



HAL
open science

L'intérêt du HIIT sur la VO₂max chez les patients receveurs de transplantation cardiaque

Manon Nastasi

► **To cite this version:**

Manon Nastasi. L'intérêt du HIIT sur la VO₂max chez les patients receveurs de transplantation cardiaque. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04774119

HAL Id: dumas-04774119

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04774119v1>

Submitted on 8 Nov 2024

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.

**AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ
ÉCOLE DES SCIENCES DE LA RÉADAPTATION
FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE**

**L'INTÉRÊT DU HIIT SUR LA VO_2 max CHEZ
LES PATIENTS RECEVEURS DE
TRANSPLANTATION CARDIAQUE :
UNE REVUE SYSTÉMATIQUE**

NASTASI Manon

Directrice de mémoire : M^{me} ROUVIERE Émilie

REMERCIEMENTS :

Je tiens tout d'abord à remercier Madame Émilie ROUVIERE, ma directrice de mémoire pour son aide et son accompagnement tout au long de l'élaboration de ce mémoire de fin d'études.

Je remercie aussi tous mes tuteurs de stage en particulier ceux qui m'ont encadré lors des deux cliniques pour leurs conseils précieux.

Je souhaite adresser mes remerciements à toute l'équipe de la Timone en particulier Hector et Lillian ainsi que l'équipe de Timone Enfants. Je remercie aussi Barbara pour son soutien inestimable.

Julie, Juliette et Manon, je vous suis infiniment reconnaissante pour vos relectures attentives.

Un grand merci à mes amis qui me sont chers pour leur présence et soutien au quotidien je pense notamment à Elise, Camille, Léo, Charlène, Lucie...

Je tiens également à exprimer ma reconnaissance envers à ma mère et ma sœur qui m'ont toujours soutenu et encouragé ainsi que Paul pour son aide précieuse et indispensable.

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	1
1.1. Le système cardiovasculaire.....	1
1.1.1. Anatomie.....	1
1.1.2. Physiologie	4
1.1.3. Adaptation du système cardiovasculaire et respiratoire lors de l'effort	7
1.2. Insuffisance cardiaque (IC)	11
1.3. La transplantation ou greffe d'organes	13
1.3.1. Généralités.....	13
1.3.2. La transplantation cardiaque	15
1.4. Rééducation	20
1.4.1. Intérêt de la rééducation chez les patients transplantés cardiaques	20
1.4.2. Réadaptation cardiaque.....	21
1.4.3. Réadaptation chez les patients receveurs de transplantation cardiaque.....	22
1.4.4. High-Intensity Interval Training (HIIT).....	23
1.5. Hypothèses théoriques	26
1.6. Intérêts et objectifs de la revue.....	26
2. METHODE	27
2.1. Critères d'éligibilité des études	27
2.1.1. Type d'étude	27
2.1.2. Date de publication.....	27
2.1.3. Population recherchée.....	27
2.1.4. Intervention	27
2.1.5. Comparateur	28
2.1.6. Critère de jugement.....	28
2.2. Méthode et recherches d'études	28
2.2.1. Sources utilisées dans la recherche d'articles.....	28
2.2.2. Équation de recherche	28
2.3. Méthode d'extraction et d'analyse des données.....	30
2.3.1. Critères d'inclusion et critères d'exclusion	30
2.3.2. Sélections des études.....	30
2.3.3. Evaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées.....	30
2.3.4. Extraction des données.....	31
2.3.5. Synthèse des résultats	31
3. RESULTATS	32
3.1. Description des études.....	32
3.1.1. Diagramme de flux.....	32
3.1.2. Études exclues.....	32
3.1.3. Études incluses.....	35
3.2. Risque de biais des études incluses	43
3.2.1. Synthèse des biais retrouvés.....	43
3.2.2. Validité externe.....	44
3.2.3. Biais de sélection.....	44

3.2.4.	Biais de performance	44
3.2.5.	Biais d'évaluation	44
3.2.6.	Biais de suivi.....	44
3.2.7.	Biais d'attrition.....	45
3.2.8.	Biais d'interprétation	45
3.3.	Les effets de l'intervention	45
3.3.1.	Les indicateurs statistiques	45
3.3.2.	Les effets de l'intervention sur le critère de jugement principal	47
3.3.3.	Les effets de l'intervention sur les critères de jugements secondaires	50
4.	DISCUSSION	54
4.1.	Analyse des principaux résultats	54
4.1.1.	Analyse de la population.....	54
4.1.2.	Analyse des interventions	55
4.1.3.	Analyse des critères de jugements et des outils de mesure	57
4.1.4.	Analyse des résultats	58
4.2.	Applicabilité en pratique clinique.....	63
4.2.1.	Coût de l'intervention	63
4.2.2.	Applicabilité	64
4.2.3.	Bénéfices / Risques	64
4.2.4.	Contraintes potentielles.....	65
4.3.	Qualité des preuves	65
4.3.1.	Le système GRADE	65
4.3.2.	Niveau de preuve et grade de recommandation des études.....	67
4.4.	Biais potentiels de la revue	68
4.5.	Conflits d'intérêt et financement	70
4.5.1.	Les financements et les conflits d'intérêts des études incluses dans la revue.	70
4.5.2.	Conflits d'intérêts de cette revue de littérature	70
5.	CONCLUSION	71
5.1.	Implication pour la pratique clinique	71
5.2.	Implication pour la recherche	72
6.	BIBLIOGRAPHIE.....	73
7.	ANNEXES	77

LISTE DES FIGURES UTILISEES :

Figure 1 : Les différents feuillets de la paroi cardiaque [2] (Page 697)	2
Figure 2 : La situation des différentes valves [2](Page 703).....	3
Figure 3 : Schéma illustrant la diastole	5
Figure 4 : La systole puis première étape de la diastole	5
Figure 5 : La circulation du sang : circulation systémique et pulmonaire	6
Figure 6 : Le système de conduction	7
Figure 7 : Les seuils ventilatoires (SV1 et SV2)	9
Figure 8 : Plafonnement de la VO_2_{max}	10
Figure 9 : Les mécanismes physiologiques clés pour l'amélioration de la VO_2_{max} [35].....	24
Figure 10 : Exemple d'un programme de HIIT pour un patient donné	25
Figure 11 : Diagramme de flux [52]	32
Figure 12 : Schéma récapitulant la chronologie des trois études de l'essai "HIITS".....	34
Figure 13 : Suivi du HIIT chez les transplantés cardiaques : de l'étude initiale à 3 ans [55].....	34
Figure 14 : Schéma d'une étude en plan croisé [51].....	37
Figure 15 : Illustration du programme de HIIT dans l'article de Dall, et al., 2014 [59]	38
Figure 16 : Schéma d'une étude contrôlée et randomisée en groupes parallèles [51].....	39
Figure 17 : Illustration du programme de HIIT dans l'article de Nytrøen, et al., 2019 [58].....	40
Figure 18 : Illustration du programme d'entraînement continue à intensité modérée dans l'article de Nytrøen, et al., 2019 [58]	40
Figure 19 : Forest plot pour les études ayant comme comparateur l'entraînement continu d'intensité modérée	49
Figure 20 : Forest plot pour les études ayant comme comparateur la kinésithérapie conventionnelle	49

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau I : Classification fonctionnelle de la NYHA en fonction de la gravité des symptômes et de l'activité physique.....	13
Tableau II : Critères selon le modèle PICO.....	28
Tableau III : Résultats proposés par HeTop.....	29
Tableau IV : Équation de recherche utilisée pour les différentes bases de données et les filtres appliqués	29
Tableau V : Critères d'inclusion et critères d'exclusion	30
Tableau VI : Tableau de synthèse des caractéristiques des études incluses	36
Tableau VII : Score PEDro pour chaque étude.....	43
Tableau VIII : Résultats obtenus pour le critère de jugement principal : le HIIT	48
Tableau IX : Résultats obtenus pour un des critères de jugement secondaire : la FC de repos.....	50
Tableau X : Résultats obtenus pour un des critères de jugement secondaires : la FC max	51
Tableau XI : Résultats obtenus pour un des critères de jugement secondaire : le RER	52
Tableau XII : Résultats obtenus pour un des critères de jugement secondaire : la tension artérielle systolique	53
Tableau XIII : Résultats pour les critères de jugement secondaires de l'article de Dall, et al., 2014.....	60
Tableau XIV : Résultats pour les critères de jugement secondaires de l'article de Nytrøen, et al., 2019	60
Tableau XV : Résultats pour les critères de jugement secondaires de l'article de T.S Hermann, et al.,2011.....	61
Tableau XVI : Résultats pour les critères de jugement secondaires de l'article de Rustad, et al., 2014.....	61
Tableau XVII : Risques de biais.....	66
Tableau XVIII : Evaluation de la qualité méthodologique de la revue de littérature avec la grille AMSTAR-2	69
Tableau XIX : Les financements et les conflits d'intérêts des études incluses dans la revue de littérature	70

LISTE DES ABREVIATIONS :

AVC : Accident Vasculaire Cérébral
Bpm : Battements Par Minute
CEC : Circulation Extra Corporelle
CO₂ : Dioxygène
CSP : Code de Santé Publique
DC : Débit Cardiaque
ECR : Essais clinique randomisé
EE : Epreuve d'Effort
ETT : Echographie Trans Thoracique
FC : Fréquence Cardiaque
FC_{max} : Fréquence Cardiaque Maximale
FE : Fraction d'Ejection
FEVG : Fraction d'éjection du Ventricule Gauche
GERS : Groupe Exercice Réadaptation Sport
HAS : Haute Autorité de Santé
HIIT : High Intensity Interval Training : Entraînement de haute intensité par intervalles
IC : Insuffisance Cardiaque
IC à 95 % : Intervalle de confiance à 95 %
IMC : Indice de Masse Corporelle
MeSH : Medical Subject Headings
MICT : Moderate Intensity Continuous Training : Entraînement continu d'intensité modérée
MK : Masseur-Kinésithérapeute
NAV : Nœud Atrio-Ventriculaire
NYHA : New York Heart Association
O₂ : Oxygène
OMS : Organisation Mondial de la Santé
QR : Quotient Respiratoire
RER : Rapport d'Echange Respiratoire
RM : Résistance Maximale
SFC : Société Française de Cardiologie
SV : Seuil Ventilatoire
VES : Volume d'Ejection Systolique
VO_{2 max} : Consommation en oxygène maximale

1. INTRODUCTION

Durant ma formation à l'IFMK, j'ai réalisé trois ans d'apprentissage à l'AP-HM. Cette formation en alternance m'a donné l'opportunité d'apprendre à travailler pendant un an dans le service de soins critiques cardio-vasculaires, où j'ai porté un intérêt particulier à la prise en charge des patients transplantés cardiaques.

En unité de soins critiques, la réadaptation cardiaque reste limitée quant aux possibilités du patient ainsi que les contre-indications liées à la précocité de la prise en charge. C'est principalement pour cette raison que j'ai souhaité m'intéresser à une autre phase de la réadaptation : la phase de convalescence.

J'ai donc entrepris des recherches à ce sujet, auxquelles s'est ajouté un stage en centre de rééducation cardio-vasculaire. Les entraînements par intervalles ainsi que les entraînements continus m'ont tout particulièrement intrigué.

1.1. Le système cardiovasculaire

Le système cardiovasculaire est un circuit fermé composé du cœur étant la pompe et des vaisseaux sanguins correspondant au réseau de transport du sang.

La fonction de ce système est de permettre aux cellules, tissus et organes de tout l'organisme d'être approvisionnés en oxygène (O₂) et en nutriments, mais également de collecter en retour le gaz carbonique ou dioxyde de carbone (CO₂) et autres déchets pour qu'ils soient éliminés par les systèmes d'épuration [1].

1.1.1. Anatomie

1.1.1.1. Le cœur [1][2]

➤ Situation

Le cœur est un organe en forme de pyramide triangulaire logé dans le thorax, et plus précisément dans le médiastin antérieur. Il se situe environ entre le troisième et le sixième espace costal, et en regard des vertèbres T6, T7 et T8. Deux tiers du cœur se placent à gauche de l'axe médian du sternum et un tiers à droite.

Son axe est oblique, orienté en avant, à gauche et légèrement en bas à droite [3].

Le cœur est en rapport avec :

- Latéralement : les poumons ;
- En bas : la coupole diaphragmatique gauche ;
- En avant : le sternum ;
- En arrière : le médiastin postérieur composé, entre autres, de l'œsophage et de l'aorte thoracique descendante ;

Il mesure entre 12 et 14 cm et pèse 250 à 300 grammes chez l'adulte.

➤ Les tuniques cardiaques

Le cœur est un muscle strié creux et pulsatile composé de trois tuniques, qui sont de l'extérieur vers l'intérieur : le péricarde, le myocarde et l'endocarde.

Le péricarde représente la tunique la plus externe et est constitué d'un péricarde fibreux correspondant au feuillet superficiel et d'un péricarde séreux composant le feuillet profond, lui-même constitué de deux feuillets (viscéral et pariétal). Ces deux feuillets sont séparés par une cavité péricardique correspondant à un espace de glissement qui joue un rôle de lubrifiant et permettant de faciliter les mouvements du cœur en lien avec sa variation de volume. Il joue aussi un rôle d'enveloppe protectrice ¹.

Le myocarde, ou le muscle cardiaque, représente la couche médiane de la paroi du cœur. Le myocarde est le lieu où se produisent les phénomènes de contraction et de relaxation du cœur grâce à un important tissu musculaire.

Le myocarde est constitué de plusieurs types de cellules musculaires :

- Les cellules musculaires contractiles (cardiomyocytes) : sont des cellules musculaires striées dont la fonction est de permettre la transmission et l'excitation d'une cellule à une autre.
- Les cellules cardionectrices : composent le système d'automatisme et de conduction du myocarde. Ces cellules ont pour but de générer et de conduire l'influx électrique pour assurer un rythme cardiaque.
- Les cellules myoendocrines : ont une fonction endocrine et participent à la régulation de la volémie [4].

Le ventricule gauche doit être capable d'éjecter le sang dans tout le système circulaire donc l'épaisseur du myocarde est plus importante pour pouvoir assurer sa fonction [5].

L'endocarde, aussi appelé épithélium cardiaque, tapisse l'intérieur des cavités cardiaques et prolonge l'intima des vaisseaux. Son rôle principal est d'éviter la coagulation du sang au contact de la paroi cardiaque ¹.

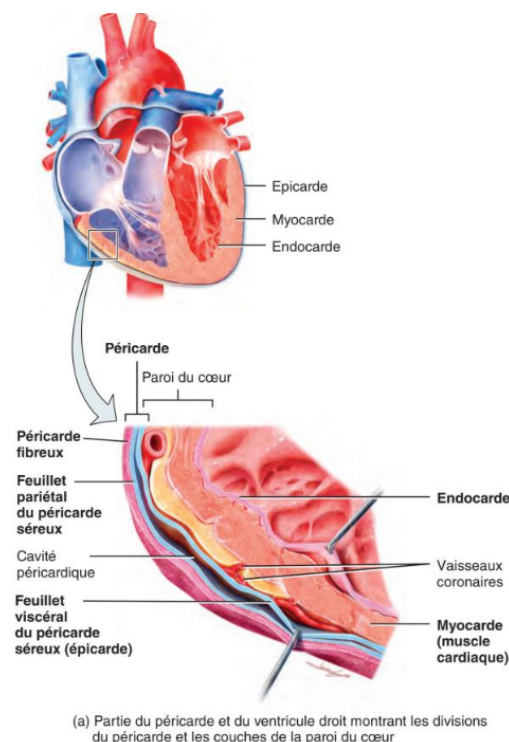


Figure 1 : Les différents feuillets de la paroi cardiaque [2] (Page 697)

¹ [CCEUR - Anatomie du cœur humain : Parois et cavités - Encyclopædia Universalis](#) (consulté le 18/10/2023)

➤ Morphologie interne

Le cœur est divisé en deux parties séparées par un septum :

- Le cœur droit composé du ventricule droit et de l'atrium droit
- Le cœur gauche constitué du ventricule gauche et de l'atrium gauche

De par son axe oblique à gauche, les cavités droites sont antériorisées dans le thorax par rapport aux cavités gauches.

Le rôle des ventricules est de faire fonctionner le cœur en propulsant le sang dans les artères. Les atriums sont quant à eux des cavités de remplissage.

Entre chaque cavité se trouvent des valves cardiaques :

- Entre l'atrium droit et le ventricule droit : **valve tricuspide**
- Entre le ventricule droit et l'artère pulmonaire : **valve pulmonaire**
- Entre l'atrium gauche et le ventricule gauche : **valve mitrale**
- Entre le ventricule gauche et l'aorte : **valve aortique**

Le but de ces valves est d'empêcher le reflux sanguin, donc de permettre au sang de circuler toujours dans le même sens d'une cavité à l'autre. Elles fonctionnent en réponse aux variations de pression induites par la contraction et la relaxation du cœur.

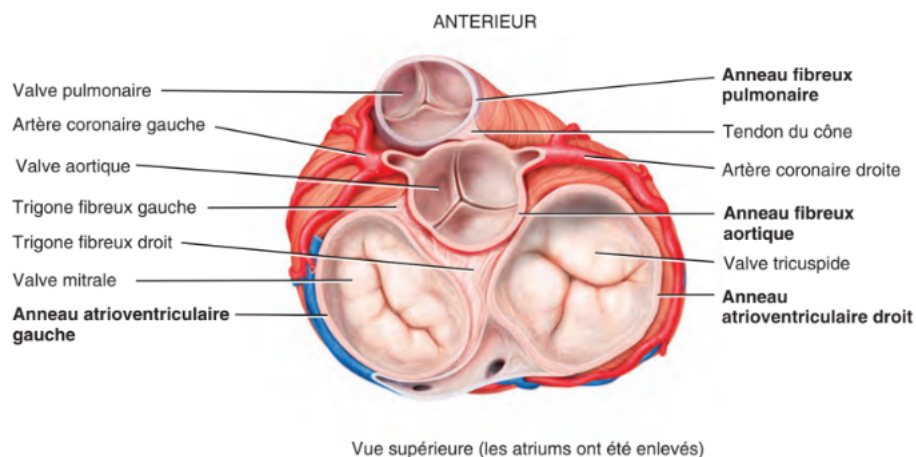


Figure 2 : La situation des différentes valves [2](Page 703)

1.1.1.2. La vascularisation du cœur [6]

Le cœur est un muscle, nécessitant un apport en oxygène important qui va être assuré par la vascularisation du cœur. Celle-ci se fait par les artères coronaires issues de l'aorte descendante. [3]

A partir du sinus de Valsalva ou sinus aortique gauche, naît l'artère coronaire gauche qui se divise en deux branches :

- Artère circonflexe qui vascularise la partie latérale du cœur
- Artère interventriculaire antérieure irriguant le septum et la partie antérieure du ventricule gauche

L'artère coronaire droite, née du sinus de Valsalva droit irrigue la partie inférieure du cœur ainsi que la partie postérieure du ventricule droit avec ses deux branches :

- Artère interventriculaire postérieure
- Artère retro-ventriculaire

Il faut noter qu'il existe différentes branches et différents types d'anatomies propres à chaque individu. Néanmoins, le plus souvent on considère que l'artère coronaire dominante est la droite.

Contrairement aux autres artères du corps humain qui fonctionnent en systole, les artères coronaires se remplissent durant la diastole.

Quant au réseau veineux coronaire, il est non symétrique aux artères. Il s'agit d'un réseau périphérique qui se draine dans le sinus coronaire, lequel s'abouche dans l'atrium droit.

Il faut noter qu'au repos 5% du débit cardiaque est destiné à la vascularisation du cœur.

Les vaisseaux sanguins :

« Tous les vaisseaux qui partent du cœur sont des artères et tous les vaisseaux qui reviennent sont des veines. Les vaisseaux capillaires s'interposent entre les artères et les veines au sein des organes. » [4]

Concernant **la circulation systémique**, le système artériel débute par l'aorte qui part du ventricule gauche, se poursuit avec l'aorte thoracique qui est d'abord ascendante, donnant naissance au tronc brachio-céphalique, puis l'aorte thoracique descendante. Elle devient ensuite l'aorte abdominale qui se divise en 7 collatérales destinées aux viscères, à la sphère génito-urinaire. L'aorte se divise par la suite en artères iliaques communes qui elles-mêmes se divisent en artères iliaques internes et externes.

Pour le système veineux, il y a trois systèmes qui aboutissent tous dans le système veineux cave qui se jette ensuite dans l'atrium droit : le système porte, le système azygos, et le système cave avec la veine cave supérieure et la veine cave inférieure. [4]

Pour la **circulation pulmonaire**, le système artériel débute avec l'artère pulmonaire qui part du ventricule droit et se divise en artères pulmonaires droite et gauche. Concernant les quatre veines pulmonaires, elles s'abouchent dans l'atrium gauche. [4]

1.1.2. Physiologie

1.2.2.1. Le circuit du sang

➤ La circulation cardiaque

Un cycle cardiaque correspond à une succession de systole et de diastole ventriculaire.

Lors de la **diastole**, les deux ventricules se remplissent depuis les atriums. On a donc une contraction atriale et une relaxation ventriculaire. Les deux valves atrio-ventriculaires (mitrale et tricuspide) sont ouvertes laissant passer le sang des atriums vers les ventricules. Le remplissage se fait de façon passive au début, puis une contraction des atriums permet d'envoyer le sang restant dans les ventricules. Durant la diastole, les valves aortique et pulmonaire sont fermées.

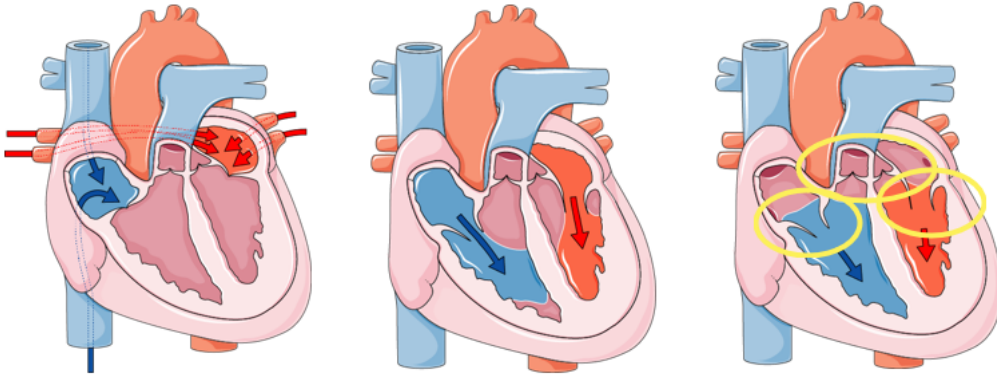


Figure 3 : Schéma illustrant la diastole ²

Durant la **systole**, les deux ventricules sont remplis de sang et vont se vider vers les gros vaisseaux (aorte et artère pulmonaire) par une contraction ventriculaire. Ainsi les valves aortique et pulmonaire seront ouvertes pour permettre le passage du sang alors que les valves tricuspide et mitrale seront fermées.

La couche du myocarde est plus épaisse du côté du ventricule gauche car il doit propulser le sang dans tout le corps par l'aorte, nécessitant une contraction ventriculaire gauche plus importante.

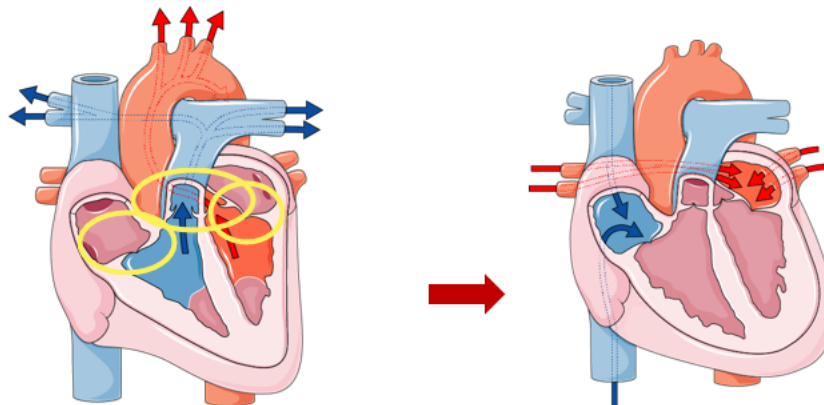


Figure 4 : La systole puis première étape de la diastole ³

➤ La circulation systémique

La circulation systémique ou grande circulation, est assurée par le cœur gauche. Au moment de la systole, le ventricule gauche éjecte le sang oxygéné dans l'aorte par l'ouverture de la valve aortique. Celle-ci permet la vascularisation c'est-à-dire l'apport d'oxygène et de nutriments par le sang, des différents tissus et organes. Le sang qui arrive au niveau du cœur droit plus précisément au niveau de l'atrium droit sera pauvre en O₂. Celui-ci provient des organes et arrive via les veines caves inférieure et supérieure.

² [The cardiac cycle - Servier Medical Art](#) (consulté le 15/10/2023)

³ [The cardiac cycle - Servier Medical Art](#) (consulté le 15/10/2023)

➤ La circulation pulmonaire

Le sang non oxygéné présent dans l'atrium droit vient gorger le ventricule droit par l'ouverture de la valve tricuspide. Le sang est ensuite éjecté par l'artère pulmonaire jusqu'aux poumons pour permettre au sang une recharge en oxygène et l'élimination de CO₂ par l'ouverture de la valve pulmonaire. Le sang oxygéné arrive dans les cavités gauches par les veines pulmonaires. On parle de la petite circulation ou de la **circulation pulmonaire**.

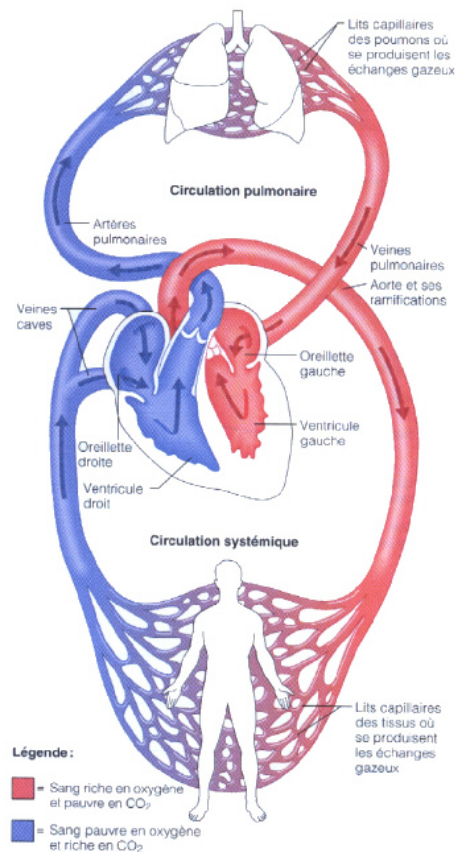


Figure 5 : La circulation du sang : circulation systémique et pulmonaire⁴

1.2.2.2. Le système de conduction du cœur [2][7]

La contraction du cœur répond à une stimulation nerveuse. Celle-ci part des cellules nodales qui fonctionnent de façon autonome.

L'origine de cette activité est due à un réseau de myocytes cardiaques spécialisés appelés fibres de conduction du cœur. Elles vont générer des potentiels d'actions répétées qui induisent les contractions du cœur.

Un potentiel d'action du cœur correspond à une dépolarisation suivie d'une repolarisation. Les mouvements des ions sodium Na⁺, des ions potassium K⁺, des ions calcium Ca²⁺ à travers la membrane cellulaire génèrent un courant électrique.

Les potentiels d'actions du cœur vont se propager en suivant la séquence d'activation suivante :

- 1) **Excitation dans le nœud sinusal** : celui-ci est situé dans l'atrium droit. Lorsque ce nœud atteint un seuil, il va déclencher un potentiel d'action et transmettre les potentiels d'actions dans les deux atriums. Il est considéré comme étant le « pacemaker physiologique du cœur ».

⁴ [Biologie - PTA \(nbed.nb.ca\)](#) (consulté le 19/10/2023)

- 2) **Propagation jusqu'au nœud atrioventriculaire (NAV)** : celui-ci se situe dans la partie basse de l'atrium droit proche de l'orifice coronaire. Il possède une conduction électrique plus lente, permettant aux atriums un temps de vidange plus important que dans les ventricules.
- 3) **Diffusion dans le faisceau de His (faisceau atrioventriculaire)** : il se trouve dans la partie haute du septum interventriculaire, et permet la propagation des potentiels d'actions des atriums aux ventricules.
- 4) Une fois au niveau de l'étage ventriculaire, le faisceau de His se divise en deux branches : **les branches ventriculaires droite et gauche** (divisées elles-mêmes en deux) qui passent à travers le septum interventriculaire vers l'apex du cœur, permettant la propagation des potentiels d'action.
- 5) Ensuite les potentiels d'actions passent par **les fibres de Purkinje** et permettent de conduire les potentiels d'action de l'apex du cœur vers le myocarde ventriculaire facilitant leurs excitations.

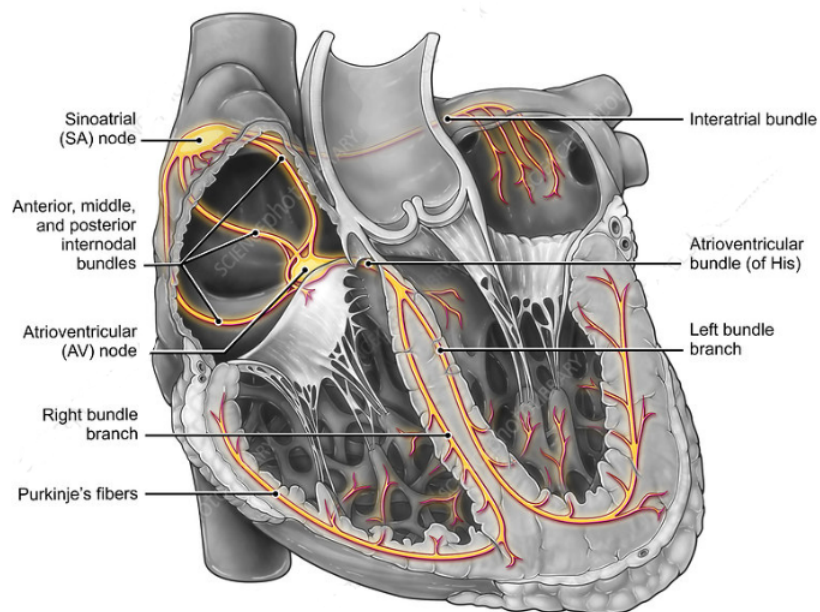


Figure 6 : Le système de conduction ⁵

1.1.3. Adaptation du système cardiovasculaire et respiratoire lors de l'effort

Pour répondre à l'augmentation des besoins imposés par l'exercice, l'ensemble des appareils cardiovasculaires et respiratoires doivent s'adapter pour faire face à une consommation en oxygène et en substrats énergétiques plus importante.

