



**HAL**  
open science

# Impact de la réadaptation cardiaque sur la fonction diastolique et les capacités fonctionnelles

Thanh-Danh Ly

► **To cite this version:**

Thanh-Danh Ly. Impact de la réadaptation cardiaque sur la fonction diastolique et les capacités fonctionnelles. Médecine humaine et pathologie. 2019. dumas-02981038

**HAL Id: dumas-02981038**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02981038v1>**

Submitted on 27 Oct 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## UNIVERSITÉ NICE SOPHIA ANTIPOLIS

Faculté de médecine

---

Impact de la réadaptation cardiaque sur la fonction  
diastolique et les capacités fonctionnelles

---

### THÈSE DE DOCTORAT EN MÉDECINE

En vue de l'obtention du Diplôme d'État

par Thanh Danh LY

Né le 03/06/1993 à Villeurbanne

Présentée et soutenue publiquement le 13 Septembre 2019 à Nice

#### Composition du Jury de Thèse :

Président du jury : Monsieur le Professeur Pierre GIBELIN

Assesseurs : Monsieur le Professeur Nadir SAOUDI  
Monsieur le Professeur Bernard PIERRE

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Antoine FAURE

# REMERCIEMENTS

## **Aux membres de mon jury de thèse,**

A Monsieur le Professeur Pierre GIBELIN,

Je vous remercie de me faire l'honneur de présider mon jury de thèse et pour l'investissement fourni tout au long de votre carrière auprès des internes et des futurs médecins. Merci de m'offrir la possibilité de concrétiser l'ensemble de ce travail qui marque la fin ainsi qu'un nouveau départ dans ma vie professionnelle. Veuillez recevoir l'expression de mes plus sincères remerciements.

A Monsieur le Professeur Nadir SAOUDI,

Vous avez cru en mes capacités dès notre première rencontre. Merci de m'avoir offert l'opportunité de travailler au sein de votre équipe. Comme vous aimez me le répéter souvent, nous nous croisons en effet aux extrémités de nos carrières. Je vous adresse encore une fois toute ma reconnaissance et mes remerciements pour vos conseils, aussi bien dans le domaine de la rythmologie que dans la vie quotidienne d'un médecin.

A Monsieur le Professeur Bernard PIERRE,

Vous m'avez porté soutien et transmis votre passion lors de mon tout dernier stage d'externat à Lyon. Je ne peux que me remémorer vos séances interactives visant à améliorer mes connaissances entre deux consultations à Marcy l'Etoile. Vous avez été présent lors du dénouement de mon externat. Je vous adresse à nouveau toute ma gratitude d'avoir accepté de répondre présent à l'aboutissement de mon internat et pour avoir participé à la correction de ce travail.

A Monsieur le Docteur Antoine FAURE,

Je t'exprime mes remerciements pour m'avoir soutenu, aidé et guidé à travers cette aventure qu'est la réalisation d'une étude. L'aboutissement de tout ce travail n'aurait pas été possible sans toi et ta motivation. Tu as toujours eu le mot juste pour me corriger et pour m'encourager dans la poursuite de mon travail tout en maintenant la rigueur nécessaire à la qualité d'une étude scientifique. Merci pour ta passion et tes enseignements.

## **A ma famille,**

Tout d'abord, mes remerciements vont droit à mes parents. Merci à vous de m'avoir toujours soutenu dans mes premiers pas, dans mes échecs, dans mes réussites, dans ma vie. A ma chère maman qui ne s'attendait pas à que je suive ses pas dans la médecine et qui a su me conseiller dans les situations difficiles que j'ai pu rencontrer. A mon cher papa qui m'a toujours porté vers le haut, même en ne connaissant pas les études de médecine. C'est grâce à vos valeurs que je continue à persévérer dans la vie de tous les jours pour devenir un homme meilleur.

A mon petit frère Liem. Merci d'être ce frère attentionné sur qui je peux toujours compter. Je suis heureux de savoir que tu as trouvé une voie qui te passionne. Deviens le meilleur des vétérinaires !

A Ba Ngoai, ma grand-mère chérie en Floride, qui vient de souffler ses 100 bougies cet été. A Ba Noi, ma grand-mère restée au Vietnam, qui garde le sourire dans n'importe quelle situation.

A mes grands-pères, tous deux partis trop tôt. A Ong Noi que j'ai eu la chance de connaître. A Ong Ngoai que je n'ai pu rencontrer. J'espère très fort que vous êtes fiers de moi.

A mes oncles et tantes de la famille HO DINH. A Thanh pour son énergie face à la maladie. A Gene, Peter, Theresa, Tan, Thuy, Thomas et Marie Paule. Merci d'avoir pris soin de moi et d'être présents malgré la distance qui nous sépare.

A mon oncle Quang, à mes tantes Hoang et Le.

A Matthew, mon cousin américain, my buddy, qui a aussi trouvé sa voie dans la médecine. A mes autres petits cousines et cousins de l'autre côté de l'Atlantique, Amanda, Christina, Michael, Kevin, Jacquie et Alex.

**A mes amis,**

Et surtout à mes amis des bancs de la faculté de médecine à Lyon ! Vous êtes une équipe formidable et vous avez toujours été là dans les moments les plus durs mais aussi les plus fous. Même éparpillés dans toute la France, vous restez proches et j'attends avec impatience nos prochaines retrouvailles.

A mes amies caluirardes et à toutes ces innombrables parties de tarot, vous êtes irremplaçables. Jamais l'histoire du Tarot n'aura connu de parties aussi folles qu'avec vous

A Lucie, ma quasi-sœur qui m'apporte un brin de folie mais qui m'a aussi fait découvrir une petite douceur du Nord que j'aime plus que tout. A Mélissa, pour son amour incommensurable pour le farniente à la plage et pour son audace, aussi bien au tarot que dans la vie de tous les jours. A Valentine, avec qui je pourrai passer des heures à écouter TFSH.

A Anne, merci de me soutenir dans la vie de tous les jours et de m'apporter réconfort depuis que je te connais. Je suis content de pouvoir écrire ici que j'apprécie chaque moment passé avec toi. Merci d'avoir lu, relu et corrigé cette thèse.

A Luc, mon ami de toujours. Merci à toi d'être toujours présent et volontaire pour passer de bons moments et me remonter le moral depuis les Chartreux !

A Etienne, « le relou de la bande ». Merci de m'avoir poussé à fond dans la PACES.

A Valentin alias Rambo, qui a toujours les pieds sur terre. Merci d'être un ami fidèle et sincère.

A Theresa, merci pour ta générosité et ta patience. Comment fais-tu pour être aussi fascinée par les choses simples de la vie ? Le monde gagne à te connaître.

A Tommy, mon Gaston préféré ! Je ne peux pas m'empêcher de sourire quand je pense à toi. Garde ta bonne humeur si communicative !

A Valérie. Merci d'être cette pile électrique inépuisable qui m'a aidé à avancer lors de mon externat.

A Cassandra pour nos retrouvailles Star Wars.

A Manu, Yohann et Timothée. Je le pose ici par écrit, vous êtes ma deuxième famille sur Nice. Merci de m'apporter joie et simplicité à chaque fois que je vous vois.

A Anne Marie, merci à toi de m'avoir poussé de venir faire mon internat sur Nice.

A Cassie qui a illuminé mes journées aux urgences, en cardiologie et en soirée.

A Hélène, merci pour ton soutien et tous ces bons moments qu'on a pu avoir en Belgique.

A Marie et Laura, merci pour tous ces moments de fous rires à Lyon, Annecy et en Corse. Nul doute que d'autres villes nous attendent encore !

A la team de l'internat d'Antibes, Marion, Colette, Mathilde, Florent. Mon premier semestre n'aurait pas eu les mêmes saveurs sans vous.

## **A tous ceux que j'ai croisé dans ma vie et durant mes études,**

A Suzanne. Je tiens particulièrement à te remercier pour ton aide dans la traduction de cette thèse et pour l'optimisation de ces travaux en vue d'une publication. Je garde en tête ces précieux souvenirs d'enfance où nous tirions les rois ensemble.

A mon parrain Dien Trung et à sa femme Thanh Lan, pour m'avoir accompagné et encouragé dans ma vie et mes études. A ma marraine Nga et à son mari Phuoc, pour votre générosité.

Au père Pillot, qui m'a suivi durant toute ma scolarité aux Chartreux.

A tous mes enseignants, tant dans le milieu universitaire que dans le milieu hospitalier, pour m'avoir appris et transmis de nombreuses connaissances que je mets en pratique aujourd'hui.

Au Cha, aux pères jésuites et à toutes les personnes croisées au sein de cette maison. Merci pour votre soutien et l'entraide dont j'ai pu bénéficier tout au long de mon externat.

Au Dr MACGREGOR, au Pr CHEVALLIER et au Dr POSTON pour votre enseignement de l'anglais médical. Je vous suis reconnaissant d'avoir organisé mon voyage universitaire pour ma première présentation en cardiologie au William Harvey Research Institute de Londres. Thank you for everything you have done for me.

A l'équipe de cardiologie d'Antibes, tout particulièrement au Dr TOMI et Dr BITTON qui m'ont aidé dans mes premiers pas en tant qu'interne et qui m'ont fait découvrir une magnifique spécialité à la fois vaste, technique et transversale. A Hafida pour son sourire et sa gaieté.

Au Dr VERDIER et au Dr ABAD qui m'ont fait découvrir la médecine rurale et qui m'ont appris à me débrouiller dans toutes les situations dans lesquelles un généraliste peut être confronté au cabinet.

A la Corse, aux corses, au bon vin et à la charcuterie. Merci à la Corse et à ses habitants pour leur accueil dans un cadre de vie exceptionnel durant toute la moitié de mon internat. Pace è salute !

A tous mes colocataires de Furiani. A Théo et Georges pour m'avoir appris à apprécier mes cheveux !

A Hajar, Valentin, Morgane, Amélia, Marion et Titouan.

A l'équipe de la pédiatrie et de gynécologie de Bastia, merci pour votre enseignement et pour vos conseils dans la prise en charge des femmes-mères-enfants.

A l'équipe des urgences de Bastia et tout particulièrement à l'équipe de nuit que j'ai appris à côtoyer pendant trois semestres consécutifs. Vous m'avez accueilli à bras ouverts. Votre dévouement et vos sourires m'ont permis d'avancer avec plus d'aisance que je ne l'aurais cru dans le monde des urgences. A Paul, Thanh et Pauline en réanimation à Bastia. Vous m'avez toujours reçu avec générosité. A Sarah et à Adeline. Merci de m'avoir orienté dans ma recherche de directeur de thèse.

A l'équipe de cardiologie de Bastia. A Ziad, Lila, Paul, Philippe, Abdel, Nicolas et Marie. Merci de m'avoir enseigné avec rigueur mais aussi dans la bonne humeur la prise en charge de patients cardiologiques tant aux urgences, qu'en hospitalisation. A mes co internes Magali, Siminela et Ramy pour votre solidarité. Merci à l'équipe infirmière pour leur indéfectible soutien tout au long de ce semestre.

A l'équipe de cardiologie de Monaco. Vous m'avez permis de réaliser ce travail de thèse dans les meilleures conditions possibles. A Sithi et à ta passion dans la carrière universitaire. Merci pour avoir relu, corrigé cette thèse et pour tes enseignements durant mes premiers mois au CHPG. A Karim pour ta bonne humeur, ta franchise et ton aide. J'espère pouvoir suivre le chemin que tu empruntes aujourd'hui dans la formation cardiologique en sus de la médecine générale. A Joelle pour notre participation commune aux journées européennes de la SFC. A Margaux, Silvia, Naima, Elena, Lucia, Khelil, Jean Paul, Gabriel, Bogdan et à toute l'équipe paramédicale, merci pour vos encouragements.

---

A la médecine générale, qui m'a appris à faire la connexion entre univers hospitalier et univers rural. A la cardiologie, qui m'a apporté rigueur et assurance dans mon travail comme dans ma vie personnelle.

A l'aikido, qui m'a fait découvrir l'équilibre intérieur et de nombreux amis.

A la musique, qui m'a apporté tranquillité et qui m'a permis de m'évader de mes journées de travail.

A la mer et aux plages, qui m'ont procuré bien-être et détente lors de mes repos de garde.

Au café et son pouvoir stimulant lors de longs après-midis de travail et de nuits de garde. Aux précieuses pauses entre collègues.

---

A tous ceux que j'ai croisé de près ou de loin durant ma formation, à tous les patients que j'ai examinés et que je serai amené à rencontrer durant ma carrière. Je vous souhaite le meilleur pour l'avenir !

# Table des matières

<b>ABRÉVIATIONS</b> .....	7
<b>INTRODUCTION</b> .....	8
1. La réadaptation cardiaque.....	8
2. La fonction diastolique.....	9
3. Les relations entre capacités fonctionnelles et maladies cardiovasculaires.....	10
<b>MATÉRIEL ET MÉTHODE</b> .....	12
1. Type d'étude et population.....	12
a. Critères d'inclusion	
b. Critères d'exclusion	
2. Recueil des données.....	13
3. Données recueillies lors du bilan.....	13
a. Score INTERHEART et caractéristiques cliniques	
b. Données ergométriques	
c. Données échographiques	
4. Objectif principal .....	14
5. Analyses statistiques.....	14
a. Etude descriptive	
b. Etude analytique	
6. Validité externe.....	15
<b>RÉSULTATS</b> .....	17
1. Composition des patients dans l'échantillon étudié.....	17
2. Comparaison des données relevées lors des bilans pré et post RC.....	18
3. Corrélations.....	19
<b>DISCUSSION</b> .....	22
1. Paramètres cliniques.....	22
2. Fonction systolique ventriculaire gauche.....	22
3. Fonction diastolique ventriculaire gauche.....	22
4. Relations entre les capacités fonctionnelles et la fonction diastolique.....	24
5. Limites de l'étude.....	24
<b>CONCLUSION</b> .....	25
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	26
<b>ANNEXES</b> .....	29
<b>ÉTUDE EN COURS DE SOUMISSION</b> .....	35
<b>SERMENT D'HIPPOCRATE</b> .....	44
<b>RÉSUMÉ</b> .....	45



# ABRÉVIATIONS

---

**CH** : Centre Hospitalier

**ETT** : Echographie TransThoracique

**FEVG** : Fraction d'Ejection du Ventricule Gauche

**GERS-P** : Groupe Exercice Réadaptation Sport et Prévention

**IREDIA (étude)** : Impact de la réadaptation cardiaque sur la fonction diastolique et les capacités fonctionnelles

**ITvmax** : Vitesse de l'Insuffisance Tricuspidienne (en m/s)

**MCV** : Maladies cardiovasculaires

**RC** : Réadaptation Cardiaque

**SCA** : Syndrome Coronarien Aigu

**SFC** : Société Française de Cardiologie

**SSR** : Centres de Soins de Suites et de Réadaptation spécialisés en pathologie cardiovasculaire

**TAPSE** : Dérivé de l'anglais « Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion », soit le déplacement longitudinal de la partie latérale de l'anneau tricuspide (en mm)

**TCI** : Temps de Contraction Isovolumique (en ms)

**TDE** : Temps de Décélération de l'onde E mitral (en ms)

**TRIV** : Temps de Relaxation Iso-Volumique (en ms)

**VG** : Ventricule Gauche

**VOGi** : Volume de l'Oreille Gauche indexé (en mL/m<sup>2</sup> de surface corporelle)

# INTRODUCTION

---

## 1.1 La réadaptation cardiaque

Malgré une augmentation de l'espérance de vie en lien avec l'innovation thérapeutique, nous assistons à une véritable « épidémie » de maladies chroniques qui touchent une population de plus en plus jeune (moins de 65 ans) et entraînent une réduction significative de la qualité de vie pour les patients atteints. Les maladies cardiovasculaires (MCV) sont le chef de file de ces maladies chroniques. Avec 15,7 millions de décès en 2016, elles représentent la première cause de mortalité dans le monde<sup>(1)</sup>. Dans ce contexte, leur prévention et leur absence de récurrence sont des sujets prioritaires de santé publique. Or, ces maladies chroniques peuvent être en partie prévenues et favorablement influencées par un jeu complexe d'interventions dont la réadaptation cardiaque (RC) est un atout majeur grâce à sa prise en charge globale.

