de la réadaptation cardiovasculaire chez l'adulte. Archives des maladies du cœur et des vaisseaux 2002 ; tome 95, n°10 : 964-965
9. Pavy B, Iliou MC, Verges B, Brion R, Monpère C, Carré F et al. (consulté le 15/10/13) Référentiel des bonnes pratiques de la réadaptation cardiaque de l'adulte en 2011. [En ligne] ; <http://www.sfc cardio.fr/groupe/groupe/exercice-readaptation-sport/> ; date de mise à jour
10. Casillas JM, Gremeaux V, Damak S, Feki A, Pérennou D. Entraînement à l'effort au cours de pathologies cardio-vasculaires. Annales de réadaptation et de médecine physique 2007 ; 50 : 386-402
11. Verson T. (page consultée le 03/09/13) Le ré-entraînement à l'effort. [En ligne] <http://t.verson.free.fr/REEDUCATION-CARDIO-VASCULAIRE/reentrainement.htm>
12. Caffray M. Réentraînement et kinésithérapie du patient porteur d'une pathologie cardio-vasculaire. Kinesitherap. rev. 2010 ; 103 : 30-34
13. Serrano J, Mouillard C. L'importance du renforcement musculaire en rééducation cardiaque. Kinesither Sci. 2010 ; 515 : 15-20
14. Maiorana A, O'Driscoll G, Cheetham C et al. J Appl Physiol (page consultée le 28/10/13). Combined aerobic and resistance exercise training improves functional capacity and strength in chronic heart failure. [En ligne]; <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10797113> ; mai 2000
15. Banerjee P, Ennis J. Electrical muscle stimulation for heart failure: where do we stand?. J Clin Exp Cardiol. 2013 ; 4 : 2
16. Dall'Ago P, Chiappa G, Guths H et al. Inspiratory muscle training in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness. J Am Coll Cardiol. 2006 ; 47 : 757-763
17. Piepoli M F, Conraads V, Corrà U et al. Exercise training in heart failure: from theory to practice. A consensus document of the Heart Failure Associations and the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. Eur J Heart Fail. 2011 ; 13 : 347-357

18. Pierre B. Exploration fonctionnelle en réadaptation cardiaque. In : Précis de réadaptation cardiaque. Paris : Frison Roche, 2010 : 71-81
19. Monpère C. Insuffisance cardiaque chronique : Les étapes clés d'une réadaptation cardiovasculaire. Groupe consensus, NEGMA laboratoires.
20. Meyer K, Perk J, Drexler H et al. Recommendations for exercise training in heart failure patient. Eur Heart J. 2001; 22:125-35
21. Meyer K, Foster C, Georgakopoulos N et al. Comparison of left ventricular function during control interval vs steady state exercise training in patients with chronic congestive heart failure. 1998; 82:1382-7
22. Pathanasiou JV, Ilieva EM, Nikolov FP. Exercise training modes in rehabilitation of patients with chronic heart failure. Folia Med. 2012; 54:22-8
23. Smart NA, Steele M. A comparison of 16 weeks of continuous vs intermittent exercise training in chronic heart failure patients. Congest Heart Fail. 2012; 18:205-11
24. Chrysohoou C, Tsitsinakis G, Vogiatzis I et al. High intensity, interval exercise improves quality of life of patients with chronic heart failure: a randomized controlled trial. QJM. 2014; 107:25-32
25. Pina IL, Apstein CS, Gary J et al. Exercise and Heart Failure. A statement From the American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention. Circulation. 2003; 107: 1210-1225
26. Vibarel N, Ledermann B, Messner P et al. Effets d'un entraînement à l'effort au seuil ventilatoire chez l'insuffisant cardiaque. Sci sports. 2001 ; 16 : 36-38
27. Réseau des insuffisants cardiaques 38. (page consultée le 05/10/13). La réadaptation fonctionnelle des insuffisants cardiaques.
http://www.resic38.org/public/public_manuscrite.aspx?PAGE_CODE=PUBLIC_REFERENTIELS
28. Breut P. Education thérapeutique : Perception de l'effort chez l'insuffisant cardiaque. Kinesither Sci. 2008 ; 487 :41-46
29. Pavy B, Iliou MC, Vergès B et al. (page consultée le 25/08/13). Recommandations du Groupe Exercice Réadaptation Sport (GERS) de la Société Française de Cardiologie concernant la pratique de la réadaptation cardiovasculaire chez l'adulte, [En ligne] ;
<http://www.sfc cardio.fr/groupe/groupe/exercice-readaptation-sport/>
30. Brisset U, Monpère C. Le réentraînement chez l'insuffisant cardiaque. Un point sur les différentes études et modalités pratiques de la rééducation. Sci sports. 2011 ; 27 :319-332
31. Meurin PH, Dumaine R, Weber H et al. Réadaptation des patients insuffisants cardiaques : Pourquoi les recommandations internationales sont elles aussi insistantes ?. Propos Cardiologie. 2012 ; 43-48
32. Freyssin C, Verkindt C, Prieur F, Benaich P, Maunier S, Blanc PL. Cardiac rehabilitation in chronic heart failure: effect of an 8-week, high intensity interval training versus continuous training. Arch Phys Med Rehabil. 2012; 93:1359-64
33. Haykowsky M J, Timmons M P, Kruger C, McNeely M, Taylor DA, Clark AM. Meta-analysis of aerobic interval training on exercise capacity and systolic function in patients with heart failure and reduced ejection fractions. Am J Cardiol. 2013; 111: 1466-9
34. Maiorana A. Interval training confers greater gains than continuous training in people with heart failure. J Physiother. 2012; 58:199