« Le système cardiovasculaire a pour objectif principal de répondre au mieux à l'augmentation des besoins en optimisant les conditions de transport. » [5]

⁵[Cardiac Conduction System - Stock Image - C036/6171 - Science Photo Library](#) (consulté le 19/10/2023)

1.1.3.1. Les adaptations du système cardiovasculaire

Ces adaptations impactent les paramètres suivants :

- **La fréquence cardiaque (FC) :**

Chez le sujet sain d'âge moyen, la fréquence cardiaque de repos se situe généralement entre 60 et 80 battements par minute (bpm). Celle-ci peut être augmentée même avant que l'effort ait commencé. Ce phénomène est dû à une réponse anticipée liée à une libération d'hormones noradrénaline et adrénaline. Durant l'effort la fréquence cardiaque augmente proportionnellement à l'intensité de l'effort jusqu'à une valeur maximale : la fréquence cardiaque maximale (FC_{max}). Cette valeur peut être estimée à partir d'une formule : $FC_{max} = 220 - \text{âge}$. Pour un exercice d'intensité constante, la FC augmente puis stagne en plateau, elle correspond donc à la fréquence cardiaque d'équilibre qui sera recherchée lors de l'entraînement. Celle-ci est un indicateur d'efficacité du cœur puisqu'une fréquence cardiaque plus faible, pour un même niveau d'exercice reflète une efficacité cardiaque plus importante.

- **Le volume d'éjection systolique (VES) :**

Afin de permettre au cœur de travailler plus efficacement lors de l'exercice, le VES augmente avec l'exercice. Quatre facteurs sont à l'origine d'une régulation des variations de volume d'éjection systolique à l'effort : le retour veineux, les capacités de remplissage ventriculaire (correspondant à la précharge) puis la contractibilité ventriculaire et la pression sanguine (correspondant à la post charge). Chez le sujet actif mais non entraîné, le volume d'éjection systolique peut doubler, pour le sujet très entraîné, ce volume peut augmenter davantage à l'effort.

- **Le débit cardiaque (DC) :**

Il correspond au produit de la fréquence cardiaque par le volume d'éjection systolique ($DC = FC \times VES$). Comme dit précédemment, lors de l'exercice on observe une augmentation de la fréquence cardiaque et du volume d'éjection systolique. On peut donc logiquement prévoir une augmentation du débit cardiaque. Il peut être multiplié par quatre lors de l'effort pour les sédentaires et multiplié par huit chez les sujets très entraînés. Cette augmentation du débit cardiaque a pour but de satisfaire l'augmentation des besoins en oxygène. Ainsi, le débit cardiaque augmente proportionnellement avec l'intensité de l'effort jusqu'à atteindre une valeur maximale.

- **La pression artérielle :**

Selon le type d'exercice (endurance, force), la pression artérielle ne variera pas de la même manière. Cependant, quel que soit le type d'exercice, la pression artérielle tend vers l'augmentation pour assurer un débit suffisamment rapide dans le système circulatoire. Après l'exercice, la tension artérielle revient à un niveau normal au fur et à mesure : le temps de la récupération.

Par exemple, une augmentation de la pression artérielle sera davantage marquée sur un exercice à même intensité réalisé avec les membres supérieurs qu'avec les membres inférieurs.

De manière générale, l'activité physique favorise la diminution de la pression artérielle et aide à prévenir la formation de plaques d'athérome dans les vaisseaux sanguins. Elle permet de contribuer à la diminution des risques de mortalité liés aux maladies cardiovasculaires⁶.

⁶ [L'adaptation du système cardiovasculaire à l'effort - VIDAL](#) (consulté le 23/04/2024)

1.1.3.2. Les adaptations du système respiratoire

Le système respiratoire lui aussi subit des changements pour pouvoir s'adapter lors de l'exercice, dans cette revue nous nous concentrerons seulement sur les modifications suivantes :

- **Quotient respiratoire et RER (Rapport d'Echange Respiratoire) [8] :**

Lors de l'inspiration, l'oxygène est collecté par les alvéoles pulmonaires et absorbé par les capillaires sanguins. Il est ensuite transporté par les globules rouges vers les tissus pour être libéré et utilisé. Simultanément, le dioxyde de carbone produit par les tissus est capté par les globules rouges et transporté vers les poumons, où il est évacué durant l'expiration.

Ainsi le quotient respiratoire correspond au volume de dioxyde de carbone libéré sur le volume d'oxygène durant les cycles respiratoires. Cette mesure nécessite un cathéter artériel et veineux alors que la mesure du RER permet d'avoir directement le volume de CO₂ libéré/ volume d'O₂ absorbé par la bouche, sans intervention invasive.

La formule est la suivante : $RQ = \text{Vol CO}_2 \text{ libéré} / \text{Vol O}_2 \text{ absorbé}$.

Lors d'une respiration, le RER est autour de 0,8.

Lors d'un exercice, le RER tend à se rapprocher de 1, c'est à ce moment-là que le rejet de CO₂ devient de plus en plus important, allant jusqu'à être supérieur à la consommation d'oxygène. L'effort du patient arrive à son maximum.

- **Le seuil ventilatoire :**

Durant un exercice d'intensité progressive, la ventilation s'accroît de façon proportionnelle à l'intensité de celui-ci. Lorsque la ventilation augmente de manière disproportionnée par rapport à la demande, on a une cinétique respiratoire qui change, on parle donc de seuil ventilatoire (SV). (Figure 7)

Les seuils ventilatoires sont définis à partir du débit ventilatoire (VE) en litre /minute. Celui-ci augmente de façon proportionnelle à l'intensité de l'effort [9]. De plus, les seuils ventilatoires sont déterminés par la pente des équivalents respiratoires VE/VCO₂ et VE/VO₂ qui indiquent le nombre de litres d'air ventilé nécessaire pour consommer 1 litre d'O₂ rejeter 1 litre de CO₂ [10].

Le seuil ventilatoire (SV₁) correspond à une incapacité de l'organisme à produire l'énergie nécessaire à la réalisation de l'effort par l'utilisation du métabolisme aérobie uniquement (seuil lactique). Au début de l'effort le VE est proportionnel au VE/VCO₂ et au VE/VO₂. À partir d'une intensité autour de 60% de la VO_{2 max}, le VE n'est plus proportionnel au rapport VE/VO₂. Ainsi le SV₁ est atteint. Plus un sujet est entraîné en endurance, plus le SV₁ sera tardif.

Le seuil ventilatoire (SV₂) représente la fin d'un effort marqué par un état d'acidose métabolique lactique compensé par une hyperventilation donc il correspond au seuil anaérobie. Il est représenté sur la courbe par le deuxième changement de cinétique ventilatoire [11].

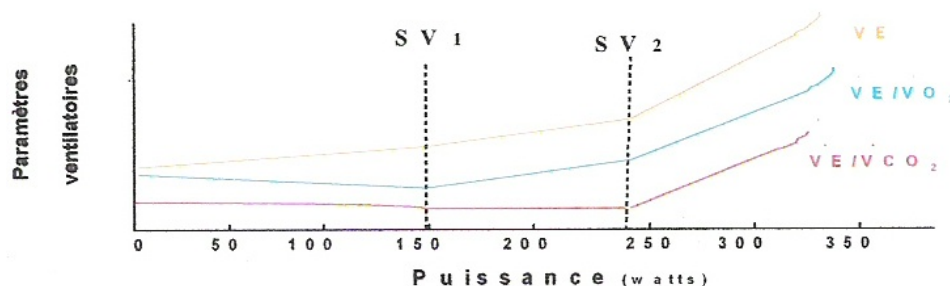


Figure 7 : Les seuils ventilatoires (SV₁ et SV₂)⁷

⁷ [Les courbes SV1 SV2 - Page 7 \(vo2cycling.fr\)](#) (consulté le 18/12/2023)

- **La consommation en oxygène maximale ($VO_{2\max}$) :**

Cette valeur est calculée lors d'une épreuve d'effort et représente la capacité maximale d'un patient à l'effort. L'évaluation de la tolérance à l'effort par la mesure de la $VO_{2\max}$ est un indicateur pronostic pertinent. Une augmentation de la $VO_{2\max}$ est corrélée à un bon pronostic. C'est un marqueur important en réadaptation cardiaque [11].

Après une certaine intensité, la VO_2 se stabilise à un niveau « en plateau », reflétant les possibilités d'adaptation du sujet à un effort demandé et correspondant à la $VO_{2\max}$. (Figure 8)

Lors d'un exercice, la consommation en oxygène maximale n'est généralement pas atteinte, cependant la consommation d'oxygène (VO_2) est augmentée lors de l'effort.

La $VO_{2\max}$ est généralement exprimée en millilitres d'oxygène consommés par kilogramme de poids corporel par minute (ml/kg/minute). Celle-ci peut varier en fonction de différents facteurs tels que l'âge, le sexe, les conditions de santé et physiques ainsi que les dimensions corporelles.

Il existe une corrélation négative significative entre l'IMC (indice de masse corporelle) et la $VO_{2\max}$. Cette relation suggère qu'une plus grande quantité de graisse corporelle peut avoir un impact négatif sur les fonctions cardiorespiratoires, réduisant ainsi la capacité du corps à transporter et à utiliser efficacement l'oxygène pendant l'exercice. [12]

Selon Ben Salah et al., « un IMC supérieur à 25 est un prédicteur d'un faible niveau de $VO_{2\max}$ ». [13]

Cependant, l'IMC intègre à la fois le poids et la taille, donc la consommation d'oxygène maximale est supérieure chez les sujets de grandes taille. [14]

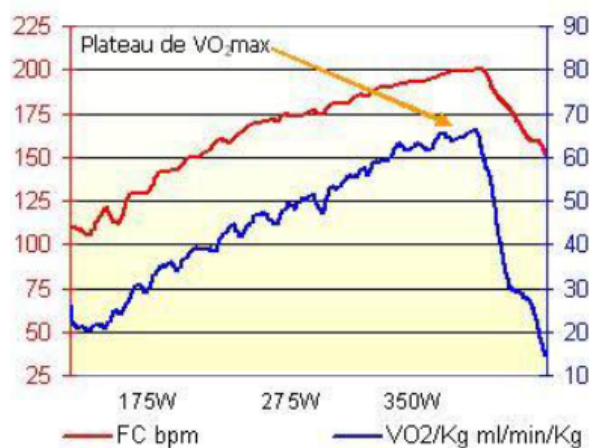


Figure 8 : Plafonnement de la $VO_{2\max}$ ⁸

⁸ [La VO2MAX, calculez vos performances \(irbms.com\)](http://irbms.com) – Institut de recherche du bien-être de la médecine et du sport en santé (consulté le 18/12/2023)

1.2. Insuffisance cardiaque (IC)⁹

Les pathologies cardio-vasculaires (ou cardio-neuromusculaires) représentent les affections touchant le cœur et l'ensemble des vaisseaux sanguins. Celles-ci correspondent à la première cause de mortalité dans le monde et à la deuxième en France. Grâce aux progrès thérapeutiques et à une prévention accentuée, ces quatre dernières décennies sont marquées par une diminution de la mortalité et de la morbidité. Cependant, les maladies cardio-vasculaires restent à l'origine de 140 000 décès par an en France¹⁰.

On distingue les pathologies cardio-vasculaires selon la localisation de l'atteinte, comme suit :

- Atteintes des coronaires (angor, infarctus du myocarde...)
- Atteintes du myocarde (cardiomyopathies...)
- Atteintes des valves cardiaques (valvulopathies)
- Atteintes des tuniques cardiaques (endocardite, péricardite)
- Troubles du rythme cardiaque
- Atteintes des vaisseaux (AOMI, anévrisme, dissection aortique...)
- Autres (cardiopathies congénitales, hypertension artérielle...)

Dans cette revue, nous ne traiterons que de l'insuffisance cardiaque puisque la transplantation cardiaque n'est envisagée que lors d'insuffisance cardiaque terminale évolutive malgré un traitement médical optimal [4].

L'insuffisance cardiaque est reconnue comme la manifestation évolutive de l'ensemble des maladies acquises ou congénitales du myocarde, du péricarde, de l'endocarde, des coronaires, de l'aorte et de l'artère pulmonaire, mais aussi des pathologies valvulaires et des cardiomyopathies.

Selon la *Société européenne de cardiologie* en 2021 : « l'insuffisance cardiaque est caractérisée par des symptômes tels que la dyspnée, la fatigue et des œdèmes des membres inférieurs. Elle est parfois associée à des signes cliniques (tachycardie, crépitations, turgescences jugulaires) et est causée par une anomalie de structure et/ou de fonction cardiaque entraînant un débit cardiaque insuffisant et/ou des pressions intracardiaques augmentées à l'effort. » [15]

Les deux causes représentant 90% des IC dans les pays développés sont : **l'athérosclérose coronaire** et **l'hypertension artérielle** [4]. Les autres causes peuvent être les pathologies valvulaires, les cardiomyopathies primitives, les causes infectieuses, et les cardiopathies congénitales.

La prévalence de l'insuffisance cardiaque est de 1 à 2% de la population adulte avec une prévalence majorée de 10% pour les sujets âgés de plus de 70 ans.

L'insuffisance cardiaque se définit par le critère du débit cardiaque.

Le débit cardiaque (DC) correspond au produit du volume d'éjection systolique ventriculaire (VES) éjecté par minute par le cœur, et de la fréquence cardiaque (FC) : **DC = VES x FC**

Ce VES dépend de la **précharge** donc du volume télédiastolique rempli préalablement (VTD). Elle dépend aussi du remplissage et des capacités de relaxation du cœur, en effet pour pouvoir se remplir le cœur doit se relâcher afin de permettre l'entrée du sang dans le ventricule.

⁹ [Chapitre 18 - Item 234 : Insuffisance cardiaque de l'adulte | Société Française de Cardiologie \(sfcario.fr\)](#) (consulté le 30/10/2023)

¹⁰ [Maladies cardiovasculaires - Ministère de la Santé et de la Prévention \(sante.gouv.fr\)](#) (consulté le 30/10/2023)

Le VES varie aussi selon la **postcharge** qui correspond à l'ensemble des forces s'opposant à l'éjection et à la contractilité du cœur (inotropie). Celle-ci définit en partie l'insuffisance cardiaque par augmentation des pressions intracardiaques.

L'insuffisance cardiaque correspond à une problématique ventriculaire.

Il est nécessaire de définir **deux** types d'IC :

- **L'IC à fraction d'éjection préservée :**

Elle correspond à une insuffisance cardiaque diastolique qui peut être la cause d'un problème de remplissage, de relaxation, possiblement dû à la diminution de la précharge, ou à une augmentation de la postcharge.

Les patients présentant des symptômes, des signes d'IC, des anomalies cardiaques structurelles et/ou fonctionnelles avec une fraction d'éjection ventriculaire gauche (FEVG) supérieure à 50% sont considérés comme des IC à FEVG conservée. [15]

- **L'IC à fraction d'éjection diminuée :**

Elle correspond à un défaut de contraction du myocarde soit par mécanisme direct (infarctus, cardiopathie ischémique), soit par mécanisme indirect (dû à l'augmentation de la précharge liée à une valvulopathie). Alors l'éjection du ventricule, ainsi que le volume éjecté à chaque systole seront diminués. Cette forme représente 60% des insuffisances cardiaques en France. [4]

Ce type d'insuffisance cardiaque est retrouvé pour le cœur gauche. Elle est donc quantifiée à partir de la FEVG.

Pour rappel, la fraction d'éjection (FE) correspond à la fraction de sang éjecté à chaque systole en pourcentage du volume télédiastolique : $FE = (VES) / (VTD)$.

La **FEVG** se calcule à partir d'échographie trans thoracique (ETT). Chez un sujet sain elle est supérieure à 60-70%.

On parle de FEVG réduite lorsqu'elle est inférieure à 40 %. Une FEVG entre 41 et 49% est considérée comme légèrement réduite. (*Annexe 1*)

Ces deux types d'insuffisance cardiaque peuvent être retrouvés au niveau du cœur gauche ou bien de manière plus rare, au niveau du cœur droit puisque l'IC droite est souvent la conséquence de l'IC gauche associée à une hypertension pulmonaire [4].

Les signes fonctionnels de **l'insuffisance cardiaque gauche** sont :

- Une dyspnée d'effort avec l'échelle NYHA
- L'orthopnée
- La dyspnée paroxystique nocturne
- La toux
- Prise de poids associée à des œdèmes des membres inférieurs
- Autres signes moins spécifiques : faiblesse musculaire, troubles neurologiques, troubles digestifs, asthénie...

Les signes fonctionnels de l'**insuffisance cardiaque droite** sont les mêmes que pour l'insuffisance cardiaque gauche mais s'y ajoute un signe spécifique : l'hépatalgie d'effort ou de repos. Certains signes physiques de l'IC droite sont classiquement retrouvés :

- Turgescence jugulaire
- Reflux hépato-jugulaire
- Ascite
- Hépatomégalie

Le stade fonctionnel de l'insuffisance cardiaque est défini grâce à la classification faite par la **NYHA** (New York Heart Association) qui repose sur les symptômes ressentis par le patient en termes de dyspnée et de limitation d'activité [15] :

Stade 1	Absence de dyspnée, palpitations ou fatigue pour les efforts habituels : aucune gêne n'est ressentie dans la vie courante
Stade 2	Dyspnée, palpitations ou fatigue pour des efforts importants habituels, tels que la marche rapide, en côte ou la montée des escaliers (≥ 2 étages)
Stade 3	Dyspnée, palpitations ou fatigue pour des efforts peu intenses de la vie courante, tels que de la marche en terrain plat ou la montée des escaliers (< 2 étages)
Stade 4	Dyspnée, palpitations ou fatigue permanente de repos ou pour des efforts minimes (s'habiller, se laver par exemple)

Tableau 1 : Classification fonctionnelle de la NYHA en fonction de la gravité des symptômes et de l'activité physique

Les facteurs de risque (FR) de l'insuffisance cardiaque :

- Dyslipidémie
- Diabète
- Hypertension artérielle
- Obésité
- Sédentarité
- Tabac, alcool
- Stress

1.3. La transplantation ou greffe d'organes

1.3.1. Généralités¹¹

Pour commencer, il est important de définir et faire la différence entre transplantation et greffe. La **transplantation** correspond au prélèvement d'un organe vascularisé chez un donneur et à son implantation à un receveur avec rétablissement de la continuité vasculaire. Sont donc concernés par la transplantation par exemple : le cœur, les poumons, les reins et le foie. La **greffe** quant à elle, est le prélèvement et l'implantation de tissus, sans anastomose vasculaire. Ainsi, la greffe concerne par exemple : la cornée, les îlots pancréatiques ou la moelle osseuse [16].

¹¹ [Transplantation d'organes / Greffe · Inserm, La science pour la santé](#) (consulté le 05/11/2023)

Pour la suite de cette revue, les termes de transplantation et de greffe seront employés indifféremment l'un de l'autre, comme des synonymes, sans prendre en compte leur définition exacte dans un souci de répétition.

Dans les années 50, les premières greffes rénales sont réalisées avec succès, et ont ouvert la voie à d'importantes avancées médicales dans le domaine de la transplantation d'organes. Actuellement, les transplantations sont devenues des interventions courantes dans le cas de défaillance grave et irréversible d'un organe vital. Cette procédure thérapeutique de dernier recours vise à remplacer l'organe défaillant. Elle permet ainsi une amélioration significative de la qualité de vie des patients souffrant d'une défaillance terminale d'un organe.

En France, l'Agence de la biomédecine coordonne cette activité : elle détient les listes d'attente, reçoit les offres de greffons et les attribue aux receveurs.

La transplantation rénale est la plus fréquemment réalisée (plus de 3000 par an) ; derrière vient la transplantation de foie (plus de 1200 par an) ; puis la transplantation cardiaque (environ 400 par an), enfin la greffe de poumons (environ 300 par an). D'autres greffes sont réalisées plus rarement : la greffe de pancréas, d'intestins ou encore d'utérus...

Selon l'Agence de la biomédecine, on relève que : « 5 494 greffes ont été réalisées (dont 533 à partir de donneurs vivants) en 2022 contre 5 276 (dont 522 à partir de donneurs vivants) en 2021, soit une hausse de 4 %. »¹². Des données épidémiologiques supplémentaires sont disponibles sur l'affiche « Le don d'organes en 2022 » publiée par FRANCE ADOT (Association pour le Don d'Organes et de Tissus humains), présentée en *Annexe 2*.

Malheureusement, depuis plus de 30 ans, il existe une inadéquation entre le besoin et les possibilités. En effet, on relève un nombre de personnes en attente de greffe qui ne cesse de croître alors que le nombre de greffes réalisées augmente peu chaque année. On estime aujourd'hui qu'il y a 28 000 patients en attente de greffe pour 5 000 greffes par an. De ce fait, environ 1 000 patients décèdent chaque année dans l'attente d'un greffon.

Il faut noter que depuis la loi Caillavet du 22 décembre 1976, chacun est présumé donneur d'organes, sauf en cas de refus exprimé de son vivant. Ce principe a été reformulé et réaffirmé lors de la loi du 26 janvier 2016. Ainsi, avant d'envisager tout prélèvement d'organes ou de tissus au moment du décès d'une personne, l'équipe médicale doit vérifier au préalable que celle-ci n'est pas inscrite sur le registre national des refus, géré par l'Agence de la biomédecine.¹³ Les trois principes encadrant le don d'organes en post-mortem sont : le consentement présumé, la gratuité, et l'anonymat.

¹² [Chiffres 2022 de l'activité de prélèvement et de greffe d'organes et de tissus et Baromètre 2023 sur la connaissance et la perception du don d'organes en France - Agence de la biomédecine \(agence-biomedecine.fr\)](#) (consulté le 05/11/2023)

¹³ [Les modalités du don d'organes ou de tissus - Ministère de la Santé et de la Prévention \(sante.gouv.fr\)](#) (consulté le 05/11/2023)

1.3.2. La transplantation cardiaque

1.3.2.1. Histoire

La première transplantation de cœur mondiale a été réalisée par le Professeur Barnard au Cap en Afrique du Sud, le 3 décembre 1967. Celle-ci a été réalisée sur un patient âgé de 54 ans souffrant d'une cardiopathie ischémique évoluée en impasse thérapeutique. Celui-ci décèdera huit jours après la transplantation des suites d'une pneumopathie. [17]

Quelques mois plus tard, le 27 avril 1968 à Paris, Christian Cabrol réalise la première transplantation cardiaque française et européenne¹⁴. Cependant, la survie du patient n'a été que de 53 heures.

Lors des premières transplantations cardiaques, la survie n'était que de quelques semaines en raison d'importantes réactions de rejet du greffon par le système immunitaire du receveur.

Dans les années 80, la découverte de la ciclosporine, un traitement antirejet, a permis l'essor des greffes avec une survie des patients nettement améliorée.

1.3.2.2. Épidémiologie

La transplantation cardiaque est pratiquée dans vingt-quatre centres en France.

Il existe au moins un centre par région, par exemple pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, le centre habilité aux transplantations cardiaques est le Centre Hospitalier Universitaire de la Timone faisant partie de l'AP-HM (Assistance Publique - Hôpitaux de Marseille).

Le nombre de candidats nouvellement inscrits sur une liste d'attente, excède de façon significative le nombre de greffons disponibles comme pour les transplantations d'autres organes. Le nombre de centres de transplantation cardiaque rapporté à la population est plus important en France que dans les pays voisins [18].

On relève aujourd'hui [19] :

- Un âge moyen des greffés cardiaques de 55 ans,
- 33% des greffés de plus de 55 ans au moment de la greffe en 2020.
- Une survie post-greffe de l'ordre de 75% à 1 an ; 66% à 5 ans.¹⁵
- Une médiane de survie post-transplantation cardiaque autour de 12 ans.

« En France, la majorité des malades inscrits en liste d'attente de greffe cardiaque sont greffés dans l'année qui suit leur inscription. Sur la cohorte 2009-2014, 50% des malades inscrits en liste d'attente ont été greffés au bout de 4 mois. »¹⁶

1.3.2.3. Indications

« La transplantation cardiaque est considérée par les recommandations internationales comme le traitement de référence de l'insuffisance cardiaque terminale, s'aggravant progressivement et en dépit d'un traitement médical optimal. » [18]

¹⁴ [Histoire de la greffe - France Adot \(france-adot.org\)](https://france-adot.org). (consulté le 21/11/2023)

¹⁵ [La greffe de cœur est-elle fiable ? | Don d'organes.fr \(dondorganes.fr\)](https://dondorganes.fr) (consulté le 21/11/2023)

¹⁶ [Combien de temps faut-il attendre pour une transplantation cardiaque ? | Don d'organes.fr \(dondorganes.fr\)](https://dondorganes.fr) (consulté le 21/11/2023)

On considère les indications de la transplantation cardiaque suivantes : [18]

- Les cardiomyopathies primitives : 44% ;
- Les cardiopathies ischémiques : 33 % ;
- Autres cardiopathies (cardiopathies hypertrophiques, cardiomyopathies péri-partum, les cardiopathies restrictives) : 23%.¹⁷

Ces pathologies mènent souvent à une insuffisance cardiaque sévère malgré un traitement médical optimal. On envisage la transplantation cardiaque pour les patients ayant un stade fonctionnel sur l'échelle NYHA à 4. (*Annexe 3*)

Une consommation maximale d'oxygène inférieure à 14 ml/kg/minute chez les patients souffrant d'insuffisance cardiaque sévère peut constituer également une indication à la greffe [20].

La transplantation cardiaque permet pour ces patients une « amélioration significative de l'espérance de vie, de la qualité de vie et de la capacité à l'effort ». [18]

1.3.2.4. Receveur [18]

La transplantation cardiaque est le plus souvent envisagée dans le cas d'insuffisance cardiaque sévère réfractaire à un traitement médical optimal. La classification NYHA est la plus utilisée pour définir l'insuffisance cardiaque avancée (stade IV). Le score tel que le Heart Failure Survival Score, propose un pourcentage de mortalité supposé à un an et à trois ans des patients souffrant d'insuffisance cardiaque selon sept paramètres. Le Seattle Heart Failure Model complète le Heart Failure Survival Score mais intègre davantage de paramètres biologiques. Le score INTERMACS correspond à une sous classification de l'insuffisance cardiaque, généralement entre un stade III et IV de l'échelle NYHA permettant de prendre en charge le patient avec la mise en place d'une assistance circulatoire mécanique[21], due à l'incapacité du cœur à jouer son rôle.

La mise sur liste d'attente de transplantation cardiaque est décidée à l'issue d'un bilan pré-transplantation qui est indispensable afin d'évaluer les différentes fonctions du patient pour permettre la réussite de la chirurgie. La complexité du processus d'évaluation exige une approche transdisciplinaire et pluridisciplinaire.

Ce bilan est composé de la vérification des **indications** à la transplantation :

- Patient présentant une insuffisance cardiaque terminale
- Sous traitement optimal
- Ayant présenté plusieurs épisodes de décompensation cardiaque
- Évènement aigu conduisant à une déchéance myocardique sans espoir de récupération

Il sera complété par la vérification des **contre-indications** :

- Néoplasie évolutive
- Infection évolutive
- Psychologique (doute sur l'observance post opératoire)
- Comorbidités (obésité, diabète sévère non contrôlé, insuffisance rénale...)
- Patient de plus de 65 ans

¹⁷ [Dans quels cas greffe-t-on un cœur ? | Don d'organes.fr \(dondorganes.fr\)](https://www.dondorganes.fr/) (consulté le 05/11/2023)

Plusieurs **bilans** seront réalisés :

- ✓ Examens digestifs
- ✓ Bilan pneumologique
- ✓ Scanner/IRM cérébral pour écarter tout risque d'AVC
- ✓ Bilan vasculaire
- ✓ Bilan urologique
- ✓ Bilan biologique
- ✓ Recherche d'anticorps anti-HLA pour l'histocompatibilité
- ✓ Consultation psychologique et psychiatrique
- ✓ Bilan diététique : la dénutrition ou l'obésité constituent des contre-indications relatives
- ✓ La mesure des pressions artérielles pulmonaires et des résistances vasculaires pulmonaires

1.3.2.5. Donneurs et greffons cardiaques

Il est important de noter qu'à la différence des prélèvements des greffons de reins ou de foie qui peuvent se faire sur des donneurs vivants, le prélèvement des greffons cardiaques se fait seulement sur des patients en mort encéphalique confirmée par un électroencéphalogramme ou une angiographie cérébrale. Le prélèvement ne peut être effectué que lorsque la mort cérébrale est constatée, et que le consentement de la famille a été recueilli.

En France, 97% des cas les donneurs d'organes sont en état de mort cérébrale due à des AVC (accident vasculaire cérébral), des anoxies, et des traumatismes crâniens. Les cœurs provenant de donneurs en état de mort cérébrale traumatique peuvent être utilisés, à condition que l'absence de lésion cardiaque ait été confirmée. [22]

Une évaluation cardiaque optimale des donneurs d'organes potentiels permet d'améliorer les résultats de la transplantation. Cette évaluation a plusieurs rôles :

- Décider d'utiliser ou non le cœur d'un donneur pour la transplantation ;
- Identifier les facteurs de risque et leur impact sur les résultats de la transplantation ;
- Permettre une meilleure allocation des organes du donneur, offrant le plus grand bénéfice de la greffe au receveur.

Les données recueillies lors de l'évaluation cardiaque d'un donneur sont :

- Les données démographiques ;
- Les antécédents médicaux ;
- L'histoire clinique ;
- L'électrocardiogramme ;
- Les examens biologiques ;
- L'imagerie cardiaque ;
- L'évaluation hémodynamique

L'évaluation finale est réalisée par le chirurgien qui prélève le cœur, celui-ci palpe les structures anatomiques, examine le cœur pour rechercher d'éventuelles anomalies de cinétique segmentaire, analyse les cicatrices et/ou une éventuelle contusion, palpe les artères coronaires à la recherche d'athérosclérose¹⁸.