C'est en 1964 qu'a été initiée la réadaptation cardiaque (RC) définie par l'Organisation Mondiale de la Santé comme étant « *l'ensemble des mesures ayant pour objet de rendre au patient ses capacités antérieures et d'améliorer sa condition physique et mentale, lui permettant par ses propres moyens de reprendre une place aussi normale que possible dans la Société* ». En effet, un infarctus du myocarde se traitait antérieurement par un alitement prolongé pouvant aller jusqu'à 2 mois sous anticoagulants, suivi d'une contre-indication aux activités physiques. Aujourd'hui, la réadaptation cardiaque s'effectue, de manière précoce après un infarctus (1 à 2 semaines) dans plus de 180 centres de soins de suites et de réadaptation spécialisés en pathologie cardiovasculaire (SSR) recensés par le Groupe Exercice Réadaptation Sport et Prévention (GERS-P) de la Société Française de Cardiologie (SFC).

La RC est une spécialité cardiologique pouvant s'effectuer en hospitalisation conventionnelle ou en hospitalisation de jour. Son organisation en France est précisée par deux décrets et une circulaire<sup>(2)</sup>: les SSR en pathologie cardiovasculaire sont officiellement reconnus comme des SSR spécialisés, répondant à des spécificités propres et soumis à autorisation par les Agences régionales de santé (ARS).

Selon une approche globale, le programme de RC comprend le réentraînement physique, l'optimisation thérapeutique et l'éducation thérapeutique en prenant en compte également les facteurs psychologiques et socio-professionnels. De nombreuses études ont prouvé l'efficacité de la réadaptation cardiaque notamment en termes de diminution de la mortalité et de la morbidité<sup>(3)</sup>, de la réduction du nombre des ré-hospitalisations pour décompensation d'une insuffisance cardiaque<sup>(4)</sup> et d'amélioration de la qualité de vie<sup>(5)</sup> grâce à des études faisant appel à des questionnaires validés<sup>(6)</sup>.

C'est pourquoi la RC a une place essentielle dans la prise en charge des MCV avec une indication de grade IA dans les recommandations des sociétés savantes américaines, européennes et de la SFC (2011), après syndrome coronaire aigu, après décompensation d'une insuffisance cardiaque par dysfonction systolique VG ou encore chez les patients à très haut risque cardiovasculaire global en prévention primaire<sup>(7)</sup>.

En somme, nombre de patients pour lesquels un diagnostic de MCV est posé peuvent être éligibles à un programme de RC. Ne pas proposer cette possibilité thérapeutique constitue une véritable perte de chance en termes de mortalité et de qualité de vie<sup>(8)</sup>. Or, seulement un tiers des patients éligibles bénéficient d'un tel programme après Syndrome Coronaire Aigue (SCA), première des indications validées de classe IA<sup>(9)</sup>. Les freins du faible taux de participation des patients sont bien identifiés<sup>(10)</sup> tels que l'absence d'offre de soins à proximité du domicile, l'absence de prescription, le refus du patient (insuffisamment informé des bénéfices escomptés, craignant une perte d'emploi et/ou de revenus), son âge avancé, ses comorbidités, manque de souplesse organisationnelle des services existants...

## **1.2 La fonction diastolique**

En cardiologie, l'échocardiographie transthoracique (ETT) est une méthode d'imagerie rapide, non invasive et peu coûteuse permettant une évaluation précise et reproductible de la fonction myocardique. Elle se divise en deux composantes: la fonction systolique qui est la fonction contractile du ventricule gauche (VG) et diastolique qui est la capacité du VG à accepter un volume de remplissage adéquat dans les limites physiologiques, sans augmentation pathologique de pression, tant au repos qu'à l'exercice.

La fonction diastolique est appréhendée par plusieurs mesures échographiques<sup>(11)</sup> énumérées dans les dernières recommandations de l'American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. Cette fonction est principalement évaluée par l'aspect du remplissage ventriculaire au travers de l'anneau mitral en mode Doppler pulsé. Le remplissage ventriculaire fait intervenir deux composantes principales, l'onde E et l'onde A.

La diastole se déroule en quatre temps :

- *La relaxation isovolumique* : est définie par le Temps de Relaxation Isovolumique (TRIV), située entre la fermeture de la valve aortique et la valve mitrale.
- *Le remplissage passif protodiastolique* (correspondant à l'onde E) : il est rapide, soumis à la relaxation du VG et concerne 80% du remplissage du VG. De même, l'évaluation par doppler tissulaire au niveau de l'anneau mitral permet d'analyser l'onde e' correspondant au

mouvement de l'anneau mitral en réponse au remplissage protodiastolique. L'utilisation du rapport  $E/e'$  permet de s'affranchir des paramètres liés à la relaxation et à la fréquence cardiaque pour n'analyser que les pressions de remplissage du VG.

- *Le diastasis* : il englobe le remplissage lent faisant suite au remplissage protodiastolique lorsque les pressions de l'oreillette gauche et du VG s'égalisent.
- *Le remplissage actif protosystolique* (correspondant à l'onde A) : il est réalisé par la contraction auriculaire et est dépendant de la compliance ventriculaire. Sa durée est définie par le temps de contraction isovolumique (TCI). Au doppler tissulaire, l'onde A' correspond au mouvement de l'anneau mitral lors de cette phase. Ce mouvement est relativement indépendant de la précharge.

D'autres mesures moins utilisées dans la pratique courante font également intervenir la fonction diastolique telles que l'indice de performance myocardique de Tei qui est lui-même dépendant du TRIV et du TCI.

### **1.3 Les relations entre capacités fonctionnelles et maladies cardiovasculaires**

Un des objectifs principaux de la RC est l'amélioration des capacités fonctionnelles qui sont définies par la quantité d'énergie utilisée lors de l'exécution de diverses tâches physiques. Ce choix est lié au fait que la capacité physique est reconnue aujourd'hui comme le marqueur pronostique indépendant de longévité le plus puissant<sup>(12)</sup>. Ainsi, tout gain de capacités physiques de 1 MET (3.5 mL/min/kg VO<sub>2</sub>) correspond à une diminution de mortalité de 13%<sup>(13)</sup>. En pratique, un programme de RC efficace permet d'augmenter d'au moins 20% les capacités physiques d'effort entre l'évaluation ergométrique finale et initiale.

En outre, les habitudes de vie et les capacités fonctionnelles interviennent directement sur la survenue des MCV. L'étude cas témoin INTERHEART réalisée par Yusuf et al<sup>(14)</sup> dans 52 pays différents a recherché l'impact des facteurs de risque modifiables sur l'infarctus du myocarde. A partir de cette étude, un score de risque modifiable non basé sur les examens de laboratoire a pu être validé. Il permet de définir le haut risque cardio-vasculaire avec une valeur seuil supérieure à 16<sup>(15)</sup>.

Lorsqu'est étudié l'effet de la RC sur les paramètres hémodynamiques et échocardiographiques, il n'est pas retrouvé de changement véritablement significatif du débit cardiaque ou de la fonction systolique VG<sup>(16)</sup> malgré une réduction significative de la fréquence cardiaque de repos par la RC. En revanche, les résultats sont significatifs en termes de capacités fonctionnelles et fonction diastolique. Grewal et al<sup>(17)</sup> ont démontré une différence significative des mesures de la fonction diastolique en fonction des capacités fonctionnelles pour une même Fraction

d'Ejection du Ventricule Gauche (FEVG) donnée, indépendamment de l'âge et du sexe. De même, Perry et al<sup>(18)</sup> retrouvent une meilleure distance de marche au test de marche de 6 minutes chez les patients avec une dysfonction diastolique de grade  $\leq 1$  par rapport à des patients ayant une dysfonction diastolique de grade  $\geq 2$  au sein d'une population de plus de 65 ans, sans antécédents de poussées d'insuffisance cardiaque, après ajustement des risques cardiovasculaires. D'autres études<sup>(19)</sup> retrouvent une augmentation du remplissage diastolique chez les personnes saines, jeunes et âgées, habituées à pratiquer une activité physique au quotidien alors qu'il n'y a pas eu d'amélioration de la fonction systolique.

Ainsi, nous avons tenté d'évaluer l'effet de la RC sur la fonction diastolique VG évaluée à l'ETT en réalisant un appariement avec la variation des capacités physique d'effort et des caractéristiques morphologiques entre début et fin de programme. Cette évaluation intra individuelle n'apparaissant pas jusque-là dans la littérature.

# MATERIELS ET METHODES

---

## **2.1 Type d'étude et population**

Nous réalisons une étude transversale prospective au sein du service de réadaptation cardiaque et du service de cardiologie du CH de Bastia à partir du 30 décembre 2018 pour une durée de 8 mois.

### **2.1.a Critères d'inclusion**

- Indication de réadaptation cardiaque
- Évolution hospitalière non compliquée lors de la découverte de la pathologie indiquant la demande de réadaptation
- FEVG supérieure ou égale à 50%
- Pas de signe d'ischémie clinique ou électrocardiographique au repos ou à l'effort
- Pas d'arythmie sévère au repos ou à l'effort
- Montée appropriée de la pression artérielle à l'effort
- Consentement éclairé, écrit et signé après une information loyale et appropriée sur les modalités de l'étude délivrée via une lettre d'information destinée aux patients (Cf annexe 1)

### **2.1.b Critères d'exclusion**

- Personnes visées aux articles L. 1121-5 à L. 1121-8 et L. 1122-12 du code de la santé publique, définies par :
  - Femme enceinte, parturiente ou allaitante
  - Personne privée de liberté par décision judiciaire ou administrative
  - Personne mineure
  - Personne majeure faisant l'objet d'une mesure de protection légale (tutelle, curatelle ou sauvegarde de justice)
  - Personne majeure hors d'état d'exprimer leur consentement et ne faisant pas l'objet d'une mesure de protection

- Personnes atteintes de pathologies aiguës décompensées telles que :
  - Insuffisance cardiaque
  - Hypertension artérielle pulmonaire
  - Maladies infectieuses ou inflammatoire en cours d'évolution
  - Arythmies sévères complexes au repos au à l'effort
  - Fraction d'éjection altérée inférieure à 45 %
  - Épanchement péricardique de moyenne à grande abondance

## **2.2 Recueil des données**

Les données sont recueillies de manière prospective. Dès lors qu'une indication de RC est posée chez un patient répondant aux critères d'inclusion, une consultation avec un médecin investigateur (TDL ou AF) est proposée de pair avec la remise d'une lettre d'information suivie d'un formulaire de consentement (Cf Annexe 1). En cas d'accord du patient concernant sa participation à l'étude, le médecin investigateur s'assure du recueil du consentement éclairé du patient et procède au bilan pré RC comprenant un examen clinique permettant de recueillir les données anthropométriques et de calculer le score de risque INTERHEART, la recherche de critères d'exclusion, une ETT pour le recueil des données échographiques et une épreuve d'effort sur cycloergomètre pour la charge maximale en Watt.

A la fin de sa RC, le patient bénéficie d'un nouvel examen clinique, d'une ETT et d'une épreuve d'effort sur cyclo-ergomètre.

## **2.3 Données recueillies lors des bilan pré et post RC**

### **2.3.a Score INTERHEART et caractéristiques cliniques**

Nous remettons à chaque patient un formulaire sur ses habitudes de vie, ses facteurs de risques cardiovasculaires ainsi que ses caractéristiques cliniques tels que son poids, et son périmètre abdominal (Cf Annexe 2 et 3). L'âge et le sexe sont également relevés. Les réponses données sur ce questionnaire nous permettent alors de calculer le score INTERHEART du patient étudié.

### **2.3.b Données ergométriques**

Nous relevons la charge maximale à l'effort en Watts de chaque patient inclus avant et après la RC au décours d'un test d'effort sur cycloergomètre.

### **2.3.b Données échographiques**

Nous avons élaboré une fiche de recueil de données (Cf Annexe 3) sur laquelle nous relevons la FEVG estimée par méthode de Simson. Nous relevons les mesures échographiques qui sont associées à la fonction diastolique :

- Mesure de l'**onde E et A** en m/s, en Doppler pulsé sur le flux transmitral en coupe bidimensionnelle 4-cavités
- Mesure de l'**onde e' septal et e' latéral** en cm/s, en Doppler tissulaire pulsé sur un échantillon de 2mm placé sur le segment septal puis latéral de l'anneau mitral dans une coupe bidimensionnelle 4-cavités
- Mesure de la **vélocité de l'insuffisance tricuspide (ITvmax)** en cm/s, en Doppler continu centré sur une fuite tricuspидienne visualisée grâce au Doppler couleur.
- Mesure du **Volume de l'oreille gauche indexé (VOGi)** en mL/m<sup>2</sup>, en mode bidimensionnelle sur coupe 4-cavités et 2-cavités, après avoir entré le poids et la taille du patient étudié dans l'appareil d'échographie
- Mesure du **déplacement longitudinal de la partie latérale de l'anneau tricuspидien (TAPSE)** en ms, en mode TM sur l'anneau tricuspидien latéral sur une coupe bidimensionnelle 4-cavités
- Mesure du **TRIV** en ms, en Doppler tissulaire pulsé sur un échantillon de 2mm placé sur le segment latéral de l'anneau mitral dans une coupe bidimensionnelle 4-cavités. Le TRIV est mesuré depuis la fin de l'onde S jusqu'au début du profil de mitral annulaire (Cf Figure 1).
- Mesure du **TCl** en ms, en Doppler tissulaire pulsé sur un échantillon de 2mm placé sur le segment latéral de l'anneau mitral dans une coupe bidimensionnelle 4-cavités. Le TCl est mesuré depuis la fin du profil mitral annulaire jusqu'au début de l'onde S (Cf Figure 1).

Grâce aux mesures échographiques relevées, nous avons procédé au calcul des données suivantes :

- Calcul du **rapport E/A**
- Après conversion, calcul du **rapport E/e' en septal et en latéral**
- Calcul de l'**indice de Tei** de performance myocardique du VG, avec les données obtenues en Doppler tissulaire pulsé sur un échantillon de 2mm placé sur le segment latéral de l'anneau mitral dans une coupe bidimensionnelle 4-cavités. L'indice de Tei est obtenu à partir de la formule suivante :  $Indice\ de\ Tei = (TRIV + TCl) / TE$

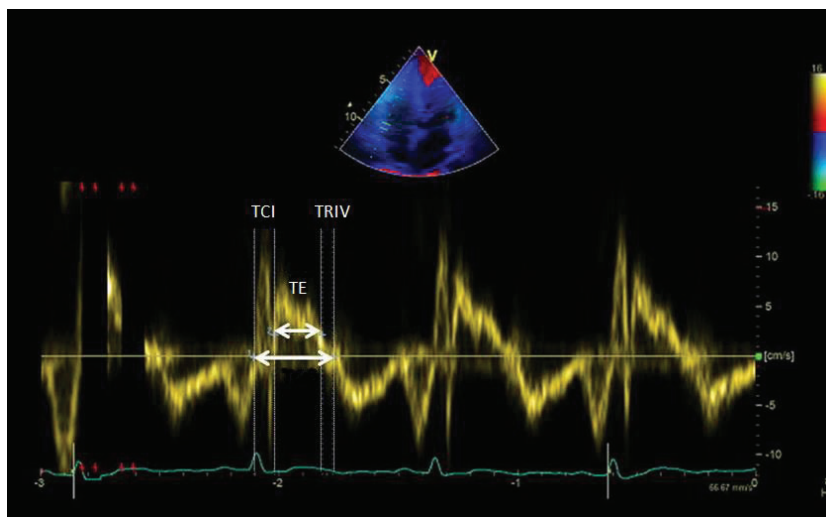
Le Temps d'Ejection (TE) étant défini par la durée du profil doppler du flux d'éjection du VG en ms (Cf Figure 1).



