



**HAL**  
open science

## Comparaison entre entraînement aérobic continu et intermittent pour évaluer le modèle d'exercice optimal chez les patients atteints d'insuffisance cardiaque: une méta-analyse

Zahra Sadek, W. Ramadan, H. Khachfe, G. Ajouz, H. Baydoun, W.H. Joumaa, S. Ahmaidi

### ► To cite this version:

Zahra Sadek, W. Ramadan, H. Khachfe, G. Ajouz, H. Baydoun, et al.. Comparaison entre entraînement aérobic continu et intermittent pour évaluer le modèle d'exercice optimal chez les patients atteints d'insuffisance cardiaque: une méta-analyse. *Kinésithérapie, la Revue*, 2021, 21 (239), pp.37–47. 10.1016/j.kine.2021.02.008 . hal-03688468

HAL Id: hal-03688468

<https://u-picardie.hal.science/hal-03688468>

Submitted on 5 Jan 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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

**Comparaison entre entraînement aérobie continu et intermittent pour évaluer le modèle d'exercice optimal chez les patients atteints d'insuffisance cardiaque : une méta-analyse**

*Meta-analysis on continuous and intermittent aerobic training comparison to assess the optimal exercise model in heart failure patients*

Zahra Sadek<sup>1,2,4</sup>, Wiam Ramadan<sup>1,3</sup>, Ali Salami<sup>1</sup>, Hassan Khachfe<sup>3</sup>, Ghina Ajouz<sup>1</sup>, Heba Baydoun<sup>4</sup>, Wissam H. Joumaa<sup>1</sup> et Said Ahmaidi<sup>2</sup>

**Affiliations:**

<sup>1</sup> Laboratoire de recherche Rammal Hassan Rammal, Groupe de recherche Physiotoxicité environnementale (PhyToxE), Université Libanaise, Faculté des Sciences (V), Nabatieh, Lebanon.

<sup>2</sup> Laboratoire EA-3300; Adaptations physiologiques et réadaptation à l'effort, Université Picardie Jules Verne, 80000 AMIENS, France.

<sup>3</sup> Lebanese Institutes for Biomedical Research and Application (LIBRA), Beirut International University and Lebanese International University, Beirut, Lebanon.

<sup>4</sup> Physical Therapy Department, Faculty of Health, Islamic University of Lebanon, Beirut, Lebanon.

**Auteur correspondant:** Zahra Sadek, [zahrasadek81@hotmail.com](mailto:zahrasadek81@hotmail.com)

Wissam H. Joumaa et Said Ahamidi ont contribué de manière équivalente comme dernier auteur.

**Déclaration d'intérêts:** Les auteurs déclarent n'avoir aucun intérêt par rapport au contenu de cet article

## **Abstract**

**Objective.** The aim of this review was to investigate the effects of aerobic exercise training, continuous versus intermittent; taking into consideration the effects of different intensities and the total duration, on exercise capacity (VO<sub>2</sub>max), left ventricle dysfunction, and quality of life in patients with chronic heart failure.

**Methods.** The meta-analysis was conducted on various electronic database (from 2002 till 2020) of exercise-based rehabilitation trials in heart failure patients. The degree of the intervention effects was determined using effect size for all the outcome variables: VO<sub>2</sub>max, left ventricular ejection fraction, and quality of life.

**Results.** Nine studies out of 30 articles, including 356 heart failure patients, were included. The patients were divided into three groups: 162 patients were included in the aerobic interval training group, 166 in the moderate continuous training group, and 28 in the control. A significant improvement for VO<sub>2</sub>max whereas an indicative one for the left ventricular ejection fraction were observed during the aerobic interval training group compared to the moderate continuous training group ( $P = 0.024$  and  $P = 0.054$ , respectively). Studies showed low to moderate statistical heterogeneity with  $I^2$  estimates ranging between 0% and 45.6%. No significant difference was shown for the quality of life between the 2 groups ( $P = 0.616$ ).