35. Fu TC, Wang CH, Lin PS et al. Aerobic interval training improves oxygen uptake efficiency by enhancing cerebral and muscular hemodynamics in patients with heart failure. *Int J Cardiol.* 2013; 167: 41-50
36. Wisloff U, Stoylen A, Loennechen JP et al. Superior cardiovascular effects of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation.* 2007; 115:3086-94
37. Normandin E, Nigam A, Meyer P et al. Acute responses to intermittent and continuous exercise in heart failure patients. *Can J Cardiol.* 2013; 29: 466-71
38. Dimopoulos S, Anastasiou-Nana M, Sakellariou D et al. Effects of exercise rehabilitation program on heart rate recovery in patients with chronic heart failure. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2006; 13:67-73
39. Belardinelli R, Georgiou D, Cianci G. Randomized, controlled trial of long-term moderate exercise training in chronic heart failure: effects on functional capacity, quality of life, and clinical outcome. *Circulation.* 1999; 99:1173-82
40. Fernhall B. Long-term aerobic exercise maintains peak VO₂, improves quality of life, and reduces hospitalisations and mortality in patient with heart failure. *J Physiother.* 2013; 59:56
41. Belardinelli R, Georgiou D, Cianci G, Purcaro A. 10-year exercise training in chronic heart failure: a randomized controlled trial. *J Am Coll Cardiol.* 2012; 60:1521-8
42. Nilsson BB, Westheim A, Risberg MA. Long-term effects of a group-based high-intensity aerobic interval-training program in patients with chronic heart failure. *Am J Cardiol.* 2008; 102:1220-4
43. Koufaki P, Mercer TH, George KP, Nolan J. Low-volume high-intensity interval training vs continuous aerobic cycling in patients with chronic heart failure: A pragmatic randomised clinical trial of feasibility and effectiveness. *J Rehabil Med.* 2014; 46:00-00
44. Roditis P, Dimopoulos S, Sakellariou D et al. The effects of exercise training on the kinetics of oxygen uptake in patient with chronic heart failure. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2007; 14:304-11
45. Iellamo F, Caminiti G, Sposato B et al. Effects of high-intensity interval training versus moderate continuous training on 24-h blood pressure profile and insulin resistance in patients with chronic heart failure. *Intern Emerg Med.* 2013
46. Iellamo F, Manzi V, Caminiti G et al. Matched dose interval and continuous exercise training induce similar cardiorespiratory and metabolic adaptations in patients with heart failure. *Int J Cardiol.* 2013; 167:2561-5
47. Gayda M, Normandin E, Meyer P, Juneau M, Haykowsky M, Nigam A. Central hemodynamic responses during acute high-intensity interval exercise and moderate continuous exercise in patients with heart failure. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2012; 37:1171-8
48. Iliou MC, Cristofini P. Revues générales. (page consultée le 22/09/13). Modalités de l'entraînement physique dans l'insuffisance cardiaque : actualisation, [En ligne]. <http://www.realites-cardiologiques.com/wp-content/uploads/2010/11/0412.pdf>
49. Haute Autorité de Santé. (page consultée le 15/03/14). Guide du parcours de soin insuffisance cardiaque, [En ligne] ; http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2012-04/guide_parcours_de_soins_ic_web.pdf ; février 2012

Référence de l'image de couverture : <http://www.futura-sciences.com/magazines/sante/infos/dossiers/d/medecine-coeur-organe-vie-1474/page/5/>

Résumé

L'insuffisance cardiaque est une pathologie de plus en plus fréquente, du fait du vieillissement de la population et des améliorations thérapeutiques. Actuellement, près d'un million d'insuffisants cardiaques sont recensés en France. Différents types de réentraînement à l'effort peuvent être proposés dans le traitement de l'insuffisance cardiaque, même s'il n'existe aucune prescription universelle concernant les modalités pratiques de la réadaptation cardiaque. Dans le cadre du réentraînement, deux modes en endurance peuvent être indiqués, ce sont l'entraînement continu et l'entraînement en intervalle. Ce mémoire recherche à mettre en lumière les différences entre ces deux types de réentraînement.

Mots clés :

- Insuffisance cardiaque
- Réentraînement à l'effort
- Entraînement continu
- Entraînement en intervalle