Tous les examens échographiques sont réalisés sur des appareils d'échocardiographie Vivid S6 de marque GE Healthcare dotée d'une sonde cardiaque adulte de 2 à 5 MHz. Les opérateurs sont deux médecins comprenant un cardiologue senior (AF) et un médecin interne (TDL) doté de 3 ans d'expérience en échocardiographie, en cours de formation au diplôme inter-universitaire d'échocardiographie de Lyon.

Les données échographiques sont mesurées en concordance en off-line sur les boucles enregistrées pour chaque patient et sont obtenues à partir de la moyenne des mesures relevées sur 5 cycles cardiaques consécutifs selon les recommandations de l'European Association of Cardiovascular Imaging.

**Figure 1.** Mesure des paramètres de l'index de Tei en Doppler tissulaire



## 2.4 Objectif principal

L'objectif principal de notre étude est d'analyser l'évolution des mesures échographiques relatifs à la fonction diastolique, des données cliniques et ergométriques avant et après vingt séances de réadaptation cardiaque au SSR de Bastia.

## 2.5 Analyse des données

La saisie, l'analyse des données et des graphiques ont été réalisées sous Python 3.6.5 avec les packages NumPy, SciPy, Matplotlib et StatsModels. Dans tous les tests statistiques, le seuil de significativité statistique a été fixé à 0,05.

### **2.5.a Etude descriptive**

Les moyennes sont présentées avec leurs écarts-types.

Les variables quantitatives sont présentées avec leurs fréquences simples

### **2.5.b Etude analytique**

Le test des rangs signés de Wilcoxon a été réalisé pour comparer les mesures des variables quantitatives entre les deux groupes ( $H_0$  : la différence entre les 2 moyennes est nulle). Les corrélations entre 2 variables quantitatives ont été étudiées par le coefficient de corrélation de Pearson, et en cas de non-validité par le coefficient de corrélation des rangs de Spearman. Les régressions linéaires univariées ont été calculées par la méthode des moindres carrés.

## **2.6. Validité externe**

L'étude IREDIA a été approuvée par le Comité de Protection des Personnes Ouest I de Tours (Dossier 2018-A03168-47), par l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament (ANSM – ID RCB : 2018-A03168-47) ainsi que par la Commission Nationale Informatique et Libertés (CNIL) conformément à l'article 53 du chapitre IX de la loi Informatique et libertés (paragraphe 2).

Tous les participants à l'étude ont donné leur consentement informé par écrit, selon les modalités légales en vigueur. Cette étude n'a reçu aucun financement extérieur de la part d'agences publiques, commerciales ou d'associations.

# RÉSULTATS

## 3.1 Composition des patients dans l'échantillon étudié

Au cours de la période d'inclusion, 93 patients ont été analysés après avoir donné leur consentement pour l'inclusion. 23 patients n'ont pas été inclus de l'étude en raison d'un refus d'entamer la RC. 6 patients ont été exclus de l'étude en raison d'un abandon au cours de la RC. 10 patients ont été exclus de l'étude pour données insuffisantes.

Au total, nous retenons donc 54 patients inclus dans notre population d'étude. Le sex ratio hommes/femmes calculé est de 2,86 et la moyenne d'âge est de 62 ans. Les données démographiques ainsi que les indications à la RC sont résumées dans le Tableau 1 et Figure 2.

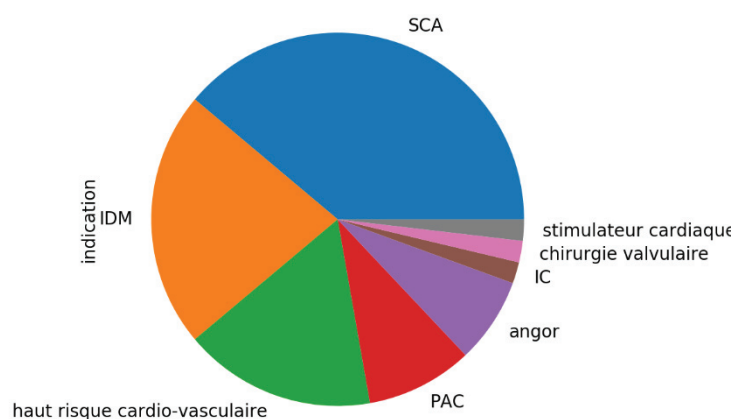
**Tableau 1.** Caractéristiques de la population d'étude

Caractéristiques des patients	
Age (en années)	62 ± 10
Sexe masculin	40
Sexe féminin	14
Poids pré RC (en kg)	79 ± 19
IMC pré RC (en kg/m <sup>2</sup> )	27,5 ± 6.6

Indications à la RC	n/N patients inclus (%)
SCA (NSTEMI)	21/54 (39%)
Infarctus du myocarde (STEMI)	12/54 (22%)
Haut risque cardiovasculaire	9/54 (17%)
Insuffisance cardiaque	1/54 (2%)
Angor	4/54 (7%)
Post implantation de stimulateur cardiaque	1/54 (2%)
Post chirurgie valvulaire	1/54 (2%)
Post chirurgie de pontage aorto coronarien	5/54 (9%)

**Figure 2.** Indications à la RC de la population d'étude



### 3.2 Comparaison des données relevées lors des bilans pré et post RC

La comparaison des données de la population d'étude avant et après RC est détaillée dans le Tableau 2 et sur la Figure 3. Tous les paramètres cliniques étudiés comprenant le périmètre abdominal (-1.3cm avec  $p < 0.0001$ ), le poids (-1 kg avec  $p = 0.0039$ ) ainsi que la charge maximale à l'effort (+30.4 Watts, soit une amélioration de 27.6% avec  $p < 0.0001$ ) ont présenté une différence significative suivant le test de Wilcoxon apparié.

Nous observons une diminution significative du score INTERHEART après RC (-2,7 points, soit une diminution de 17% avec  $p = 0.00095$ )

Concernant les mesures en Doppler tissulaire, nous retrouvons une différence significative sur le rapport E/e' septal ( $p=0.04$ ).

**Tableau 2.** Analyse des données avant et après réadaptation cardiaque

	Bilan pré RC	Bilan Post RC	Test Z de Wilcoxon apparié	P-value
Poids (en kg)	79,7 ± 18,6	78,7 ± 17,9	263	0.0039*
Périmètre abdominal (en cm)	98 ± 16,5	96,7 ± 15,6	101	< 0.0001*
Score INTERHEART	15,6 ± 6,3	12,9 ± 5,3	297	0.00095*
Charge maximale à l'effort (en Watt)	110 ± 39,0	140,4 ± 45,6	3.5	< 0.0001*
Onde E mitral (en m/s)	0,66 ± 0,21	0,65 ± 0,16	353.5	0.21
Onde A mitral (en m/s)	0,71 ± 0,19	0,72 ± 0,16	317,5	0.3
Temps de décélération de l'onde E mitral (en ms)	205,0 ± 55,4	200,0 ± 62,1	571	0.2
Mesures en doppler tissulaire sur l'anneau mitral latéral				
Onde E' latéral (en cm/s)	8,6 ± 3,0	8,44 ± 3,2	685	0.469
Rapport E/e' latéral	8,26 ± 4,0	8,9 ± 5,6	549	0.14
Onde A' latéral (en cm/s)	9,2 ± 2,0	9,8 ± 2,3	503.5	0.0395
Onde S' latéral (en cm/s)	7,7 ± 2,0	8,2 ± 2,2	449.5	0.045
Mesures en doppler tissulaire sur l'anneau mitral septal				
Onde E' septal (en cm/s)	6,4 ± 2,2	6,6 ± 2,3	504.5	0.06
Rapport E/e' septal	11,0 ± 4,1	10,5 ± 3,0	505	0.04*
Onde A' septal (en cm/s)	8,6 ± 2,0	8,6 ± 1,8	608	0.606
Onde S' septal (en cm/s)	6,6 ± 1,4	6,6 ± 1,5	610	0.35
Temps de relaxation isovolumique TRIV (en ms)	92,1 ± 20,5	73,5 ± 21,9	88.5	< 0.0001*
TAPSE (en cm)	20,8 ± 4,2	21,6 ± 4,3	419	0.00335*
ITvmax (en cm/s)	1,66 ± 0,53	1,67 ± 0,44	610	0.35
FEVG (en %)	64,8 ± 8,65	66,3 ± 7,7	284.5	0.06
VOGi (en mL/m <sup>2</sup> )	24,0 ± 6,5	23,2 ± 6,2	390.5	0.1
Mesure a de l'indice de Tei	481,0 ± 62,7	471,6 ± 52,5	525.5	0.279
Mesure b de l'indice de Tei	280,8 ± 33,2	287,2 ± 28,0	601	0.22
Temps de contraction isovolumique (en ms)	113,8 ± 43,3	116,2 ± 39,2	592.5	0.276
Indice de Tei	0,75 ± 0,23	0,67 ± 0,20	437	0.00853*

Après calcul, les mesures de la FEVG, du profil transmitral en Doppler pulsé, du VOGi et du TCI ne présentent pas de différence significative après RC.

Nous avons mis en évidence une différence significative entre les mesures pré et post RC de l'indice de Tei ( $p=0.00853$ ), du TAPSE ( $p=0.00335$ ) et du TRIV ( $p<0.0001$ ).

**Figure 2.** Répartition des données en nuages de points avant et après réadaptation cardiaque



### 3.3 Corrélations

Par conséquent, nous avons analysé les données revenues significatives avec un test de corrélation de Pearson. Les valeurs ainsi obtenues sont consignées dans le Tableau 3.

Nous mettons donc en évidence des corrélations significatives entre la variation de l'indice de Tei et celle du TAPSE ( $p=0.0005$ ), la variation du poids et celle du TAPSE ( $p=0.0577$ ), la variation de la charge maximale et celle du TAPSE ( $p=0.0387$ ) ainsi qu'entre l'âge du patient et la variation du rapport E/e' septal ( $p=0.0109$ ).

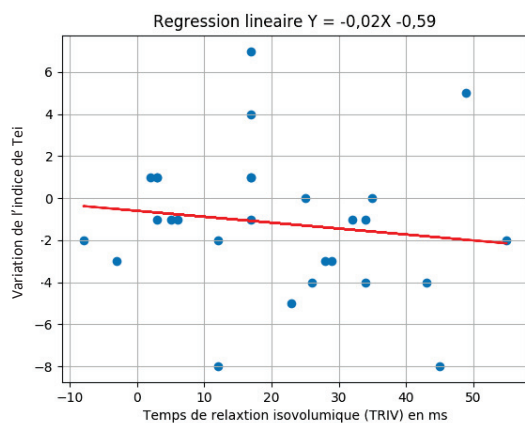
**Tableau 3.** Tableau des corrélations entre les variations des données relevées

	Durée	Age	Δ Poids	Δ Périmètre abdominal	Δ Charge max à l'effort	Δ Score INTERHEART	Δ E/e' latéral	Δ E/e' septal	Δ TRIV	Δ Indice de Tei
Age	0.2195 ( $p=0.2618$ )									
Δ Poids	-0.1266 ( $p=0.5210$ )	0.1462 ( $p=0.4580$ )								
Δ Périmètre abdominal	0.0245 ( $p=0.9015$ )	0.1832 ( $p=0.3508$ )	0.1735 ( $p=0.3773$ )							
Δ Charge max à l'effort	-0.1359 ( $p=0.4905$ )	-0.2821 ( $p=0.1458$ )	0.1212 ( $p=0.5390$ )	0.0949 ( $p=0.6311$ )						
Δ Score INTERHEART	-0.1522 ( $p=0.4393$ )	-0.1250 ( $p=0.5261$ )	-0.3047 ( $p=0.1149$ )	-0.0392 ( $p=0.8431$ )	-0.0012 ( $p=0.9952$ )					
Δ E/e' latéral	-0.2915 ( $p=0.1323$ )	-0.0455 ( $p=0.8182$ )	0.2529 ( $p=0.1942$ )	0.0492 ( $p=0.8036$ )	0.0669 ( $p=0.7352$ )	-0.0320 ( $p=0.8715$ )				
Δ E/e' septal	-0.0276 ( $p=0.8891$ )	<b>0.4734</b> ( <b><math>p=0.0109^*</math></b> )	-0.0756 ( $p=0.7021$ )	0.0907 ( $p=0.6464$ )	-0.2775 ( $p=0.1528$ )	0.0932 ( $p=0.6373$ )	-0.0281 ( $p=0.8872$ )			
Δ TRIV	0.3130 ( $p=0.1048$ )	0.0012 ( $p=0.9951$ )	0.0671 ( $p=0.7343$ )	-0.1875 ( $p=0.3394$ )	0.1843 ( $p=0.3479$ )	-0.1197 ( $p=0.5439$ )	0.0466 ( $p=0.124$ )	-0.0151 ( $p=0.9392$ )		
Δ Indice de Tei	0.0062 ( $p=0.9749$ )	-0.0573 ( $p=0.7723$ )	0.3522 ( $p=0.0661$ )	0.1093 ( $p=0.5798$ )	0.3442 ( $p=0.0729$ )	0.0518 ( $p=0.7935$ )	-0.2978 ( $p=0.1238$ )	0.0020 ( $p=0.9919$ )	<b>0.5357</b> ( <b><math>p=0.0033^*</math></b> )	
Δ TAPSE	0.1652 ( $p=0.4008$ )	0.1172 ( $p=0.5526$ )	<b>-0.3629</b> ( <b><math>p=0.0577^*</math></b> )	-0.1955 ( $p=0.3187$ )	<b>-0.3927</b> ( <b><math>p=0.0387^*</math></b> )	-0.0874 ( $p=0.6583$ )	-0.0020 ( $p=0.9918$ )	-0.1876 ( $p=0.3392$ )	-0.1381 ( $p=0.4835$ )	<b>-0.6122</b> ( <b><math>p=0.0005^*</math></b> )

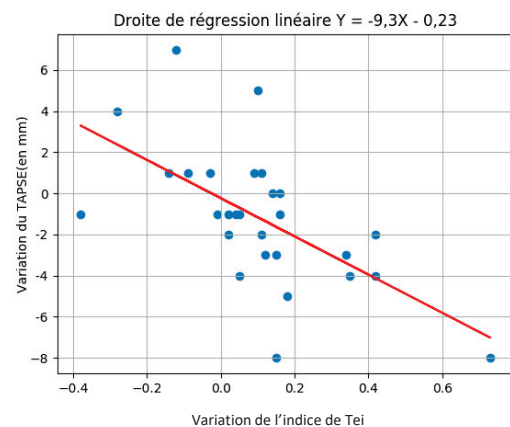
Variables calculées par test de Pearson. Δ étant défini par la variation du paramètre étudié. Les valeurs obtenues sont le R-value, soit le coefficient de corrélation de Pearson, suivi du p-value de significativité

Les corrélations significatives ont été représentées en nuages de points avec modélisation de droites de régression linéaire sur les Figures 4, 5, 6 et 7.