**Conclusion.** This systematic review demonstrated that Aerobic high interval training for a period of 12 weeks, 3 times per week and for 38 minutes at each session, is the appropriate protocol to optimize the enhancement of VO<sub>2</sub>max and left ventricular ejection fraction in chronic heart failure patients.

**Keys words:** Aerobic training; Chronic heart failure; Ejection fraction; Quality of life; VO<sub>2</sub>max

**Level of evidence:** 2

**Résumé :**

**Objectif.** - L'objectif de cette revue de littérature était de faire le point sur les effets de l'entraînement aérobic, continu ou intermittent, en tenant compte des différentes intensités et de la durée totale de la période d'entraînement, sur la capacité aérobic ( $VO_2max$ ), le dysfonctionnement ventriculaire (fraction d'éjection du ventricule gauche), et la qualité de vie chez les patients atteints d'insuffisance cardiaque chronique.

**Méthodes.** - La recherche bibliographique a été réalisée dans des bases de données électroniques (période de 2002 à 2020, essais de réadaptation par l'exercice chez des patients atteints d'insuffisance cardiaque). Le degré des effets de l'intervention a été déterminé en utilisant la taille de l'effet pour toutes les variables de résultats :  $VO_2max$ , fraction d'éjection du ventricule gauche et qualité de vie.

**Résultats :** Sur 30 articles sélectionnés, neuf essais, totalisant 356 patients insuffisants cardiaques, ont été inclus. Les patients ont été divisés en trois groupes : 162 ont été inclus dans le groupe entraînement aérobic intermittent, 166 dans le groupe entraînement aérobic continu, 28 dans le groupe témoin. Des améliorations significatives pour la consommation maximale d'oxygène ( $VO_2max$ ) - indicative pour la fraction d'éjection du ventricule gauche - ont été observées dans le groupe entraînement aérobic intermittent comparé au groupe entraînement aérobic continu ( $P = 0,024$  et  $P = 0,054$ , respectivement). Les essais ont montré une hétérogénéité statistique faible à modérée (estimations  $I^2$  comprises entre 0% et 45,6%). Aucune différence significative n'a été observée pour la qualité de vie entre les deux types d'entraînement ( $P = 0,616$ ).

**Conclusion :** Cette revue systématique montre que l'entraînement aérobic intermittent à haute intensité, réalisé sur une période de 12 semaines à raison de 3 fois par semaine et pendant 38 minutes par séance, est le protocole le plus approprié pour améliorer de manière optimale la capacité d'exercice ( $VO_2max$ ) et le dysfonctionnement cardiaque (fraction d'éjection du ventricule gauche) chez les patients atteints d'une insuffisance cardiaque chronique.

**Mots-clés :** Entraînement aérobic ; Fraction d'éjection ; Insuffisance cardiaque chronique ; Qualité de vie ;  $VO_2max$

**Niveau de preuve :** 2

## **Introduction**

Il est généralement admis que le taux d'incidence de l'insuffisance cardiaque continue à augmenter, particulièrement dans une société vieillissante [1], avec des conséquences socio-économiques importantes [2]. Malgré les progrès considérables dans le traitement des patients atteints d'insuffisance cardiaque, la mortalité et la morbidité restent un problème majeur de santé, avec des hospitalisations fréquentes, ce qui compromet la vie quotidienne des patients et leurs activités sociales [3]. Les symptômes les plus répandus des patients insuffisants cardiaques chroniques se caractérisent par l'intolérance à l'effort et la dyspnée, associées à une dégradation de la qualité de vie.