¹⁸ [Recommandations formalisées d'experts sur le prélèvement \(…\) - Agence de la biomédecine \(agence-biomedecine.fr\)](#) (consulté le 05/11/2023)

Il existe certaines contre-indications pour le prélèvement d'un potentiel greffon cardiaque. Le donneur ne doit pas avoir : [23]

- Age supérieur à 55-60 ans
- Maladie coronarienne diffuse
- Infarctus du myocarde documenté
- Autres maladies cardiaques documentées
- Arythmies ventriculaires réfractaires
- Tumeurs malignes
- Une infection généralisée réfractaire

Pour que le greffon soit compatible avec le receveur, certains critères sont à prendre en compte :

- **Critères morphologiques** : une compatibilité entre la taille et le poids du cœur du donneur et du receveur
- **Critères immunologiques** : compatibilité entre les groupes sanguins du donneur et du receveur
- **Critères hémodynamiques** : stabilité hémodynamique du greffon afin de permettre une circulation du sang convenable chez le receveur⁷.

Lorsque le greffon sera disponible, il sera attribué à un patient en attente de greffe.

L'Agence de la biomédecine gère l'attribution des greffons cardiaques en suivant les règles décrétées par le ministère de la Santé. Le but est de permettre à tous les patients sur liste d'attente d'avoir des chances équitables d'accéder à la transplantation.

La répartition des greffons doit être équitable, efficiente, transparente et réaliste.

L'attribution et la répartition des greffons se font en tenant compte du score national d'attribution de greffons cardiaques (SNAGC)¹⁹, des priorités médicales, de la situation géographique. Les priorités médicales sont les suivantes : les enfants, les receveurs dont la vie est menacée à très court terme, les receveurs dont la probabilité d'accéder à un greffon est faible du fait de caractéristiques spécifiques (morphologiques et immunologiques)²⁰.

Une évaluation cardiaque optimale des donneurs d'organes potentiels permet d'améliorer les résultats de la transplantation. L'évaluation du donneur doit identifier les facteurs de risque et l'impact de ces facteurs sur les résultats du receveur. L'évaluation du donneur est un élément essentiel dans la décision d'utiliser ou non le cœur d'un donneur pour la transplantation. Les informations fournies par l'évaluation du donneur peuvent permettre une meilleure allocation des organes du donneur, offrant le plus grand bénéfice de la greffe aux receveurs.

1.3.2.6. Chirurgie [18][24]

Le greffon n'est pas forcément prélevé dans le centre de transplantation, ainsi le transport jusqu'au centre doit respecter certaines règles pour permettre la survie du greffon. Une machine à perfusion et/ou une ischémie de 3 à 4 heures est nécessaire pour le trajet.

Avant le début de l'intervention, le patient est placé sous anesthésie générale. L'acte chirurgical commence par une sternotomie médiane puis la mise en place de la circulation extracorporelle (CEC).

Le chirurgien débute l'intervention par l'exérèse du cœur pathologique. Il va ensuite suturer l'atrium gauche du greffon avec les veines pulmonaires du receveur, ce qui se poursuit par la suture de l'artère

¹⁹[Guide du Score Cœur \(agence-biomedecine.fr\)](https://agence-biomedecine.fr) (consulté le 21/11/2023)

pulmonaire et de l'aorte du greffon avec les gros vaisseaux du receveur. Il finit par réaliser une anastomose entre l'atrium droit du greffon et les veines caves du receveur.

Selon, la Fédération Française de Cardiologie, l'intervention dure entre 4 à 8 heures.²¹

La mise sous assistance circulatoire peut être proposée par l'équipe chirurgicale en post-opératoire, dans l'attente de la récupération du greffon.

Il est important de noter que lors d'une transplantation cardiaque, le cœur est dénervé ainsi il ne reçoit plus de signaux du système nerveux autonome. Par conséquent, le patient ne ressentira plus de douleurs à type d'angor par exemple.

1.3.2.7. *Complication post-greffe*

Le rejet

Le rejet de greffe n'est pas spécifique à la transplantation cardiaque, et correspond à une réaction immunitaire qui a lieu lorsque le système immunitaire reconnaît les tissus ou les organes greffés comme des corps étrangers et tente de les éliminer. Pour prévenir le risque de rejet du greffon, le patient doit prendre un traitement antirejet à base d'immunosuppresseurs à vie.

Ce rejet peut être partiel ou total, et les symptômes peuvent varier selon la gravité de la réaction. Les signes les plus fréquents de rejet sont : fièvre, douleurs, troubles respiratoires et cardiaques.

Le rejet peut être **immédiat**, et survient dans les premiers temps après l'opération, dans les premières semaines voire les premiers mois. L'immunité humorale pose un problème avec des anticorps qui vont reconnaître les cellules du greffon, s'y fixer puis déclencher une cascade de réactions menant à la destruction du greffon. Le rejet peut être dû aussi à une dysfonction du greffon, à une infection, et à une médiastinite [18].

On parle aussi de **rejet chronique** dans les années suivant la chirurgie, avec des complications infectieuses liées à l'immunodépression, des complications tumorales ou iatrogènes²².

1.3.2.8. *Alternative à la greffe* [25]

Bien que la transplantation cardiaque soit le traitement de référence de l'insuffisance cardiaque en phase terminale réfractaire à tout traitement médical, il peut exister des situations particulières où celle-ci n'est pas envisagée (contre-indications pour le receveur, manque de greffons). Dans ce cas-là, des alternatives à la transplantation cardiaque peuvent être proposées au patient.

Trois types d'alternatives sont possibles :

- **Approche chirurgicale de l'insuffisance cardiaque** : procédures de reconstruction du ventricule gauche, procédures chirurgicales combinées
- **Assistance circulatoire de courte durée** (contre-pulsion aortique, ECMO, assistance ventriculaire de courte durée par exemple *HeartMate*).
- **Assistance circulatoire de longue durée** (appareillage/implants définitifs, cœur implantable, cœur artificiel en attente des avancées médicales et scientifiques)

²¹ [Grefe cardiaque : un retour à la vie - FFC \(fedecardio.org\)](https://www.fedecardio.org/) (consulté le 12/11/2023)

²² [Transplantation d'organes / Greffe · Inserm, La science pour la santé](https://www.inserm.fr/fr/transplantation-dorganes-greffe) (consulté le 12/11/2023)

1.4. Rééducation

1.4.1. Intérêt de la rééducation chez les patients transplantés cardiaques

La transplantation cardiaque impacte la tolérance à l'effort du patient ainsi que ses capacités d'exercice. Celles-ci peuvent être réduites en raison de plusieurs facteurs : [26]

- **Le traitement immunosuppresseur** : celui-ci a pour but de prévenir le risque de rejet du greffon, mais il peut entraîner des effets secondaires indésirables, tels qu'une faiblesse musculaire, une fatigue accrue, des douleurs musculaires et articulaires ainsi qu'une diminution de l'endurance. Les traitements immunosuppresseurs peuvent également limiter les capacités du patient à réaliser des activités physiques intenses.
- **Le déconditionnement** : celui-ci peut être dans un premier temps dû à une immobilisation prolongée pendant la période de convalescence à l'hôpital ; en effet, la durée moyenne de séjour à l'hôpital lors d'une transplantation cardiaque est de 14 jours²³. Cette immobilité entraîne une perte de masse musculaire, ainsi qu'une diminution de force musculaire. De plus, les patients sont aussi déconditionnés à l'effort du fait de leur insuffisance cardiaque importante en pré-greffe, avec une dyspnée au repos ou lors du moindre effort. Ainsi, il sera nécessaire de casser ce cercle vicieux du déconditionnement.
- **Le rejet de greffe** : il peut être la raison d'un dysfonctionnement cardiaque en corrélation avec une diminution des capacités cardiaques.
- **La dénervation cardiaque** : en l'absence de nerfs régulant l'activité cardiaque, la réponse du cœur à l'effort peut être altérée et ainsi limiter les capacités physiques.

Il est toutefois essentiel de souligner que les capacités physiques après une transplantation cardiaque varient d'un patient à l'autre et dépendent de plusieurs facteurs : tels que l'état de santé général du patient, ses antécédents médicaux et chirurgicaux, ses comorbidités ainsi que son niveau d'activité avant la transplantation.

Donc pour améliorer et favoriser la reprise d'une vie active « normale » en post-transplantation, une réadaptation est nécessaire et indispensable, tant sur le versant cardiorespiratoire, que sur le versant locomoteur pour les raisons évoquées précédemment [27].

Les lignes directrices de 2010 de la Société internationale de transplantation cardiaque et pulmonaire pour les soins aux receveurs de transplantation cardiaque donnent une recommandation de classe 1 quant à l'utilisation systématique de la rééducation cardiaque avec un entraînement aérobique après une transplantation cardiaque. Celle-ci permet des avantages à court terme notamment l'amélioration de la capacité d'exercice ainsi qu'une modification possible des facteurs de risque cardiovasculaire. De plus, les exercices contre résistance sont recommandés et conseillés pour la lutte contre l'amyotrophie musculaire. [28] Cependant, ces lignes directrices possèdent un niveau de preuve B soit une « *présomption scientifique fournie par des études de niveau intermédiaire de preuve* »²⁴, donc la recommandation est dérivée d'une seule étude randomisée ou de plusieurs études non randomisées.

²³ [Transplantation cardiaque – Institut de cardiologie de l'Université d'Ottawa \(ottawaheart.ca\)](https://www.ottawaheart.ca) (consulté le 12/11/2023)

²⁴ [Etat des lieux Niveau Preuve Gradation \(has-sante.fr\)](https://www.has-sante.fr) (consulté le 12/11/2023)

1.4.2. Réadaptation cardiaque

La définition de la réadaptation cardiaque selon l'OMS est la suivante : « *ensemble des activités nécessaires pour influencer favorablement le processus évolutif de la maladie et pour assurer aux patients cardiaques une condition physique, mentale et sociale optimale, leur permettant de préserver ou de reprendre par leurs moyens propres, une place aussi normale que possible dans la société* »²⁵.

La réadaptation cardiaque possède plusieurs indications :

- Maladies coronaires
- Infarctus du myocarde
- Angor
- Insuffisance cardiaque
- Pathologies vasculaires
- Pathologies valvulaires
- **Transplantation cardiaque**

Les patients peuvent être pris en charge en réadaptation cardiaque en pré ou post chirurgie.

La réadaptation cardiaque est composée de **trois** phases selon la Société Européenne de Cardiologie :²⁶

- Phase 1 : elle correspond à une phase précoce qui a lieu dans un service d'hospitalisation généralement en unité de soins intensifs puis en service. Lors de cette phase, une mobilisation précoce est conseillée.
- Phase 2 : elle constitue une partie de la convalescence et se fait généralement en centre de rééducation ou en externe (hôpital de jour par exemple). C'est une transition entre le séjour hospitalier et le retour à la « vie normale ». Pour cette phase, on a une rééducation active du patient avec le réentraînement à l'effort, la kinésithérapie fonctionnelle, la kinésithérapie respiratoire...
- Phase 3 : celle-ci se rapporte à la réinsertion sociale et une phase d'entretien. L'objectif est de maintenir la modification des facteurs de risque et du mode de vie grâce notamment à l'éducation thérapeutique (ETP) et au maintien d'une activité physique.

Il existe un certain nombre de preuves concernant la réadaptation cardiaque avec des effets favorables sur les facteurs de risque concernant les systèmes cardiovasculaire et respiratoire, mais aussi sur les capacités à l'effort ainsi que sur la qualité de vie. De plus, l'exercice physique présente un certain nombre de bénéfices sur la sphère cardiovasculaire mais aussi sur le système respiratoire ainsi que dans d'autres pathologies (diabète, cancers...)²⁷.

Nous allons nous concentrer de façon plus spécifique sur la rééducation après une transplantation cardiaque.

²⁵ [La réadaptation des maladies cardio-vasculaires : rapport d'un comité d'experts de l'OMS \[réuni à Genève du 23 au 29 juillet 1963\] \(who.int\) \(consulté le 16/11/2023\)](#)

²⁶ [Programme de prévention des maladies cardiovasculaires de l'ESC : réadaptation \(consulté le 16/11/2023\)](#)

²⁷ [Réadaptation cardiaque : les preuves scientifiques récentes de ses bénéfices / Cardiac rehabilitation : Scientific demonstration of benefits | Société Française de Cardiologie \(sfcadio.fr\) \(consulté le 18/11/2023\)](#)

1.4.3. Réadaptation chez les patients receveurs de transplantation cardiaque

Concernant la **phase 1** (post-greffe précoce), comme dit précédemment, la durée moyenne d'hospitalisation est de 14 jours pour les transplantations cardiaques en comparaison de 7 jours pour les chirurgies cardiaques classiques. Durant cette phase, on a une surveillance accrue des constantes du patient ainsi que des potentiels signes de rejet de greffe. Cette période permet le début de l'acceptation d'un nouveau corps « étranger » pour le patient.

Ainsi, les priorités en termes de rééducation à cette période sont : la restauration de l'autonomie (marche, escaliers...) puis la lutte contre les conséquences de la chirurgie et le déconditionnement (kinésithérapie respiratoire, mobilisation active-aidée, réveil musculaire).

La **phase 2** est primordiale puisqu'elle conditionne à long terme le succès de la transplantation. Elle est débutée par un bilan initial qui correspond à une étude complète du dossier médical du patient et vient compléter les bilans réalisés lors de la réadaptation précoce.

Une épreuve d'effort (EE) doit être réalisée au préalable par le médecin dans un but de diagnostic et de pronostic. Cette EE permettra au kinésithérapeute de suivre un protocole d'entraînement à une certaine puissance définie par le médecin. Elle se fait avec un monitoring cardiaque et un recueil des gaz respiratoires permettant de déterminer la consommation maximale d'oxygène ($VO_{2\text{ max}}$). Celle-ci est généralement réalisée à 1 mois post opératoire selon les possibilités du patient, puis une seconde fois entre 3 à 6 mois.

Une échographie transthoracique (ETT) est réalisée avant l'EE pour mettre en évidence un éventuel caillot.

Les protocoles standards préconisent l'installation du patient sur un vélo à une charge initiale de 10 watts/min et qui sera augmentée progressivement toutes les minutes de 10 watts. Selon les capacités du patient, on pourra démarrer à 20 watts/min et augmenter toutes les 2 minutes de 20 watts. Le patient doit pédaler à un certain rythme et maintenir la cadence, malgré l'augmentation de la résistance progressive. L'épreuve peut être aussi réalisée sur un tapis ergonomique.

Certains résultats sont caractéristiques chez les patients transplantés cardiaques[29] :

- **Cinétique de la fréquence cardiaque** [30] : au repos des FC plus élevée que chez le sujet sain ; FC maximale atteinte en un temps plus important que pour le sujet non transplanté ; un retour à la FC de repos lent (entre 10 à 20 minutes). Ces phénomènes sont essentiellement dus à la dénervation du cœur
- **Hypertension artérielle de repos** : due au traitement immunosuppresseur
- **Gaz respiratoires** : capacités ventilatoires maximales limitées ($VO_{2\text{ max}}$)

Ces paramètres peuvent varier d'un patient à l'autre mais restent à prendre en compte dans l'épreuve d'effort dans l'élaboration du protocole de réadaptation.

Lors de l'EE, une étude de la force musculaire est réalisée. Les principaux groupes musculaires sont soumis à évaluation (quadriceps, ischios jambiers, triceps suraux, biceps, triceps). Ainsi, les performances réalisées servent à baser le programme de renforcement musculaire.

Pour rappel, les lignes directrices de 2010 de la Société internationale de transplantation cardiaque et pulmonaire pour les soins aux receveurs de transplantation cardiaque, proposent une rééducation cardiaque basée sur un entraînement aérobie et des exercices contre résistance.

Exercices contre résistances :

Les patients ayant subi une transplantation cardiaque sont généralement déconditionnés et peuvent présenter une amyotrophie musculaire globale (cf. *Intérêt de la rééducation chez les patients transplantés cardiaques*). D'où la nécessité de proposer un travail de la force musculaire.

Il est nécessaire de travailler les grands groupes musculaires, selon les déficits. [29]

Le travail est à réaliser avec des charges supérieures à 40 % à 80 % de la 1RM, composées de 1 à 5 séries de 5 à 25 répétitions. Le but est d'être efficace sur le plan fonctionnel mais d'éviter une surcharge du système cardiovasculaire par des contraintes hémodynamiques. [29]

Un certain nombre d'études montrent l'intérêt d'une combinaison d'entraînement aérobie et d'exercice à but de renforcement musculaire. Cette combinaison permettrait d'obtenir en plus d'un gain de force musculaire, des effets bénéfiques sur la $VO_{2\max}$. [31]

Entraînement aérobie :

La réadaptation cardiaque se fait selon les recommandations au seuil aérobie dans une zone d'intensité moyenne.

Actuellement, la méthode la plus utilisée est l'entraînement fractionné (intervalle training) correspondant à une alternance de charge moyenne à charge haute au seuil aérobie. Pour cela, l'EE nous donnera les informations suivantes, nécessaires pour la suite :

- FC de repos, FC_{\max} , FCE (fréquence cardiaque d'entraînement)
- Seuil aérobie SV_1
- Seuil anaérobie SV_2
- $VO_{2\max}$

1.4.4. High-Intensity Interval Training (HIIT)

L'entraînement par intervalle (ou *interval training*) correspond à un type d'entraînement qui alterne des charges de basses et de hautes intensités. L'*interval training* est décrit pour la première fois dans le domaine du sport par Reindell et Roskamm et s'est particulièrement développé à partir de 1950 grâce au champion olympique, Emile Zatopek. Le but était d'améliorer les performances physiques de l'athlète afin de permettre un entraînement à des vitesses proches des vitesses de compétition [32].

À la fin des années 80, de nombreux effets bénéfiques sont prouvés sur les systèmes cardiovasculaire et respiratoire ainsi les scientifiques envisagent l'utilisation de cette méthode dans le domaine de la réadaptation cardiaque [29].

Les activités de la vie quotidienne sont le plus souvent de type intermittent (par exemple monter des escaliers, accélérer sur une courte distance...). Il est donc pertinent de cibler la réadaptation cardiaque sur ce type d'entraînement plutôt qu'un entraînement continu. De plus, ce type de rééducation constitue une méthode appropriée pour stimuler à la fois la capacité d'endurance (travail aérobie) et la force musculaire [33].

Concernant plus spécifiquement le HIIT, l'objectif est « *d'alterner des périodes d'exercices aérobiques et des phases de récupération passive ou active d'intensité modérée ou légère.* » [34]

Il permettrait d'améliorer de manière significative la capacité aérobie maximale ainsi que la $VO_{2\max}$.

De par des mécanismes physiologiques, le HIIT contribue à l'amélioration de la $VO_{2\max}$ avec un impact sur : [35]

- **Le système cardiovasculaire :**

Augmentation de la FC, de la fraction d'éjection systolique et donc du débit cardiaque.

- **Le système respiratoire :**

Amélioration de la fonction des muscles respiratoires, et la capacité du système pulmonaire à absorber l'oxygène pour le distribuer ensuite aux muscles squelettiques durant l'exercice.

- **Le système musculosquelettique :**

Augmentation des fibres musculaires de type 1 et 2

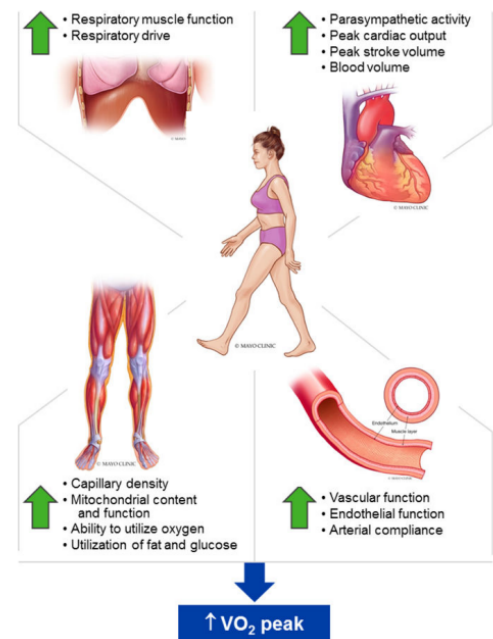


Figure 9 : Les mécanismes physiologiques clés pour l'amélioration de la $VO_{2\max}$ [35]

L'entraînement continu d'intensité modérée (MICT) constitue un fondement pour l'entraînement aérobic en réadaptation cardiaque. Cependant, d'après les dernières études, le HIIT constituerait une stratégie complémentaire ou alternative au MICT. Il démontrerait des effets similaires voire supérieurs sur la $VO_{2\max}$ [36], mais aussi sur la qualité de vie, la fréquence cardiaque, les capacités d'adaptation à l'exercice, la fonction myocardique [35].

En 2007, l'*American Heart Association* ajoute dans ses recommandations ce type d'entraînement chez les patients souffrant de pathologies cardiaques, même si les modalités de prescription n'y sont pas inscrites clairement [37].

Il est conseillé d'utiliser le HIIT à intervalles courts pour les patients débutant une réadaptation cardiaque avec des capacités d'exercices réduites. Et de travailler en HIIT à intervalles moyens ou longs pour les patients ayant une capacité d'exercice plus importante [35].

Il n'existe pas de recommandation claire quant à la réalisation des séances de HIIT (durée des différentes phases, temps de repos...), ainsi selon les auteurs, les alternances des différentes phases peuvent varier [29].

La constitution d'un **programme de HIIT** dépendra du patient, et sera composée :

- D'une phase d'**échauffement**
- De phases de **pics** près du **SV₂**, au seuil anaérobie (ou **SV₁** si le patient est fatigable), il sera recherché 85% de ce seuil durant 30 secondes à 3 minutes.
- De phases de **récupération** entre les pics à 70% du seuil **SV₁** (aérobie) entre 1 à 4 minutes.
- D'une phase de **récupération finale**

Pour une efficacité optimale, les entraînements doivent être réalisés de 3 à 6 fois par semaine avec une durée minimale de 20 minutes.

1.5. Hypothèses théoriques

Selon les recommandations de la Société Française de Cardiologie, la réadaptation cardiovasculaire chez l'adulte peut être notamment composée d'entraînement d'endurance à intensité intermittente [38] dont le HIIT par exemple. Cependant, ces recommandations ne sont pas spécifiques aux transplantés cardiaques.

De nombreux articles portent sur le HIIT en réadaptation cardiaque [39] [34] et l'amélioration de la capacité d'exercice obtenue grâce à la $VO_{2\max}$, notamment chez les insuffisants cardiaques [40] [41], les post-infarctus du myocarde [42], pour les patients coronariens [43] mais peu sur la spécificité des greffés cardiaques.

L'hypothèse est que la $VO_{2\max}$ soit améliorée grâce à l'intégration du HIIT dans un programme de réadaptation chez les patients receveurs de transplantation cardiaque, comme c'est le cas pour d'autres pathologies cardiovasculaires.

1.6. Intérêts et objectifs de la revue

Des restrictions d'exercices ont été imposées au receveur de transplantation cardiaque pendant de longues années, puisqu'on pensait que le cœur restait dénervé, ce qui pouvait impacter la fréquence cardiaques (incompétence de l'effet chronotrope). Toutefois, il y a désormais de multiples preuves que l'entraînement d'endurance et de résistance est bien toléré chez les greffés cardiaque. Il est largement reconnu que l'entraînement physique peut contribuer à améliorer la réinnervation et le contrôle nerveux autonome [44].

La revue *Anderson et al. 2017* montre l'intérêt de la réadaptation cardiaque chez les patients transplantés cardiaques par des données probantes de qualité modérée suggérant notamment une amélioration de la $VO_{2\max}$ [45].

L'intérêt de la revue est d'évaluer si en réhabilitation cardiaque, le HIIT permet d'améliorer la $VO_{2\max}$ de façon spécifique. L'objectif est aussi d'actualiser les données scientifiques dans ce domaine.

La problématique est la suivante :

En réadaptation cardiaque, le HIIT améliore-t-il la consommation maximale d'oxygène chez les patients receveurs de transplantation cardiaque ?

2. METHODE

2.1. Critères d'éligibilité des études

2.1.1. Type d'étude

Cette revue de littérature répondra à une question clinique de type **thérapeutique** dans le but d'évaluer l'efficacité d'un traitement : le HIIT (*High-Intensity Interval Training*).

Elle correspondra à une revue de littérature systématique où ne seront inclus que les essais cliniques randomisés (ECR) afin d'avoir un niveau scientifique le plus pertinent possible. En effet, une revue de littérature systématique incluant des ECR indique un niveau de preuve de grade A c'est-à-dire fondée sur des preuves scientifiques établies par des études d'un fort niveau de preuve²⁸. De plus, selon la HAS, l'utilisation d'ECR correspond à une « méthode de référence pour évaluer l'impact d'une intervention en santé »²⁹ donc à un type d'étude de référence pour évaluer l'impact d'un traitement [46] [47].

Pour des questions de compréhension, seuls les articles en français et en anglais seront intégrés à la revue.

2.1.2. Date de publication

Dans cette revue, seules les études publiées entre 2010 et 2023 seront retenues.

En effet, il sera préférable de mobiliser les données scientifiques les plus actuelles possibles pour permettre à cette revue d'atteindre un niveau de pertinence plus élevé. Un groupe de travail au sein de la Société Française de Cardiologie (SFC) a été créé en 2022 sous le nom de GERS (Groupe Exercice Réadaptation Sport). Ce groupe est constitué de médecins et de professionnels paramédicaux déjà membres de la SFC, ils ont un certain nombre de missions, dont la mise en place de travaux scientifiques dans le domaine cardiovasculaire afin de proposer des recommandations en termes de réadaptation notamment³⁰. Il est donc souhaitable d'intégrer des articles récents en lien avec la création du GERS et des recommandations qu'ils ont proposées.

De plus, une revue de littérature récente traite en partie de ce sujet (2023)[48]. Celle-ci s'intéresse à l'efficacité de la réadaptation cardiaque basée sur l'exercice pour les receveurs de transplantation cardiaque. Toutefois cette revue a évalué l'entraînement continu d'intensité modérée et l'entraînement de haute intensité par intervalles comparativement aux soins habituels.

Notre revue de littérature pourra donc venir compléter celle-ci en se concentrant spécifiquement sur le HIIT.

2.1.3. Population recherchée

La population sera composée de patients de plus de 18 ans ayant reçu une transplantation cardiaque (quelle que soit la durée écoulée depuis l'intervention), sans distinction de sexe.

2.1.4. Intervention

L'intervention appliquée aux patients sera le « *High Intensity Interval Training* », qui rentre dans le cadre de la réadaptation cardiaque en post chirurgie cardiaque.

²⁸ [Etat des lieux Niveau Preuve Gradation \(has-sante.fr\)](https://www.has-sante.fr/fr/medecins-et-professionnels-de-santé/évaluation-de-preuve/etat-des-lieux-niveau-preuve-gradation) (consulté le 15/12/2023)

²⁹ [eval interventions ameliorer pratiques guide \(has-sante.fr\)](https://www.has-sante.fr/fr/medecins-et-professionnels-de-santé/évaluation-de-preuve/eval-interventions-ameliorer-pratiques-guide) (consulté le 15/12/2023)

³⁰ [Présentation du GERS-P | Société Française de Cardiologie \(sfcario.fr\)](https://www.sfc-cardio.fr/fr/le-groupe-exercice-readaptation-sport) (consulté le 24/02/2024)

2.1.5. Comparateur

Les deux comparateurs acceptés pour cette revue seront les suivants :

- MICT (*Moderate Intensity Continuous Training*)
- Kinésithérapie habituelle

2.1.6. Critère de jugement

Le critère de jugement principal sera la consommation d'oxygène maximale, ou la capacité d'absorption maximale de l'oxygène ($VO_{2\text{ max}}$) mesurée lors d'une épreuve d'effort réalisée par un médecin.

Équation de recherche établie selon le modèle PICO :

Population	Patients adultes (> 18 ans) ayant subi une transplantation cardiaque
Intervention	Réadaptation cardiaque avec l'utilisation d'entraînement à haute intensité fractionnée (HIIT)
Comparateur	L'entraînement continu d'intensité modérée (MICT) Kinésithérapie habituelle
Outcome (Critère de jugement principal)	La consommation d'oxygène maximale ($VO_{2\text{ max}}$)

Tableau II : Critères selon le modèle PICO

2.2. Méthode et recherches d'études

La recherche d'articles a été effectuée entre août et décembre 2023.

2.2.1. Sources utilisées dans la recherche d'articles

Les bases de données investiguées dans la recherche d'articles scientifiques sont les suivantes : PubMed ; Cochrane Library ; PEDro ; Kinédoc ; ScienceDirect.

De plus, des thèses, des ouvrages scientifiques ainsi que des sites officiels ont été également consultés, principalement pour la rédaction de l'introduction. Enfin, l'onglet « Bibliothèque universitaire » du portail informatique Aix-Marseille-Université a permis de compléter les recherches et d'obtenir certains articles dans leurs intégralités.

2.2.2. Équation de recherche

Dans un premier temps, les termes MeSH correspondants aux mots clés ont été identifiés afin de pouvoir les utiliser pour la formulation de l'équation de recherche. Cela a été réalisé grâce à l'utilisation du site HeTop qui a permis une traduction française des MeSH.

Les Mesh obtenues avec HeTop sont les suivantes :

Termes en français	Résultats proposés par HeTop
« Entraînement fractionné haute intensité »	« High Intensity Interval Training » « Exercise, High-Intensity Intermittent » « High-Intensity Intermittent Exercise » « Training, High-Intensity Interval » « Interval Training, High-Intensity »
« Transplantation cardiaque »	« Cardiac transplantation » « Heart Grafting » « Heart transplantation » « Transplantation, heart » « Transplantation, cardiac »
« Consommation oxygène »	« Consumption, oxygen » « Oxygen, consumptions »

Tableau III : Résultats proposés par HeTop

Dans un second temps, ces MeSH ont été utilisées dans la base de données **PubMed** pour obtenir l'équation de recherche suivante :

[(high intensity interval training) OR (interval training high-intensity)) OR (training, high-intensity interval)) AND (cardiac transplantation) OR (heart transplant)) AND (consumption oxygen)]

Cependant, certains filtres ont été ajoutés à l'équation de recherches sur PubMed : « Randomized Controlled Trial » et un filtre pour la période de 2010 à 2024.