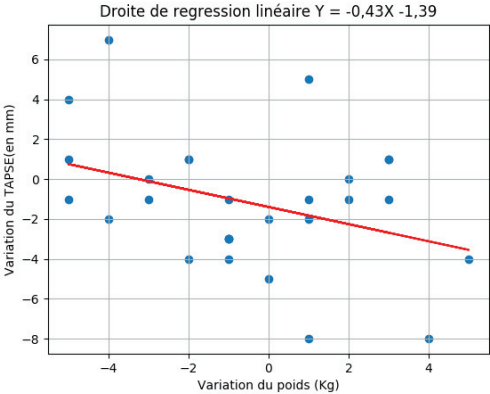
**Figure 4.** Corrélation entre Indice de Tei et TRIV



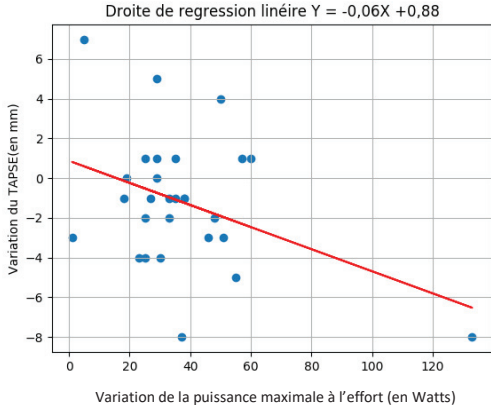
**Figure 5.** Corrélation entre TAPSE et Indice de Tei



**Figure 6.** Corrélation entre TAPSE et poids



**Figure 7.** Corrélation entre TAPSE et puissance maximale à l'effort



# DISCUSSION

---

## **4.1. Paramètres cliniques**

L'étude IREDIA a révélé qu'un programme de RC permet une amélioration significative des paramètres cliniques étudiés (comme de nombreuses études antérieures l'avaient démontré), mais aussi l'amélioration de plusieurs paramètres permettant d'appréhender la fonction diastolique VG. En effet, nos résultats concernant l'effet de la RC sur le poids ainsi que sur la charge maximale à l'effort sont en accord avec les travaux pionniers de la Duke Université<sup>(20)</sup> et à Oxford<sup>(21)</sup>. Ces derniers ont montré un bénéfice clinique et ergométrique après RC, y compris chez des patients porteurs d'une dysfonction systolique VG sévère.

De manière intéressante, nous avons également mis en évidence une diminution significative du score de risque cardio-vasculaire modifiable INTERHEART.

## **4.2 Fonction systolique ventriculaire gauche**

Sur le plan de la fonction systolique, nos résultats sont en concordance avec ceux de la littérature<sup>(17)</sup> puisque la FEVG est inchangée par la RC. Cependant, l'indice de Tei, dit de performance myocardique qui renseigne à la fois sur la fonction systolique et sur la fonction diastolique du VG, présente une diminution significative au sein de notre échantillon. Cette évolution peut suggérer un lien entre les paramètres échographiques et les capacités fonctionnelles, comme l'a également retrouvé Bajraktari<sup>(22)</sup> dans ses travaux au travers d'une association significative entre l'indice de Tei et la distance maximale au test de marche de 6 minutes sur 147 patients étudiés. Cependant, nous n'avons pas retrouvé de corrélation significative entre l'évolution de l'indice de Tei et celle de la charge maximale à l'effort (p-value à 0.0729).

## **4.3 Fonction diastolique ventriculaire gauche**

Sur le plan de la fonction diastolique, nos résultats ne retrouvent pas de différence significative sur le rapport E/e' latéral comme attendu. En effet, la majorité des études portant sur la fonction cardiaque en échocardiographie a révélé une amélioration significative de la fonction diastolique par l'entraînement physique, a contrario de la fonction systolique<sup>(23)</sup> comme le démontrent Pearson et al par une méta analyse regroupant 22 études. En effet, en comparant deux groupes constitués (avec et sans RC), ces derniers retrouvent une réduction significative du rapport E/e' latéral après ajustement sur l'âge et le sexe<sup>(24)</sup>.



Par convention, la plupart des études antérieures ainsi que la pratique quotidienne conduisent à la mesure de l'onde e' en latéral. Le rapport E/e' ainsi obtenu est retrouvé fréquemment dans la littérature comme facteur pronostique<sup>(25)</sup>.

Néanmoins, nous observons une réduction significative du rapport E/e' mesuré sur l'anneau mitral septal. Même si l'évolution du rapport n'est pas significative en site latéral dans notre étude, le rapport E/e' septal est un marqueur important en lien avec la progression des capacités fonctionnelles. Les premiers travaux effectués de manière invasive par Tarelja et al. ont démontré la corrélation entre le rapport E/e' septal et l'élévation des pressions diastoliques en mesurant la pression capillaire pulmonaire chez des patients ayant une dyspnée d'effort avec une FEVG > 50 %<sup>(26)</sup>. De même, Burgess et al. ont confirmé ces résultats en démontrant qu'un rapport E/e' septal > 13 est associé à une pression diastolique moyenne du VG supérieure à 15 mmHg<sup>(27)</sup>. Ces données invasives sont en lien direct avec la qualité de vie des patients et avec le risque de réhospitalisation pour poussée d'insuffisance cardiaque. Notre étude est a priori la première à montrer une différence dans l'évolution du rapport E/e' sur les différents sites de mesures du doppler tissulaire à l'anneau mitral. D'autres études telles que celle de Copenhague ne trouvent pas de différence significative intra individuelle entre les mesures faites en latéral comme en septal<sup>(28)</sup>. En outre, quel que soit le site de mesure au doppler tissulaire, le rapport E/e' paraît utile dans la prédiction d'évènements cardiovasculaires au sein de la population générale<sup>(29)</sup>.

Nous nous attendions également à un remodelage du VOGi comme retrouvé dans de nombreuses études telles que celle de Poličai et al<sup>(30)</sup> qui découvre une augmentation anormale du volume de l'OG chez 20 % des 1777 athlètes étudiés. Ce paramètre qui fait partie de l'étude de la fonction diastolique VG est également un prédicteur indépendant de décès, de survenue de poussée d'insuffisance cardiaque et d'accident vasculaire cérébral chez les patients porteurs d'une cardiopathie valvulaire ou d'une fibrillation atriale<sup>(31)</sup>. Nous n'avons pas identifié de modification significative du VOGi après RC. Nous soulevons l'hypothèse que ce remodelage retrouvé dans la littérature ne s'effectue que lors de programmes d'entraînements intenses et soutenus, différant largement des programmes de RC.

Nous avons retrouvé une diminution significative du TRIV. Cette différence étant importante sur notre échantillon, nous avons donc confronté cette évolution en regard des données de la littérature. Récemment, en explorant de manière invasive l'hémodynamique des patients porteurs d'une insuffisance cardiaque à fraction d'éjection préservée, Hummel et al. ont prouvé que le TRIV était corrélée à la pression artérielle pulmonaire<sup>(32)</sup>. Ainsi, une augmentation du TRIV signifie une PAPS

élevée en lien avec un surrisque d'évènements cardiovasculaires pouvant entraîner une hospitalisation<sup>(33)</sup>.

De même, le TAPSE que nous retrouvons augmenté de manière significative est également un facteur pronostique de décès et de ré hospitalisation chez les patients insuffisants cardiaques<sup>(34)</sup>. Au sein de notre population d'étude, la variation de ce paramètre est corrélée de manière significative avec la perte de poids, l'augmentation de l'indice de Tei ainsi qu'avec l'augmentation de la puissance maximale que peut déployer le patient en fin de RC. Très peu d'études ont étudié l'évolution de la fonction systolique du ventricule droit en lien avec l'amélioration des capacités fonctionnelles par la RC.

#### **4.4. Relations entre les capacités fonctionnelles et la fonction diastolique**

Le rapport E/e' septal considéré comme « reflet » de la fonction diastolique dans de nombreuses études<sup>(35)</sup> présente une diminution significative mais sans corrélation ergométrique, possiblement due à un manque de puissance de l'étude.

Néanmoins, comme pour l'indice de Tei, le TAPSE et TRIV, ce rapport est documenté comme un marqueur de la qualité de vie des patients atteints de MCV<sup>(36)</sup> susceptible d'évoluer de façon favorable grâce à la RC. En accord avec les données de la littérature, des liens étroits paraissent être confirmés entre récupération des capacités fonctionnelles et amélioration de la fonction diastolique. Ces liens sont cependant fort complexes à interpréter en raison de l'intrication de nombreux paramètres et nous encourageant à poursuivre des études avec un plus grand échantillon de patients.

#### **4.5. Limites de l'étude**

La limite première de l'étude provient de la taille de l'échantillon. Les travaux sont effectués sur un faible nombre de patients.

Enfin, il est intéressant (mais difficile à réaliser) de réévaluer les patients à distance de la RC pour savoir si les bénéfices de la RC sur la fonction diastolique et les capacités fonctionnelles se maintiennent au long cours. En effet, les patients ayant complété leur réadaptation possèdent généralement de meilleures conditions physiques et fonctionnelles en raison de leur entraînement récent. Même si nous recommandons aux patients de garder une activité physique régulière et une bonne hygiène de vie après leur RC, ces patients pour la plupart âgés, peuvent rapidement perdre les habitudes de vie acquises en SSR, une fois de retour à domicile<sup>(37)</sup>.

## CONCLUSION

---

La RC a permis une diminution significative du poids, du périmètre abdominal et du score de risque cardio-vasculaire INTERHEART sur notre population d'étude. Les capacités physiques maximales à l'effort sont également augmentées de 27.6 %. Ces améliorations sont corrélées à des variations significatives de plusieurs paramètres échographiques tels que l'indice de tei, le TAPSE et des paramètres de la fonction diastolique représentés par le rapport E/e' septal et le TRIV. Ces éléments sont des marqueurs pronostiques de morbi-mortalité et de qualité de vie. Ainsi, le bénéfice démontré par le programme de RC est présent à la fois sur le plan clinique, ergométrique et échographique. Ces données confirment indéniablement l'intérêt majeur de la RC pour les patients en prévention primaire ou secondaire de MCV.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

1. Fourcade N, Von Lennep F, Gremy I et al. L'état de santé en France : Rapport 2017. DREES et Santé publique France [Rapport 2017]
2. Pavy B, Iliou M-C, Vergès-Patois B, Brion R, Monpère C, Carré F, et al. French Society of Cardiology guidelines for cardiac rehabilitation in adults. *Archives of Cardiovascular Diseases*. 1 mai 2012;105(5):309-28.
3. Piepoli MF, Davos C, Francis DP, Coats AJS, ExTraMATCH Collaborative. Exercise training meta-analysis of trials in patients with chronic heart failure (ExTraMATCH). *BMJ*. 24 janv 2004;328(7433):189.
4. Belardinelli R, Georgiou D, Cianci G, Purcaro A. Randomized, controlled trial of long-term moderate exercise training in chronic heart failure: effects on functional capacity, quality of life, and clinical outcome. *Circulation*. 9 mars 1999;99(9):1173-82.
5. Downing J, Balady GJ. The Role of Exercise Training in Heart Failure. *Journal of the American College of Cardiology*. 2 août 2011;58(6):561-9.
6. Garet M, Barthélémy JC, Degache F, Costes F, Da-Costa A, Isaaz K, et al. A questionnaire-based assessment of daily physical activity in heart failure. *European Journal of Heart Failure*. 1 août 2004;6(5):577-84.
7. European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice (version 2012). *European Journal of Preventive Cardiology*, 2012;19:585-667.
8. Pavy B, Corone S. [Prevention - cardiac rehabilitation: The same fight!]. *Ann Cardiol Angeiol (Paris)*. nov 2018;67(5):291-2.
9. De Peretti C, Nicolau J, Chin F, Tuppin P, Danchin N, Danet S, et al. Réadaptation cardiaque hospitalière après infarctus du myocarde en France : apports du PMSI-SSR. *bull Epidémiol hebd*. 2014;(5):84-92.7.
10. Minvielle C. Barriers to cardiac rehabilitation after myocardial infarction: Bordeaux university hospital example. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 1 sept 2016;59:e48.
11. Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, Byrd BF, Dokainish H, Edvardsen T, et al. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography*. avr 2016;29(4):277-314.
12. Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med*. 14 mars 2002;346(11):793-801.

13. Kodama S, Saito K, Tanaka S, Maki M, Yachi Y, Asumi M, et al. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *JAMA*. 20 mai 2009;301(19):2024-35.
14. Yusuf S, Hawken S, Ounpuu S, Dans T, Avezum A, Lanas F, et al. Effect of potentially modifiable risk factors associated with myocardial infarction in 52 countries (the INTERHEART study): case-control study. *Lancet*. 11 sept 2004;364(9438):937-52.
15. Joseph P, Yusuf S, Lee SF, Ibrahim Q, Teo K, Rangarajan S, et al. Prognostic validation of a non-laboratory and a laboratory based cardiovascular disease risk score in multiple regions of the world. *Heart*. 2018;104(7):581-7.
16. La Gerche A, Burns AT, Mooney DJ, Inder WJ, Taylor AJ, Bogaert J, et al. Exercise-induced right ventricular dysfunction and structural remodelling in endurance athletes. *European Heart Journal*. avr 2012;33(8):998-1006. Capacity. *JAMA*. 21 janv 2009;301(3):286-94.
17. Grewal J, McCully RB, Kane G, Lam C, Pellikka PA. Left Ventricular Function and Exercise
18. Perry GJ, Ahmed MI, Desai RV, Mujib M, Zile M, Sui X, et al. Left Ventricular Diastolic Function and Exercise Capacity in Community-Dwelling Adults  $\geq$  65 Years of Age without Heart Failure. *Am J Cardiol*. 1 sept 2011;108(5):735-40.
19. Levy WC, Cerqueira MD, Abrass IB, Schwartz RS, Stratton JR. Endurance exercise training augments diastolic filling at rest and during exercise in healthy young and older men. *Circulation*. juill 1993;88(1):116-26.
20. Sullivan MJ, Higginbotham MB, Cobb FR : Exercise training in patients with severe left ventricular dysfunction. Hemodynamic and metabolic effects. *Circulation* 1988;78:506-15.
21. Coats AJ. Exercise training in heart failure. *Curr Control Trials Cardiovasc Med*. 2000;1(3):155-60
22. Bajraktari G, Batalli A, Poniku A, Ahmeti A, Olloni R, Hyseni V, et al. Left ventricular markers of global dyssynchrony predict limited exercise capacity in heart failure, but not in patients with preserved ejection fraction. *Cardiovasc Ultrasound*. 11 sept 2012;10(1):36.
23. Sandri M, Kozarez I, Adams V, Mangner N, Höllriegel R, Erbs S, et al. Age-related effects of exercise training on diastolic function in heart failure with reduced ejection fraction: The Leipzig Exercise Intervention in Chronic Heart Failure and Aging (LEICA) Diastolic Dysfunction Study. *Eur Heart J*. 1 juill 2012;33(14):1758-68.
24. Pearson MJ, Mungovan SF, Smart NA. Effect of exercise on diastolic function in heart failure patients: a systematic review and meta-analysis. *Heart Failure Reviews*. mars 2017;22(2):229-42.
25. Acil T, Wichter T, Stypmann J, Janssen F, Paul M, Grude M, et al. Prognostic value of tissue Doppler imaging in patients with chronic congestive heart failure. *International Journal of Cardiology*. 18 août 2005;103(2):175-81.
26. Tarelja D, Nishimura R, OH J. Noninvasive parameters of diastolic function reflect invasively measured filling pressures during exercise [abstract]. *Circulation*, 2004 ; 110 (Suppl. III) : III474. 8.
27. Burgess MI, Jenkins C, SharmanJE, Marwik TH. Diastolic stress echocardiography : hemodynamic validation and clinical significance of estimation of ventricular filling pressure with exercise. *J Am Coll Cardiol*, 2006 ; 47 : 1 891-900.