Avant les années 1980, la pratique d'une activité physique était considérée comme une contre-indication chez les patients insuffisants cardiaques chroniques [4]. Depuis, de nombreuses études ont montré qu'un programme d'entraînement physique peut conduire à une amélioration de la tolérance à l'exercice et inverser les premiers signes d'insuffisance cardiaque chez les patients qui présentent une fraction d'éjection réduite du ventricule gauche [4]. Par conséquent, l'association d'un traitement médical à un entraînement physique est recommandée chez ces patients afin d'améliorer ou de maintenir la capacité fonctionnelle et de restaurer une meilleure qualité de vie [2]. La littérature propose différentes modalités d'entraînement des patients insuffisants cardiaques chroniques pour prescrire des programmes d'entraînement efficaces et sûrs [5]. Actuellement, la littérature recommande des entraînements aérobies pour tous les patients stables atteints d'insuffisance cardiaque [5]. Le type d'entraînement le plus couramment recommandé jusqu'à ces dernières années était l'entraînement aérobic continu, réalisé à raison de 30 minutes par jour, à raison de cinq à sept séances par semaine [6]. Cependant, l'entraînement aérobic intermittent, caractérisé par des séquences de travail entrecoupées de périodes de récupération, est actuellement le plus utilisé en raison de son efficacité et de sa sécurité [7] et de sa supériorité en termes de résultats [1]. L'entraînement intermittent de haute intensité peut apporter des changements plus importants de la fonction cardiorespiratoire chez les patients atteints d'insuffisance cardiaque par rapport à un entraînement d'intensité modérée ou faible [8].

Malgré la disponibilité d'essais randomisés qui portent sur les effets d'un entraînement aérobic intermittent comparé à d'un entraînement aérobic continu chez les patients insuffisants cardiaques chroniques, la modalité de l'exercice (intensité et type d'entraînement physique) qui permettraient d'obtenir une amélioration optimale chez les patients insuffisants cardiaques chroniques n'est pas clairement établie. Le but de ce travail était donc de réaliser une revue systématique et une méta-analyse des essais présents dans la littérature pour évaluer l'efficacité des différentes modalités d'entraînement chez les patients insuffisants cardiaques.

## **Méthodes**

### **Sources des données et stratégie de recherche**

Une recherche approfondie a été effectuée dans les bases de données électroniques Cochrane, Web of Science et MEDLINE (occurrences situées entre 2002 et 2018), en utilisant les critères de PICOTS. Les recherches comprenaient différents mots clés : « insuffisance cardiaque » pour la population ; « entraînement aérobic intermittent » et « entraînement continu » pour l'intervention ; « fraction d'éjection du ventricule gauche », « qualité de vie » et « VO<sub>2</sub>max » pour les effets ; « intensité de l'entraînement » et « 12 semaines » pour le protocole d'entraînement ; « essai contrôlé randomisé » pour le type des études.

Cette revue de la littérature a examiné les études qui évaluaient les programmes d'entraînement d'une durée comprise entre 4 et 12 semaines, appliquaient l'entraînement aérobic intermittent i.e. de multiples et courtes périodes d'entraînement (jusqu'à 4 minutes), à une charge de travail élevée (60% à 90% de VO<sub>2</sub>max, considéré comme un bon prédicteur de pronostic), entrecoupées par des périodes de 3 min d'entraînement à faible intensité pour la récupération. L'entraînement aérobic intermittent devait être comparé à un entraînement aérobic traditionnel, i.e. au moins 30 minutes d'exercices aérobics tels que le vélo, la marche ou la course, effectués à une intensité modérée (60-70% du VO<sub>2</sub>max), maintenue pendant toute la durée de la séance.

### **Critères d'éligibilité des essais**

En se basant sur les titres, les résumés et certaines parties des articles, la littérature a été examinée pour sélectionner les articles qui répondaient aux critères d'inclusion. Les essais qui répondaient aux critères d'inclusion ont été identifiés selon la méthode suivante : deux examinateurs ont indépendamment scanné les titres et résumés puis ont identifié les articles potentiellement pertinents à inclure.