L'équation de recherche a dû être adaptée pour chaque base de données du fait de leurs spécificités en matière de syntaxe de recherche et de leurs fonctionnalités parfois variables :

	Équation de recherche	Filtres appliqués
PubMed	(((high intensity interval training) OR (interval training high-intensity)) OR (training, high-intensity interval)) AND (heart transplant) OR (cardiac transplantation)) AND (consumption oxygen)	“Randomized Controlled Trial” Période de 2010 à 2024
PEDro	"High intensity interval training" AND "heart transplant"	Clinical trial Depuis 20 ans “Cardiothoracics”
Cochrane Library	"High intensity interval training" AND "heart transplant" AND "heart transplant recipients"	Pas de filtre appliqué
ScienceDirect	"High intensity interval training" AND "heart transplantation" OR "cardiac transplant" AND "consumption oxygen"	“Research articles”
Kinedoc	(Entraînement fractionné de haute intensité) ET (greffe cardiaque)	Pas de filtre appliqué

Tableau IV : Équation de recherche utilisée pour les différentes bases de données et les filtres appliqués

2.3. Méthode d'extraction et d'analyse des données

2.3.1. Critères d'inclusion et critères d'exclusion

Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
<ul style="list-style-type: none">✓ Essais cliniques randomisés✓ Population définie par le PICO✓ Intervention définie par le PICO✓ Présence du critère de jugement principal	<ul style="list-style-type: none">✗ Autres schémas d'études✗ Publication antérieure à 2010✗ Écrit en d'autres langues que français ou anglais✗ Critères PICO non respectés

Tableau V : Critères d'inclusion et critères d'exclusion

2.3.2. Sélections des études

La sélection des études est une étape fondamentale puisqu'elle peut être une source de biais importants pouvant entraver la qualité des résultats par la suite. Plusieurs étapes sont nécessaires pour sélectionner les études les plus pertinentes :

- 1) **Élimination des doublons** : articles présents dans plusieurs bases de données
- 2) **Élimination après lecture du titre** : critères d'exclusion présents dans le titre
- 3) **Élimination après lecture de l'abstract** : critères d'exclusion présents dans l'abstract
- 4) **Élimination après lecture de l'article intégralement** : critère de jugement principal non présent dans l'article

2.3.3. Evaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées

L'efficacité d'un traitement est souvent évaluée grâce à des essais cliniques randomisés. Afin de pouvoir en tirer des conclusions quant à l'efficacité d'une intervention, il est nécessaire de s'assurer de la qualité méthodologique de ces ECR [49]. Ces niveaux de qualité permettent d'orienter rapidement l'utilisateur vers les essais ayant une qualité méthodologique élevée et contenant un nombre suffisant d'informations pour guider la pratique clinique³¹.

Dans cette revue de littérature, toutes les études incluses sont des ECR.

La qualité des essais cliniques randomisés sera évaluée à l'aide de l'échelle PEDro (Physiotherapy Evidence Database)³². La PEDro scale est particulièrement reconnue pour son utilité dans le domaine de la réadaptation [49].

Pour l'évaluation de la qualité méthodologique, l'échelle se base sur la validité externe et interne ainsi que la pertinence clinique.

³¹ [PEDro \(sfphysio.fr\)](https://sfphysio.fr) (consulté le 16/12/2023)

³² [Échelle PEDro - PEDro](#) (consulté le 16/12/2023)

Elle se compose de **11** items :

- **L'item 1** évalue la **validité externe** qui correspond au « *degré auquel les résultats d'une étude peuvent être appliqués, être généralisés ou être transposés à des groupes qui n'ont pas participé à l'étude* » [50]
- **Les items 2 à 9** évaluent la **validité interne** qui est définie par la qualité méthodologique de la réalisation de l'étude (niveau de preuve intrinsèque). Elle garantit un résultat avec une bonne fiabilité et une validité, avec un minimum de biais. Elle permet de garantir au mieux la concordance entre les variables [51]. L'étude sera d'autant plus fiable que le risque de biais sera faible.
- **Les items 10 et 11** portent sur l'interprétation des résultats en évaluant la quantité d'informations statistiques. [51]

La PEDro scale permet de calculer un score noté sur 10 points où 10 points indiquent une étude de qualité méthodologique élevée. Lors du calcul du score, seuls les items 2 à 10 seront comptabilisés, les points seront seulement attribués si le critère est respecté et explicitement rédigé.

Dans cette revue, nous n'intégrerons que les études ayant un score PEDro supérieur ou égal à 5/10.

Cependant, il est important de préciser que l'échelle de PEDro ne doit pas être utilisée dans le but de mesurer la validité des conclusions d'une étude. En effet, même si un score PEDro est élevé cela ne signifie pas que le traitement étudié est forcément cliniquement utile. D'autres facteurs restent à inclure avant d'en tirer une conclusion [49][51].

2.3.4. Extraction des données

Pour la réalisation de la revue de littérature, un certain nombre de données à propos des études incluses seront recueillies, afin d'obtenir une description précise et détaillée :

- Le nom de l'article, de l'auteur ainsi que la date de publication ;
- Le type d'étude utilisé ;
- Les caractéristiques de la population (nombres de patients, les critères d'inclusion et d'exclusion) ;
- Les déterminants de l'intervention (type d'intervention, modalités de réalisation, durée) ;
- Le ou les comparateur(s) ;
- Le critère de jugement principal et son outil de mesure ;
- Le ou les critères de jugement secondaires et leurs outils de mesure ;
- Les conclusions proposées par les auteurs ;

2.3.5. Synthèse des résultats

Cette revue de littérature présentera des résultats de façon qualitative et quantitative.

Dans un premier temps, une présentation qualitative des résultats sera effectuée pour chaque critère de jugement dans le but de mettre en avant les indicateurs statistiques tels que la moyenne des résultats en post-intervention pour les deux groupes, le coefficient de signification « p », la taille d'effet et l'intervalle de confiance à 95 % (IC à 95%).

Ensuite, une analyse quantitative sera menée au travers d'une méta-analyse accompagnée des diagrammes en forêt (Forest plot) correspondants.

3. RESULTATS

3.1. Description des études

3.1.1. Diagramme de flux

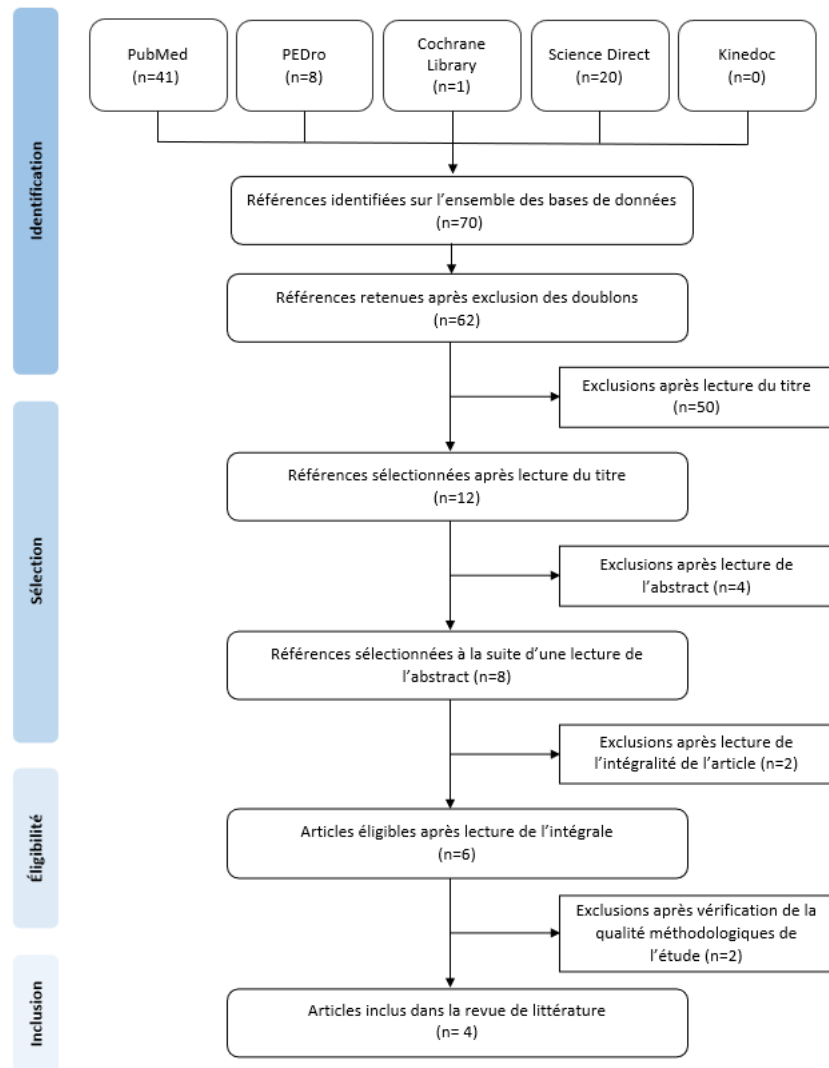


Figure 11 : Diagramme de flux [52]

3.1.2. Études exclues

Grâce à l'investigation des différentes bases de données par différentes nomenclatures et à l'utilisation des opérateurs booléens adaptés à chaque moteur de recherche, les résultats suivants ont été obtenus :

- 41 articles sur PubMed
- 8 articles sur PeDRO
- 1 sur Cochrane Library
- 20 sur Sciences Direct
- 0 sur KineDoc

Soit un total de 70 articles pouvant potentiellement répondre à la question clinique émise pour cette revue de littérature. Cependant, 8 doublons ont été repérés, ainsi seuls 62 articles ont été analysés.

3.1.2.1. Exclusion après lecture du titre et de l'abstract

Parmi les 62 articles identifiés, 54 articles ont été exclus :

- 50 ont été exclus après lecture d'un titre hors sujet
- 4 ont été éliminés après lecture de l'abstract pour plusieurs raisons :
 - Non présence des critères d'inclusion et d'exclusion (n=2)
 - Critère de jugement principal non retrouvé (n=1)
 - Schéma d'étude ne correspondant pas à un ECR (n=1)

3.1.2.2. Exclusion après lecture de l'intégralité de l'étude

Les huit articles ont été lus et analysés dans leur intégralité, mais quatre d'entre eux ont été éliminés pour les raisons suivantes :

- **Nytrøen, et al., 2012 :**

"High-Intensity Interval Training Improves Peak Oxygen Uptake and Muscular Exercise Capacity in Heart Transplant Recipients" [53]

Cet article a été exclu après une lecture approfondie.

Cependant, celui-ci présente tous les critères d'inclusion et d'exclusion requis, ainsi que les critères de jugement principal et secondaire souhaités. De plus, l'étude possède un score PEDro de 5/10 soit un score permettant l'inclusion à la revue de littérature.

Toutefois, l'article de *Nytrøen, et al., 2012* et celui de *Rustad, et al., 2014* [54] (article inclus dans la revue) évaluent le même critère de jugement principal sur la même population de patients recrutés au cours de leur suivi annuel entre 2009 et 2010, et avec une même intervention. Les auteurs ont évalué différents paramètres sur une même population avec les mêmes interventions (expérimentales et contrôle). L'article de *Nytrøen, et al., 2012* possède comme critères de jugement secondaire les résultats secondaires relatifs au test d'effort ainsi que la force musculaire et la capacité d'exercice musculaire et pour finir la biochimie sanguine et la qualité de vie liée à la santé. Pour *Rustad, et al., 2014* les critères de jugements secondaires sont aussi liés aux résultats secondaires liés au test d'effort auquel s'ajoute une évaluation des fonctions cardiaques par échographie.

Dans le but d'obtenir des résultats pertinents, le choix a été fait de ne conserver qu'un seul des deux articles qui évaluent la même chose sur une même population, puisque les résultats obtenus pour les deux articles sont similaires pour les paramètres qui nous intéressent dans cette revue.

Rustad, et al., 2014 est plus récent et possède un score de 7/10 sur l'échelle de PEDro.

Ainsi, l'article de *Nytrøen, et al., 2012* a été exclu de la revue.

- **Rolid, et al., 2020**

"Long-term effects of high-intensity training vs moderate intensity training in heart transplant recipients: A 3-year follow-up study of the randomized-controlled HITS study"[55]

Après analyse de l'intégralité de l'article, il semble que cette étude n'évalue pas spécifiquement l'intervention du HIIT mais plutôt les effets de celui-ci à 3 ans, sans intervention spécifique. Ceci ne correspond donc pas exactement aux critères d'inclusion définis au départ.

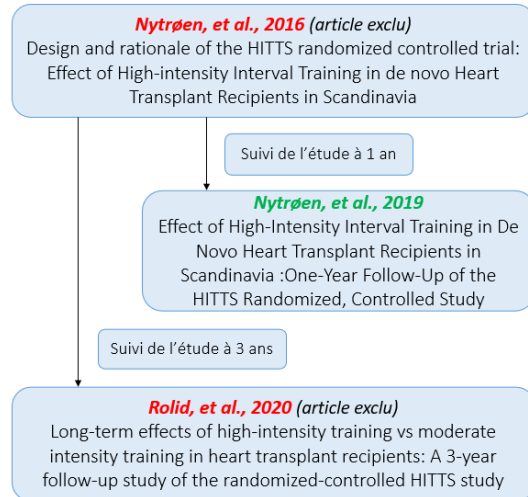


Figure 12 : Schéma récapitulant la chronologie des trois études de l'essai "HIITS"

Le schéma ci-dessus explique le lien entre les différents articles ainsi que leur chronologie. L'article de Nytrøen, et al., 2016 explique l'intérêt de l'étude et comment celle-ci va être mise en place pour évaluer si le HIIT réalisé de façon précoce conduit à une amélioration significative de la capacité d'exercice et à une diminution des complications à long terme. Ensuite, l'article Nytrøen, et al., 2019 évalue les effets du HIIT sur une période d'un an pour les receveurs de transplantation cardiaque de novo (article inclus dans la revue). Enfin, l'article de Rolid, et al., 2020 réévalue au bout de 3 ans les groupes intervention et contrôle sans intervention spécifiques dans le but d'analyser si les résultats se sont pérennisés.

Le schéma ci-dessous résume le nombre de patients présents au sein des études, la chronologie et les interventions de ces trois études :

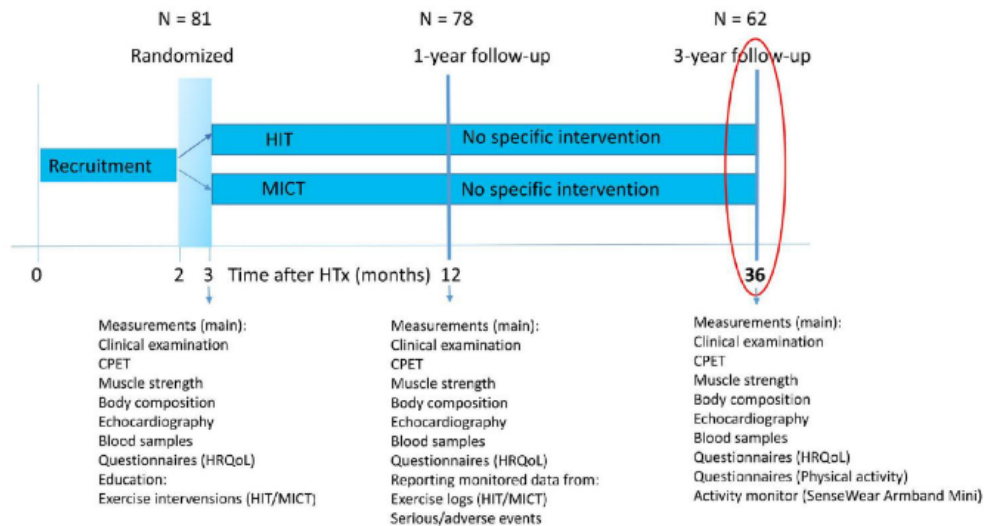


Figure 13 : Suivi du HIIT chez les transplantés cardiaques : de l'étude initiale à 3 ans [55]

○ **Yardley, et al., 2017:**

"Long-term effects of high-intensity interval training in heart transplant recipients: A 5-year follow-up study of a randomized controlled trial" [56]

Pour cet article, une étude de la qualité méthodologique a été réalisée à l'aide de l'échelle PEDro. Le score obtenu est de 4/10. Cependant, le choix a été fait de n'inclure dans la revue que des articles avec

un score total supérieur ou égal à 5/10. De plus, comme pour l'article précédent, il n'y a pas d'intervention spécifique, le but étant de voir si les groupes ayant effectué des programmes de HIIT en réadaptation cardiaque obtiennent des résultats supérieurs au groupe ayant réalisé des programmes continus d'intensité modérée, sur une intervention réalisée 5 ans en arrière.

- **Nytrøen, et al., 2016**

"Design and rationale of the HITTS randomized controlled trial: Effect of High-intensity Interval Training in de novo Heart Transplant Recipients in Scandinavia" [57]

Cet article est exclu notamment par le fait qu'il obtient un score de 4/10 sur l'échelle de PEDro. Mais aussi, l'article a pour but de poser le contexte et justifier l'intérêt de la mise en place de l'étude. Il n'évalue pas réellement les critères de jugements, ceux-ci seront évalués dans l'étude de *Nytrøen, et al., 2019* [58] (Figure 15).

3.1.3. Études incluses

Au terme de ce processus de sélection, quatre études ont été incluses dans le but de répondre à la question clinique de cette revue :

- **Dall, et al., 2014** : *"Effect of High-Intensity Training Versus Moderate Training on Peak Oxygen Uptake and Chronotropic Response in Heart Transplant Recipients: A Randomized Crossover Trial"* [59]
- **Nytrøen, et al., 2019** : *"Effect of High-Intensity Interval Training in De Novo Heart Transplant Recipients in Scandinavia :One-Year Follow-Up of the HITTS Randomized, Controlled Study"* [58]
- **T.S Hermann, et al.,2011** : *"Effect of High Intensity Exercise on Peak Oxygen Uptake and Endothelial Function in Long-Term Heart Transplant Recipients"* [60]
- **Rustad, et al., 2014** : *" One year of high-intensity interval training improves exercise capacity, but not left ventricular function in stable heart transplant recipients: a randomised controlled trial"* [54]

Études incluses	Schéma de l'étude	Effectif	Description de l'intervention	Description du comparateur	Age moyen de la population	Temps après la transplantation	IMC moyen en kg/m ²
Dall, et al., 2014	ECR en plan croisé	N = 16 4 femmes 12 hommes	HIIT : 3 fois par jours pendant 12 semaines. Echauffement 10 minutes Alternance d'intervalles de 4, 2 et 1 minutes à 80 de la VO ₂ ^{max} séparé par des pauses de 2 minutes. Récupération 10 minutes	MICT : 3 fois par jour pendant 12 semaines 45 minutes de vélo à 60/70 % de la VO ₂ ^{max}	52 ans	Moyenne de 6,4 ans	25,5
Nytrøen, et al., 2019	ECR en groupes parallèles	N =78 21 femmes 57 hommes	HIIT : Séances 3 fois par semaine Echauffement 10 minutes Alternance de bloc de 4 minutes à 85-95% de la VO ₂ ^{max} avec 3 minutes de pause active Récupération de 5 minutes	MICT : 3 fois par semaine Echauffement de 10 minutes Entraînement pendant 25 minutes entre 60 et 80 % de la VO ₂ ^{max}	49 ans	En moyenne entre 6 et 8 semaines post opératoire	25,2
T.S Hermann, et al.,2011	ECR en groupes parallèles	N= 27 5 femmes 22 hommes	HIIT : Séances 3 fois par semaine pendant 8 semaines Echauffement à 50 % de la VO ₂ ^{max} Bloc d'intervalles de 4 minutes, 2 minutes, et 30 secondes à respectivement 80, 85, 90 % de la VO ₂ ^{max} . Les intervalles sont séparés par 2 minutes de pause Récupération 10 minutes	Kinésithérapie conventionnelle	50 ans	En moyenne 7 ans	26,2
Rustad, et al., 2014	ECR en groupes parallèles	N= 52 15 femmes 33 hommes	HIIT : Séances 3 fois par semaine sur une période de 8 semaines Echauffement de 10 minutes 4 intervalles de 4 minutes à 85-95% de la VO ₂ ^{max} avec des pauses de 3 minutes Puis récupération	Kinésithérapie conventionnelle	Pas de valeurs moyennes que des médianes Entre 20 et 72 ans	Pas de valeurs moyennes que des médianes Entre 1 à 8 ans	26,75

Tableau VI : Tableau de synthèse des caractéristiques des études incluses

3.1.3.1. Dall, et al., 2014 [59]

- **Schéma d'étude :**

L'étude correspond à un essai croisé randomisé et contrôlé (appelé aussi cross over). Ce type de schéma d'étude suppose que tous les patients présents dans l'étude reçoivent à la fois le traitement à étudier, mais aussi le traitement contrôle dans un ordre aléatoire défini lors de la randomisation [51].

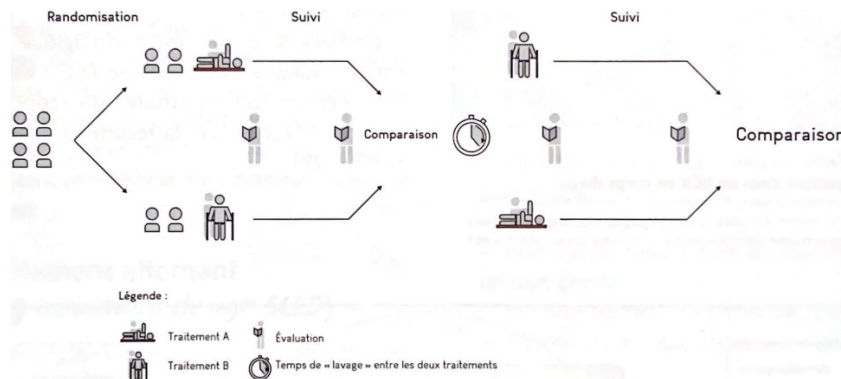


Figure 14 : Schéma d'une étude en plan croisé [51]

- **Objectif de l'étude :**

L'objectif de l'étude est de comparer l'effet du HIIT par rapport à l'entraînement continu d'intensité modérée chez les patients receveurs de transplantation cardiaque en se basant sur l'évolution de la $VO_{2\text{ max}}$.

- **Population :**

17 patients ont été randomisés au départ, en revanche 16 patients ont terminé l'étude, en effet un patient a été exclu pour cause d'épreuve d'effort insuffisante.

Les patients ont été intégrés à l'étude selon les critères d'inclusion et d'exclusion suivants :

- Critères d'inclusion :

- Bénéficiaires de transplantation cardiaque cliniquement stables (douze mois ou plus après l'opération)
- Age supérieur à 18 ans
- Patients provenant du centre cardiaque Rigshospitalet
- Patients physiquement capables de participer au programme de HIIT

- Critères d'exclusion :

- État instable (épisodes récents de rejets modérés ou sévères)
- Vasculopathie coronarienne
- Maladie maligne
- Retransplantation ou transplantation multi-organe

L'IMC moyen de l'échantillon est de $25,5 \text{ kg/m}^2$.

- **Interventions :**

L'intervention de l'étude est l'utilisation d'un programme HIIT en comparaison à un l'entraînement continu d'intensité modérée.

HIIT : Les séances seront réalisées trois fois par jour pendant douze semaines avec un entraînement par intervalles de 16 minutes composé d'intervalles de 4 minutes, 2 minutes et 1 minute à 80% de la VO_{2max} , séparés par une période de repos actif de 2 minutes. La figure suivante illustre le protocole d'entraînement du HIIT.

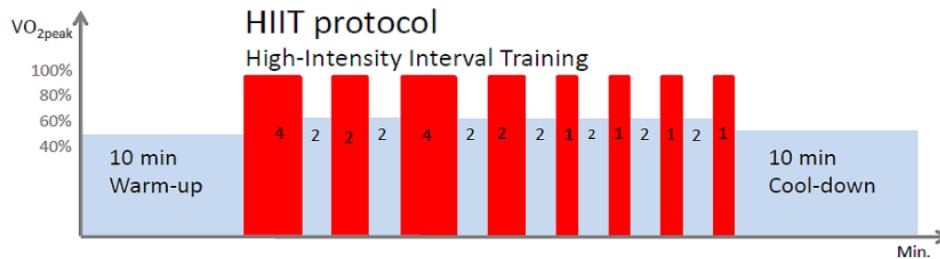


Figure 15 : Illustration du programme de HIIT dans l'article de Dall, et al., 2014 [59]

L'entraînement continu d'intensité modérée : les séances seront aussi réalisées trois fois par semaine pendant douze semaines avec 45 minutes de vélo à 60/70 % de la VO_{2max} sans intervalle.

- **Critères de jugement et outils de mesure :**

- **Critère de jugement principal** : il correspond à l'évaluation de la VO_{2max} étant mesurée par un test d'effort sur un vélo vertical. Un calcul de la VO_{2max} théorique a été réalisé à l'aide de l'équation de Wassermann/ Hansen.
- **Critères de jugements secondaires** : ils correspondent aux résultats secondaires liés au test d'effort : tension artérielle, FC_{max} , FC de réserve, FC de récupération, calcul de charge de travail maximale ainsi que la mesure des échanges gazeux respiratoires.

- **Conclusion proposée par les auteurs :**

Le HIIT permettrait d'améliorer la VO_{2max} comparativement à l'entraînement continu d'intensité modérée. Cependant, l'étude met en avant une perte rapide des améliorations, il serait donc nécessaire de pérenniser cet entraînement au risque d'une perte de l'effet durant la période de sevrage. Les auteurs proposent de mettre en place des programmes de rééducation à long terme afin de limiter cette perte de résultats.

3.1.3.2. Nytrøen, et al., 2019 [58]

- **Schéma d'étude :**

Le schéma d'étude de cet article correspond à un essai clinique randomisé et contrôlé et plus particulièrement à une étude clinique prospective à deux bras et multicentrique.

Les essais ont été réalisés dans plusieurs centres sur la base d'un même protocole avec un coordinateur chargé du traitement et de l'analyse des résultats. De plus, les patients ont été aléatoirement assignés à deux groupes : un groupe ayant reçu l'intervention du HIIT et l'autre ayant reçu un entraînement continu à intensité modérée (Figure 14).

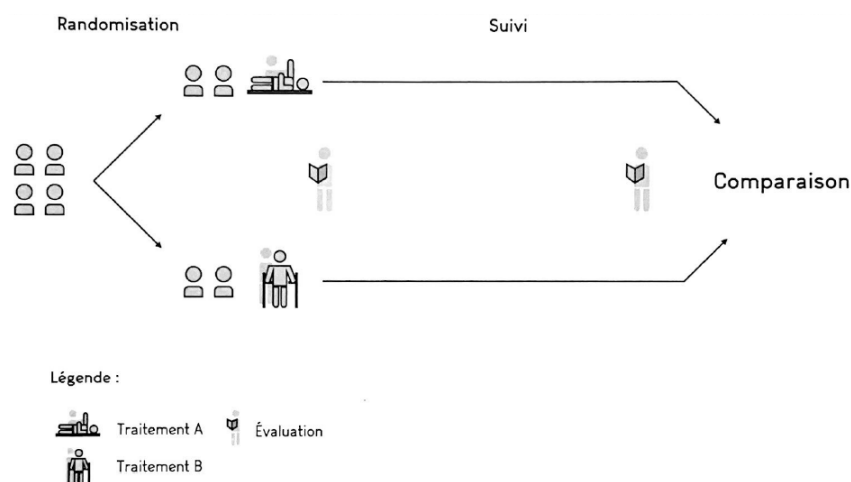


Figure 16 : Schéma d'une étude contrôlée et randomisée en groupes parallèles [51]

- **Objectif de l'étude :**

L'objectif de l'étude est d'évaluer l'effet d'un entraînement de HIIT introduit précocement chez les patients transplantés cardiaques comparativement à l'entraînement continu d'intensité modérée sur la consommation maximale d'oxygène et la capacité d'exercice musculaire.

- **Population :**

83 patients ont été inclus dans l'étude, et 78 l'ont terminée puisque 3 patients ont été exclus.

Les critères d'inclusion et d'exclusion suivants :

- Critères d'inclusion :

- Patients en moyenne à onze semaines post-intervention
- Cliniquement stable
- Âgé de plus de 18 ans
- Receveur de traitement immunosuppresseur
- Patient disposé et capable de donner leur consentement écrit pour participer à l'étude et motivé à le réaliser

- Critères d'exclusion :

Les critères d'exclusion ne sont pas précisés explicitement dans cet article, cependant les auteurs invitent à se référer à l'article de *Nytrøen, et al., 2016* [57] qui explique la mise en place de l'étude (Figure 12) :

- Patient non stable, donc ayant subi des changements majeurs dans la médication immunosuppressive
- Patients en rejet de greffe

L'IMC moyen de l'échantillon avant les interventions est de 26,7 kg/m².

- **Interventions :**

L'intervention de l'étude est le HIIT avec comme comparateur l'entraînement continu d'intensité modérée.

HIIT : L'intervention HIIT consiste en intervalles de deux à quatre minutes à 85-95% de l'effort maximal soit 85-95% de la FC_{max} et 81-93% de la VO_{2max}. (Figure 16)

Le protocole se compose de trois périodes :

- La première période, entre trois à six mois après la chirurgie consiste en une séance de HIIT, une séance d'entraînement en résistance et une séance combinée par semaine.

- La deuxième période, entre six à neuf mois après l'intervention consiste en deux séances de HIIT et une séance d'entraînement en résistance par semaine.
- La troisième période, sur les deux à trois derniers mois de l'intervention jusqu'au douzième mois après la transplantation consiste en trois séances HIIT par semaine.

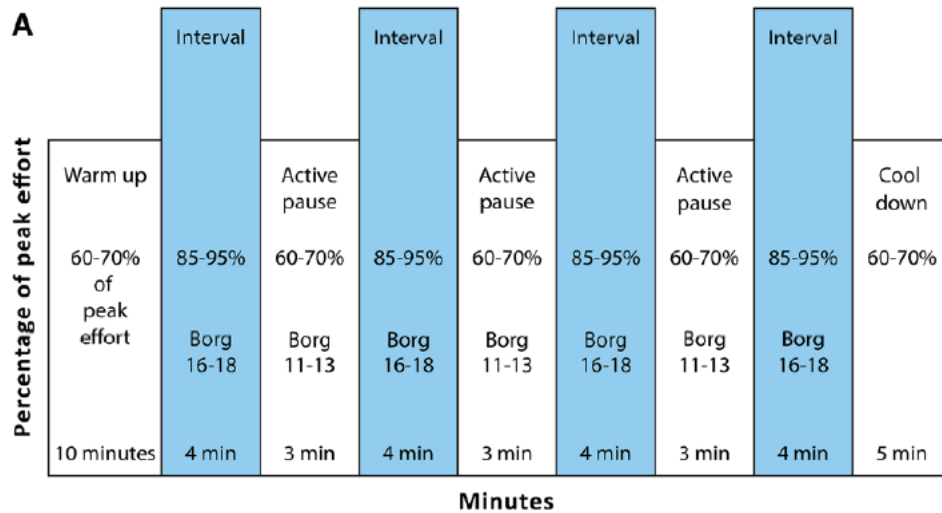


Figure 17 : Illustration du programme de HIIT dans l'article de Nytrøen, et al., 2019 [58]

L'entraînement continu d'intensité modérée : Celui-ci correspond à un entraînement trois fois par semaine à 60-80% de la $VO_{2\max}$ durant vingt-cinq minutes en continu. (Figure 17)

L'entraînement continu d'intensité modérée est accompagné d'exercices de renforcement du tronc ainsi que des exercices pour les grands groupes musculaires.