28. Wang JN, Biering-Sørensen T, Jørgensen PG, Jensen JS, Mogelvang R. Left ventricular filling pressure by septal and lateral E/e' equally predict cardiovascular events in the general population. *Int J Cardiovasc Imaging*. mai 2017;33(5):653-61.
29. Hillis GS, Møller JE, Pellikka PA, Gersh BJ, Wright RS, Ommen SR, et al. Noninvasive estimation of left ventricular filling pressure by E/e' is a powerful predictor of survival after acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*. 4 févr 2004;43(3):360-
30. Pelliccia A, Maron BJ, Di Paolo FM, Biffi A, Quattrini FM, Pisicchio C, et al. Prevalence and Clinical Significance of Left Atrial Remodeling in Competitive Athletes. *Journal of the American College of Cardiology*. 16 août 2005;46(4):690-6.
31. Abhayatana WP, Seward JB, Appleton CP. Left atrial size. physiologic determinants and clinical applications. *J Am Coll Cardiol*, 2006 ; 47 : 2 357-63.
32. Hummel YM, Liu LCY, Lam CSP, Fonseca-Munoz DF, Damman K, Rienstra M, et al. Echocardiographic estimation of left ventricular and pulmonary pressures in patients with heart failure and preserved ejection fraction: a study utilizing simultaneous echocardiography and invasive measurements. *Eur J Heart Fail*. 2017;19(12):1651-60.
33. Meluzín J, spinarová I, dusek I, Toman J, hude P, Krejčí J et al . Prognostic importance of the right ventricular function assessed by doppler tissue imaging.euh *J echocardiology* 2003 ;4:262-71
34. Drissa M, Helali S, Ben Hamida Y, Drissa H. Evolutive profile and prognosis factors of chronic heart failure in a Tunisian center. *Tunis Med*. déc 2018;96(12):869-74.
35. Fu T, Yang N, Wang C, Cherg W, Chou S, Pan T, et al. Aerobic Interval Training Elicits Different Hemodynamic Adaptations Between Heart Failure Patients with Preserved and Reduced Ejection Fraction. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 1 janv 2016;95(1):15 27.
36. Lin T-T, Wang Y-C, Juang J-MJ, Hwang J-J, Wu C-K. Application of the newest European Association of Cardiovascular Imaging Recommendation regarding the long-term prognostic relevance of left ventricular diastolic function in heart failure with preserved ejection fraction. *Eur Radiol*. 8 août 2019
37. Grace SL, Russell KL, Reid RD, Oh P, Anand S, Rush J, et al. Effect of cardiac rehabilitation referral strategies on utilization rates: a prospective, controlled study. *Arch Intern Med*. 14 févr 2011;171(3):235-41.

# ANNEXE 1

---

**LETTRÉ D'INFORMATION DESTINÉE AUX PATIENTS**

**POUR PARTICIPATION A UNE RECHERCHE BIOMÉDICALE**

**Titre de la recherche : Impact de la Réadaptation cardiaque sur la fonction Diastolique et les capacités fonctionnelle (Etude IREDIA)**

---

Madame, Monsieur,

Nous vous proposons de participer à une étude médicale.

Cette lettre d'information vous détaille en quoi consiste cette étude.

Vous pourrez prendre le temps pour lire et comprendre ces informations. N'hésitez pas à demander au médecin responsable de l'étude de vous expliquer ce que vous n'aurez pas compris.

Cette étude a pour but de cibler de nouvelles mesures lors d'une échographie cardiaque approfondie qui seraient représentatives de vos capacités fonctionnelles et de votre endurance à l'effort.

Un médecin vous a posé l'indication d'une réadaptation cardiaque suite à un évènement cardiaque ou suite à la nécessité d'une meilleure prise en charge de votre pathologie cardiaque. Durant cette réadaptation qui se déroulera au centre SSR cardiologique de Bastia, dans un bâtiment neuf et dédié à cette activité, une équipe pluridisciplinaire composée de cardiologues, médecins du sport, kinésithérapeutes, infirmiers etc vous proposera une réintroduction progressive de l'exercice dans votre quotidien, adapté à vos capacités personnelles, et des ateliers visant à vous informer sur les éléments protecteurs de votre système cardiovasculaire à prendre en compte dans votre vie quotidienne.

Cette réadaptation prendra la forme de 20 séances durant chacune une demi-journée. Nous vous encourageons à rapprocher le délai séparant chaque séance (minimum 4 demi-journées par semaine) pour un suivi optimal de votre évolution sur le plan cardiaque.

Nous vous proposons donc de participer à une étude qui ne nécessitera aucune modification par rapport à votre suivi habituel lors votre réadaptation cardiaque.

Deux consultations seront organisées, une avant et une après votre réadaptation, et comprendront :

- Deux questionnaires à remplir sur vos habitudes alimentaires et sur la place de l'exercice dans votre quotidien
- Une échographie cardiaque transthoracique approfondie

Grâce à votre participation, nous espérons pouvoir trouver une amélioration des mesures à l'échographie cardiaque que nous avons ciblées. Cette étude ne comporte aucun risque supplémentaire, ni d'effets indésirables puisque les examens demandés seront pratiqués dans le cadre du suivi classique de votre réadaptation cardiaque.

Toute information vous concernant recueillie pendant cet essai sera traitée de façon confidentielle.

Seuls les responsables de l'étude et éventuellement les autorités de Santé pourront avoir accès à ces données. A l'exception de ces personnes -qui traiteront les informations dans le plus strict respect du secret médical-, votre anonymat sera préservé. La publication des résultats de l'étude ne comportera aucun résultat individuel.

#### FRAIS DE PARTICIPATION A L'ETUDE

Votre collaboration à ce protocole de recherche médicale n'entraînera pas de participation financière de votre part.

#### LEGISLATION - CONFIDENTIALITE

Conformément aux articles L. 1121-1 et suivants du Code de la Santé Publique, le Comité de Protection des Personnes de Tours Ouest I a étudié ce projet de recherche et a émis un avis favorable à sa réalisation.

Vous êtes libre d'accepter ou de refuser de participer à cette étude. Cela n'influencera pas la qualité des soins qui vous seront prodigués.

Vous pouvez également décider en cours d'étude d'arrêter votre participation sans avoir à vous justifier

Si vous avez des questions pendant votre participation à cette étude, vous pourrez contacter le médecin responsable de l'étude, le Dr FAURE Antoine au 04 20 00 40 96, ou Mr LY Thanh Danh, médecin interne investigateur de l'étude au 04 95 59 11 12.

Nous vous remercions d'avoir pris le temps de lire cette lettre d'information. Si vous êtes d'accord pour participer à cette recherche, nous vous invitons à signer le formulaire de consentement ci-joint.



**FORMULAIRE DE CONSENTEMENT  
POUR LA PARTICIPATION A UNE RECHERCHE BIOMEDICALE**

**Titre de la recherche : Impact de la Réadaptation cardiaque sur la fonction Diastolique et les capacités fonctionnelle (Etude IREDIA)**

---

Je soussigné(e) ..... (*nom et prénom du sujet*),

accepte de participer à l'étude **IREDIA**

Les objectifs et modalités de l'étude m'ont été clairement expliqués par le Dr..... (*nom et prénom du médecin*).

J'ai lu et compris la fiche d'information qui m'a été remise.

J'accepte que les documents de mon dossier médical qui se rapportent à l'étude puissent être accessibles aux responsables de l'étude et éventuellement aux autorités de santé. A l'exception de ces personnes, qui traiteront les informations dans le plus strict respect du secret médical, mon anonymat sera préservé.

J'accepte que les données nominatives me concernant recueillies à l'occasion de cette étude puissent faire l'objet d'un traitement automatisé par les organisateurs de la recherche. Je pourrai exercer mon droit d'accès et de rectification auprès du Dr : .....

J'ai bien compris que ma participation à l'étude est volontaire.

Je suis libre d'accepter ou de refuser de participer, et je suis libre d'arrêter à tout moment ma participation en cours d'étude. Cela n'influencera pas la qualité des soins qui me seront prodigués.

Mon consentement ne décharge pas les organisateurs de cette étude de leurs responsabilités. Je conserve tous mes droits garantis par la loi.

Après en avoir discuté et avoir obtenu la réponse à toutes mes questions, j'accepte librement et volontairement de participer à la recherche qui m'est proposée.

Fait à .....,

le .....

*Nom et signature de l'investigateur*

*Signature du sujet*

## ANNEXE 2

Si vous participez à l'étude, nous vous laissons le soin de remplir ce questionnaire en attendant que le médecin vienne évaluer votre cœur à l'échographie.

Merci de noter ici votre numéro de téléphone afin que notre équipe puisse vous joindre afin d'organiser votre rééducation cardiaque :

Vous êtes un homme de plus de 55 ans ou femme de plus de 65 ans	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	2
<b><u>ANTECEDENTS</u></b>		
Antécédent d'infarctus chez les parents au 1 <sup>er</sup> degré	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	4
Antécédent de diabète, traitement pour le diabète ou par régime	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	6
Antécédent hypertension artérielle, traitement de l'hypertension artérielle	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	5
Ancien fumeur	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	2
<b><u>TABAGISME</u></b>		
Tabac actif à 1-5 cigarettes / jour	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	2
Tabac actif à 6-10 cigarettes / jour	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	4
Tabac actif à 11-15 cigarettes / jour	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	6
Tabac actif à 16-20 cigarettes / jour	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	7
Tabac actif > 20 cigarettes /jour	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	11
Tabac passif (exposition à la fumée supérieure à 1 heure/ semaine)	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	2
<b><u>HUMEUR</u></b>		
L'année passée vous êtes-vous senti triste ou déprimé plus de 2 semaines consécutives	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	3
Avez-vous un stress permanent ou plusieurs épisodes de stress	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	3

<b><u>RAPPORT TAILLE SUR HANCHE</u></b>		
Rapport Taille/Hanche > 0,964	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	4
Rapport Taille/Hanche compris entre 0,87 et 0,963	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	2
<b><u>ALIMENTATION</u></b>		
Mangez-vous de la viande rouge/volaille plus de 2 fois par semaine	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	2
Mangez-vous des aliments frits ou fast-food plus de 3 fois par semaine	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	1
Avez-vous une activité sédentaire ou légère lors de vos périodes de repos (assis, marche lente, regarder la TV, lecture)	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	2
Existe-t-il des jours ou vous ne mangez pas de légume	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	1
Existe-t-il des jours ou vous ne mangez pas de fruit	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	1
Prenez-vous de collations salées une fois par jour (charcuterie, chips...)	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	1
<b><u>ACTIVITE PHYSIQUE</u></b>		
Avez-vous une activité sédentaire ou légère lors de vos périodes de repos (assis, marche lente, regarder la TV, lecture)	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	2
<b>TOTAL</b>		

## ANNEXE 3

---

**Date :**

Bilan pré SSR

Bilan post SSR

**Numéro d'identification du patient :**

Taille :                      cm

Poids :                      kg

Périmètre abdominal :                      cm

**Score INTERHEART :**

**Watts à l'ergométrie :**

### **Mesures en Echocardiographie**

FEVG :

Onde E :

Onde E' septal :

Onde A :

Onde E' Latéral:

Volume OG indexé :

Onde A' latéral :

Onde A' septal :

Onde S' latéral :

Onde S' septal :

IT vmax :

TRIV :

Mesure A :

TDE :

Mesure B :

Indice de Tei :

TCI :

- Absence de FA à l'ECG et dans les antécédents
- Absence de valvulopathie significative
- Feuille de consentement signée

# ÉTUDE EN COURS DE SOUMISSION

---

## Impact de la réadaptation cardiaque sur la fonction diastolique et les capacités fonctionnelles (étude IREDIA)

Thanh Danh LY<sup>1</sup> ; Antoine FAURE<sup>2</sup> ; Pierre GIBELIN<sup>1</sup> ; Nadir SAOUDI<sup>3</sup> ; Bernard PIERRE<sup>4</sup>

(1) Univ Nice Sophia Antipolis – Faculté de médecine – UNS Santé - 06107 Nice - FRANCE

(2) Service de réadaptation cardiaque – CH de Bastia – 604 Chemin Falconaja, 20600 Bastia – FRANCE

(3) Service de cardiologie – CHPG - 1 Avenue Pasteur - 98000 - MONACO

(4) Univ Lyon 1 - Faculté de Médecine et de Maïeutique Lyon Sud Charles Mérieux – FRANCE

*Corresponding author:* Thanh Danh LY, [td\\_ly@hotmail.fr](mailto:td_ly@hotmail.fr)

---

*Running title :* Cardiac Rehabilitation and Diastolic Function

**Background:** Cardiac Rehabilitation (CR) can reduce mortality and prevent Cardiovascular Diseases (CVD) recurrence, but published data do not indicate an improvement in systolic function. However, there still has not been much research into the relationship between diastolic function and functional capacity during CR.

**Objectives:** To assess the evolution of clinical data and echocardiographic measurements including diastolic function and to objectively assess physical capacity before and after 20 sessions of CR

**Methods:** prospective, cross-sectional study in the Bastia CR department from December 2018, to July 2019. All patients with an indication for CR and a left ventricle ejection fraction (LVEF)  $\geq 50\%$  were invited to participate in the study. The assessment on inclusion and after CR included clinic measurements, the INTERHEART score and the maximum effort load (Wattmax). Using echocardiography, we measured the LVEF, the Tei index, and the tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE), septal and lateral E/e' ratio and the isovolumetric relaxation time (IVRT).

**Results:** RC allowed a significant decrease in weight (-1kg with  $p=0.004$ ), abdominal perimeter (-1.3cm with  $p<0.0001$ ) and the INTERHEART risk score (-17% with  $p<0.0001$ ). Maximum physical effort capacities also were increased by 27,6% ( $p<0.0001$ ). These improvements are correlated with significant variations in Tei index ( $p=0.009$ ), TAPSE ( $p=0.004$ ), septal E/e' ratio ( $p=0.04$ ) and the IVRT ( $p<0.0001$ ). These elements are prognostic markers of morbidity, mortality and quality of life. Thus the benefit shown by the CR program is evidenced from both an echographic, an ergometric and a clinical point of view.

**Keywords:** diastolic function ; echocardiography ; exercise training ; cardiac rehabilitation ; ultrasound ; physical capacity ; cardiovascular diseases

## INTRODUCTION

Malgré une augmentation de l'espérance de vie en lien avec l'innovation thérapeutique, nous assistons à une véritable « épidémie » de maladies chroniques qui touchent une population de plus en plus jeune (moins de 65 ans) et entraînent une réduction significative de la qualité de vie pour les patients atteints. Les maladies cardiovasculaires (MCV) sont le chef de file de ces maladies chroniques. Avec 15,7 millions de décès en 2016, elles représentent la première cause de mortalité dans le monde<sup>(1)</sup>. Dans ce contexte, leur prévention et leur absence de récurrence sont des sujets prioritaires de santé publique. Or, ces maladies chroniques peuvent être en partie prévenues et favorablement influencées par un jeu complexe d'interventions dont la réadaptation cardiaque (RC) est un atout majeur grâce à sa prise en charge globale.