*Patients* : ont été retenus les essais réalisés chez des patients atteints d'une insuffisance cardiaque avec fraction d'éjection réduite ( $FE \leq 40\%$ ), hommes et femmes adultes (âgés de  $\geq 45$  ans).

*Médicaments* : ont été retenus les essais réalisés chez des patients qui avaient reçu des bêtabloquants, de l'enzyme de conversion, de l'angiotensine pendant plus de 12 mois.

*Type d'étude* : ont été retenus les essais qui avaient réalisé une analyse originale des essais contrôlés randomisés citant certains types de modalités pour l'entraînement aérobic destinés au(x) groupe(s) d'intervention entraînement aérobic intermittent et entraînement aérobic continu en comparaison avec un groupe contrôle qui ne recevait aucun traitement et maintenait le mode de vie habituel.

*Résultats* : ont été retenus les essais qui dont le critère de jugement principal évaluait les effets de l'intervention sur les domaines de la fonction cardiaque, de la qualité de vie et de la capacité fonctionnelle.

*Critère de non-inclusion* : n'ont pas été retenus les essais réalisés chez des patients qui présentaient un handicap physique ou mental qui aurait pu limiter leur entraînement physique. Les essais réalisés chez des sujets qui présentaient une angine de poitrine instable, une insuffisance cardiaque non stable, une hypertension pulmonaire primaire, des infections pulmonaires, une embolie pulmonaire active ou une maladie valvulaire n'ont pas non plus été inclus.

### **Extraction de données**

L'extraction de données a été standardisée selon les termes suivants: (i) Type d'intervention (entraînement aérobic intermittent versus entraînement aérobic continu); (ii) fraction d'éjection du ventricule gauche  $< 40\%$ ; (iii) *New York Heart Association* (classe II ou III); (iv) Intensité de l'intervention (60% à 90% du  $VO_{2max}$ ), entraînement à

une intensité de  $\approx 90\%$  du  $VO_2\text{max}$ , ce qui constitue la norme supérieure des recommandations actuelles pour l'homme [9]; (v) les outils de mesure. Enfin, une attention particulière a été accordée à l'approbation éthique qui a été vérifiée pour tous les articles publiés inclus dans cette méta-analyse.

### Analyse des données

Pour calculer le degré des effets de l'intervention, la taille de l'effet a été déterminée pour les résultats des variables suivantes :  $VO_2\text{max}$ , fraction d'éjection du ventricule gauche et la qualité de vie. La taille de l'effet ( $d$ ) du traitement (avant vs après ou expérimental vs contrôle) a été calculée à l'aide de l'équation suivante :

$$d = \frac{\mu_e - \mu_c}{S_p}$$

où  $d$  est la taille de l'effet de Cohen,  $\mu_e$  est la moyenne du groupe expérimental,  $\mu_c$  est la moyenne du groupe de contrôle et  $S_p$  est l'estimation groupée de la variance calculée à

$$l'aide de l'équation: \mu_e \mu_c S_p S_{pool} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

où  $n_1, n_2$ , sont les tailles des échantillons avant et après l'intervention, ou la taille de l'échantillon du groupe expérimental par rapport au groupe contrôle  $S_1, S_2$ , sont les écarts-types avant et après l'intervention, ou les écarts-types du groupe expérimental par rapport au groupe contrôle. Selon Cohen, une taille d'effet de 0,2 représente un petit effet, 0,5 un effet modéré et 0,8 un effet important[10].

Pour la méta-analyse, les calculs ont été effectués à l'aide d'une méthode à effets aléatoires. Le niveau de signification a été fixé à  $p \leq 0.05$ . L'hétérogénéité statistique des effets du traitement entre les essais a été évaluée à l'aide du test Q de Cochran et du test d'incohérence  $I^2$ , dans lesquels les valeurs supérieures à 25% et 50% étaient considérées comme indicatives d'une hétérogénéité modérée et élevée, respectivement [11]. Toutes les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel Comprehensive Meta-Analysis «V3».