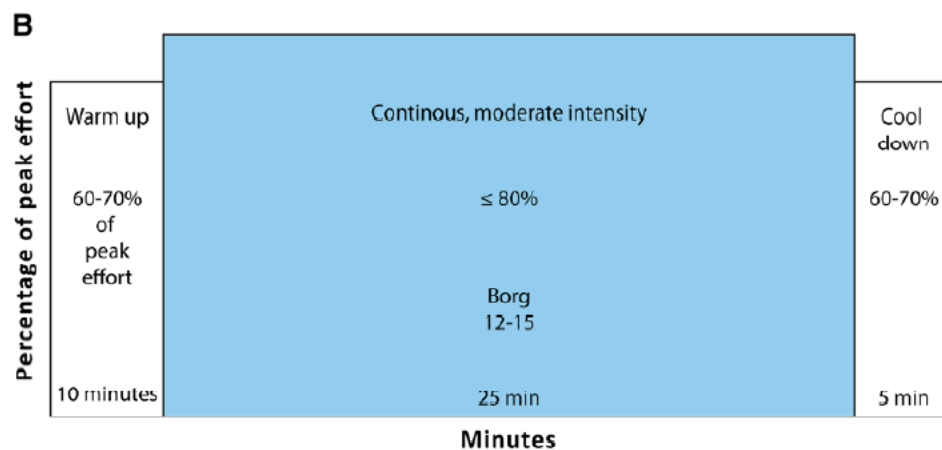


Figure 18 : Illustration du programme d'entraînement continu à intensité modérée dans l'article de Nytrøen, et al., 2019 [58]

Les deux interventions prennent en compte une évaluation de la perception de l'effort avec l'échelle de Borg.

- **Critères de jugement et outils de mesure :**
 - Critère de jugement principal : il correspond à l'évaluation de la $VO_{2\max}$ étant évaluée par un test d'effort sur un vélo ergonomique ou sur un tapis
 - Critères de jugements secondaires : capacité d'exercice musculaire, fonction pulmonaire, qualité de vie liée à la santé, hémodynamique et réponses chronotropes

- **Conclusion proposée par les auteurs :**

Les auteurs concluent sur le fait que le HIIT est une méthode d'exercice réalisable, efficace pouvant améliorer les résultats de santé généraux ainsi que les pronostics vitaux. De plus, la $VO_{2\text{ max}}$ serait améliorée dans les deux groupes mais de façon plus significative pour les patients du groupe intervention selon les auteurs.

3.1.3.3. T.S Hermann, et al.,2011 [60]

- **Schéma d'étude :**

L'article correspond à un essai contrôlé randomisé en deux groupes parallèles (Figure 14). L'étude se compose d'un groupe « exercice » à qui on propose l'intervention et d'un groupe témoin/contrôle.

- **Objectif de l'étude :**

Le but de l'étude est d'évaluer l'effet d'exercices aérobies de haute intensité par intervalles sur l'absorption maximale d'oxygène ainsi que sur les fonctions endothéliales chez les patients receveurs de transplantation cardiaque.

- **Population :**

30 patients ont été inclus dans l'étude, cependant l'article recense trois abandons avant le début de l'intervention, soit un total de 27 patients avec les critères d'inclusion et d'exclusion suivants :

- Critères d'inclusion :

- Age supérieur à 18 ans
- Douze mois post-opératoire
- Patient en capacité d'effectuer un entraînement aérobic

- Critères d'exclusion :

- Créatinine plasmatique supérieure à 2,3 mg/dL
- Patient sous dialyse
- Sujets ayant présenté un rejet significatif au cours des trois mois précédents
- Vasculopathie coronarienne sévère
- Maladie maligne
- Retransplantation ou transplantation multi-organes

L'IMC moyen de l'échantillon avant les interventions est de 26,2 kg/m².

- **Intervention :**

L'intervention dure sur une période de huit semaines avec trois séances supervisées par semaine dans une clinique de réadaptation cardiaque.

Le protocole d'intervention consiste en un entraînement par intervalles aérobies sur des vélos et des courses d'escaliers. Il se compose de blocs d'intervalles à environ 80 % de la $VO_{2\text{ pic}}$ équivalant à environ 85% de la fréquence cardiaque maximale.

Chaque séance d'exercice a été introduite par une période d'échauffement supérieure à 50% de $VO_{2\text{ pic}}$. Après l'échauffement initial, un programme d'exercices de haute intensité de 42 minutes composé de blocs d'intervalles de 4 minutes / 2 minutes / 30 secondes à 80%, 85% et 90% de $VO_{2\text{ pic}}$ et des périodes de récupération d'une à deux minutes. L'intensité des blocs d'intervalles a été maintenue au-dessus de 80% de la $VO_{2\text{ pic}}$ correspondant au niveau 18-19 sur l'échelle de Borg.

Le programme se termine par une récupération de 10 minutes d'escaliers en partant de 80% de la $VO_{2\text{ max}}$ pour arriver à 50 % de la $VO_{2\text{ max}}$ progressivement.

Le groupe contrôle correspond à l'utilisation de kinésithérapie conventionnelle.

- **Critères de jugement et outils de mesure :**

- Critère de jugement principal : la $VO_{2\text{ max}}$ évaluée par un test d'effort sur un vélo ergomètre. Le test d'effort prend fin lorsque le sujet ressent des symptômes maximaux limitant le test (fatigue des jambes ou essoufflement le plus souvent)
- Critères de jugements secondaires : les fonctions endothéliales avec la vasodilatation induite du flux de l'artère brachiale, la pression artérielle et les biomarqueurs de l'inflammation et des peptides natriurétiques

- **Conclusion proposée par les auteurs :**

Les auteurs concluent une amélioration considérable de la capacité aérobie donc de la $VO_{2\text{ max}}$. De plus le HIIT aurait permis une amélioration de la fonction endothéliale. Cependant, il est estimé que des évaluations à long terme sont nécessaires.

3.1.3.4. *Rustad, et al., 2014 [54]*

- **Schéma d'étude :**

Le schéma d'étude est de type essai clinique randomisé en deux groupes parallèles (*Figure 14*) : un groupe d'exercice (HIIT) et un groupe témoin.

- **Objectif de l'étude :**

L'objectif est d'étudier l'intérêt du HIIT pour la capacité d'exercice ainsi que pour les fonctions cardiaques.

- **Population :**

57 patients ont été recrutés au départ, mais seulement 52 étaient éligibles à la randomisation avec les critères d'inclusion et d'exclusion suivants :

- Critères d'inclusion :

- Transplantation datant de 1 à 8 ans
- Un traitement médical optimal
- Un état clinique stable
- Une capacité à effectuer un test d'effort maximal
- Volonté de suivre un an d'entraînement physique

- Critères d'exclusion :

- Insuffisance cardiaque
- Signes cliniques de rejet
- Fibrillation auriculaire
- Nécessité d'une revascularisation ou d'une autre intervention

L'IMC moyen de l'échantillon est de 26,75 kg/m².

- **Intervention :**

L'intervention est divisée en trois périodes d'exercice de huit semaines avec trois séances chaque semaine.

Les entraînements consistent en une marche ou une course sur un tapis roulant, avec un échauffement de 10 minutes suivi de quatre intervalles de 4 minutes à 85-95% de la FC_{max} séparés par des pauses actives de 3 minutes puis une période de récupération. La vitesse et l'inclinaison du tapis roulant ont été ajustées en permanence pour garantir que la séance d'entraînement soit effectuée à 85-95% de la FC_{max} .

Pour le groupe contrôle, il leur a été proposé de poursuivre l'exercice comme avant l'inclusion.

- **Critères de jugement et outils de mesure :**

- Critère de jugement principal : la $VO_{2\max}$ a été évaluée par un test de marche sur tapis roulant en suivant les recommandations de la Société Européenne de Cardiologie pour le CPET.
- Critères de jugements secondaires : les fonctions systolique et diastolique cardiaques mesurées par une échographie d'effort

- **Conclusion proposée par les auteurs :**

Selon les auteurs de l'article, le HIIT permet une augmentation significative de la $VO_{2\max}$, alors que celle-ci reste inchangée dans le groupe contrôle. Malgré des capacités d'exercice améliorées, les fonctions cardiaques systolique et diastolique seraient sans altération significative. Ainsi, l'augmentation de la capacité d'exercice serait due à des adaptations extracardiaques.

3.2. Risque de biais des études incluses

Une évaluation de la qualité méthodologique des études est primordiale afin d'identifier la présence et le risque de biais.

Un biais a la définition suivante : « *C'est une erreur systématique des résultats ou des déductions par rapport à la vérité pouvant être une erreur dans la conception de l'étude mais aussi dans la collecte, l'analyse, l'interprétation, la communication ou publication des résultats. Cela conduit systématiquement et de façon non aléatoire à des déviations de la réalité.* »[61]

Pour obtenir une revue de littérature de bonne qualité, il est important de s'assurer de la présence du moins de biais possible, afin d'obtenir des résultats plus fiables. Au moins la revue de littérature présente de biais, au plus les résultats seront proches de la réalité.

La qualité méthodologique des études incluses dans cette revue de littérature a été évaluée grâce à l'échelle de PEDro (Annexe 4).

3.2.1. Synthèse des biais retrouvés

	Items de l'échelle PEDro											Score Final
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Dall, et al., 2014	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	7/10
Nytrøen, et al., 2019	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✓	6/10
T.S Hermann, et al., 2011	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	7/10
Rustad, et al., 2014	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	7/10

Tableau VII : Score PEDro pour chaque étude

3.2.2. Validité externe

Le premier item de l'échelle de PEDro évalue la validité externe de l'étude, cependant celui-ci n'est pas comptabilisé dans le calcul du score final.

Toutes les études de la revue valident le premier item sauf l'étude de *Rustad, et al.* qui ne fait pas apparaître explicitement la source des sujets.

3.2.3. Biais de sélection

Les biais de sélection sont évalués grâce aux items 2, 3 et 4.

L'item 2 évalue la randomisation et est respecté dans toutes les études, en effet l'allocation a été effectuée de manière aléatoire.

À propos de **l'item 3** relatif à l'assignation secrète, l'article de *Dall, et al.*, et *T.S Hermann, et al.*, évoquent une randomisation à l'aide d'enveloppe par une personne indépendante à l'étude. Dans l'article de *Rustad, et al.*, il est précisé que les enveloppes ont été fournies à un statisticien indépendant de l'étude.

Cependant, pour l'article *Nytrøen, et al.*, l'assignation secrète n'est pas précisée.

L'item 4 traite de la comparabilité des groupes au départ, celui-ci est respecté dans toutes les études.

3.2.4. Biais de performance

Les biais de performance sont appréciés par les items 5 et 6.

L'item 5, en lien avec la mise en « aveugle » des sujets, a été respecté seulement dans l'article de *Nytrøen, et al.*, où les sujets ont été informés de l'attribution au groupe d'exercice seulement après que les tests de base aient été effectués.

L'item 6, correspondant à la mise en « aveugle » des thérapeutes, n'a pas été respecté dans tous les articles. Afin de mettre en place les séances, les MK étaient nécessairement obligés de connaître la nature de leur intervention.

3.2.5. Biais d'évaluation

Concernant la mise en « aveugle » des évaluateurs, évaluée par **l'item 7**, dans les articles de *Dall, et al.*, *Rustad, et al.*, et *T.S Hermann, et al.*, elle est explicitement précisée. Pour *Nytrøen, et al.*, rien n'est mentionné concernant la mise en aveugle des évaluateurs, l'item n'est donc pas validé.

3.2.6. Biais de suivi

L'item 8 vérifie si les mesures ont été réalisées pour au moins un des critères de jugement essentiels et si elles ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes. Cet item a été validé dans tous les articles, puisqu'ils évaluent tous le critère de jugement principal (la mesure de la $VO_{2\max}$) pour plus de 85% des patients présents au départ.

3.2.7. Biais d'attrition

Quant à l'**item 9**, l'analyse en intention de traiter n'a été respectée dans aucun des articles présents dans cette revue.

3.2.8. Biais d'interprétation

Pour l'**item 10** qui vérifie la présence d'une comparaison statistique inter-groupe, celui-ci est présent dans tous les articles puisqu'il est mentionné d'une comparaison finale entre les groupes, soit sous la forme d'une hypothèse (p) ou d'une estimation de la différence des effets entre groupes et son intervalle de confiance.

Concernant l'**item 11** à propos de l'estimation de l'effet et de sa variabilité, celui-ci est respecté dans tous les articles.

Aucune des études incluses dans la revue de littérature ne présente de biais d'interprétation. On en conclut que les informations statistiques sont suffisantes pour pouvoir interpréter les résultats.

3.3. Les effets de l'intervention

L'objectif de cette revue est d'analyser l'intérêt du HIIT en réadaptation cardiaque chez les patients receveurs de transplantation cardiaque. Pour cela, l'efficacité sera évaluée par la différence inter-groupe dans chaque article.

3.3.1. Les indicateurs statistiques

La significativité statistique ainsi que la pertinence clinique des résultats obtenus doivent être évaluées et analysées dans le but d'apprécier l'effet du HIIT.

3.3.1.1. La taille de l'effet

L'efficacité du traitement sera représentée par la différence inter-groupe, ainsi pour chaque article, un calcul de la taille d'effet sera réalisé.

La taille de l'effet permet d'apprécier l'effet du traitement sur un critère de jugement donné entre deux groupes. Le traitement sera d'autant plus significatif que la taille d'effet sera élevée.

Celui-ci peut être calculé grâce au d de Cohen qui évalue la taille de l'effet par une comparaison des moyennes. Au plus le d de Cohen sera grand, au plus la taille d'effet sera grande.

Cependant, il n'utilise pas l'unité de la variable étudiée pour exprimer la taille d'effet ainsi nous ne l'utiliserons pas pour calculer la taille de l'effet ici. De plus aucune des études de la revue ne mentionne le d de Cohen.

Nous nous appuyerons sur l'intervalle de confiance à 95 % pour estimer la taille de l'effet principalement.

3.3.1.2. Intervalle de confiance

L'outil de référence pour apprécier la taille d'effet est l'intervalle de confiance (IC) à 95 %. Celui-ci permet d'estimer si les résultats obtenus pour un échantillon de patients inclus dans une étude sont applicables à une population plus large et ainsi permet une estimation de la réalité.

On parle de résultats statistiquement significatifs lorsque l'IC ne croise pas la valeur nulle (0) et de résultats non significatifs lorsque l'IC croise la valeur nulle (0) [51].

L'importance de l'effet de l'intervention doit être estimée, puisqu'il reflète la significativité clinique du résultat. Pour cela, la valeur du paramètre (milieu de l'IC) et la position des bornes de l'IC ont une importance. En effet, si la valeur du paramètre et les bornes de l'IC sont éloignées de la valeur nulle (0), les résultats pourront être considérés comme cliniquement significatifs [51].

3.3.1.3. Coefficient de signification

Le coefficient de signification « p » correspond à une mesure statistique, qui permet d'évaluer si la différence des résultats entre le groupe intervention et le groupe contrôle est due à une véritable association ou bien au hasard.

On considère généralement que :

- Si $p > 0,05$, le résultat n'est pas statistiquement significatif et possède plus de 5 % de chance que la différence soit due au hasard
- Si $p \leq 0,05$, le résultat est statistiquement significatif et possède moins de 5% de chance que la différence soit due au hasard [62].

Le coefficient de signification « p » permet d'évaluer la signification statistique mais ne permet pas de juger la pertinence clinique. Toutefois, pour conclure de manière fiable sur la signification statistique d'un résultat, il est primordial de considérer à la fois la valeur p et l'intervalle de confiance.

3.3.1.4. ANOVA et ANCOVA [63]

La p-ANOVA est une technique statistique qui analyse la variance dans le but de comparer les moyennes entre deux groupes ou plus. L'objectif est de mettre en avant la présence de différences statistiquement significatives entre les moyennes des groupes afin d'estimer si ces différences sont dues à des effets réels ou bien simplement dues au hasard. On parle de différence statistiquement significative dans le cas où la p-ANOVA est inférieure à 0,05.

La p-ANCOVA est une analyse de la covariance et correspond à une extension de l'ANOVA. C'est une méthode statistique qui a donc aussi pour but de comparer les moyennes de plusieurs groupes, mais en contrôlant davantage l'effet d'une ou plusieurs variables continues sur la variable dépendante. Si la p-ANCOVA est inférieure à 0,05, alors la différence observée est statistiquement significative après avoir pris en compte l'effet des variables contrôlées.

3.3.1.5. La Différence Minimale Cliniquement Importante (DMCI)

La DMCI est considérée comme « *la plus petite différence que les patients considèrent comme importante* » [64].

Celle-ci permet de déterminer la pertinence des données statistiques[65]. Autrement dit, elle permet de conclure à une différence clinique significative entre le groupe intervention et le groupe contrôle indiquant un effet du traitement étudié et permettant donc d'affirmer une pertinence d'un point de vue clinique.

Cependant, à ce jour, il n'existe pas de DMCI établie pour la $VO_{2\max}$.

3.3.1.6. La méta-analyse

Une méta-analyse correspond à une méthode scientifique systématique qui permet une synthèse quantitative des données d'une série d'études indépendantes sur un sujet donné [66]. Elle repose sur un protocole précis, ce qui implique un très haut niveau de preuve.

La méta-analyse a pour représentation graphique le Forest plot (graphique en forêt).

L'hétérogénéité permet de mesurer l'effet d'un traitement, en effet elle représente la proportion de variation de l'effet traitement pour les études incluses [67].

L'hétérogénéité peut être dans un premier temps clinique par une population composée de patients non semblables par leurs caractéristiques, leurs critères d'inclusion, d'exclusion qui peuvent différer. Mais aussi par des traitements administrés de façon différente ou enfin des critères de jugement non identiques. L'hétérogénéité clinique est évaluée par un examen des protocoles et des populations des différentes études.

On distingue l'hétérogénéité statistique qui peut provenir des qualités méthodologiques des études, des biais de publication, des biais de mesure avec des mesures incorrectes des résultats [51].

Cette hétérogénéité peut être vérifiée par analyse de la représentation graphique ou par des tests statistiques tels que le Q de Cochran, mais aussi par le test de I^2 qui vérifie la concordance des études entre elles.

Cette revue utilisera l'indice I^2 calculé par le logiciel Review Manager.

Pour un I^2 inférieur à 0,25 on parle d'hétérogénéité faible ; un I^2 compris entre 0,25 et 0,50 on considère une hétérogénéité modérée ; enfin un I^2 supérieur à 0,5 on admet une hétérogénéité forte [51].

3.3.2. Les effets de l'intervention sur le critère de jugement principal

Pour rappel, le critère de jugement principal de cette revue de littérature est la $VO_{2\max}$ évaluée par une épreuve d'effort.

Pour évaluer au mieux l'hypothèse initiale et permettre des résultats pertinents, il est préférable d'analyser les résultats en inter groupe et non en intra groupe.

Bien que certains articles de la revue fournissent des données intra-groupe, avant et après intervention sous forme de tableau « change score », cette méthode n'est disponible que pour deux des quatre articles. Dans le but d'assurer une meilleure comparabilité entre les articles, le choix a été fait de ne pas utiliser cette approche.

	Moyen d'évaluation	Unité	Moyenne des résultats post-intervention	Coefficient de signification p	Taille d'effet	Intervalle de confiance
<i>Dall, et al., 2014</i>	Test d'effort	ml/kg/min	GI : 28,1 GC : 25,6	<0,001 <i>Statistiquement significatif</i>	2,5	IC 95 % [-4,74 ; 9,74] <i>L'intervalle de confiance croise la valeur nulle donc le résultat est non cliniquement significatif</i>
<i>Nytrøen, et al., 2019</i>	Test d'effort	ml/kg/min	GI : 24,4 GC : 24,4	0,044 <i>Statistiquement significatif</i>	0	IC 95 % [-2,93 ; 2,93] <i>L'intervalle de confiance croise la valeur nulle donc le résultat est non cliniquement significatif</i>
<i>T.S Hermann, et al., 2011</i>	Test d'effort	ml/kg/min	GI : 28,3 GC : 23,4	<0,001 <i>Statistiquement significatif</i>	4,9	IC 95 % [0,53 ; 9,27] <i>Le résultat est cliniquement significatif, mais la pertinence clinique est faible</i>
<i>Rustad, et al., 2014</i>	Test d'effort	ml/kg/min	GI : 30,9 GC : 28,0	<0,001* <i>Statistiquement significatif</i>	2,9	IC 95 % [-0,61 ; 6,41] <i>L'intervalle de confiance croise la valeur nulle donc le résultat est non cliniquement significatif</i>

GI : groupe intervention ; GC : groupe contrôle
*valeurs p-ANCOVA

Tableau VIII : Résultats obtenus pour le critère de jugement principal : le HIIT

Parmi les quatre études incluses dans cette revue de littérature, deux d'entre elles ont comme comparateur l'entraînement continu d'intensité modérée. Les deux autres sont comparées à la kinésithérapie conventionnelle (Tableau VI). Ainsi pour une meilleure comparabilité, deux forest plots ont été réalisés pour ces deux comparateurs différents.

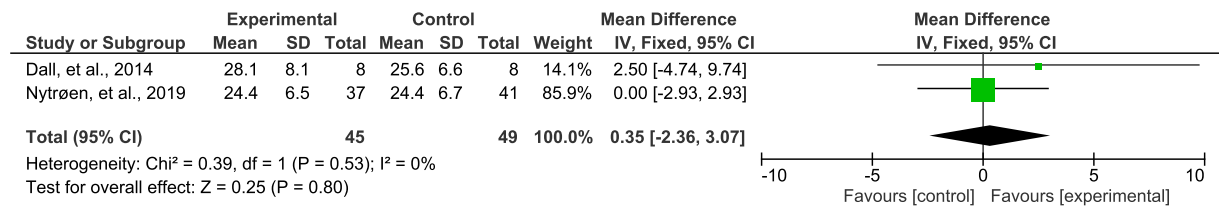


Figure 19 : Forest plot pour les études ayant comme comparateur l'entraînement continu d'intensité modérée

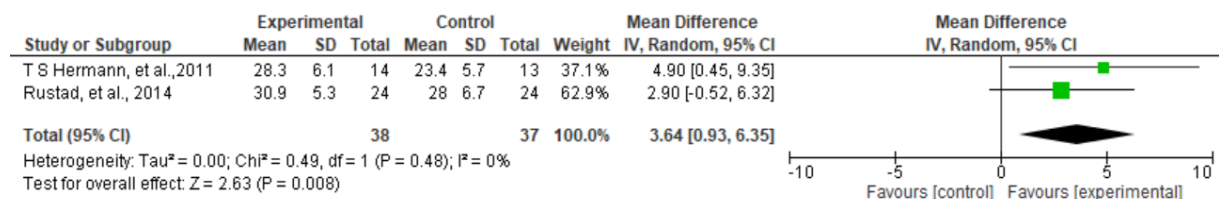


Figure 20 : Forest plot pour les études ayant comme comparateur la kinésithérapie conventionnelle

3.3.3. Les effets de l'intervention sur les critères de jugements secondaires

Les critères de jugements secondaires correspondent aux résultats secondaires liés au test d'effort notamment :

- **FC de repos :**

	Moyen d'évaluation	Unité	Moyenne des résultats post-intervention	Coefficient de signification p	Taille d'effet	Intervalle de confiance
Dall, et al., 2014	Monitoring cardiaque	bpm	GI : 83,9 GC : 84,6	0,354 <i>Non statistiquement significatif</i>	-0,7	IC 95 % [-7,67 ; 6,27] <i>Non cliniquement significatif</i>
Nytrøen, et al., 2019	Échocardiographie	bpm	GI : 90 GC : 87	0,875 <i>Non statistiquement significatif</i>	3	IC 95 % [-1,97 ; 7,97] <i>Non cliniquement significatif</i>
T.S Hermann, et al., 2011	Monitoring cardiaque	bpm	GI : 76 GC : 78	p non précisé	-2	IC 95 % [-9,16 ; 5,16] <i>Non cliniquement significatif</i>
Rustad, et al., 2014	Échocardiographie	bpm	GI : 83 GC : 81	0,102* <i>Non statistiquement significatif</i>	2	IC 95 % [-1,15 ; 17,15] <i>Non cliniquement significatif</i>

GI : groupe intervention ; GC : groupe contrôle

*valeurs p-ANCOVA

Tableau IX : Résultats obtenus pour un des critères de jugement secondaire : la FC de repos

○ **FC_{max}** :

	Moyen d'évaluation	Unité	Moyenne des résultats post-intervention	Coefficient de signification p	Taille d'effet	Intervalle de confiance
Dall, et al., 2014	Test d'effort	bpm	GI : 143,6 GC : 140,8	0,027 Statistiquement significatif	2,8	IC 95 % [-18,8 ; 24,4] <i>Non cliniquement significatif</i>
Nytrøen, et al., 2019	Test d'effort	bpm	GI : 153 GC : 147	0,129 <i>Non statistiquement significatif</i>	6	IC 95 % [-0,66 ; 12,66] <i>Non cliniquement significatif</i>
Rustad, et al., 2014	Test d'effort	bpm	GI : 163 GC : 154	0,016* Statistiquement significatif	9	IC 95 % [0,21 ; 17,79] Le résultat est cliniquement significatif, mais la pertinence clinique est faible

GI : groupe intervention ; GC : groupe contrôle

*valeurs p-ANCOVA

Tableau X : Résultats obtenus pour un des critères de jugement secondaires : la FC max

- RER (Respiratory Exchange Ratio) correspondant au quotient respiratoire :

	Moyen d'évaluation	Unité	Moyenne des résultats post-intervention	Coefficient de signification p	Taille d'effet	Intervalle de confiance
Dall, et al., 2014	Test d'effort avec mesure des échanges gazeux	Pas d'unité car ratio	GI : 1,15 GC : 1,18	0,754 Non statistiquement significatif	-0,03	IC 95 % [-0,14 ; 0,08] Non cliniquement significatif
Nytrøen, et al., 2019	Test d'effort avec mesure des échanges gazeux	Pas d'unité car ratio	GI : 1,19 GC : 1,22	0,338 Non statistiquement significatif	-0,03	IC 95 % [-0,07 ; 0,01] Non cliniquement significatif
Rustad, et al., 2014	Test d'effort avec mesure des échanges gazeux	Pas d'unité car ratio	GI : 1,08 GC : 1,07	0,336* Non statistiquement significatif	0,01	IC 95 % [-0,02 ; 0,04] Non cliniquement significatif

GI : groupe intervention ; GC : groupe contrôle

*valeurs p-ANCOVA

Tableau XI : Résultats obtenus pour un des critères de jugement secondaire : le RER

○ Tension artérielle systolique :

	Moyen d'évaluation	Unité	Moyenne des résultats post-intervention	Coefficient de signification p	Taille d'effet	Intervalle de confiance
Dall, et al., 2014	Test d'effort	mmHg	GI : 125,8 GC : 127	0,306 Non statistiquement significatif	-1,2	IC 95 % [-27,27 ; 24,87] Non cliniquement significatif
Nytrøen, et al., 2019	Test d'effort	mmHg	GI : 139 GC : 135	0,071 Non statistiquement significatif	4	IC 95 % [-2,17 ; 10,17] Non cliniquement significatif
T.S Hermann, et al., 2011	Test d'effort	mmHg	GI : 127 GC : 142	0,03 Statistiquement significatif	-15	IC 95 % [-26,97 ; - 0,33] Cliniquement significatif et pertinence clinique faible
Rustad, et al., 2014	Test d'effort	mmHg	GI : 137 GC : 127	0,269* Non statistiquement significatif	10	IC 95 % [-0,03 ; 20,03] Non cliniquement significatif

GI : groupe intervention ; GC : groupe contrôle

*valeurs p-ANCOVA

Tableau XII : Résultats obtenus pour un des critères de jugement secondaire : la tension artérielle systolique

4. DISCUSSION

Dans cette partie, les études incluses vont être analysées afin de mettre en avant leurs similitudes et leurs différences. Les biais potentiels présents dans les études et donc ceux présents dans la revue seront évalués. Cela a pour objectif final de pouvoir discuter ensuite de l'applicabilité en pratique clinique.

4.1. Analyse des principaux résultats

Pour rappel, les quatre études incluses au sein de la revue de littérature sont des ECR, en faveur d'une homogénéité des schémas d'études.

4.1.1. Analyse de la population

- **Dall, et al., 2014**

Pour cette étude, la population est composée de 17 participants, cependant un patient a été exclu laissant 16 patients ayant terminé l'étude et sur lesquels se sont basées les analyses. 4 femmes et 12 hommes constituent l'étude avec un âge moyen de 52 ans (entre 33 ans et 70 ans). Enfin, les participants de l'étude sont en moyenne à 6,4 ans de la transplantation (entre 1 à 17 ans). L'IMC moyen de l'échantillon de population est de 25,5 kg/m².

- **Nytrøen, et al., 2019**

Au total 78 patients ont conclu l'étude puisque cinq patients ont été exclus soit après la randomisation (n=2) soit après les interventions (n=3). La population se compose de 57 hommes et 21 femmes avec un âge moyen de 50 ans pour le groupe intervention et de 48 ans pour le groupe contrôle. Les critères d'inclusion indiquent des patients entre 6 et 8 semaines post-transplantation, cependant dans les 78 participants, il n'est pas précisé où les patients se situent entre 6 et 8 semaines post-opératoire. De plus, les critères d'exclusion ne sont pas expressément précisés. L'IMC moyen des participants des groupes intervention et contrôle confondus, est de 25,2 kg/m².