De nombreuses études ont prouvé l'efficacité de la réadaptation cardiaque notamment en termes de diminution de la mortalité et de la morbidité<sup>(3)</sup>, de la réduction du nombre des ré-hospitalisations pour décompensation d'une insuffisance cardiaque<sup>(4)</sup> et d'amélioration de la qualité de vie<sup>(5)</sup> grâce à des études faisant appel à des questionnaires validés<sup>(6)</sup>. C'est pourquoi la RC a une place essentielle dans la prise en charge des MCV avec une indication de grade IA dans les recommandations des sociétés savantes américaines, européennes et françaises de cardiologie (2011), après syndrome coronaire aigu, après décompensation d'une insuffisance cardiaque par dysfonction systolique VG ou encore chez les patients à très haut risque cardiovasculaire global en prévention primaire<sup>(7)</sup>.

En somme, nombre de patients pour lesquels un diagnostic de MCV est posé peuvent être éligibles à un programme de RC. Ne pas proposer cette possibilité thérapeutique constitue une véritable perte de chance en termes de mortalité et de qualité de vie<sup>(8)</sup>. Or, seulement un tiers des patients éligibles bénéficient d'un tel programme après Syndrome Coronaire Aiguë (SCA), première des indications validées de classe IA<sup>(9)</sup>. Les freins du faible taux de participation des patients sont bien identifiés<sup>(10)</sup> tels que l'absence d'offre de soins à proximité du domicile, l'absence de prescription, le refus du patient (insuffisamment informé des bénéfices escomptés, craignant une perte d'emploi et/ou de revenus), son âge avancé, ses comorbidités, manque de souplesse organisationnelle des services existants...

Un des objectifs principaux de la RC est l'amélioration des capacités fonctionnelles qui sont définies par la quantité d'énergie utilisée lors de l'exécution de diverses tâches physiques. Ce choix est lié au fait que la capacité physique est reconnue aujourd'hui comme le marqueur pronostique indépendant de longévité le plus puissant<sup>(12)</sup>. Ainsi, tout gain de capacités physiques de 1 MET (3.5 mL/min/kg VO<sub>2</sub>) correspond à une diminution de mortalité de 13%<sup>(13)</sup>. En pratique, un programme de RC efficace permet d'augmenter d'au moins 20% les capacités physiques d'effort entre l'évaluation ergométrique finale et initiale.

En outre, les habitudes de vie et les capacités fonctionnelles interviennent directement sur la survenue des MCV. L'étude cas témoin INTERHEART réalisée par Yusuf et al<sup>(14)</sup> dans 52 pays différents a recherché l'impact des facteurs de risque modifiables sur l'infarctus du myocarde. A partir de cette étude, un score de risque modifiable non basé sur les examens de laboratoire a pu être validé. Il permet de définir le haut risque cardiovasculaire avec une valeur seuil supérieure à 16<sup>(15)</sup>.

Lorsqu'est étudié l'effet de la RC sur les paramètres hémodynamiques et échocardiographiques, il n'est pas retrouvé de changement véritablement significatif du débit cardiaque ou de la fonction systolique VG<sup>(16)</sup> malgré une réduction significative de la fréquence cardiaque de repos par la RC. En revanche, les résultats sont significatifs en termes de capacités fonctionnelles et fonction diastolique. Grewal et al<sup>(17)</sup> ont démontré une différence significative des mesures de la fonction diastolique en fonction des capacités fonctionnelles pour une même Fraction d'Ejection du Ventricule Gauche (FEVG) donnée, indépendamment de l'âge et du sexe. De même, Perry et al<sup>(18)</sup> retrouvent une meilleure distance de marche au TM6 chez les patients avec une dysfonction diastolique de grade  $\leq 1$  par rapport à des patients ayant une dysfonction diastolique de grade  $\geq 2$  au sein d'une population de plus de 65 ans, sans antécédents de poussées d'insuffisance cardiaque, après ajustement des risques cardiovasculaires. D'autres études<sup>(19)</sup> retrouvent une augmentation du remplissage diastolique chez les personnes saines, jeunes et âgées, habituées à pratiquer une activité physique au quotidien alors qu'il n'y a pas eu d'amélioration de la fonction systolique.

Ainsi, nous avons tenté d'évaluer l'effet de la RC sur la fonction diastolique VG évaluée à l'Échographie Transthoracique (ETT) en l'« appareillant » avec la variation des capacités physique d'effort et des caractéristiques morphologiques entre début et fin de programme. Cette évaluation intra individuelle n'apparaissant pas jusque-là dans la littérature.

## MATERIEL ET METHODES

### Design de l'étude et population

Nous avons réalisé une étude transversale prospective au sein du service de réadaptation cardiaque et du service de cardiologie du CH de Bastia à partir du 30 décembre 2018 pour une durée de 8 mois. Nous avons proposé une inclusion dans l'étude à tous les patients ayant une indication de réadaptation cardiaque avec une FEVG  $\geq 50\%$ , avec une évolution hospitalière non compliquée lors de la découverte de la pathologie indiquant la demande de réadaptation, sans arythmie sévère au repos ou à l'effort, et avec une montée appropriée de la pression artérielle à l'effort.

Nous avons exclu les personnes visées aux articles L. 1121-5 à L. 1121-8 et L. 1122-12 du code de la santé publique et les personnes atteintes de pathologies aiguës décompensées.

L'objectif principal de notre étude est d'analyser l'évolution des mesures échographiques relatifs à la fonction diastolique, des données cliniques et ergométriques avant et après vingt séances de réadaptation cardiaque au SSR de Bastia.

### Recueil des données

Les données sont recueillies de manière prospective. Dès lors qu'une indication de RC est posée chez un patient répondant aux critères d'inclusion, une consultation avec un médecin investigateur (TDL ou AF) est proposée de pair avec la remise d'une lettre d'information suivi d'un formulaire de consentement (Cf Annexe 1). En cas d'accord du patient concernant sa participation à l'étude, le médecin investigateur s'assure du recueil du consentement éclairé du patient et procède au bilan pré RC comprenant un examen clinique permettant de recueillir les données anthropométriques et de calculer le score de risque INTERHEART, la recherche de critères d'exclusion, une ETT pour le recueil des données échographiques et une épreuve d'effort sur cycloergomètre pour la charge maximale en Watt.

A la fin de sa RC, le patient bénéficie d'un nouvel examen clinique, d'une ETT et d'une épreuve d'effort sur cycloergomètre.

Nous remettons à chaque patient un formulaire sur ses habitudes de vie, ses facteurs de risques cardiovasculaires ainsi que ses caractéristiques cliniques tels que son poids et son périmètre abdominal (Cf Annexe 2 et 3). L'âge et le sexe sont également relevés. Les réponses données sur ce questionnaire nous permettent alors de calculer le score INTERHEART du patient étudié. Nous relevons la charge maximale à l'effort en Watts de chaque patient inclus avant et après la RC au décours d'un test d'effort sur cycloergomètre.

Nous avons élaboré une fiche de recueil de données (Cf Annexe 3) sur laquelle nous relevons la FEVG estimée par méthode de Simson. Nous relevons les mesures échographiques qui sont associées à la fonction diastolique :

- Mesure de l'onde E et A en m/s, en Doppler pulsé sur le flux transmitral en coupe bidimensionnelle 4-cavités
- Calcul du rapport E/A
- Mesure de l'onde e' septal et e' latéral en cm/s, en Doppler tissulaire pulsé sur un échantillon de 2mm placé sur le segment septal puis latéral de l'anneau mitral dans une coupe bidimensionnelle 4-cavités
- Après conversion, calcul du rapport E/e' en septal et en latéral
- Mesure de la vitesse de l'insuffisance tricuspide (ITvmax) en cm/s, en Doppler continu centré sur une fuite d'IT visualisée au Doppler couleur.
- Mesure du Volume de l'oreille gauche indexé (VOGi) en mL/m<sup>2</sup>, en mode bidimensionnelle sur coupe 4-cavités et 2-cavités, après avoir entré le poids et la taille du patient étudié dans l'appareil d'échographie
- Mesure du déplacement longitudinal de la partie latérale de l'anneau tricuspide (TAPSE) en ms, en

mode TM sur l'anneau tricuspide latéral sur une coupe bidimensionnelle 4-cavités

- Mesure du Temps de Relaxation Isovolumique (TRIV) en ms, en Doppler tissulaire pulsé sur un échantillon de 2mm placé sur le segment latéral de l'anneau mitral dans une coupe bidimensionnelle 4-cavités. Le TRIV est mesuré depuis la fin de l'onde S jusqu'au début du profil de mitral annulaire (Cf Figure 1).
- Mesure du Temps de Contraction Isovolumique (TCI) en ms, en Doppler tissulaire pulsé sur un échantillon de 2mm placé sur le segment latéral de l'anneau mitral dans une coupe bidimensionnelle 4-cavités. Le TCI est mesuré depuis la fin du profil mitral annulaire jusqu'au début de l'onde S (Cf Figure 1).
- Calcul de l'indice de Tei de performance myocardique du VG, avec les données obtenues en Doppler tissulaire pulsé sur un échantillon de 2mm placé sur le segment latéral de l'anneau mitral dans une coupe bidimensionnelle 4-cavités. L'indice de Tei est obtenu à partir de la formule suivante :  

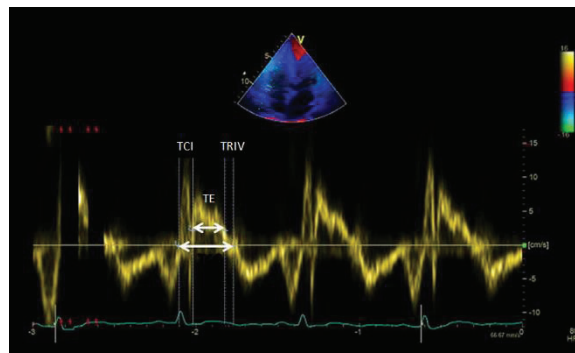
$$\text{Indice de Tei} = (\text{TRIV} + \text{TCI}) / \text{TE}$$

Le Temps d'Ejection (TE) est défini par la durée du profil doppler du flux d'éjection du VG en ms (Cf Figure 1).

Tous les examens échographiques sont réalisés par deux opérateurs, sur des appareils d'échocardiographie Vivid S6 de marque GE Healthcare dotée d'une sonde cardiaque adulte de 2 à 5 MHz.

Les données échographiques sont mesurées en concordance en off-line sur les boucles enregistrées pour chaque patient et sont obtenues à partir de la moyenne des mesures relevées sur 5 cycles cardiaques consécutives selon les recommandations de l'European Association of Cardiovascular Imaging.

**Figure 1.** Mesure des paramètres de l'index de Tei en doppler tissulaire



### Analyse des données

La saisie, l'analyse des données et des graphiques ont été réalisées sous Python 3.6.5 avec les packages NumPy, SciPy, Matplotlib et StatsModels. Dans tous les tests statistiques, le seuil de significativité statistique a été fixé à 0,05. Les moyennes sont présentées avec leurs écarts-types. Les variables quantitatives sont présentées avec leurs fréquences simples. Le test des rangs signés de

Wilcoxon a été réalisé pour comparer les mesures des variables quantitatives entre les deux groupes (H0 : la différence entre les 2 moyennes est nulle). Les corrélations entre 2 variables quantitatives ont été étudiées par le coefficient de corrélation de Pearson, et en cas de non-validité par le coefficient de corrélation des rangs de Spearman. Les régressions linéaires univariées ont été calculées par la méthode des moindres carrés.

## RESULTATS

### Composition des patients dans l'échantillon étudié

Au cours de la période d'inclusion, 93 patients ont été analysés après avoir donné leur consentement pour l'inclusion. 23 patients n'ont pas été inclus de l'étude en raison d'un refus d'entamer la RC. 6 patients ont été exclus de l'étude en raison d'un abandon au cours de la RC. 10 patients ont été exclus de l'étude pour données insuffisantes. Au total, nous retenons donc 54 patients inclus dans notre population d'étude. Le sex ratio hommes/femmes calculé est de 2,86 et la moyenne d'âge est de 62 ans. Les données démographiques ainsi que les indications à la RC sont résumées dans le Tableau 1 et Figure 2.

**Tableau 1.** Caractéristiques de la population d'étude

Caractéristiques des patients	
Age (en années)	62 ± 10
Sexe masculin	40
Sexe féminin	14
Poids pré RC (en kg)	79 ± 19
IMC pré RC (en kg/m <sup>2</sup> )	27,5 ± 6,6
Indications à la RC	
	n/N patients inclus (%)
SCA (NSTEMI)	21/54 (39%)
Infarctus du myocarde (STEMI)	12/54 (22%)
Haut risque cardiovasculaire	9/54 (17%)
Insuffisance cardiaque	1/54 (2%)
Angor	4/54 (7%)
Post implantation de stimulateur cardiaque	1/54 (2%)
Post chirurgie valvulaire	1/54 (2%)
Post chirurgie de pontage aorto coronarien	5/54 (9%)

### Comparaison des données relevées lors des bilans pré et post RC

La comparaison des données de la population d'étude avant et après RC est détaillée dans le Tableau 2. Tous les paramètres cliniques étudiés comprenant le périmètre abdominal (-1.3cm avec p<0.0001), le poids (-1kg avec p=0.0039) ainsi que la charge maximale à l'effort (+30.4 Watts, soit une amélioration de 27.6% + avec p<0.0001) ont présenté une différence significative suivant le test de Wilcoxon apparié.

**Tableau 2.** Analyse des données avant et après réadaptation cardiaque

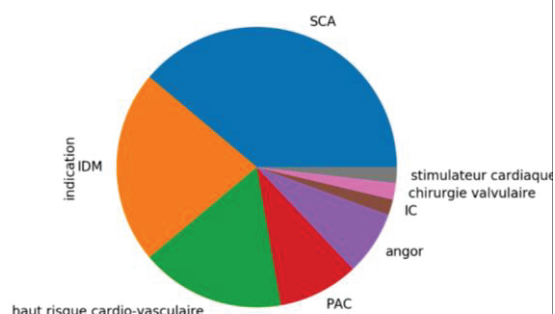
	Bilan pré RC	Bilan Post RC	Test Z de Wilcoxon apparié	P-value
Poids (en kg)	79,7 ± 18,6	78,7 ± 17,9	263	0.0039*
Périmètre abdominal (en cm)	98 ± 16,5	96,7 ± 15,6	101	< 0.0001*
Score INTERHEART	15,6 ± 6,3	12,9 ± 5,3	297	0.00095*
Charge maximale à l'effort (en Watt)	110 ± 39,0	140,4 ± 45,6	3.5	< 0.0001*
Onde E mitral (en m/s)	0,66 ± 0,21	0,65 ± 0,16	353.5	0.21
Onde A mitral (en m/s)	0,71 ± 0,19	0,72 ± 0,16	317,5	0.3
Temps de décélération de l'onde E mitral (en ms)	205,0 ± 55,4	200,0 ± 62,1	571	0.2
Mesures en doppler tissulaire sur l'anneau mitral latéral				
Onde E' latéral (en cm/s)	8,6 ± 3,0	8,44 ± 3,2	685	0.469
Rapport E/e' latéral	8,26 ± 4,0	8,9 ± 5,6	549	0.14
Onde A' latéral (en cm/s)	9,2 ± 2,0	9,8 ± 2,3	503.5	0.0395
Onde S' latéral (en cm/s)	7,7 ± 2,0	8,2 ± 2,2	449.5	0.045
Mesures en doppler tissulaire sur l'anneau mitral septal				
Onde E' septal (en cm/s)	6,4 ± 2,2	6,6 ± 2,3	504.5	0.06
Rapport E/e' septal	11,0 ± 4,1	10,5 ± 3,0	505	0.04*
Onde A' septal (en cm/s)	8,6 ± 2,0	8,6 ± 1,8	608	0.606
Onde S' septal (en cm/s)	6,6 ± 1,4	6,6 ± 1,5	610	0.35
Temps de relaxation isovolumique TRIV (en ms)	92,1 ± 20,5	73,5 ± 21,9	88.5	< 0.0001*
TAPSE (en cm)	20,8 ± 4,2	21,6 ± 4,3	419	0.00335*
ITvmax (en cm/s)	1,66 ± 0,53	1,67 ± 0,44	610	0.35
FEVG (en %)	64,8 ± 8,65	66,3 ± 7,7	284.5	0.06
VOGi (en mL/m <sup>2</sup> )	24,0 ± 6,5	23,2 ± 6,2	390.5	0.1
Mesure a de l'indice de Tei	481,0 ± 62,7	471,6 ± 52,5	525.5	0.279
Mesure b de l'indice de Tei	280,8 ± 33,2	287,2 ± 28,0	601	0.22
Temps de contraction isovolumique (en ms)	113,8 ± 43,3	116,2 ± 39,2	592.5	0.276
Indice de Tei	0,75 ± 0,23	0,67 ± 0,20	437	0.00853*



Nous observons une diminution significative du score INTERHEART après RC (-2.7 points, soit une diminution de 17% avec  $p=0.00095$ )

Concernant les mesures en Doppler tissulaire, nous retrouvons une différence significative sur le rapport E/e' septal ( $p=0.04$ ).