### Qualité méthodologique

L'échelle PEDro a été utilisée pour estimer la valeur de la qualité méthodologique de chaque essai contrôlé randomisé [11] même celle concernant le domaine de la physiothérapie et les entraînements. Onze critères (Tableau I) dans l'échelle PEDro ont

été dérivés d'une procédure de consensus Delphi [12]. Les scores de l'échelle peuvent varier de 0 à 10 ; 10 est associé à la meilleure qualité méthodologique. Un score total est dérivé de la somme des réponses des items 2 à 11, alors que l'item 1 se rapporte à la validité externe. La fiabilité de cette échelle a été évaluée à travers les résultats acceptables des coefficients de corrélation intra-classe 0,56-0,91 [11,13]. Les jugements de deux examinateurs indépendants ont été comparés et, si nécessaire, discutés.

## **Résultats**

La recherche dans la base de données a identifié 30 articles sur l'insuffisance cardiaque et l'entraînement aérobic. Après élimination des doublons sur des types d'intervention spécifiques, 15 articles ont été jugés potentiellement pertinents, et sélectionnés par leur titre. Deux de ces 15 articles ont été exclus sur la base du résumé, 13 articles ont fait l'objet d'une évaluation en texte intégral. Quatre de ces 13 articles ont été exclus sur la base des critères d'inclusion : deux portaient sur les effets de l'entraînement intermittent à haute intensité versus modérée, les deux autres portaient sur les effets de l'entraînement aérobic intermittent et de l'entraînement aérobic continu chez les patients atteints de coronaropathie et non chez les patients insuffisants cardiaques chroniques. Finalement, neuf essais répondaient aux critères d'inclusion. Tous satisfaisaient aux critères d'éligibilité et ont montré des similitudes concernant la médication et le niveau d'activité au départ. Ils ont été inclus dans cette méta-analyse ([Figure 1](#)). Tous les essais avaient effectué une randomisation des patients pour les répartir en deux groupes, expérimental et contrôle, à l'exception de trois essais qui n'avaient pas de groupe contrôle. De même, tous les essais avaient utilisé une analyse statistique pour comparer les groupes.

## **Revue systématique**

### **Caractéristiques des essais**

Les articles inclus comprenaient un échantillon de 356 patients insuffisants cardiaques chroniques avec un âge moyen de  $82,5 \pm 4,3$  ans. Les patients étaient divisés en trois groupes : 162 patients inclus dans le groupe d'entraînement aérobic intermittent,

166 dans le groupe d'entraînement aérobie continu et 28 dans le groupe contrôle. Les caractéristiques des essais inclus sont résumées dans le [tableau II](#). Neuf essais ont évalué la consommation maximale d'oxygène (VO<sub>2</sub>max), 6 ont mesuré la fraction d'éjection du ventricule gauche, 4 ont évalué la qualité de vie en utilisant le *Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire* (MLwHFQ).

La mesure de VO<sub>2</sub>max chez les patients atteints d'insuffisance cardiaque a été décrite pour la première fois par Mancini et al. [14], comme une méthode non invasive pour évaluer la réserve cardiaque et l'état fonctionnel de ces patients. Elle est considérée comme un indicateur pronostique important [14]. L'échocardiographie bidimensionnelle combinée au Doppler selon la méthode de Simpson [9] a été appliquée pour évaluer la FE VG tandis que d'autres études ont utilisé l'échocardiographie avec l'ultrason pour la calculer [15, 16]. La qualité de vie a été décrite sur la base des données fournies par MLwHFQ [7,15-17] puisqu'il s'agit d'une mesure d'auto-évaluation de la réponse thérapeutique aux interventions effectuées chez les patients insuffisants cardiaques chroniques. Ce questionnaire contient 21 questions qui donnent un score total allant de 0 à 105, ainsi qu'un score de dimension physique et émotionnelle. Un score élevé indique une plus grande perception de la gravité et de l'intrusion des symptômes liés à l'insuffisance cardiaque chronique.