- **T.S Hermann, et al., 2011**

30 patients ont été randomisés cependant 27 patients ont terminé l'étude (3 sujets perdus de vue), dont 22 hommes et 5 femmes avec un âge moyen de 53 ans pour le groupe intervention et 47 ans en moyenne pour le groupe contrôle. Les participants sont en moyenne à sept ans de la greffe. Concernant l'IMC moyen de la population avant les interventions, il est de 26,2 kg/m².

- **Rustad, et al., 2014**

Pour cette étude, 48 patients ont terminé l'étude après exclusion de quatre patients pour des raisons médicales. Les participants sont composés de 15 femmes et 33 hommes avec des âges entre 20 et 72 ans. Ils sont entre 1 et 8 ans post transplantation cardiaque. L'article ne fournit pas les données concernant l'âge et le temps après transplantation des patients sous forme de moyenne, mais sous forme de médiane. On relève une médiane de l'âge des participants de 56 ans pour le groupe expérimental et une médiane de 58 ans pour le groupe contrôle. De plus, la médiane du nombre d'années post greffe est de 5 pour le groupe intervention et de 4 pour le groupe contrôle. L'IMC moyen de l'échantillon de cet article est de 26,75 kg/m².

Au total, la population de cette revue se compose de 169 patients avec une moyenne d'âge d'environ 50 ans (pour les articles ayant fourni les données sous forme de moyenne), ce qui est cohérent par rapport à l'âge moyen de greffe cardiaque (55 ans) [19]. Le sexe ratio est en faveur des hommes, avec 124 hommes, soit environ 73 % d'hommes dans la population de la revue. Cela étant en corrélation avec les données épidémiologiques, indiquant une majorité d'hommes receveurs de transplantation cardiaque³³. Les différents articles présents dans la revue n'intègrent pas tous des patients sur la même tranche post-greffe, c'est-à-dire que l'on va avoir des patients entre 6 à 8 semaines après la transplantation jusqu'à des patients à 17 ans post-opératoire.

Selon l'HAS³⁴, un IMC supérieur à 25 est considéré comme un surpoids, ainsi pour tous les articles, l'IMC se situe entre 25,2 au minimum et 26,75 kg/m² au maximum, soit en zone de surpoids. Cependant, les différences entre les IMC sont considérées comme minimes entre les différents articles, ainsi on considère cette différence comme négligeable dans le calcul de la VO_{2max}.

En conclusion, l'échantillon total reste faible, donc les résultats et les conclusions tirés seront peu transposables à la population générale des receveurs de transplantation cardiaque.

Cependant, de part l'hétérogénéité présente au sein de la population de cette revue, notamment par leurs âges qui diffèrent, le temps après transplantation différent, l'échantillon sera davantage représentatif de la population cible.

A propos des critères d'inclusion, ceux-ci sont assez similaires sauf pour l'article de *Nytrøen, et al.*, qui précise l'inclusion de patients entre 6 à 8 semaines post-opératoire, temps relativement court comparativement aux articles de *Dall, et al.*, et *Rustad, et al.*, qui incluent des patients à partir de 1 an post-chirurgie sans préciser de date limite. Pour *T.S Hermann, et al.*, les critères d'inclusion sont précis, car ils indiquent une transplantation datant de 1 à 8 ans. Concernant les autres critères d'inclusion, ils sont similaires pour les différents articles.

Les critères d'exclusion sont assez homogènes, tous les articles excluent le même type de patients, notamment ceux ayant un état de santé instable (dû au rejet très souvent).

4.1.2. Analyse des interventions

4.1.2.1. Intervention expérimentale

Le principe du HIIT est d'alterner des phases de haute intensité avec des phases de récupération sur une courte période.

Les programmes de HIIT sont réalisés dans toutes les études de la revue. Cependant le protocole de réalisation varie d'un article à l'autre, donnant lieu à une hétérogénéité non négligeable de l'intervention.

Premièrement, la **réurrence des séances** au cours de la semaine varie pour l'étude de *Dall, et al.*, qui propose trois séances par jour comparativement aux quatre autres articles dont les auteurs proposent des séances trois fois par semaine.

Deuxièmement, les **temps d'effort intense et de repos** diffèrent, en effet pour les articles de *Nytrøen, et al.*, et de *Rustad, et al.*, le protocole de HIIT propose des intervalles de quatre exercices de 4 minutes avec une pause active de 3 minutes. Pour l'article de *Dall, et al.*, les intervalles alternent entre des blocs de 4 minutes, de 2 minutes et de 1 minute avec une pause de 2 minutes entre les pics.

³³ [Réflexions sur 2 000 transplantations cardiaques, expérience de La Pitié – Académie nationale de médecine | Une institution dans son temps \(academie-medecine.fr\)](#) (consulté le 08/04/2024)

³⁴ [2eBàT Table IMC 230909:Table IMC.qxd \(has-sante.fr\)](#) (consulté le 25/04/2024)

L'étude de *T.S Hermann, et al.*, ressemble à celle de *Dall, et al.*, puisqu'elle propose une succession d'intervalles de 4 minutes, de 2 minutes et de 30 secondes séparés par des pauses de 1 à 2 minutes.

Troisièmement, **l'intensité des phases de « pic »** est idéalement située à 80 % de la $VO_{2\text{ max}}$ pour les articles de *Dall, et al.*, et *T.S Hermann, et al.* Alors que l'étude de *Nytrøen, et al.*, précise une $VO_{2\text{ max}}$ entre 81-93 %. Pour l'étude de *Rustad, et al.*, les phases de « pic » sont souhaitées à 85-95% de la FC max. Cependant, aucune valeur cible n'est précisée pour la $VO_{2\text{ max}}$.

Quatrièmement, le **matériel** utilisé pour la mise en place du HIIT est différent : l'étude de *Rustad, et al.*, utilise un tapis roulant dans les programmes de HIIT ; l'article de *Dall, et al.*, utilise des cycloergomètres. Dans les études de *Nytrøen, et al.*, et *T.S Hermann, et al.*, le matériel utilisé varie au sein d'une même étude. L'article de *Nytrøen, et al.*, se sert de cycloergomètres et de tapis et *T.S Hermann, et al.*, utilisent des cycloergomètres et des machines à escaliers.

Cinquièmement, certaines études complètent les programmes de HIIT par **d'autres entraînements**. Notamment pour l'étude de *Nytrøen, et al.*, qui propose des séances d'entraînement en résistance ainsi que des séances combinées (résistance et des programmes de HIIT) cela en plus des séances exclusivement consacrées au HIIT. L'article *Rustad, et al.*, mentionne la poursuite d'une activité physique en plus de l'intervention. Pour *T.S Hermann, et al.*, les patients ont reçu en plus un programme d'éducation dans le but de leur enseigner les avantages de l'entraînement physique ainsi que des informations sur la nutrition en général, plus particulièrement avant/après les séances d'entraînement. Seul l'article de *Dall, et al.*, ne précise aucune activité en plus des programmes de HIIT.

Enfin, on note une variation des **durées pour les interventions** (expérimentales et contrôles) pour les différents articles. Le schéma d'étude pour l'article de *Dall, et al.* est un ECR en plan croisé donc les patients reçoivent un des deux traitements sur douze semaines puis ils attendent durant une période de cinq semaines, enfin les patients du groupe contrôle deviennent les patients du groupe expérimental et inversement. Par ailleurs, concernant l'article de *Nytrøen, et al.*, les interventions ont duré pendant dix mois. Pour l'article de *T.S Hermann, et al.*, la période des interventions est de huit semaines.

L'article de *Rustad, et al.*, propose l'intervention sur trois périodes de huit semaines, soit environ six mois.

4.1.2.2. Intervention contrôle

Les articles de *Dall, et al.*, et *Nytrøen, et al.*, ont le même comparateur : l'exercice continue d'intensité modérée.

Cependant, malgré cette similitude, la réalisation de l'entraînement diffère légèrement entre les deux études. En effet, *Dall, et al.*, propose des séances de 1h05 dont 45 minutes de séances de vélo à 60-70 % de la $VO_{2\text{ max}}$, précédées d'une phase d'échauffement de dix minutes et clôturées par une période de récupération de dix minutes. Pour l'étude de *Nytrøen, et al.*, l'entraînement est effectué sur vélo ou tapis durant 40 minutes dont une phase d'échauffement de 10 minutes à 60-70% de la $VO_{2\text{ max}}$ et une phase de récupération aussi à 60-70% de la $VO_{2\text{ max}}$ durant 5 minutes. Le cœur de la séance dure 25 minutes à 70-80 % de la $VO_{2\text{ max}}$.

Comme pour les interventions de ces deux articles, la récurrence des séances varie pour *Dall, et al.*, en effet les séances sont réalisées trois fois par jour pendant douze semaines, alors que pour *Nytrøen, et al.*, elles sont proposées trois fois par semaine sur une période de 10 mois.

Les deux autres articles ont comme comparateur la kinésithérapie classique. Cependant, aucun des articles ne précise exactement ce qui a été réalisé pour le groupe contrôle. Dans l'étude de *Rustad, et*

al., il a été proposé aux patients du groupe contrôle de continuer l'exercice qu'ils pratiquaient avant l'inclusion. Aucun soin ne leur a été donné autre que les soins généraux dispensés à tous les patients receveurs de transplantation cardiaque. L'étude *T.S Hermann, et al.*, ne précise pas ce qui a été proposé aux patients du groupe contrôle.

Malgré une intervention similaire pour tous les articles, la mise en place des programmes de HIIT varie entre les études. Il en est de même pour les comparateurs, les programmes d'entraînement continu à intensité modérée qui ne sont pas réalisés de la même manière dans les articles de *Dall, et al.*, et *Nytrøen, et al.* Enfin, lorsque les études sont comparées aux programmes de réadaptation conventionnelle, les techniques utilisées n'ont pas été précisées.

4.1.3. Analyse des critères de jugements et des outils de mesure

4.1.3.1. Critère de jugement principal : la VO_{2max}

Les articles présents au sein de la revue évaluent tous la consommation d'oxygène maximale (VO_{2max}), mesurée par une épreuve d'effort (EE). De plus, tous les articles précisent que l'épreuve d'effort a été couplée à l'analyse de la mesure des gaz expirés, appelée test cardiorespiratoire. Celui-ci a été réalisé sur tapis roulant ou sur vélo selon les auteurs. Aussi, pour les études incluses, un $RER \geq 1,05$ ou $1,10$ pour *T.S Hermann, et al.*, correspond à un test d'effort maximal adéquat, complété plus ou moins par un score ≥ 18 sur l'échelle de Borg, pour parler d'un test valide. L'article de *Rustad, et al.*, précise que le test d'effort a été réalisé en suivant les recommandations de la Société Européenne de Cardiologie. Il est important de préciser que le test cardiorespiratoire est un examen de référence en cardiologie pour évaluer la capacité d'exercice, cependant celui-ci n'est pas encore considéré comme le « gold standard »³⁵.

De plus, les épreuves d'effort sont généralement standardisées et protocolisées dans le but de permettre une évaluation précise et reproductible.

Ainsi, l'utilisation du même outil de mesure pour l'évaluation du critère de jugement permet une certaine homogénéité.

4.1.3.2. Critère de jugements secondaires

Les critères de jugements secondaires de cette revue correspondent aux résultats secondaires liés au test cardiorespiratoire, c'est-à-dire la FC de repos, la FC max, la tension artérielle, les seuils ventilatoires, et la mesure des échanges gazeux. Ceux-ci sont évalués dans tous les articles sauf pour l'étude de *T.S Hermann, et al.*, qui analyse seulement la tension artérielle et la FC de repos en critère de jugements secondaires.

Ainsi que pour les mêmes raisons évoquées pour le critère de jugement principal, on note une homogénéité par l'utilisation du même outil (l'épreuve d'effort) dans les différents articles, outils standardisés et protocolisés.

On en conclut une uniformité dans l'utilisation de l'épreuve d'effort comme outil de mesure pour tous les critères de jugement tant principaux que secondaires. Ceci constitue un avantage majeur pour la revue et permet une meilleure comparabilité. De plus, la standardisation de cet outil garantit une fiabilité et une validité dans les données recueillies.

³⁵ [Recommandations pour les épreuves d'effort - 2018 | Société Française de Cardiologie \(sfcadio.fr\)](#) (consulté le 17/04/2024)

4.1.4. Analyse des résultats

Précédemment, nous avons vu que les études présentent des similitudes, mais aussi des différences pouvant être à l'origine d'une certaine hétérogénéité des résultats obtenus. Notamment par le fait que les populations des études restent assez variables ainsi que les interventions expérimentales et contrôles.

Par conséquent, les résultats seront dans un premier temps présentés de façon individuelle pour les quatre articles.

4.1.4.1. Analyse des résultats intra-étude

➤ Résultats pour le critère de jugement principal : la VO_{2max}

○ **Dall, et al., 2014:**

Ici l'objectif de l'étude est d'évaluer l'effet de l'entraînement de haute intensité par rapport à l'entraînement continu d'intensité modérée, sur la consommation maximale d'oxygène et les fonctions chronotropes chez les patients receveurs de transplantation cardiaque.

Dans l'article, les résultats sont présentés sous forme de moyenne et d'écart type :

Les moyennes :

Intervention expérimentale : la moyenne en post traitement est de 28,1 ml/kg/min.

Intervention contrôle : la moyenne en post traitement est de 25,6 ml/kg/min.

Le coefficient de signification :

Ici p est inférieur à 0,001, on peut donc parler de résultats ***statistiquement significatifs***. En effet, le résultat a très peu de chance d'être dû au hasard et possède une présomption forte contre l'hypothèse nulle.

La taille d'effet :

L'étude présente une taille d'effet de 2,5 ml/kg/min, soit un résultat en faveur de l'intervention, mais demeurant relativement faible. En revanche, celui-ci n'est pas interprétable sans l'IC 95%.

L'intervalle de confiance :

L'IC à 95% [-4,74 ; 9,74], croise la valeur nulle, ainsi la plage de valeurs plausibles se situe dans cet intervalle. Celui-ci inclut à la fois des valeurs positives et négatives c'est pourquoi on ne peut pas conclure sur l'effet de l'intervention. On parle donc de résultat non cliniquement significatif.

○ **Nytrøen, et al., 2019 :**

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'effet de l'entraînement par intervalle de haute intensité chez les transplantés cardiaques de novo comparativement à l'entraînement continu d'intensité modérée sur le changement de la capacité aérobie évaluée par la VO_{2max} .

L'étude présente ces résultats sous forme de moyenne et d'écart type :

Les moyennes :

Intervention expérimentale : la moyenne en post traitement est de 24,4 ml/kg/min.

Intervention contrôle : la moyenne en post traitement est de 24,4 ml/kg/min.

Le coefficient de signification :

Le coefficient de signification p est de 0,044, ainsi les résultats sont ***statistiquement significatifs***, cela signifie que 4,4% des résultats observés sont dus au hasard plutôt qu'à l'effet de l'intervention expérimentale ou de l'intervention contrôle.

La taille d'effet :

Cependant, la taille d'effet est de 0, c'est-à-dire la différence intergroupe, n'est ni en faveur du groupe intervention et ni du groupe contrôle.

L'intervalle de confiance :

Cette taille d'effet est en lien avec l'IC à 95% [-2,93 ; 2,93] qui croise la valeur nulle, impliquant donc un résultat non cliniquement significatif.

- **T.S Hermann, et al., 2011 :**

Cette étude a pour objectif d'évaluer l'effet de l'exercice de haute intensité par intervalle sur l'absorption maximale d'oxygène et sur les fonctions endothéliales chez les patients receveurs de transplantation cardiaque comparativement aux soins habituellement prodigués à ce type de patient.

L'auteur expose ses résultats sous forme de moyenne et d'écart type.

Les moyennes :

Intervention expérimentale : la moyenne en post traitement est de 28,3 ml/kg/min.

Intervention contrôle : la moyenne en post traitement est de 23,4 ml/kg/min.

Le coefficient de signification :

Ici p est inférieur à 0,001, on peut donc parler de résultats statistiquement significatifs.

La taille d'effet :

La taille d'effet est de 4,9 ml/kg/min, soit un résultat important en faveur de l'intervention.

L'intervalle de confiance :

L'IC à 95% [0,53 ; 9,27] ne croise pas la valeur nulle et est positif, soit un résultat strictement bénéfique en faveur de l'intervention (le HIIT). Bien que l'on puisse considérer le résultat comme cliniquement significatif, la présence d'un intervalle de confiance assez large suggère qu'il y a une certaine incertitude dans les résultats de l'étude. De plus, le fait que l'IC demeure relativement proche de la valeur nulle souligne cette incertitude dans l'estimation de la taille d'effet.

- **Rustad, et al., 2014:**

Cet article a pour objectif d'évaluer l'effet de l'entraînement par intervalles de haute intensité sur la capacité d'exercice ainsi que les fonctions cardiaques chez les transplantés cardiaques, comparativement aux soins de kinésithérapie conventionnelles.

Les résultats de l'étude sont présentés sous forme de moyenne et d'écart type.

Les moyennes :

Intervention expérimentale : la moyenne en post traitement est de 30,9 ml/kg/min.

Intervention contrôle : la moyenne en post-traitement est de 28,0 ml/kg/min.

Le coefficient de signification :

Le p-value ici est inférieur à 0,001, ce qui implique une forte présomption contre l'hypothèse nulle et indique un résultat statistiquement significatif.

La taille d'effet :

L'étude présente une taille d'effet de 2,9 ml/kg/min, soit un résultat en faveur de l'intervention, mais demeurant relativement faible.

L'intervalle de confiance :

L'IC à 95% [-0,61 ; 6,41], croise la valeur nulle, ainsi le résultat est considéré comme non cliniquement significatif.

Pour conclure sur l'analyse intra-étude du critère de jugement principal, trois des études présentent des résultats statistiquement significatifs mais non cliniquement significatifs. Cela pouvant être expliqué notamment par des échantillons faibles, des durées d'intervention assez restreintes. Néanmoins, l'étude de *T.S Hermann, et al*, donne des résultats à la fois statistiquement et cliniquement

significatifs, en faveur de l'intervention expérimental (le HIIT). Cette pertinence clinique reste à nuancer de par une IC à 95% étendue et proche de la valeur nulle.

Il est donc difficile de conclure avec certitude quant à l'efficacité du HIIT.

- Résultats pour les critères de jugement secondaires : Résultats secondaires en lien avec l'épreuve d'effort

- **Dall, et al., 2014:**

Critères de jugement secondaires	Coefficient de signification	Taille d'effet	IC à 95 %
FC de repos	0,354	-0,7	[-7,67 ; 6,27]
FC max	0,027	2,8	[-18,8 ; 24,4]
RER	0,754	-0,03	[-0,14 ; 0,08]
Tension artérielle systolique	0,306	-1,2	[-27,27 ; 24,87]

Tableau XIII : Résultats pour les critères de jugement secondaires de l'article de Dall, et al., 2014

Pour trois des critères de jugement secondaires (FC de repos, RER, et tension artérielle systolique) la valeur de p étant supérieure à 0,05, les résultats ne sont pas statistiquement significatifs, ainsi il y a de grandes chances que les résultats soient dus au hasard. De plus, les IC 95% croisent la valeur nulle, ainsi les résultats sont considérés comme non cliniquement significatifs. On ne peut donc pas interpréter ces résultats.

Concernant la FC max, le coefficient de signification est inférieur à 0,05 ainsi les résultats sont **statistiquement significatifs**. Toutefois, l'IC 95% croise la valeur nulle, ainsi le résultat n'est pas interprétable et il est cliniquement non significatif. Il est préférable de ne rien conclure pour ce critère de jugement secondaire.

- **Nytrøen, et al., 2019 :**

Critères de jugement secondaires	Coefficient de signification	Taille d'effet	IC à 95 %
FC de repos	0,875	3	[-1,97 ; 7,97]
FC max	0,129	6	[-0,66 ; 12,66]
RER	0,338	-0,03	[-0,07 ; 0,01]
Tension artérielle systolique	0,071	4	[-2,17 ; 10,17]

Tableau XIV : Résultats pour les critères de jugement secondaires de l'article de Nytrøen, et al., 2019

Pour cet article, les quatre critères de jugement secondaires (FC de repos, FC max, le RER, tension artérielle) possèdent une valeur de p est supérieure à 0,05, donc les résultats sont considérés comme non statistiquement significatifs. De plus, les IC 95% croisent la valeur nulle, ainsi les résultats sont non cliniquement significatifs. Il n'est donc pas possible de conclure avec ces résultats.

○ *T.S Hermann, et al.,2011*

Critères de jugement secondaires	Coefficient de signification	Taille d'effet	IC à 95 %
FC de repos	p non précisé	-2	[-9,16 ; 5,16]
Tension artérielle systolique	0,03	-15	[-26,97 ; -0,33]

Tableau XV : Résultats pour les critères de jugement secondaires de l'article de T.S Hermann, et al.,2011

Pour la FC de repos, le p n'est malheureusement pas précisé, on ne peut donc pas parler de résultats statistiquement significatifs. La taille d'effet est de -2 avec un intervalle de confiance à 95 % qui croise la valeur nulle. Ainsi, on ne peut pas parler de résultat statistiquement significatif sans valeur de p.

En revanche, pour la tension artérielle systolique, le coefficient de signification est inférieur à 0,05. On peut donc parler de résultats ***statistiquement significatifs***. De plus, la taille d'effet ainsi que l'IC à 95% sont exprimés en valeurs négatives correspondant à une diminution de la tension artérielle. Ici les résultats sont en faveur de l'intervention avec une diminution de la tension artérielle. De plus, l'IC à 95% ne croise pas le zéro, on peut donc parler de résultats ***cliniquement significatifs***. Cependant, les bornes de l'IC à 95% restent assez éloignées, suggérant une certaine incertitude dans l'estimation du paramètre.

○ *Rustad, et al., 2014:*

Critères de jugement secondaires	Coefficient de signification	Taille d'effet	IC à 95 %
FC de repos	0,102	2	[-1,15 ; 17,15]
FC max	0,016	9	[0,21 ; 17,79]
RER	0,336	0,01	[-0,02 ; 0,04]
Tension artérielle systolique	0,269	10	[-0,03 ; 20,03]

Tableau XVI : Résultats pour les critères de jugement secondaires de l'article de Rustad, et al., 2014

Pour ces trois critères de jugement secondaires (FC de repos, le RER et la tension artérielle systolique), la valeur de p est supérieure à 0,05, donc les résultats sont considérés comme non statistiquement significatifs. De plus, les IC à 95% croisent la valeur nulle, ainsi les résultats sont non cliniquement significatifs. Au vu de ces résultats, on ne peut pas conclure.

En revanche, concernant la FC max, le coefficient de signification est donné dans le contexte d'une analyse de covariance (ANCOVA), celui-ci est de 0,016 soit inférieur à 0,05, donc ***statistiquement significatif***. De plus la taille d'effet est de 9 avec un IC à 95% ne croisant pas la valeur nulle, on peut donc parler de résultats ***cliniquement significatifs***. Les résultats sont en faveur de l'intervention avec une augmentation de la FC_{max} plus importante que dans le groupe contrôle.

Pour conclure, les résultats obtenus pour les critères de jugement secondaires sont dans la majorité des cas ou bien non statistiquement significatifs ou bien non cliniquement significatifs. Ceci rend donc une conclusion difficile.

Deux seuls paramètres ont été à la fois cliniquement significatifs et statistiquement significatifs : dans l'étude de *T.S Hermann, et al.* qui indique une tension artérielle diminuée dans le groupe intervention expérimentale. Ces résultats sont favorables malgré des valeurs négatives, puisque pour limiter les

risques cardiovasculaires, il est préférable que l'intervention diminue la tension artérielle³⁶. D'ailleurs, il est intéressant de noter que les traitements immunosuppresseurs entraînent souvent une hypertension artérielle chez les patients receveurs de transplantations cardiaques. Dans ce contexte, il est d'autant plus bénéfique de pouvoir abaisser la tension artérielle par l'utilisation de programme de HIIT.

Concernant l'étude de *Rustad, et al.*, la FC max a augmenté dans le groupe intervention expérimental. Il est possible de considérer une augmentation de la FC_{max} de manière positive puisqu'elle reflète la capacité du système cardiovasculaire à s'adapter à une demande accrue en oxygène. Cette adaptation est d'autant plus importante chez les patients transplantés cardiaques pour qui leur FC_{max} de base est souvent réduite en raison de la dénervation. Cependant, cette augmentation ne doit pas devenir excessive (très rare pour les patients greffés), puisqu'il existe une limite de FC max en lien avec l'âge. Ces résultats sont donc en faveur du groupe intervention mais les IC à 95 % possèdent des bornes larges, soit une précision de l'estimation assez faible avec une incertitude importante autour de la « vraie » valeur.

Par conséquent, au vue du manque de résultats statistiquement et cliniquement significatifs, il reste difficile de tirer des conclusions quant aux résultats secondaires liés à l'épreuve d'effort.

4.1.4.2. Analyse des résultats inter-études

Cette analyse n'a été effectuée que pour le critère de jugement principal (la VO_{2max}).

Comparaison des articles de *Dall, et al.*, et *Nytrøen, et al.*, :

La figure 19 correspond à la représentation graphique de la méta-analyse par un graphique en forêt. Celui-ci compare le HIIT (intervention) et le MICT (comparateur).

Pour les deux études, les IC à 95 % coupent la ligne médiane qui correspond à la valeur de l'hypothèse nulle. Cela indique que les résultats ne sont pas statistiquement significatifs. Cependant, la taille d'effet de l'étude de *Dall, et al.*, se situe à droite de la ligne médiane soit en faveur du groupe expérimental, mais son poids reste minime de part un échantillon faible de patients (16 patients). Alors que celle de *Nytrøen, et al.*, se situe exactement sur la ligne médiane indiquant donc un effet nul mais avec un poids plus important par rapport à l'effectif total.

Bien que l'estimation globale de l'effet combiné des études incluses soit légèrement en faveur de l'intervention, l'intervalle de confiance final coupe la ligne médiane, indiquant des résultats non statistiquement significatifs et donc non interprétables. Il reste difficile d'estimer si le HIIT présente une plus-value par rapport à l'entraînement continu d'intensité modérée.

Comparaison des articles de *T.S Hermann, et al.*, et *Rustad, et al.*, :

La figure 20 représente le Forest plot de la méta-analyse qui compare le HIIT et la kinésithérapie habituelle.

Seul l'intervalle de confiance de l'article de *Rustad, et al.*, coupe la ligne médiane et indique des résultats non statistiquement significatifs. En effet, l'intervalle de confiance de l'article *T.S Hermann, et al.*, suggère des résultats statistiquement significatifs et strictement en faveur de l'intervention. Cependant, de par les bornes de l'IC à 95% large, les résultats sont trop imprécis pour interpréter une signification clinique. Les tailles d'effet des deux études sont en faveur de l'intervention avec un poids plus important pour l'étude de *Rustad, et al.*, dont l'échantillon est plus important que celui de *T.S Hermann, et al.*,

³⁶ [L'adaptation du système cardiovasculaire à l'effort - VIDAL](#) (consulté le 25/04/2024)

Concernant l'estimation globale de l'effet combiné des études incluses, celui-ci est représenté sur le graphique par le losange. L'intervalle de confiance final ne croise pas la valeur nulle et est strictement positif en faveur de l'intervention. Cependant, les bornes de celui-ci restent assez espacées, indiquant une certaine incertitude dans l'estimation du paramètre, ainsi qu'une taille d'effet proche de 0. On peut parler de résultats statistiquement significatifs, mais il est difficile d'interpréter la signification clinique.

Les deux représentations graphiques de méta analyse ci-dessus, indiquent une hétérogénéité nulle ($I^2 = 0\%$) correspondant à une absence de variabilité de résultat entre les études incluses. Cependant, celle-ci reste à nuancer par un nombre limité d'études incluses dans l'analyse, des faibles échantillons et la grande incertitude donnée par les bornes des IC à 95 % larges.

Malgré un nombre d'articles réduit, deux comparateurs ainsi que des résultats peu significatifs après l'analyse qualitative des résultats, le choix a été fait de réaliser une méta analyse.

En effet, il a été jugé pertinent de synthétiser et d'analyser les données de façon plus exhaustive.

De plus, le fait de regrouper les données de plusieurs études permet d'augmenter la puissance statistique de l'analyse et ainsi d'obtenir des conclusions plus robustes malgré des limitations initiales.

Cette analyse quantitative nous permet de conclure que le HIIT semble améliorer la VO_{2max} , cependant les résultats ne sont pas assez fiables et précis pour en tirer des conclusions définitives.

Les résultats sont non statistiquement significatifs pour les études ayant le MICT comme comparateur car l'IC à 95% coupe la valeur nulle. Néanmoins pour les études ayant comme comparateur la kinésithérapie conventionnelle, les résultats sont en faveur de l'intervention. Bien qu'ils soient statistiquement significatifs, leur pertinence clinique est limitée car l'IC à 95% de l'estimation globale est proche de la valeur nulle.

4.2. Applicabilité en pratique clinique

4.2.1. Coût de l'intervention

Pour commencer, nous allons rappeler la notion fondamentale de « coût-efficacité ».

L'analyse de cette notion « coût-efficacité » consiste à comparer différentes actions médicales en regardant à la fois ce qu'elles coûtent et ce qu'elles rapportent en terme de santé, souvent mesurée en année de vie sauvée [68].

La réadaptation cardiaque de manière générale possède un rapport « coût-efficacité » favorable [69], [70]. Selon Coll R, et al., la participation des patients à un programme de réadaptation cardiaque entraîne une diminution des coûts liés aux réhospitalisations tout en favorisant un retour au travail plus précoce. Cela conduit à des économies importantes pour l'Assurance maladie [71].

Concernant la mise en place de l'intervention et le coût que celle-ci peut induire, il est nécessaire d'avoir conscience du coût non négligeable des programmes de HIIT. Effectivement, le HIIT nécessite un équipement spécialisé pouvant comprendre des tapis roulants, des cycloergomètres ainsi que des équipements de surveillance cardiovasculaire.

En effet, un cycloergomètre vaut environ 3000 euros, un tapis roulant autour de 4000 euros. Ces appareils sont connectés à un ordinateur qui peut valoir entre 500 et 1000 euros. Celui-ci permet de pouvoir suivre et surveiller les données du cardiaque via un logiciel de surveillance. Ces logiciels permettent aussi de préparer et de lancer à distance les programmes des patients, selon les indications données préalablement par le médecin (FC cible, FC max, puissance...).