**Figure 2.** Indications à la RC de la population d'étude



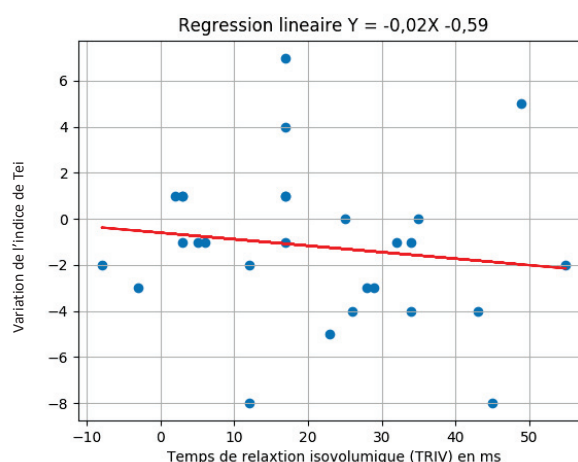
Après calcul, les mesures de la FEVG, du profil transmitral en Doppler pulsé, le VOGi et TCI ne présentent pas de différence significative après RC.

Nous avons mis en évidence une différence significative entre les mesures pré et post RC de l'indice de Tei ( $p=0.00853$ ), du TAPSE ( $p=0.00335$ ) et du TRIV ( $p<0.0001$ ).

### Corrélations

Par conséquent, nous avons analysé les données revenues significatives avec un test de corrélation de Pearson. Les valeurs ainsi obtenues sont consignées dans le Tableau 3. Nous mettons donc en évidence des corrélations significatives entre la variation de l'indice de Tei et celle du TAPSE ( $p=0.0005$ ), la variation du poids et celle du TAPSE ( $p=0.0577$ ), la variation de la charge maximale et celle du TAPSE ( $p=0.0387$ ) ainsi qu'entre l'âge du patient et la variation du rapport E/e' septal ( $p=0.0109$ ). Les corrélations significatives ont été représentées en nuages de points avec modélisation de droites de régression linéaire sur les Figures 3, 4, 5 et 6.

**Figure 3.** Corrélation entre Indice de Tei et TRIV



**Tableau 3.** Tableau des corrélations entre les variations des données relevées

	Durée	Age	Δ Poids	Δ Périmètre abdominal	Δ Charge max à l'effort	Δ Score INTERHEART	Δ E/e' latéral	Δ E/e' septal	Δ TRIV	Δ Indice de Tei
Age	0.2195 ( $p=0.2618$ )									
Δ Poids	-0.1266 ( $p=0.5210$ )	0.1462 ( $p=0.4580$ )								
Δ Périmètre abdominal	0.0245 ( $p=0.9015$ )	0.1832 ( $p=0.3508$ )	0.1735 ( $p=0.3773$ )							
Δ Charge max à l'effort	-0.1359 ( $p=0.4905$ )	-0.2821 ( $p=0.1458$ )	0.1212 ( $p=0.5390$ )	0.0949 ( $p=0.6311$ )						
Δ Score INTERHEART	-0.1522 ( $p=0.4393$ )	-0.1250 ( $p=0.5261$ )	-0.3047 ( $p=0.1149$ )	-0.0392 ( $p=0.8431$ )	-0.0012 ( $p=0.9952$ )					
Δ E/e' latéral	-0.2915 ( $p=0.1323$ )	-0.0455 ( $p=0.8182$ )	0.2529 ( $p=0.1942$ )	0.0492 ( $p=0.8036$ )	0.0669 ( $p=0.7352$ )	-0.0320 ( $p=0.8715$ )				
Δ E/e' septal	-0.0276 ( $p=0.8891$ )	<b>0.4734</b> ( <b><math>p=0.0109^*</math></b> )	-0.0756 ( $p=0.7021$ )	0.0907 ( $p=0.6464$ )	-0.2775 ( $p=0.1528$ )	0.0932 ( $p=0.6373$ )	-0.0281 ( $p=0.8872$ )			
Δ TRIV	0.3130 ( $p=0.1048$ )	0.0012 ( $p=0.9951$ )	0.0671 ( $p=0.7343$ )	-0.1875 ( $p=0.3394$ )	0.1843 ( $p=0.3479$ )	-0.1197 ( $p=0.5439$ )	0.0466 ( $p=0.124$ )	-0.0151 ( $p=0.9392$ )		
Δ Indice de Tei	0.0062 ( $p=0.9749$ )	-0.0573 ( $p=0.7723$ )	0.3522 ( $p=0.0661$ )	0.1093 ( $p=0.5798$ )	0.3442 ( $p=0.0729$ )	0.0518 ( $p=0.7935$ )	-0.2978 ( $p=0.1238$ )	0.0020 ( $p=0.9919$ )	<b>0.5357</b> ( <b><math>p=0.0033^*</math></b> )	
Δ TAPSE	0.1652 ( $p=0.4008$ )	0.1172 ( $p=0.5526$ )	<b>-0.3629</b> ( <b><math>p=0.0577^*</math></b> )	-0.1955 ( $p=0.3187$ )	<b>-0.3927</b> ( <b><math>p=0.0387^*</math></b> )	-0.0874 ( $p=0.6583$ )	-0.0020 ( $p=0.9918$ )	-0.1876 ( $p=0.3392$ )	-0.1381 ( $p=0.4835$ )	<b>-0.6122</b> ( <b><math>p=0.0005^*</math></b> )

Variations calculées par test de Pearson. Δ étant défini par la variation du paramètre étudié. Les valeurs obtenues sont le R-value, soit le coefficient de corrélation de Pearson, suivi du p-value de significativité

Figure 4. Corrélation entre TAPSE et Indice de Tei

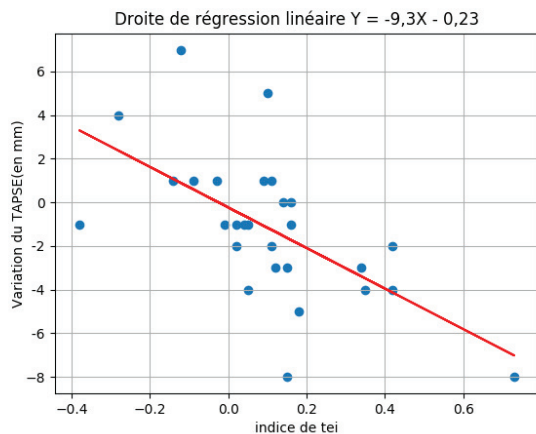


Figure 5. Corrélation entre TAPSE et poids

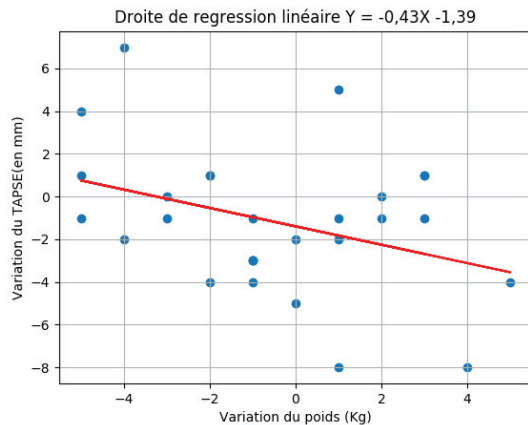
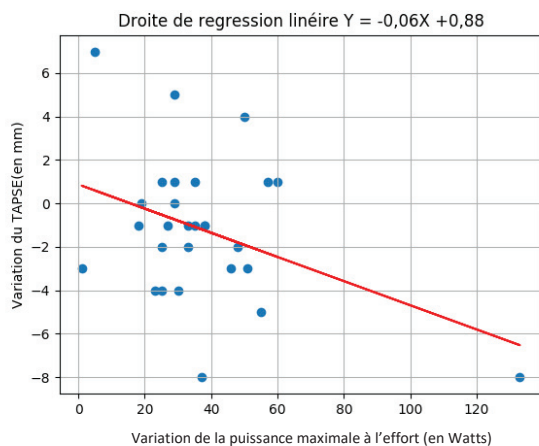


Figure 6. Corrélation entre TAPSE et puissance maximale à l'effort



## DISCUSSION

### Paramètres cliniques

L'étude IREDIA a révélé qu'un programme de RC permet une amélioration significative des paramètres cliniques étudiés (comme de nombreuses études antérieures l'avaient démontré), mais aussi l'amélioration de plusieurs paramètres permettant d'appréhender la fonction diastolique VG. En effet, nos résultats concernant l'effet de la RC sur le poids ainsi que sur la charge maximale à l'effort sont en accord avec les travaux pionniers de la Duke University<sup>(20)</sup> et à Oxford<sup>(21)</sup>. Ces derniers ont montré un bénéfice clinique et ergométrique après RC, y compris chez des patients porteurs d'une dysfonction systolique VG sévère.

De manière intéressante, nous avons également mis en évidence une diminution significative du score de risque cardio-vasculaire modifiable INTERHEART.

### Fonction systolique ventriculaire gauche

Sur le plan de la fonction systolique, nos résultats sont en concordance avec ceux de la littérature<sup>(17)</sup> puisque la FEVG est inchangée par la RC. Cependant, l'indice de Tei, dit de performance myocardique qui renseigne à la fois sur la fonction systolique et sur la fonction diastolique du VG, présente une diminution significative au sein de notre échantillon. Cette évolution peut suggérer un lien entre les paramètres échographiques et les capacités fonctionnelles, comme l'a également retrouvé Bajraktari<sup>(22)</sup> dans ses travaux au travers d'une association significative entre l'indice de Tei et la distance maximale au test de marche de 6 minutes sur 147 patients étudiés. Cependant, nous n'avons pas retrouvé de corrélation significative entre l'évolution de l'indice de Tei et celle de la charge maximale à l'effort (p-value à 0.0729).

### Fonction diastolique ventriculaire gauche

Sur le plan de la fonction diastolique, nos résultats ne retrouvent pas de différence significative sur le rapport  $E/e'$  latéral comme attendu. En effet, la majorité des études portant sur la fonction cardiaque en échocardiographie a révélé une amélioration significative de la fonction diastolique par l'entraînement physique, a contrario de la fonction systolique<sup>(23)</sup> comme le démontrent Pearson et al par une méta analyse regroupant 22 études. En effet, en comparant deux groupes constitués (avec et sans RC), ces derniers retrouvent une réduction significative du rapport  $E/e'$  latéral après ajustement sur l'âge et le sexe<sup>(24)</sup>. Par convention, la plupart des études antérieures ainsi que la pratique quotidienne conduisent à la mesure de l'onde  $e'$  en latéral. Le rapport  $E/e'$  ainsi obtenu est retrouvé fréquemment dans la littérature comme facteur pronostique<sup>(25)</sup>.

Néanmoins, nous observons une réduction significative du rapport  $E/e'$  mesuré sur l'anneau mitral septal. Même si l'évolution du rapport n'est pas significative en site latéral dans notre étude, le rapport  $E/e'$  septal est un marqueur important en lien avec la progression des capacités fonctionnelles. Les premiers travaux effectués

de manière invasive par Tarelja et al. ont démontré la corrélation entre le rapport E/e' septal et l'élévation des pressions diastoliques en mesurant la pression capillaire pulmonaire chez des patients ayant une dyspnée d'effort avec une FEVG > 50 %<sup>(26)</sup>. De même, Burgess et al. ont confirmé ces résultats en démontrant qu'un rapport E/e' septal > 13 est associé à une pression diastolique moyenne du VG supérieure à 15 mmHg<sup>(27)</sup>. Ces données invasives sont en lien direct avec la qualité de vie des patients et avec risque de réhospitalisation pour poussée d'insuffisance cardiaque.

Notre étude est a priori la première à montrer une différence dans l'évolution du rapport E/e' sur les différents sites de mesures du doppler tissulaire à l'anneau mitral. D'autres études telles que celle de Copenhague ne trouvent pas de différence significative intra individuelle entre les mesures faites en latéral comme en septal<sup>(28)</sup>. En outre, quel que soit le site de mesure au doppler tissulaire, le rapport E/e' paraît utile dans la prédiction d'événements cardiovasculaires au sein de la population générale<sup>(29)</sup>.

Nous nous attendions également à un remodelage du VOGi comme retrouvé dans de nombreuses études telles que celle de Pellicia et al<sup>(30)</sup> qui découvre une augmentation anormale du volume de l'OG chez 20 % des 1777 athlètes étudiés. Ce paramètre qui fait partie de l'étude de la fonction diastolique VG est également un prédicteur indépendant de décès, de survenue de poussée d'insuffisance cardiaque et d'accident vasculaire cérébral chez les patients porteurs d'une cardiopathie valvulaire ou d'une fibrillation atriale<sup>(31)</sup>. Nous n'avons pas identifié de modification significative du VOGi après RC. Nous soulevons l'hypothèse que ce remodelage retrouvé dans la littérature ne s'effectue que lors de programmes d'entraînements intenses et soutenus, différant largement des programmes de RC.

Nous avons retrouvé une diminution significative du TRIV. Cette différence étant importante sur notre échantillon, nous avons donc confronté cette évolution en regard des données de la littérature. Récemment, en explorant de manière invasive l'hémodynamique des patients porteurs d'une insuffisance cardiaque à fraction d'éjection préservée, Hummel et al. ont prouvé que le TRIV était corrélée à la pression artérielle pulmonaire<sup>(32)</sup>. Ainsi, une augmentation du TRIV signifie une PAPS élevée en lien avec un surrisque d'événements cardiovasculaires pouvant entraîner une hospitalisation<sup>(33)</sup>.

De même, le TAPSE que nous retrouvons augmenté de manière significative est également un facteur pronostique de décès et de ré hospitalisation chez les patients insuffisants cardiaques<sup>(34)</sup>. Au sein de notre population d'étude, la variation de ce paramètre est corrélée de manière significative avec la perte de poids, l'augmentation de l'indice de Tei ainsi qu'avec l'augmentation de la puissance maximale que peut déployer le patient en fin de RC. Très peu d'études ont étudié l'évolution de la fonction systolique du ventricule droit en lien avec l'amélioration des capacités fonctionnelles par la RC.