### **Caractéristiques de l'intervention**

Les caractéristiques des interventions sont résumées dans le [tableau III](#). L'intervention a duré environ trois mois, la fréquence des programmes d'entraînement variait entre 2 et 3 séances par semaine dans presque tous les essais. Tous les auteurs ont rapporté la durée de chaque séance ; celle-ci allait de 30 à 60 minutes. L'entraînement aérobie continu a été réalisé à des intensités d'exercice modérées à élevées (50 à 70% de VO<sub>2</sub>max en moyenne). Il était bien accepté et a été facilement réalisé par les patients, sur un ergocycle ou sur un tapis roulant [18]. Il a été recommandé aux patients plus déconditionnés de commencer avec une faible intensité pendant 5 à 10 minutes, deux fois par semaine [9]. Des augmentations statistiquement significatives de la VO<sub>2</sub>max ont été relevées dans tous les essais malgré l'utilisation de différents protocoles d'exercice en

termes de fréquence et de durée. Néanmoins, aucun essai n'a abouti à une amélioration de la fraction d'éjection du ventricule gauche ni de la qualité de vie.

### **Qualité méthodologique**

Les scores PEDro allaient de 5 à 8 (moyenne : 5,88) (Tableau I). Tous les essais [4,7,9,15-17,19-21] présentaient un score de 5 ou plus. Tous les essais ont satisfait aux critères d'éligibilité, une répartition aléatoire dans les groupes et une similitude des caractéristiques au départ pour la comparabilité des groupes. La répartition avait respecté une assignation secrète dans cinq essais [7,9,15,17,20]. Aucun essai n'a été réalisé en aveugle concernant les thérapeutes. Seuls les essais d'Anderson *et al.* (2016) et de Lellamo *et al.* (2013) ont été réalisées en double aveugle [7,20]. Tous les essais avaient des taux de rétention de 85% ou plus [4,7,9,15-17,19-21], aucun n'a effectué une analyse en intention de traiter.

### **Méta-analyse**

La méthode de méta-analyse complète a été utilisée pour évaluer la VO<sub>2</sub>max, la fraction d'éjection du ventricule gauche et la qualité de vie.

### **Consommation d'oxygène maximale (VO<sub>2</sub>max)**

Le test de sensibilité a montré une hétérogénéité modérée pour la VO<sub>2</sub>max ( $P = 0,071$  et  $I^2 = 44,56\%$ , [Figure 2](#)). Lorsque l'analyse de sensibilité a été utilisée pour évaluer l'influence de chaque essai sur l'effet global en supprimant séquentiellement chaque essai inclus, il est apparu que la suppression de l'essai de Wisloff *et al.* a aboli l'amélioration significative de l'entraînement aérobic intermittent par rapport à l'entraînement aérobic continu dans la population globale ( $P = 0,129$ , [tableau IV](#)) [9]. En utilisant un modèle à effet aléatoire, les résultats incluant tous les essais concernant la VO<sub>2</sub>max ont montré une amélioration significative lors de la comparaison entre l'entraînement aérobic intermittent par rapport à l'entraînement aérobic continu ( $P = 0,024$ , [Figure 2](#)).

### **Fraction d'éjection du ventricule gauche**

Le test de sensibilité a montré une hétérogénéité globale modérée de la fraction d'éjection du ventricule gauche ( $P = 0,130$  et  $I^2 = 41\%$ , [Figure 3](#)) et dans chaque essai individuellement ( $P > 0,05$ , [Tableau V](#)). Une analyse de sensibilité a permis d'observer que l'amélioration dans le groupe entraînement aérobie intermittent ne variait pas considérablement en excluant l'un ou l'autre essai ([Tableau VI](#)).