Ces logiciels sont très onéreux puisque les prix peuvent aller de 2000 euros pour les cabinets individuels à 50 000 euros pour les plus grands établissements.

Les coûts évoqués précédemment ne sont pas spécifiques au programme de HIIT, mais aux programmes de réadaptation cardiaque en général. En réalité, la mise en place d'un programme de HIIT, n'est pas plus coûteuse qu'un entraînement continu d'intensité modérée.

De plus, le HIIT présente une grande variété d'exercices. Les programmes sont réalisés le plus souvent sur cyclo-ergomètre ou tapis roulant mais il existe d'autres possibilités moins coûteuses comme des entraînements en circuit avec des stations d'exercices différentes par exemple.

Pour les praticiens qui exercent en centre de rééducation ou à l'hôpital, l'achat du matériel sera financé par la structure, comparativement aux cabinets de ville pour qui l'achat de matériels revient aux titulaires. Cependant, les vélos ou tapis roulants peuvent toujours être réutilisés pour d'autres patients cardiaques et d'autres types de pathologies (pneumologie, notamment avec le réentraînement à l'effort par exemple).

Cependant, la plupart des centres, ou cabinets qui proposent des séances de réadaptation cardiaque sont déjà équipés de vélos ou de tapis roulants connectés à un ordinateur par des logiciels de surveillance médicale. Ils peuvent donc mettre en place des séances de HIIT assez aisément. En revanche, le GERS rappelle que la réadaptation cardiaque exige la présence d'un cardiologue sur le site, en capacité d'intervenir immédiatement pendant les séances de réadaptation (CSP)³⁷.

4.2.2. Applicabilité

L'utilisation de programmes d'entraînement à haute intensité par intervalles, peut être applicable en réadaptation cardiaque chez les patients transplantés cardiaques.

En effet, ce type d'entraînement est déjà utilisé en réadaptation cardiaque depuis quelques années notamment chez les patients insuffisants cardiaques, en post opératoire, après infarctus du myocarde, etc... [72].

Le HIIT étant une approche d'entraînement proposée aux patients cardiaques en général, il peut être applicable aux patients greffés cardiaques.

Cependant, pour mettre en application ce type d'entraînement, il est nécessaire d'avoir au préalable un accord médical.

Les MK sont soumis à une prescription médicale. Dans le domaine de la cardiologie, cette prescription est essentielle puisque le médecin précise le protocole d'exercice en lien avec les résultats de l'épreuve d'effort initiale.

Comme dans la réadaptation cardiaque en général, la surveillance du patient est primordiale, dans le but de détecter toute anomalie, nécessitant un arrêt immédiat de la séance.

4.2.3. Bénéfices / Risques

Bien que les critères de jugement étudiés n'aient pas prouvé une efficacité certaine, les auteurs s'accordent sur des résultats en faveur de l'utilisation de l'entraînement de haute intensité par intervalles.

Cette technique entraîne peu de risques supplémentaires par rapport au MICT ou encore par rapport à l'utilisation de kinésithérapie conventionnelle.

De plus, les séances de HIIT peuvent être pertinentes dans la gestion du poids. C'est une considération importante chez les patients transplantés cardiaques car un poids excessif peut être à l'origine de risques cardiovasculaires. De plus, un IMC important peut être en lien avec une VO_{2max} limitée [13].

³⁷ [RECOMMANDATIONS \(sfcario.fr\)](https://www.sfcario.fr) (consulté le 20/04/2024)

4.2.4. Contraintes potentielles

Le domaine de la cardiologie étant spécifique, il peut être préférable d'avoir une formation complémentaire en réadaptation cardiaque dans le but de garantir des soins de haute qualité et sécuritaires pour les patients.

Le manque de motivation du patient peut constituer une limite à la mise en place d'un programme de HIIT, c'est pourquoi il est nécessaire de mettre en place une approche personnalisée du patient ainsi qu'une prise en charge holistique en fonction des besoins physiques, émotionnels et sociaux du patient. D'ailleurs, ce manque de motivation n'est pas spécifique au HIIT mais à la réadaptation en général.

4.3. Qualité des preuves

4.3.1. Le système GRADE

Dans le but d'évaluer la qualité des preuves scientifiques exploitées dans cette revue de littérature, le système GRADE sera utilisé³⁸. Dans le processus d'élaboration des recommandations, la qualité des données scientifiques est un indicateur de confiance dans la pertinence d'une estimation de l'effet pour soutenir une recommandation³⁹. Ici, dans le cas de notre revue de littérature, la qualité reflète le niveau de confiance dans l'exactitude de l'estimation de l'effet. Nous allons nous concentrer sur le critère de jugement principal qui est la VO_{2max} .

Le système GRADE part de la méthodologie des études pour donner deux catégories :

- **Les ECR** : données scientifiques de qualité élevée.
- Les études observationnelles : données scientifiques de qualité faible.

Tous les articles inclus dans cette revue de littérature sont des ECR, en faveur d'un niveau de qualité des données scientifiques élevé.

Cependant, malgré ce niveau de qualité élevé, cinq facteurs peuvent contribuer à la diminution du niveau de preuve d'après le processus GRADE :

- Le risque de biais ;
- L'hétérogénéité ;
- Le caractère indirect ;
- L'imprécision des données ;
- Les biais de publication.

³⁸ [GRADE | Cochrane Canada francophone](#) (consulté le 21/04/2024)

³⁹ [Etat des lieux Niveau Preuve Gradation \(has-sante.fr\)](#) (consulté le 21/04/2024)

4.3.1.1. Risque de biais

Les biais présents dans cette revue sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

	Score PEDro	Qualité méthodologique	Nature des biais
Dall, et al., 2014	7/10	Bonne	Biais de performance Biais d'attrition
Nytrøen, et al., 2019	6/10	Moyenne	Biais de sélection Biais de performance Biais d'évaluation Biais d'attrition
T.S Hermann, et al., 2011	7/10	Bonne	Biais de performance Biais d'attrition
Rustad, et al., 2014	7/10	Bonne	Validité externe Biais de performance Biais d'attrition

Tableau XVII : Risques de biais

Un score compris entre 6/10 et 8/10 sur l'échelle de PEDro est qualifié de « bon » [73]. Ainsi, globalement toutes les études présentes au sein de la revue possèdent une bonne qualité méthodologique, cela étant un avantage majeur pour la revue de littérature et la fiabilité de ses résultats.

4.3.1.2. L'hétérogénéité

« Une grande hétérogénéité des résultats marquée par des différences importantes dans l'estimation de l'effet entre les différentes études indique des variations dans l'effet du traitement »⁴⁰

Cette hétérogénéité peut être interprétée de deux façons différentes :

- De façon qualitative par l'analyse visuelle du chevauchement des IC à 95% dans les différentes études [51]

Après une interprétation visuelle, les IC à 95% semblent tous se chevaucher. Cependant les IC à 95% possèdent des bornes tellement éloignées qu'il faut tout de même nuancer cette hétérogénéité.

- De façon quantitative par l'analyse du I² calculé dans les Forest plots

Comme évoqué précédemment (4.1.4.2. Analyse des résultats inter étude), les deux Forest plots évoquent une hétérogénéité de 0% considérée comme un risque très faible d'hétérogénéité.

4.3.1.3. Le caractère indirect

Les données scientifiques collectées possèdent un certain nombre de biais à l'origine de comparaison indirecte, notamment par des populations, des protocoles d'intervention ainsi que des comparateurs variables (4.1. Analyse des principaux résultats).

⁴⁰ [Etat des lieux Niveau Preuve Gradation \(has-sante.fr\)](https://has.sante.fr) (consulté le 21/04/2024)

4.3.1.4. Imprécision des données

L'imprécision des données dans le système GRADE indique que les estimations d'effets d'une intervention sont entourées d'incertitude.

Cette imprécision est visible sur les deux Forest plots (*Figure 19 et Figure 20*). En effet, les deux diamants présents sous les diagrammes sont relativement larges et représentent un degré d'imprécision important.

Cela peut être dû à un faible nombre d'études (quatre dans notre cas) auquel s'ajoutent des populations faibles en quantité au sein des études (allant de 16 patients au minimum à 78 au maximum). De plus, les intervalles de confiance des différentes études qui encadrent les résultats sont larges.

4.3.1.5. Biais de publication

Ce biais correspond au manque d'exhaustivité dans la stratégie de recherche utilisée par les auteurs. Il reflète la tendance des auteurs à publier davantage des essais considérés comme positifs plutôt que des essais jugés négatifs. Ceci a pour conséquence une surestimation de la relation causale et de son intensité [51]. Ce biais peut être apprécié par deux stratégies : soit par l'utilisation d'un funnel plot (représentation graphique de ce biais), ici cette méthode ne sera pas utilisée en raison d'un manque d'étude ; soit par une analyse de la stratégie de recherche des différents auteurs.

Dans tous les articles présents au sein de la revue, les auteurs semblent manquer d'exhaustivité. Ceci peut s'expliquer par le fait que la plupart des articles sont majoritairement rédigés par les mêmes auteurs. En revanche, les auteurs secondaires restent généralement les mêmes.

4.3.1.6. Recommandation

L'interprétation GRADE, après avoir analysé les facteurs qui peuvent diminuer le niveau de qualité des données scientifiques (*Annexe 5*), est la suivante :

Le niveau de preuve de cette revue pour le critère de jugement principal semble **intermédiaire** et correspond à une confiance modérée dans l'estimation de l'effet. Celui-ci est susceptible d'être proche de l'estimation de l'effet réel, mais il est aussi possible qu'il soit sensiblement différent.

4.3.2. Niveau de preuve et grade de recommandation des études

La gradation de l'HAS est un autre système permettant d'évaluer la qualité des preuves et la force de recommandation. Celui-ci est basé sur quatre niveaux de preuves et de recommandations³³ :

- Niveau de preuve scientifique évalué en fonction de la qualité méthodologique des études (niveaux allant de 1 à 4)
- Niveau de recommandations déterminé à partir du niveau de preuves, de l'analyse des bénéfices et des risques ainsi que de l'impact économique et des préférences du patient (niveaux allant de A à C)

Cette revue de littérature possède une recommandation de **grade B** fondée sur une présomption scientifique fournie par des études de niveau intermédiaire de preuve (**niveau 2**) (*Annexe 6*)⁴¹.

⁴¹ [Etat des lieux Niveau Preuve Gradation \(has-sante.fr\)](https://www.has-sante.fr/fr/etat-des-lieux-niveau-preuve-gradation) (consulté le 21/04/2024)

4.4. Biais potentiels de la revue

L'échelle AMSTAR 2 est un outil qui permet une évaluation critique des revues systématiques incluant des ECR [74], dans le but d'estimer leurs qualités méthodologiques [51]. Cette échelle permet d'évaluer la validité interne d'une revue de littérature [51]. Elle est composée de 16 items, auxquels l'examineur est invité à répondre par oui ou par non ainsi que « partiellement oui » et « pas de méta analyse effectuée » dans le cas de certains items.

Pour cette échelle, il est préférable de ne pas conclure sur une note globale, mais davantage de tenir compte des faiblesses observées dans des domaines clés considérés comme essentiels pour assurer la qualité de la revue [74].

La grille AMSTAR-2 est initialement proposée en version anglaise (*Annexe 7*), cependant dans cette revue, nous utiliserons la traduction française [75].

Après une évaluation de la confiance globale des résultats de l'échelle (*Tableau XVIII*), cette revue met en avant des faiblesses mais pas de « faille critique » associée à un niveau de confiance modéré.

En effet, on parle de « faille critique » dans le cas de non-validation d'un des items suivants : 2,4,7,11,13 et 15. Les faiblesses sont définies par la non-validation de tous les items, sauf ceux précédemment évoqués.

- Confiance élevée : zéro ou une faiblesse non critique ;
- **Confiance modérée** : plus d'une faiblesse non critique ;
- Confiance faible : une « faille critique » avec ou sans faiblesse non critique
- Confiance extrêmement faible : plusieurs « failles critiques » avec ou sans faiblesse non critique⁴²

D'autres biais potentiels peuvent être retrouvés au sein de cette revue :

Tout d'abord, étant la seule auteure de cette revue, il peut exister des risques de biais d'interprétation, tant dans l'interprétation des données des études de la revue, mais aussi dans l'interprétation des différents items des différentes échelles (PEDro, GRADE, AMSTAR-2).

De plus, il peut résider une possibilité d'erreur dans la réalisation des calculs et la retranscription des données.

Par ailleurs, il est essentiel de souligner que les articles présents au sein de la revue ne proviennent que de Scandinavie (Danemark et Norvège). Cette restriction géographique peut compromettre la validité externe de la revue en limitant la capacité à fournir des informations applicables à un éventail plus large de population.

Enfin, une autre source d'erreur peut être en lien avec la barrière linguistique, effectivement la majorité des articles étant en anglais, il a été nécessaire de traduire les articles en français. Ceci peut être à l'origine d'erreurs notamment par des nuances perdues ainsi que des erreurs de traduction.

⁴² [AMSTAR - Évaluation de la qualité méthodologique des revues systématiques](#) (consulté le 22/04/2024)

Items	Cotations	Validation	Justification
1	Est-ce que les questions de recherche et les critères d'inclusion incluait les critères PICO ?	O	Détaillé dans la partie 2.1 <i>Critères d'éligibilité des études</i>
2	Est-ce que le rapport de la revue contient une déclaration explicite indiquant que la méthode a été établie avant de conduire la revue ? Est-ce ce rapport justifiait toute déviation significative par rapport au protocole ?	PO	Protocole décrit dans la méthode, mais pas de justification des déviations
3	Les auteurs ont-ils expliqué leur choix de schéma d'étude à inclure dans la revue ?	O	Détaillé dans la partie 2.1 <i>Critères d'éligibilité des études</i>
4	Les auteurs ont-ils utilisé une stratégie de recherche documentaire exhaustive ?	O	Détaillé dans la partie 2.2. <i>Méthode et recherches d'étude</i>
5	Les auteurs ont-ils effectué la sélection des études en double ?	N	Un seul auteur de la revue
6	Les auteurs ont-ils effectué l'extraction des données en double ?	N	Un seul auteur de la revue
7	Les auteurs ont-ils décrit les études exclues et justifié les exclusions ?	O	Justification dans la partie 3.1.2. <i>Etudes exclues</i>
8	Les auteurs ont-ils suffisamment décrit les études incluses de manière suffisamment détaillée ?	O	Toutes les études ont été décrites précisément de façon individuelle puis récapitulées dans un tableau de synthèse
9	Les auteurs ont-ils utilisé une technique satisfaisante pour évaluer le risque de biais des études incluses dans la revue ?	O	Les risques de biais ont été évalués par l'échelle de PEDro 3.2. <i>Risque des biais des études incluses</i>
10	Les auteurs ont-ils indiqué les sources de financement des études incluses dans la revue ?	O	Détaillé dans la partie 4.5 <i>Conflits d'intérêts et financement</i>
11	Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs ont-ils utilisé des méthodes appropriées pour la combinaison statistique des résultats ?	O	Représentation graphique : un diagramme en forêt
12	Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs ont-ils évalué l'impact potentiel des risques de biais des études individuelles sur les résultats de la méta-analyse ou d'une autre synthèse des preuves ?	O	Détaillé dans la partie 4.3 <i>Qualité des preuves</i>
13	Les auteurs ont-ils pris en compte le risque de biais des études individuelles lors de l'interprétation/ de la discussion des résultats de la revue ?	O	Détaillé dans la partie 4. <i>Discussion</i>
14	Les auteurs ont-ils fourni une explication satisfaisante pour toute hétérogénéité observée dans les résultats de la revue, et une discussion sur celle-ci ?	O	L'hétérogénéité a été discutée dans la partie 4.3 <i>Qualité des preuves</i>
15	S'ils ont réalisé une synthèse quantitative, les auteurs ont-ils mené une évaluation adéquate des biais de publication (biais de petite étude) et ont discuté de son impact probable sur les résultats de la revue ?	O	Les biais de publication ont été mis en avant dans la partie 4.3 <i>Qualité des preuves</i>
16	Les auteurs ont-ils rapporté toute source potentielle de conflit d'intérêt, y compris tout fond reçu pour réaliser la revue ?	O	Les conflits d'intérêts et les financements ont été déclarés

O : réponse oui à l'item ; N : réponse non à l'item ; PO : réponse partiellement oui à l'item

Tableau XVIII : Evaluation de la qualité méthodologique de la revue de littérature avec la grille AMSTAR-2

4.5. Conflits d'intérêt et financement

4.5.1. Les financements et les conflits d'intérêts des études incluses dans la revue

	Financements	Conflits d'intérêts
Dall, et al., 2014	Etude financée par la fondation danoise pour la recherche en physiothérapie et la fondation danoise pour la santé	Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêt à divulguer
Nytrøen, et al., 2019	Subventions reçues par l'association norvégienne de la santé et l'autorité régionale du sud et de la Norvège ainsi que de Scandia transplant	Les conflits d'intérêt ne sont pas précisés pour cette étude
T.S Hermann, et al.,2011	Etude soutenue par des fonds de recherche pour les physiothérapeutes danois (Organisation et fonds de recherche de l'association médicale danoise)	Les auteurs de cet article assurent n'avoir aucun conflit d'intérêt
Rustad, et al., 2014	Travail financé par l'Université norvégienne des sciences et technologies et la région du sud est de la Norvège	Les auteurs ne déclarent pas de conflit d'intérêt

Tableau XIX : Les financements et les conflits d'intérêts des études incluses dans la revue de littérature

4.5.2. Conflits d'intérêts de cette revue de littérature

Je certifie n'avoir aucun conflit d'intérêt et n'avoir bénéficié d'aucun financement pour la réalisation de cette revue de littérature

5. CONCLUSION

Cette revue de littérature avait pour but de dresser un état des lieux des données scientifiques disponibles à propos de l'intérêt du HIIT sur la VO_{2max} chez les patients receveurs de transplantation cardiaque.

5.1. Implication pour la pratique clinique

Cette revue de littérature se heurte à une limitation majeure, à savoir un nombre restreint d'études incluses, principalement en raison du manque de littérature à ce sujet. De plus, ces études incluses présentent des faibles échantillons de patients, des protocoles d'interventions (expérimental et contrôle) différents ainsi qu'un certain nombre de biais.

Les résultats de cette revue de littérature semblent peu hétérogènes statistiquement parlant. Cela s'explique par un nombre limité d'études incluses ainsi qu'une incertitude importante quant à la vraie valeur du paramètre. Ainsi, cette homogénéité suggérée par les statistiques, reste à nuancer.

D'un point de vue d'hétérogénéité clinique, les populations et les interventions sont assez variables en lien avec une hétérogénéité non négligeable.

Concernant le critère de jugement principal, trois des études semblent obtenir des résultats statistiquement significatifs, mais non cliniquement significatifs. Une des études met en avant des résultats statistiquement significatifs et cliniquement significatifs en faveur du HIIT, cependant l'IC reste assez large et proche de la valeur nulle suggérant une incertitude autour des résultats et ainsi une pertinence clinique plus faible.

Il en est de même pour les critères de jugement secondaires. Certaines études proposent des résultats statistiquement et cliniquement significatifs, mais la pertinence clinique reste tout de même faible avec des IC étendus incluant des plages de données importantes. De plus, ces résultats sont observés pour seulement deux paramètres : la fréquence cardiaque maximale et la tension artérielle. Ainsi, aucune des études ne soutient de manière convaincante l'efficacité clinique et statistique du HIIT sur les critères de jugement secondaires.

Au vu des données recueillies dans cette revue de littérature, l'utilisation du HIIT pourrait être envisagée en pratique clinique chez les patients transplantés cardiaques, mais nécessite une approche prudente. En effet, toutes les études incluses semblent s'accorder sur la sécurité et la faisabilité de cette approche d'entraînement. En outre, bien que certaines des études aient obtenu des résultats statistiquement significatifs en faveur du HIIT sur l'amélioration de la VO_{2max} , la pertinence clinique reste relativement faible. De plus, la largeur des intervalles de confiance souligne la présence de résultats imprécis et peu fiables : ce qui nécessite une analyse prudente et complique la formulation d'une conclusion certaine.

Pour conclure, d'après cette revue de littérature, il semble intéressant pour le MK d'ajouter à son arsenal thérapeutique le HIIT dans des programmes de réadaptation cardiaque. En effet, ce type d'entraînement constitue un outil parmi tant d'autres en réadaptation qui peut être exploité en fonction des différents besoins des différents patients. Même si cette revue ne conclut pas sur des effets certains, elle ne conclut pas non plus sur des effets délétères et offre une option supplémentaire pour répondre aux besoins des patients. Cependant, il est nécessaire que le MK surveille attentivement les réponses individuelles et adapte les modalités d'entraînement en conséquence pour garantir l'efficacité et la sécurité.

5.2. Implication pour la recherche

Au vu des conclusions émises précédemment, des recherches supplémentaires sont nécessaires afin de conclure sur l'applicabilité du HIIT chez les patients receveurs de transplantations cardiaques. Cela permettrait d'obtenir des études avec des résultats plus précis et plus fiables dans le but de guider les recommandations en pratique clinique.

Par ailleurs, les auteurs des articles inclus dans la revue estiment qu'il est nécessaire d'évaluer les effets du HIIT à long terme, comme l'ont fait les articles de *Yardley, et al.*, [56] et *Rolid, et al.*, [55]. De plus, au sein des articles de la revue, certains indiquent qu'il est nécessaire de pérenniser les entraînements pour éviter toute perte de bénéfice obtenu [59]. Cette perspective de pérennisation des entraînements pourrait également constituer un aspect pertinent à approfondir dans le cas de recherches futures.

6. BIBLIOGRAPHIE

- [1] Dr. Bakehe M, Ph D, CCRA. *Système Cardiovasculaire I*.
- [2] Tortora GJ, Derrickson B. Anatomie et physiologie.
- [3] Latrémouille C, Lintz F. Anatomie du cœur. *EMC - Cardiol* 2005; 2: 231–251.
- [4] Société Française de Cardiologie CN des E de C. *Les fondamentaux de la pathologie cardiovasculaire*. 2021.
- [5] Wilmore JH, Costill DL, Larry Kenney W. *Physiologie du sport et de l'exercice*. 2009.
- [6] Garcier JM, Trogrlic S, Boyer L, et al. Anatomie du cœur et des artères coronaires. *J Radiol* 2004; 85: 1758–1763.
- [7] Defontaine A. Modélisation multirésolution et multiformalisme de l'activité électrique cardiaque. (Multiresolution and multiformalism modelling of cardiac electrical activity).
- [8] Patel H, Kerndt CC, Bhardwaj A. Physiology, Respiratory Quotient. *StatPearls*, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK531494/> (2023, accessed 23 April 2024).
- [9] Pillard F. Le seuil ventilatoire : état des connaissances physiologiques. *Rev des Mal Respir Actual* 2014; 6: 217–220.
- [10] Hooreman H. Réalités Cardiologiques • N° 218-Cahier 1 • Juin.
- [11] TabeT J, MeURIN P, beaUVaIS F. réalités Cardiologiques # 294_Juin 2013 Revues Générales Explorations 23.
- [12] Vivek P, Physiol MA-SIJA, 2021 undefined. Effect of Body Mass Index on Peak Oxygen Consumption (VO₂max) in Young Healthy Males. *saudijournals.com* 2021; 4: 86–89.
- [13] Ben Salah N, Mrassi H, Snène H, et al. IMC, comorbidités et capacité aérobie : quels liens? *Rev des Mal Respir Actual* 2021; 13: 147.
- [14] Vandewalle H. Consommation d'oxygène et consommation maximale d'oxygène : intérêts et limites de leur mesure. *Ann Réadaptation Médecine Phys* 2004; 47: 243–257.
- [15] McDonagh TA, Metra M, Adamo M, et al. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Eur Heart J* 2021; 42: 3599–3726.
- [16] Elsevier Masson. *Collège Français des Enseignants d'Urologie*. 2021.
- [17] Martinod E, Soubrane O, Glabeke E Van, et al. History of first transplantations: nothing is ever written. Part II.
- [18] Komajda M, Gandjbakhch I, Dorent R, et al. Rapport 20-05-La transplantation cardiaque chez l'adulte Cardiac transplantation in adult patients Welty e , au nom de la Commission IV (maladies cardiaques et maladies vasculaires) 1 MOTS CLÉS. *Bull Acad Natl Med* 2021; 205: 111–117.
- [19] Attias D, Pezel T, Lellouche N. *Collège National Des Cardiologues Français*. 2021.
- [20] Pardaens K, Van Cleemput J, Vanhaecke J, et al. Peak oxygen uptake better predicts outcome than submaximal respiratory data in heart transplant candidates. *Circulation* 2000; 101: 1152–1157.
- [21] Stevenson LW, Pagani FD, Young JB, et al. INTERMACS profiles of advanced heart failure: the current picture. *J Heart Lung Transplant* 2009; 28: 535–541.
- [22] Dorent R, Gandjbakhch E, Goéminne C, et al. Assessment of potential heart donors: A statement from the French heart transplant community Évaluation cardiaque des donneurs potentiels d'organes : mise au point des transplanteurs cardiaques français. *Arch Cardiovasc Dis* 2018; 111: 126–139.
- [23] Deng MC. Heart failure CARDIAC TRANSPLANTATION. DOI: 10.1136/heart.87.2.177.
- [24] Bouglé A, Abbes A, Arzoine J, et al. *Protocoles de réanimation, anesthésie et transplantation en chirurgie cardio-vasculaire*.
- [25] Seydoux C, Mueller X, Goy J-J, et al. MISE AU POINT Insuffisance cardiaque résistant au traitement médicamenteux : greffe et alternatives. *Med Hyg* 2002; 60: 1057–66.
- [26] Mandak JS, Aaronson KD, Mancini DM. Serial assessment of exercise capacity after heart transplantation. *J Heart Lung Transplant* 1995; 14: 468–478.

- [27] Verdier JC, Kouassi BYL, Carricaburu J, et al. Protocole d'évaluation de l'aptitude à l'effort du greffé cardiaque: épreuve d'effort par incrément sur bicyclette ergométrique. *Sci Sports* 1994; 9: 81–85.
- [28] Costanzo MR, Dipchand A, Starling R, et al. The International Society of Heart and Lung Transplantation Guidelines for the care of heart transplant recipients. *J Hear Lung Transplant* 2010; 29: 914–956.
- [29] Ghannem M. *Manuel pratique de prévention et de réadaptation cardiovasculaire*.
- [30] Rieu M. Rôle de l'innervation cardiaque: Le modèle de la transplantation. *Sci Sports* 1999; 14: 33–38.
- [31] Marzolini S, Oh PI, Brooks D. E U R O P E A N S O C I E T Y O F C A R D I O L O G Y ® Original scientific paper Effect of combined aerobic and resistance training versus aerobic training alone in individuals with coronary artery disease: a meta-analysis. DOI: 10.1177/1741826710393197.
- [32] Billat LV. Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: Aerobic interval training. *Sport Med* 2001; 31: 13–31.
- [33] Meyer K, Samek L, Schwaibold M, et al. Physical responses to different modes of interval exercise in patients with chronic heart failure-application to exercise training. *Eur Heart J* 1996; 17: 1040–1047.
- [34] Guiraud T, Nigam A, Gremeaux V, et al. High-Intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation. *Sport Med* 2012 427 2012; 42: 587–605.
- [35] Dun Y, Smith JR, Liu S, et al. High-Intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation. DOI: 10.1016/j.cger.2019.07.011.
- [36] Keteyian SJ, Hibner BA, Bronsteen K, et al. Greater improvement in cardiorespiratory fitness using higher-intensity interval training in the standard cardiac rehabilitation setting. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2014; 34: 98–105.
- [37] Balady GJ, Williams MA, Ades PA, et al. Core Components of Cardiac Rehabilitation/Secondary Prevention Programs: 2007 Update. *Circulation* 2007; 115: 2675–2682.
- [38] Pavy, Mc I, Vergès B, et al. RECOMMANDATIONS du Groupe Exercice Réadaptation Sport (GERS) DE LA SOCIETE FRANCAISE DE CARDIOLOGIE CONCERNANT LA PRATIQUE DE LA READAPTATION CARDIOVASCULAIRE CHEZ L'ADULTE Version 3
- [39] Gayda M, Ribeiro PAB, Juneau M, et al. Comparison of Different Forms of Exercise Training in Patients With Cardiac Disease: Where Does High-Intensity Interval Training Fit? *Can J Cardiol* 2016; 32: 485–494.
- [40] Donelli da Silveira A, Beust de Lima J, da Silva Piardi D, et al. High-intensity interval training is effective and superior to moderate continuous training in patients with heart failure with preserved ejection fraction: A randomized clinical trial. *Eur J Prev Cardiol* 2020; 27: 1733–1743.
- [41] Araújo BTS, Leite JC, Fuzari HKB, et al. Influence of High-Intensity Interval Training Versus Continuous Training on Functional Capacity in Individuals With Heart Failure: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2019; 39: 293–298.
- [42] Qin Y, Kumar Bundhun P, Yuan Z-L, et al. The effect of high-intensity interval training on exercise capacity in post-myocardial infarction patients: a systematic review and meta-analysis. DOI: 10.1093/eurjpc/zwab060.
- [43] Wang C, Xing J, Zhao B, et al. The Effects of High-Intensity Interval Training on Exercise Capacity and Prognosis in Heart Failure and Coronary Artery Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cardiovasc Ther*; 2022. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.1155/2022/4273809.
- [44] Bernardi L, Radaelli A, Passino C, et al. Effects of physical training on cardiovascular control after heart transplantation. *Int J Cardiol* 2007; 118: 356–362.
- [45] Anderson L, Nguyen TT, Dall CH, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation in heart transplant recipients. *Cochrane Database Syst Rev*; 2017. Epub ahead of print 4 April 2017. DOI: 10.1002/14651858.CD012264.PUB2/MEDIA/CDSR/CD012264/IMAGE_N/NCD012264-CMP-002-01.PNG.
- [46] Gauvain C. Essais contrôlés randomisés : quelques clés méthodologiques pour comprendre:

- Randomized controlled trials: some methodological keys to understand. *Rev des Mal Respir Actual* 2021; 13: 2S55-2S62.
- [47] Halimi S, Dejager S. Des essais randomisés contrôlés aux études observationnelles. Apports, limites et leçons. Réflexions à propos de l'étude ODYSSEE. *Médecine des Mal Métaboliques* 2016; 10: 732–740.
- [48] Costa R, Moreira E, Silva Cardoso J, et al. Effectiveness of Exercise-Based Cardiac Rehabilitation for Heart Transplant Recipients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Heal Serv Insights*; 16. Epub ahead of print 1 January 2023. DOI: 10.1177/11786329231161482.
- [49] Brosseau L, Laroche C, Sutton A, et al. Une version franco-canadienne de la Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale : L'Échelle PEDro. *Physiother Canada* 2015; 67: 232.
- [50] Hartge P. A Dictionary of Epidemiology, Sixth Edition Edited by Miquel Porta. *Am J Epidemiol* 2015; 181: 633–634.
- [51] Pallot A, Davergne T, Gallois M, et al. Evidence Based Practice en rééducation: Démarche pour une pratique raisonnée. 395.
- [52] Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*; 372. Epub ahead of print 29 March 2021. DOI: 10.1136/BMJ.N71.
- [53] Nytrøen K, Rustad LA, Aukrust P, et al. High-intensity interval training improves peak oxygen uptake and muscular exercise capacity in heart transplant recipients. *Am J Transplant* 2012; 12: 3134–3142.
- [54] Rustad LA, Nytrøen K, Amundsen BH, et al. One year of high-intensity interval training improves exercise capacity, but not left ventricular function in stable heart transplant recipients: a randomised controlled trial. *Eur J Prev Cardiol* 2014; 21: 181–191.
- [55] Rolid K, Andreassen AK, Yardley M, et al. Long-term effects of high-intensity training vs moderate intensity training in heart transplant recipients: A 3-year follow-up study of the randomized-controlled HITTS study. *Am J Transplant* 2020; 20: 3538–3549.
- [56] Yardley M, Gullestad L, Bendz B, et al. Long-term effects of high-intensity interval training in heart transplant recipients: A 5-year follow-up study of a randomized controlled trial. *Clin Transplant*; 31. Epub ahead of print 1 January 2017. DOI: 10.1111/CTR.12868.
- [57] Nytrøen K, Yardley M, Rolid K, et al. Design and rationale of the HITTS randomized controlled trial: Effect of High-intensity Interval Training in de novo Heart Transplant Recipients in Scandinavia. *Am Heart J* 2016; 172: 96–105.
- [58] Nytrøen K, Rolid K, Andreassen AK, et al. Effect of High-Intensity Interval Training in De Novo Heart Transplant Recipients in Scandinavia: One-Year Follow-Up of the HITTS Randomized, Controlled Study. *Circulation* 2019; 139: 2198–2211.
- [59] Dall CH, Snoer M ffec. of high-intensity training versus moderate training on peak oxygen uptake and chronotropic response in heart transplant recipients: A randomized crossover trial, Christensen S, et al. Effect of High-Intensity Training Versus Moderate Training on Peak Oxygen Uptake and Chronotropic Response in Heart Transplant Recipients: A Randomized Crossover Trial. *Am J Transplant* 2014; 14: 2391–2399.
- [60] Hermann TS, Dall CH, Christensen SB, et al. Effect of high intensity exercise on peak oxygen uptake and endothelial function in long-term heart transplant recipients. *Am J Transplant* 2011; 11: 536–541.
- [61] Porta MS, Greenland S, Hernán M, et al. A dictionary of epidemiology. 6th ed. New York : Oxford University Press. 2014; 343.
- [62] Ladner J, Abdelaziz A Ben, Santé(RPP2S) RMP-R-P en S de la. Comment calculer et interpréter la valeur de «p» dans une étude épidémiologique [How to calculate and interpret the p-value in an epidemiological study?]. *Tunis Med* 2021; 99: 313.
- [63] Khammar A, Yarahmadi M, Madadzadeh F. What Is Analysis of Covariance (ANCOVA) and How to Correctly Report Its Results in Medical Research? *Iran J Public Health* 2020; 49: 1016.
- [64] Putman S, Dartus J, Migaud H, et al. La différence minimale cliniquement importante (DMCI) peut-elle être identifiée sur un échantillon français d'arthroplasties totales de la hanche ?