### **Relations entre les capacités fonctionnelles et la fonction diastolique**

Le rapport E/e' septal considéré comme « reflet » de la fonction diastolique dans de nombreuses études<sup>(35)</sup> présente une diminution significative mais sans corrélation ergométrique, possiblement due à un manque de puissance de l'étude.

Néanmoins, comme pour l'indice de Tei, le TAPSE et TRIV, ce rapport est documenté comme un marqueur de la qualité de vie des patients atteints de MCV<sup>(36)</sup> susceptible d'évoluer de façon favorable grâce à la RC. En accord avec les données de la littérature, des liens étroits paraissent être confirmés entre récupération des capacités fonctionnelles et amélioration de la fonction diastolique. Ces liens sont cependant fort complexes à interpréter en raison de l'intrication de nombreux paramètres et nous encourageant à poursuivre des études avec un plus grand échantillon de patients.

### **Limites de l'étude**

La limite première de l'étude provient de la taille de l'échantillon. Les travaux sont effectués sur un faible nombre de patients.

Enfin, il est intéressant (mais difficile à réaliser) de réévaluer les patients à distance de la RC pour savoir si les bénéfices de la RC sur la fonction diastolique et les capacités fonctionnelles se maintiennent au long cours. En effet, les patients ayant complété leur réadaptation possèdent généralement de meilleures conditions physiques et fonctionnelles en raison de leur entraînement récent. Même si nous recommandons aux patients de garder une activité physique régulière et une bonne hygiène de vie après leur RC, ces patients pour la plupart âgés, peuvent rapidement perdre les habitudes de vie acquises en SSR, une fois de retour à domicile<sup>(37)</sup>.

### **CONCLUSION**

La RC a permis une diminution significative du poids, du périmètre abdominal et du score de risque cardiovasculaire INTERHEART sur notre population d'étude. Les capacités physiques maximales à l'effort sont également augmentées de 27.6 %. Ces améliorations sont corrélées à des variations significatives de plusieurs paramètres échographiques tels que l'indice de Tei, le TAPSE et des paramètres de la fonction diastolique représentés par le rapport E/e' septal et le TRIV. Ces éléments sont des marqueurs pronostiques de morbi-mortalité et de qualité de vie. Ainsi, le bénéfice démontré par le programme de RC est à la fois présent sur le plan clinique, ergométrique et échographique. Ces données confirment indéniablement l'intérêt majeur de la RC pour les patients en prévention primaire ou secondaire de MCV.

### **REMERCIEMENTS**

#### **Conflits d'intérêts**

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts dans les travaux présentés dans cet article

### Contribution aux auteurs

Nous remercions chaleureusement Professeur Bernard PIERRE (Université Lyon 1), Professeur Pierre GIBELIN (Université Nice Sophia Antipolis) et Docteur Sok-Sithikun BUN (Service de Cardiologie – CHU Pasteur, Nice) pour leur relecture et leur précieuse aide dans la rédaction de ces travaux. Nous certifions que toutes les personnes qui ont contribué de manière significative à ces travaux sont listées comme auteurs et qu'elles ont données leur consentement écrit avant soumission.

### Assurances

L'étude IREDIA a été approuvée par le Comité de Protection des Personnes Ouest I de Tours (Dossier 2018-A03168-47), par l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament (ANSM – ID RCB : 2018-A03168-47) ainsi que par la Commission Nationale Informatique et Libertés (CNIL) conformément à l'article 53 du chapitre IX de la loi Informatique et libertés (paragraphe 2).

Tous les participants à l'étude ont donné leur consentement informé par écrit, selon les modalités légales en vigueur. Cette étude n'a reçu aucun financement extérieur de la part d'agences publiques, commerciales ou d'associations.

### BIBLIOGRAPHIE

1. Fourcade N, Von Lennep F, Gremy I et al. L'état de santé en France : Rapport 2017. DREES et Santé publique France [Rapport 2017]
2. Pavy B, Iliou M-C, Vergès-Patois B, Brion R, Monpère C, Carré F, et al. French Society of Cardiology guidelines for cardiac rehabilitation in adults. *Archives of Cardiovascular Diseases*. 1 mai 2012;105(5):309-28.
3. Piepoli MF, Davos C, Francis DP, Coats AJS, ExTraMATCH Collaborative. Exercise training meta-analysis of trials in patients with chronic heart failure (ExTraMATCH). *BMJ*. 24 janv 2004;328(7433):189.
4. Belardinelli R, Georgiou D, Cianci G, Purcaro A. Randomized, controlled trial of long-term moderate exercise training in chronic heart failure: effects on functional capacity, quality of life, and clinical outcome. *Circulation*. 9 mars 1999;99(9):1173-82.
5. Downing J, Balady GJ. The Role of Exercise Training in Heart Failure. *Journal of the American College of Cardiology*. 2 août 2011;58(6):561-9.
6. Garet M, Barthélémy JC, Degache F, Costes F, Da-Costa A, Isaaz K, et al. A questionnaire-based assessment of daily physical activity in heart failure. *European Journal of Heart Failure*. 1 août 2004;6(5):577-84.
7. European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice (version 2012). *European Journal of Preventive Cardiology*, 2012;19:585-667.
8. Pavy B, Corone S. [Prevention - cardiac rehabilitation: The same fight!]. *Ann Cardiol Angeiol (Paris)*. nov 2018;67(5):291-2.
9. De Peretti C, Nicolau J, Chin F, Tuppin P, Danchin N, Danet S, et al. Réadaptation cardiaque hospitalière après infarctus du myocarde en France : apports du PMSI-SSR. *bull Epidémiol hebdomadaire*. 2014;(5):84-92.7.
10. Minvielle C. Barriers to cardiac rehabilitation after myocardial infarction: Bordeaux university hospital example. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 1 sept 2016;59:e48.
11. Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, Byrd BF, Dokainish H, Edvardsen T, et al. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography*. avr 2016;29(4):277-314.
12. Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med*. 14 mars 2002;346(11):793-801.
13. Kodama S, Saito K, Tanaka S, Maki M, Yachi Y, Asumi M, et al. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *JAMA*. 20 mai 2009;301(19):2024-35.
14. Yusuf S, Hawken S, Ounpuu S, Dans T, Avezum A, Lanas F, et al. Effect of potentially modifiable risk factors associated with myocardial infarction in 52 countries (the INTERHEART study): case-control study. *Lancet*. 11 sept 2004;364(9438):937-52.
15. Joseph P, Yusuf S, Lee SF, Ibrahim Q, Teo K, Rangarajan S, et al. Prognostic validation of a non-laboratory and a laboratory based cardiovascular disease risk score in multiple regions of the world. *Heart*. 2018;104(7):581-7.
16. La Gerche A, Burns AT, Mooney DJ, Inder WJ, Taylor AJ, Bogaert J, et al. Exercise-induced right ventricular dysfunction and structural remodelling in endurance athletes. *European Heart Journal*. avr 2012;33(8):998-1006. Capacity. *JAMA*. 21 janv 2009;301(3):286-94.
17. Grewal J, McCully RB, Kane G, Lam C, Pellicka PA. Left Ventricular Function and Exercise
18. Perry GJ, Ahmed MI, Desai RV, Mujib M, Zile M, Sui X, et al. Left Ventricular Diastolic Function and Exercise Capacity in Community-Dwelling Adults ≥ 65 Years of Age without Heart Failure. *Am J Cardiol*. 1 sept 2011;108(5):735-40.
19. Levy WC, Cerqueira MD, Abrass IB, Schwartz RS, Stratton JR. Endurance exercise training augments diastolic filling at rest and during exercise in healthy young and older men. *Circulation*. juill 1993;88(1):116-26.
20. Sullivan MJ, Higginbotham MB, Cobb FR : Exercise training in patients with severe left ventricular dysfunction. Hemodynamic and metabolic effects. *Circulation* 1988;78:506-15.
21. Coats AJ. Exercise training in heart failure. *Curr Control Trials Cardiovasc Med*. 2000;1(3):155-60
22. Bajraktari G, Batalli A, Poniku A, Ahmeti A, Olloni R, Hyseni V, et al. Left ventricular markers of global dyssynchrony predict limited exercise capacity in heart failure, but not in patients with preserved ejection fraction. *Cardiovasc Ultrasound*. 11 sept 2012;10(1):36.
23. Sandri M, Kozarek I, Adams V, Mangner N, Höllriegel R, Erbs S, et al. Age-related effects of exercise training on diastolic function in heart failure with reduced ejection fraction: The Leipzig Exercise Intervention in Chronic Heart Failure and Aging (LEICA) Diastolic Dysfunction Study. *Eur Heart J*. 1 juill 2012;33(14):1758-68.
24. Pearson MJ, Mungovan SF, Smart NA. Effect of exercise on diastolic function in heart failure patients: a systematic review and meta-analysis. *Heart Failure Reviews*. mars 2017;22(2):229-42.
25. Acil T, Wichter T, Stypmann J, Janssen F, Paul M, Grude M, et al. Prognostic value of tissue Doppler imaging in patients with chronic congestive heart failure. *International Journal of Cardiology*. 18 août 2005;103(2):175-81.
26. Tarelja D, Nishimura R, OH J. Noninvasive parameters of diastolic function reflect invasively measured filling pressures during exercise [abstract]. *Circulation*, 2004 ; 110 (Suppl. III) : III474. 8.

27. Burgess MI, Jenkins C, Sharman JE, Marwick TH. Diastolic stress echocardiography : hemodynamic validation and clinical significance of estimation of ventricular filling pressure with exercise. *J Am Coll Cardiol*, 2006 ; 47 : 1 891-900.
28. Wang JN, Biering-Sørensen T, Jørgensen PG, Jensen JS, Mogelvang R. Left ventricular filling pressure by septal and lateral E/e' equally predict cardiovascular events in the general population. *Int J Cardiovasc Imaging*. mai 2017;33(5):653-61.
29. Hillis GS, Møller JE, Pellikka PA, Gersh BJ, Wright RS, Ommen SR, et al. Noninvasive estimation of left ventricular filling pressure by E/e' is a powerful predictor of survival after acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*. 4 févr 2004;43(3):360-
30. Pelliccia A, Maron BJ, Di Paolo FM, Biffi A, Quattrini FM, Pisicchio C, et al. Prevalence and Clinical Significance of Left Atrial Remodeling in Competitive Athletes. *Journal of the American College of Cardiology*. 16 août 2005;46(4):690-6.
31. Abhayatana WP, Seward JB, Appleton CP. Left atrial size. physiologic determinants and clinical applications. *J Am Coll Cardiol*, 2006 ; 47 : 2 357-63.
32. Hummel YM, Liu LCY, Lam CSP, Fonseca-Munoz DF, Damman K, Rienstra M, et al. Echocardiographic estimation of left ventricular and pulmonary pressures in patients with heart failure and preserved ejection fraction: a study utilizing simultaneous echocardiography and invasive measurements. *Eur J Heart Fail*. 2017;19(12):1651-60.
33. Meluzín J, spinarová I, dusek I, Toman J, hude P, Krejčí J et al . Prognostic importance of the right ventricular function assessed by doppler tissue imaging.euh *J echocardiology* 2003 ;4:262-71
34. Drissa M, Helali S, Ben Hamida Y, Drissa H. Evolutive profile and prognosis factors of chronic heart failure in a Tunisian center. *Tunis Med*. déc 2018;96(12):869-74.
35. Fu T, Yang N, Wang C, Cherng W, Chou S, Pan T, et al. Aerobic Interval Training Elicits Different Hemodynamic Adaptations Between Heart Failure Patients with Preserved and Reduced Ejection Fraction. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 1 janv 2016;95(1):15 27.
36. Lin T-T, Wang Y-C, Juang J-MJ, Hwang J-J, Wu C-K. Application of the newest European Association of Cardiovascular Imaging Recommendation regarding the long-term prognostic relevance of left ventricular diastolic function in heart failure with preserved ejection fraction. *Eur Radiol*. 8 août 2019
37. Grace SL, Russell KL, Reid RD, Oh P, Anand S, Rush J, et al. Effect of cardiac rehabilitation referral strategies on utilization rates: a prospective, controlled study. *Arch Intern Med*. 14 févr 2011;171(3):235-41.

## SERMENT D'HIPPOCRATE

---

Au moment d'être admis(e) à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu(e) à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances, Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leur famille dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré(e) et méprisé(e) si j'y manque.

# RESUMÉ

---

## Impact de la réadaptation cardiaque sur la fonction diastolique et les capacités fonctionnelles.

Thanh Danh LY

**Contexte** : Les maladies cardiovasculaires (MCV) représentent la première cause de mortalité dans le monde et touchent une population de plus en plus jeune, entraînant une réduction significative de leur qualité de vie. La réadaptation cardiaque (RC) permet de diminuer la mortalité et prévenir leurs récurrences mais sans amélioration de la fonction systolique observée dans les données de la littérature. Néanmoins, les relations entre la fonction diastolique à l'échocardiographie et les capacités fonctionnelles restent peu étudiées à ce jour lors d'une RC.

**Objectif** : L'objectif principal de notre étude est d'analyser l'évolution des données cliniques, des mesures échographiques dont certaines relatives à la fonction diastolique, et une évaluation objective des capacités physiques par épreuve d'effort sur cyclo-ergomètre avant et après vingt séances de RC.

**Methodes** : Nous avons réalisé une étude transversale prospective au sein du service de RC de décembre 2018 à juillet 2019. L'inclusion à l'étude était proposée à tous les patients ayant une indication à une RC, avec une fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG)  $\geq 50\%$ . Pour chaque patient inclus, nous avons effectué un bilan en inclusion puis, après la RC. Dans ce bilan, nous avons relevé le poids, le périmètre abdominal, le score INTERHEART et la charge maximale à l'effort (Wattmax) lors d'une épreuve d'effort sur cyclo-ergomètre. A l'échocardiographie, nous avons relevé la FEVG, l'indice de Tei et le déplacement longitudinal de la partie latérale de l'anneau tricuspide (TAPSE), ainsi que plusieurs mesures relatives à la fonction diastolique telles que le rapport E/e' en septal et en latéral, et le temps de contraction isovolumique (TRIV).

**Résultats** : Nous avons inclus 54 patients dans notre étude. Nous observons une réduction moyenne significative du poids de 1 kg ( $p=0,004$ ), du périmètre abdominal de 1,3 cm ( $p<0,0001$ ), du score INTERHEART de 2,7 points, soit -17% ( $p<0,0001$ ) ainsi qu'une amélioration significative des Wattmax de +30.4W, soit +27.6 % ( $p<0,0001$ ). A l'échocardiographie, une réduction significative du rapport E/e' septal ( $p=0,04$ ) et de l'indice de Tei ( $p=0,009$ ) ont été retrouvées. Nous retrouvons également une amélioration du TAPSE ( $p=0,004$ ) et du TRIV ( $p<0,0001$ ). La RC n'a pas eu d'impact sur la FEVG.

**Conclusion** : La RC a permis une diminution significative du poids, du périmètre abdominal, et du score de risque cardio-vasculaire INTERHEART sur notre population d'étude. Les capacités physiques maximales à l'effort sont également augmentées de 27.6 %. Ces améliorations sont corrélées à des variations significatives de plusieurs paramètres échographiques tels que l'indice de Tei, le TAPSE et des paramètres de la fonction diastolique représentés par le rapport E/e' septal et le TRIV. Ces éléments sont des marqueurs pronostiques de morbi-mortalité et de qualité de vie. Ainsi, le bénéfice démontré par le programme de RC est à la fois présent sur le plan clinique, ergométrique et échographique. Ces données confirment indéniablement l'intérêt majeur de la RC pour les patients en prévention primaire ou secondaire de MCV.