- Méthode de mesure de la DMCI utilisant comme ancre un item du questionnaire. *Rev Chir Orthopédique Traumatol* 2021; 107: 285–293.
- [65] Malavolta E, Yamamoto G, Bussius D, et al. Définition d'une différence minimale cliniquement significative pour les scores UCLA et ASES après réparation de la coiffe des rotateurs. *Rev Chir Orthopédique Traumatol* 2022; 108: 243.
- [66] Coulm B. L'essentiel sur les méta-analyses. *Sages-Femmes* 2022; 21: 51–55.
- [67] Moulis G, Sommet A. Comment lire une méta-analyse ? *La Rev Médecine Interne* 2014; 35: 250–258.
- [68] Fischbach M. *Précis de réadaptation cardiaque*. Frison-Roc. 2010.
- [69] Froelicher, Victor; Herbert, William; Myers, Jonathan; Ribisl P. How Cardiac Rehabilitation Is Being Influenced by Changes in... : *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, https://journals.lww.com/jcrjournal/citation/1996/05000/how_cardiac_rehabilitation_is_being_influenced_by.1.aspx (1996).
- [70] Oldridge N, Furlong W, Feeny D, et al. Economic evaluation of cardiac rehabilitation soon after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1993; 72: 154–161.
- [71] Coll R. [The cost-benefit of cardiac rehabilitation programs]. *Rev Esp Cardiol* 1995; 48 Suppl 1: 94–98.
- [72] Guiraud T, Nigam A, Gremeaux V, et al. High-Intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation. *Sport Med* 2012 427 2012; 42: 587–605.
- [73] Cashin AG, McAuley JH. Clinimetrics: Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale. *J Physiother* 2020; 66: 59.
- [74] Shea BJ, Reeves BC, Wells G, et al. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ*; 358. Epub ahead of print 2017. DOI: 10.1136/BMJ.J4008.
- [75] Pallot A, Rostagno S. AMSTAR-2 : traduction française de l'échelle de qualité méthodologique pour les revues de littérature systématiques. *Kinésithérapie, la Rev* 2021; 21: 13–14.

7. ANNEXES

Annexe 1 : Définition de l'insuffisance cardiaque selon le FEVG

Annexe 2 : Le don d'organe en 2022 selon France ADOT

Annexe 3 : PEC thérapeutique selon le stade NYHA de l'IC selon l'HAS

Annexe 4 : Échelle de PEDro

Annexe 5 : Facteurs à l'origine d'une diminution du niveau de qualité des données scientifiques dans le système GRADE selon la HAS

Annexe 6 : Grade de recommandation selon l'HAS

Annexe 7 : Grille AMSTAR- 2 en version originale

Annexe 1 : Définition de l'insuffisance cardiaque selon le FEVG [15]

Type d'HF	HFrEF	HFmrEF	Le HFpEF
CRITÈRES	1	Symptômes ± signes ^{un}	Symptômes ± signes ^{un}
	2	FEVG ≤40%	FEVG 41 à 49 % ^b
	3	-	-

IC = insuffisance cardiaque ; HFmrEF = insuffisance cardiaque avec fraction d'éjection légèrement réduite ; HFpEF = insuffisance cardiaque avec fraction d'éjection préservée ; HFrEF = insuffisance cardiaque avec fraction d'éjection réduite ; VG = ventricule gauche ; FEVG = fraction d'éjection ventriculaire gauche.

^{un} Les signes peuvent ne pas être présents dans les premiers stades de l'IC (en particulier dans l'HFpEF) et chez les patients traités de manière optimale.


^b Pour le diagnostic d'HFmrEF, la présence d'autres signes de cardiopathie structurelle (p. ex. augmentation de la taille de l'auriculaire gauche, hypertrophie du VG ou mesures échocardiographiques d'insuffisance du remplissage du VG) rend le diagnostic plus probable.

^c Pour le diagnostic de HFpEF, plus le nombre d'anomalies présentes est élevé, plus la probabilité de HFpEF est élevée.

LE DON D'ORGANES EN 2022

7% DE BAISSÉ DES GREFFES D'ORGANES EN FRANCE PAR RAPPORT À 2019

5 494 GREFFES RÉALISÉES



1 294 GREFFES DE FOIE

3 376 GREFFES DE REIN

411 GREFFES DE COEUR



NÉANMOINS



PLUS DE **27 000** PERSONNES ONT EU BESOIN D'UNE GREFFE

967 PATIENTS N'ONT PAS SURVÉCU À CETTE ATTENTE

PLUS DE **17 000** PATIENTS TOUJOURS DANS L'ATTENTE D'UNE GREFFE



33% DE REFUS DE PRÉLÈVEMENT

LES BÉNÉVOLES DE FRANCE ADOT ONT ENCORE DU PAIN SUR LA PLANCHE !

⁴³ [Tout savoir sur les dons : don d'organes, moelle osseuse, tissus humains, cellules \(france-adot.org\)](https://france-adot.org) (consulté le 25/04/2024)

Annexe 3 : PEC thérapeutique selon le stade NYHA de l'IC selon l'HAS ⁴⁴

Prise en charge thérapeutique* selon le stade fonctionnel NYHA de l'insuffisance cardiaque systolique (ICS)

Stade I NYHA	Stade II NYHA	Stade III NYHA	Stade IV NYHA
Caractéristiques			
■ Pas de symptômes	■ Symptômes pour effort important ■ Réduction modérée de l'activité physique	■ Symptômes à l'effort ■ Réduction marquée de l'activité physique	■ Symptômes au repos ■ Limitation sévère de l'activité physique
Traitement systématique			
Implication du patient dans sa prise en charge : tous les professionnels de santé			
<ul style="list-style-type: none"> • Connaissance de la maladie et des signes d'alerte, mesure régulière du poids noté, éviter l'automédication • Régime sans sel modéré, activité physique adaptée 			
IEC + β -bloquant : titration progressive par médecin ayant l'expérience de l'IC chronique, après avis du cardiologue			
Vaccinations antigrippale tous les ans et antipneumococcique : médecin traitant			
Traitement selon les symptômes			
Diurétiques si signes congestifs : médecin traitant			
Antialdostérone ou ARA II (ne JAMAIS associer) après avis cardiologique			
Traitement de la FA (anticoagulants oraux, digoxine, amiodarone) : médecin traitant et/ou cardiologue			
Réadaptation cardiaque, selon avis cardiologique			
Stimulation biventriculaire +/- DAI, selon avis cardiologique			
Dispositif d'assistance ventriculaire gauche DAVG Transplantation cardiaque			

* Hors épisodes aigus

Extrait du guide du parcours de soins « Insuffisance cardiaque », publié par la Haute Autorité de Santé en mai 2012.

⁴⁴ [Tableau prise en charge thérapeutique ICPEP Web \(has-sante.fr\)](https://www.has-sante.fr/fr/guide/insuffisance-cardiaque) (consulté le 25/04/2024)

Annexe 4 : Échelle de PEDro⁴⁵

Échelle PEDro – Français

1. les critères d'éligibilité ont été précisés	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> où:
2. les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement)	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> où:
3. la répartition a respecté une assignation secrète	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> où:
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> où:
5. tous les sujets étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> où:
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> où:
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> où:
8. les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> où:
9. tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter"	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> où:
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> où:
11. pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> où:

Précisions pour l'utilisation de l'échelle PEDro:

Tous les critères **Les points sont attribués uniquement si le critère est clairement respecté**. Si, lors de la lecture de l'étude, on ne retrouve pas le critère explicitement rédigé, le point ne doit pas être attribué à ce critère.

Critère 1	Ce critère est respecté si l'article décrit la source de recrutement des sujets et une liste de critères utilisée pour déterminer qui était éligible pour participer à l'étude.
Critère 2	Une étude est considérée avoir utilisé une <i>répartition aléatoire</i> si l'article mentionne que la répartition entre les groupes a été faite au hasard. La méthode précise de répartition aléatoire n'a pas lieu d'être détaillée. Des procédures comme pile ou face ou le lancé de dés sont considérées comme des méthodes de répartition aléatoire. Les procédures quasi-aléatoires, telles que la répartition selon le numéro de dossier hospitalier ou la date de naissance, ou le fait de répartir alternativement les sujets dans les groupes, ne remplissent pas le critère.
Critère 3	Une <i>assignation secrète</i> signifie que la personne qui a déterminé si un sujet répondait aux critères d'inclusion de l'étude ne devait pas, lorsque cette décision a été prise, savoir dans quel groupe le sujet serait admis. Un point est attribué pour ce critère, même s'il n'est pas précisé que l'assignation est secrète, lorsque l'article mentionne que la répartition a été réalisée par enveloppes opaques cachetées ou que la répartition a été réalisée par table de tirage au sort en contactant une personne à distance.
Critère 4	Au minimum, lors d'études concernant des interventions thérapeutiques, l'article doit décrire au moins une mesure de la gravité de l'affection traitée et au moins une mesure (différente) sur l'un des critères de jugement essentiels en début d'étude. L'évaluateur de l'article doit s'assurer que les résultats des groupes n'ont pas de raison de différer de manière cliniquement significative du seul fait des différences observées au début de l'étude sur les variables pronostiques. Ce critère est respecté, même si les données au début de l'étude ne sont présentées que pour les sujets qui ont terminé l'étude.
Critères 4, 7-11	Les <i>critères de jugement essentiels</i> sont ceux dont les résultats fournissent la principale mesure de l'efficacité (ou du manque d'efficacité) du traitement. Dans la plupart des études, plus d'une variable est utilisée pour mesurer les résultats.
Critères 5-7	Être " <i>en aveugle</i> " signifie que la personne en question (sujet, thérapeute ou évaluateur) ne savait pas dans quel groupe le sujet avait été réparti. De plus, les sujets et les thérapeutes sont considérés être "en aveugle" uniquement s'il peut être attendu qu'ils ne sont pas à même de faire la distinction entre les traitements appliqués aux différents groupes. Dans les essais dans lesquels les critères de jugement essentiels sont autoévalués par le sujet (ex. échelle visuelle analogique, recueil journalier de la douleur), l'évaluateur est considéré être "en aveugle" si le sujet l'est aussi.
Critère 8	Ce critère est respecté uniquement si l'article mentionne explicitement <i>à la fois</i> le nombre de sujets initialement répartis dans les groupes <i>et</i> le nombre de sujets auprès de qui les mesures ont été obtenues pour les critères de jugement essentiels. Pour les essais dans lesquels les résultats sont mesurés à plusieurs reprises dans le temps, un critère de jugement essentiel doit avoir été mesuré pour plus de 85% des sujets à l'une de ces reprises.
Critère 9	Une <i>analyse en intention de traiter</i> signifie que, lorsque les sujets n'ont pas reçu le traitement (ou n'ont pas suivi l'intervention contrôle) qui leur avait été attribué, et lorsque leurs résultats sont disponibles, l'analyse est effectuée comme si les sujets avaient reçu le traitement (ou avaient suivi l'intervention contrôle) comme attribué. Ce critère est respecté, même sans mention d'une analyse en intention de traiter si l'article mentionne explicitement que tous les sujets ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle comme attribué.
Critère 10	Une comparaison statistique <i>intergroupe</i> implique une comparaison statistique d'un groupe par rapport à un autre. Selon le plan expérimental de l'étude, cela peut impliquer la comparaison de deux traitements ou plus, ou la comparaison d'un traitement avec une intervention contrôle. L'analyse peut être une simple comparaison des résultats mesurés après administration des traitements, ou une comparaison du changement dans un groupe au changement dans un autre (quand une analyse factorielle de variance a été utilisée pour analyser les données, ceci est souvent indiqué sous la forme d'une interaction groupe x temps). La comparaison peut prendre la forme d'un test sous hypothèses (qui produit une valeur "p", décrivant la probabilité que les groupes diffèrent uniquement du fait du hasard) ou prendre la forme d'une estimation (par exemple: différence de moyennes ou de médianes, différence entre proportions, nombre nécessaire de sujets à traiter, risque relatif ou rapport de risque instantané dit "hazard ratio") et de son intervalle de confiance.
Critère 11	Une <i>estimation de l'effet</i> est une mesure de la taille de l'effet du traitement. L'effet du traitement peut être décrit soit par une différence entre les groupes, soit par le résultat au sein (de chacun) de tous les groupes. Les <i>estimations de la variabilité</i> incluent les écarts-types, les erreurs standards, les intervalles de confiance, les intervalles interquartiles (ou autres quantiles) et les étendues. Les estimations de l'effet et/ou de la variabilité peuvent être fournies sous forme graphique (par exemple, les écarts-types peuvent être représentés sous forme de barres d'erreurs dans une figure) à la condition expresse que le graphique soit clairement légendé (par exemple, qu'il soit explicite que ces barres d'erreurs représentent des écarts-type ou des erreurs-standard). S'il s'agit de résultats classés par catégories, ce critère est considéré respecté si le nombre de sujets de chaque catégorie est précisé pour chacun des groupes.

⁴⁵ [Échelle PEDro - PEDro](#) (consulté le 21/04/2024)

Annexe 5 : Facteurs à l'origine d'une diminution du niveau de qualité des données scientifiques dans le système GRADE selon la HAS ⁴⁶

Facteurs	Description du facteur	Niveau de qualité de départ (nombre de niveaux en moins ou en plus)
Type d'études	essais contrôlés randomisés	élevé
	études observationnelles*	faible
Facteurs qui peuvent diminuer le niveau de qualité des données scientifiques provenant d'études observationnelles et d'essais contrôlés randomisés	risque de biais	
	sérieux	(-1)
	très sérieux	(-2)
	hétérogénéité des résultats	
	importante	(-1)
	très importante	(-2)
	caractère direct des données	
	incertitude	(-1)
	incertitude majeure	(-2)
	imprécision	
	sérieuse	(-1)
	très sérieuse	(-2)
	biais de publication	
	probable	(-1)
très probable	(-2)	
Facteurs qui peuvent augmenter	force de l'association	

⁴⁶ [Etat des lieux Niveau Preuve Gradation \(has-sante.fr\)](https://www.has-sante.fr/fr/etat-des-lieux/niveau-preuve-gradation) (consulté le 21/04/2024)

Annexe 6 : Grade de recommandation selon l’HAS⁴⁷

Grade des recommandations	Niveau de preuve scientifique fourni par la littérature
A Preuve scientifique établie	Niveau 1 - essais comparatifs randomisés de forte puissance ; - méta-analyse d'essais comparatifs randomisés ; - analyse de décision fondée sur des études bien menées.
B Présomption scientifique	Niveau 2 - essais comparatifs randomisés de faible puissance ; - études comparatives non randomisées bien menées ; - études de cohortes.
C Faible niveau de preuve scientifique	Niveau 3 - études cas-témoins.
	Niveau 4 - études comparatives comportant des biais importants ; - études rétrospectives ; - séries de cas ; - études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale).

⁴⁷ [Etat des lieux Niveau Preuve Gradation \(has-sante.fr\)](https://www.has-sante.fr/fr/etat-des-lieux/niveau-preuve-gradation) (consulté le 21/04/2024)

AMSTAR 2		
1. Did the research questions and inclusion criteria for the review include the components of PICO?		
For Yes:	Optional (recommended)	
<input type="checkbox"/> Population	<input type="checkbox"/> Timeframe for follow-up	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> Intervention		<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Comparator group		
<input type="checkbox"/> Outcome		
2. Did the report of the review contain an explicit statement that the review methods were established prior to the conduct of the review and did the report justify any significant deviations from the protocol?		
For Partial Yes: The authors state that they had a written protocol or guide that included ALL the following:	For Yes: As for partial yes, plus the protocol should be registered and should also have specified:	
<input type="checkbox"/> review question(s)	<input type="checkbox"/> a meta-analysis/synthesis plan, if appropriate, <i>and</i>	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> a search strategy	<input type="checkbox"/> a plan for investigating causes of heterogeneity	<input type="checkbox"/> Partial Yes
<input type="checkbox"/> inclusion/exclusion criteria	<input type="checkbox"/> justification for any deviations from the protocol	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> a risk of bias assessment		
3. Did the review authors explain their selection of the study designs for inclusion in the review?		
For Yes, the review should satisfy ONE of the following:		
<input type="checkbox"/> Explanation for including only RCTs		<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> OR Explanation for including only NRSI		<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> OR Explanation for including both RCTs and NRSI		
4. Did the review authors use a comprehensive literature search strategy?		
For Partial Yes (all the following):	For Yes, should also have (all the following):	
<input type="checkbox"/> searched at least 2 databases (relevant to research question)	<input type="checkbox"/> searched the reference lists/bibliographies of included studies	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> provided key word and/or search strategy	<input type="checkbox"/> searched trial/study registries	<input type="checkbox"/> Partial Yes
<input type="checkbox"/> justified publication restrictions (eg, language)	<input type="checkbox"/> included/consulted content experts in the field	<input type="checkbox"/> No
	<input type="checkbox"/> where relevant, searched for grey literature	
	<input type="checkbox"/> conducted search within 24 months of completion of the review	
5. Did the review authors perform study selection in duplicate?		
For Yes, either ONE of the following:		
<input type="checkbox"/> at least two reviewers independently agreed on selection of eligible studies and achieved consensus on which studies to include		<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> OR two reviewers selected a sample of eligible studies <u>and</u> achieved good agreement (at least 80 per cent), with the remainder selected by one reviewer		<input type="checkbox"/> No
6. Did the review authors perform data extraction in duplicate?		
For Yes, either ONE of the following:		
<input type="checkbox"/> at least two reviewers achieved consensus on which data to extract		<input type="checkbox"/> Yes

from included studies <input type="checkbox"/> OR two reviewers extracted data from a sample of eligible studies <u>and</u> achieved good agreement (at least 80 per cent), with the remainder extracted by one reviewer		<input type="checkbox"/> No
7. Did the review authors provide a list of excluded studies and justify the exclusions?		
For Partial Yes: <input type="checkbox"/> provided a list of all potentially relevant studies that were read in full text form but excluded from the review	For Yes, must also have: <input type="checkbox"/> Justified the exclusion from the review of each potentially relevant study	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> Partial Yes <input type="checkbox"/> No
8. Did the review authors describe the included studies in adequate detail?		
For Partial Yes (ALL the following): <input type="checkbox"/> described populations <input type="checkbox"/> described interventions <input type="checkbox"/> described comparators <input type="checkbox"/> described outcomes <input type="checkbox"/> described research designs	For Yes, should also have ALL the following: <input type="checkbox"/> described population in detail <input type="checkbox"/> described intervention and comparator in detail (including doses where relevant) <input type="checkbox"/> described study's setting <input type="checkbox"/> timeframe for follow-up	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> Partial Yes <input type="checkbox"/> No
9. Did the review authors use a satisfactory technique for assessing the risk of bias (RoB) in individual studies that were included in the review?		
RCTs For Partial Yes, must have assessed RoB from: <input type="checkbox"/> unconcealed allocation, <i>and</i> <input type="checkbox"/> lack of blinding of patients and assessors when assessing outcomes (unnecessary for objective outcomes such as all cause mortality)		
For Yes, must also have assessed RoB from: <input type="checkbox"/> allocation sequence that was not truly random, <i>and</i> <input type="checkbox"/> selection of the reported result from among multiple measurements or analyses of a specified outcome		
<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> Partial Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Includes only NRSI		
NRSI For Partial Yes, must have assessed RoB: <input type="checkbox"/> from confounding, <i>and</i> <input type="checkbox"/> from selection bias		
For Yes, must also have assessed RoB: <input type="checkbox"/> methods used to ascertain exposures and outcomes, <i>and</i> <input type="checkbox"/> selection of the reported result from among multiple measurements or analyses of a specified outcome		
<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> Partial Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Includes only RCTs		
10. Did the review authors report on the sources of funding for the studies included in the review?		
For Yes <input type="checkbox"/> Must have reported on the sources of funding for individual studies included in the review. Note: Reporting that the reviewers looked for this information but it was not reported by study authors also qualifies		
<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No		
11. If meta-analysis was performed did the review authors use appropriate methods for statistical combination of results?		
RCTs For Yes: <input type="checkbox"/> The authors justified combining the data in a meta-analysis <input type="checkbox"/> AND they used an appropriate weighted technique to combine study results and adjusted for heterogeneity if present		
<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No meta-analysis		

<input type="checkbox"/> AND investigated the causes of any heterogeneity	conducted
For NRSI	
For Yes:	
<input type="checkbox"/> The authors justified combining the data in a meta-analysis	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> AND they used an appropriate weighted technique to combine study results, adjusting for heterogeneity if present	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> AND they statistically combined effect estimates from NRSI that were adjusted for confounding, rather than combining raw data, or justified combining raw data when adjusted effect estimates were not available	<input type="checkbox"/> No meta-analysis conducted
<input type="checkbox"/> AND they reported separate summary estimates for RCTs and NRSI separately when both were included in the review	
12. If meta-analysis was performed, did the review authors assess the potential impact of RoB in individual studies on the results of the meta-analysis or other evidence synthesis?	
For Yes:	
<input type="checkbox"/> included only low risk of bias RCTs	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> OR, if the pooled estimate was based on RCTs and/or NRSI at variable RoB, the authors performed analyses to investigate possible impact of RoB on summary estimates of effect	<input type="checkbox"/> No
	<input type="checkbox"/> No meta-analysis conducted
13. Did the review authors account for RoB in individual studies when interpreting/discussing the results of the review?	
For Yes:	
<input type="checkbox"/> included only low risk of bias RCTs	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> OR, if RCTs with moderate or high RoB, or NRSI were included the review provided a discussion of the likely impact of RoB on the results	<input type="checkbox"/> No
14. Did the review authors provide a satisfactory explanation for, and discussion of, any heterogeneity observed in the results of the review?	
For Yes:	
<input type="checkbox"/> There was no significant heterogeneity in the results	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> OR if heterogeneity was present the authors performed an investigation of sources of any heterogeneity in the results and discussed the impact of this on the results of the review	<input type="checkbox"/> No
15. If they performed quantitative synthesis did the review authors carry out an adequate investigation of publication bias (small study bias) and discuss its likely impact on the results of the review?	
For Yes:	
<input type="checkbox"/> performed graphical or statistical tests for publication bias and discussed the likelihood and magnitude of impact of publication bias	<input type="checkbox"/> Yes
	<input type="checkbox"/> No
	<input type="checkbox"/> No meta-analysis conducted
16. Did the review authors report any potential sources of conflict of interest, including any funding they received for conducting the review?	
For Yes:	
<input type="checkbox"/> The authors reported no competing interests OR	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> The authors described their funding sources and how they managed potential conflicts of interest	<input type="checkbox"/> No

TITRE : L'intérêt du HIIT sur la VO_{2max} chez les patients receveurs de transplantation cardiaque

TITLE : The interest of HIIT on maximal oxygen consumption in heart transplant recipients

Nombre de pages (avec les annexes) : 85 pages

Directeur du Mémoire : ROUVIERE Émilie

RESUME

Introduction : La transplantation cardiaque est envisagée dans le cas de patients souffrant d'insuffisance cardiaque sévère s'aggravant progressivement, malgré un traitement médical optimal. En post greffe cardiaque, une réadaptation cardiaque est recommandée par la Société internationale de transplantation cardiaque et pulmonaire. Avant de débiter cette réadaptation les patients réalisent une épreuve d'effort correspondant à l'examen de référence en cardiologie dans le but d'évaluer la consommation maximale d'oxygène (VO_{2max}). Selon les recommandations de la Société Française de Cardiologie, la rééducation cardiovasculaire peut inclure des séances de HIIT, un entraînement en alternance de périodes d'exercices aérobiques d'intensité élevée et des phases de récupération passive ou d'activité d'intensité modérée ou légère.

Objectif : Cette revue de littérature a pour objectif d'évaluer l'intérêt du HIIT sur la VO_{2max} chez les patients transplantés cardiaques.

Méthode : Plusieurs bases de données ont été investiguées dans le but de sélectionner des essais cliniques randomisés avec des critères d'inclusion et d'exclusion précis. La qualité méthodologique des études incluses a été évaluée grâce à l'échelle PEDro.

Résultats : Cette revue de littérature a inclus quatre ECR. Une étude qualitative a été effectuée mettant en évidence qu'une seule étude présentant des résultats statistiquement et cliniquement significatifs, en faveur d'une amélioration de la VO_{2max} dans le groupe intervention. Concernant l'analyse quantitative, l'estimation globale de l'effet des études comparé à l'entraînement continu d'intensité modérée n'était ni statistiquement ni cliniquement significatif. L'analyse des deux autres études ayant comme comparateur la kinésithérapie habituelle a montré un effet global statistiquement significatif et en faveur de l'intervention, cependant il existe une incertitude quant à l'effet réel, on ne peut donc pas conclure de signification clinique.

Conclusion : En raison de faibles échantillons de population, les résultats obtenus ne nous permettent pas de conclure sur l'efficacité du HIIT. Cependant, les résultats semblent tout de même en faveur de cette technique, mais il est nécessaire de mener des études plus précises et plus fiables pour parvenir à une conclusion sur son efficacité réelle.

Mots clés : Receveurs de transplantation cardiaque – HIIT – VO_{2max} – Résultats épreuve d'effort

ABSTRACT

Introduction: Heart transplantation is considered for patients suffering from severe heart failure that progressively worsens, despite optimal medical treatment. Post-heart transplant, cardiac rehabilitation is recommended by the International Society of Heart and Lung Transplantation. Before beginning rehabilitation, patients undergo a cardiac stress test, the reference test in cardiology, to assess maximal oxygen consumption. According to the recommendations of the French Society of Cardiology, cardiovascular rehabilitation may include HIIT sessions, alternating periods of high-intensity aerobic exercise with phases of passive recovery or moderate- or light-intensity activity.

Objective: The aim of this literature review is to assess the benefit of HIIT on maximal oxygen consumption in heart transplant patients. Method: Several databases were investigated to select randomized clinical trials with precise inclusion and exclusion criteria. The methodological quality of the included studies was assessed using the PEDro scale.

Results: This literature review included four RCTs. A qualitative study was carried out, highlighting only one study with statistically and clinically significant results in favor of an improvement in maximal oxygen consumption in the intervention group. In the quantitative analysis, the overall estimate of the effect of the studies compared with continuous moderate-intensity training was neither statistically nor clinically significant. Analysis of the other two studies, which used conventional physiotherapy as a comparator, showed a statistically significant overall effect in favor of the intervention, but there is uncertainty as to the actual effect, so no conclusion of clinical significance can be drawn.

Conclusion: Given the small sample size, the results obtained do not allow us to conclude on the efficacy of HIIT. However, the results do seem to be in favor of this technique, but more precise and reliable studies are needed to reach a conclusion on real efficiency.

Key words: Heart transplant recipients - HIIT - Maximal oxygen consumption - Exercise test results