En utilisant un modèle à effet aléatoire, les résultats ont montré une amélioration indicative lors de la comparaison entre les groupes entraînement aérobie intermittent et entraînement aérobie continu ( $P = 0,054$ , [Figure 3](#)).

### **Qualité de vie**

Aucune amélioration significative de la qualité de vie n'a été observée entre les groupes d'entraînement aérobie intermittent et aérobie continu, ( $P = 0,616$ ), [7,15-17]. La valeur  $I^2$  était de 0% et la valeur  $P$  du test d'hétérogénéité était de 0,984. Ces résultats quantitatifs suggèrent la présence d'une homogénéité statistique parmi les échantillons étudiés ([Figure 4](#)).

### **Résultats des différentes catégories**

Les neuf essais ont été divisés selon l'intensité de l'entraînement aérobie intermittent en quatre catégories ([Tableau VI](#)) :

Catégorie 1 : programme d'intensité élevée/modérée pour ceux qui ont effectué un entraînement intermittent entre 90% à 95% d'intensité élevée et 70% d'intensité modérée de  $VO_2max$  ;

Catégorie 2 : programme d'intensité élevée/faible pour ceux qui ont effectué un entraînement intermittent entre 90% d'intensité élevée et moins de 35% d'intensité faible de  $VO_2max$  ;

Catégorie 3 : programme d'intensité modérée/faible pour ceux qui ont effectué un entraînement entre 70% d'intensité élevée et moins de 35% d'intensité faible de  $VO_2max$  ;

Catégorie 4 : programme d'intensité modérée/repos pour ceux qui ont effectué un entraînement à 70% d'intensité modérée de  $VO_2max$  en moyenne suivi d'un repos.

### **Capacité d'exercice (VO<sub>2</sub>max)**

La VO<sub>2</sub>max présentait une importante amélioration dans tous les essais lors de la comparaison de l'entraînement aérobic intermittent avec le groupe contrôle. Lors de la comparaison des catégories, la taille de l'effet montrait un avantage pour la catégorie 1, le programme d'intensité élevée/modérée (+2,93 ml/kg/min de gain), par rapport aux trois autres catégories (+ 0,31 ml/kg/min pour la catégorie 2 ; -0,02 ml/kg/min pour la catégorie 3 ; + 0,74 ml/kg/min pour la catégorie 3) (Figure 5).

### **Fraction d'éjection du ventricule gauche**

Les catégories 1 et 2 montraient une amélioration marquée de la taille de l'effet relative à la fraction d'éjection du ventricule gauche, avec une amélioration plus importante dans la catégorie 1 (1,48% et 0,69 5% respectivement), par rapport aux deux autres catégories qui présentaient une diminution de la fraction d'éjection du ventricule gauche (-0,05% et -0,28% respectivement) (Figure 6).

### **Qualité de vie**

La qualité de vie s'améliorait dans tous les essais. La taille de l'effet était de 0,24 pour la catégorie 1 de 0,07 dans la catégorie 2, de 0,04 dans la catégorie 3 et de 0,05 dans la catégorie 4 (Figure 7).

## **Discussion**

Cette revue systématique et cette méta-analyse avaient comme objectif de comparer l'intérêt d'un entraînement aérobic intermittent par rapport à un entraînement aérobic continu, en termes d'améliorations de la capacité d'exercice (VO<sub>2</sub>max), de la fraction d'éjection du ventricule gauche et de la qualité de vie chez des patients insuffisants cardiaques chroniques.

L'analyse des résultats montre la supériorité de l'entraînement aérobic intermittent par rapport à l'entraînement aérobic continu dans uniquement au niveau du VO<sub>2</sub>max ( $P = 0,017$ ) (Figure 2). Aucune amélioration significative n'a été observée pour la fraction d'éjection du ventricule gauche ( $P = 0,203$ ) ou de la qualité de vie ( $P = 0,616$ )-(Figures 3,

4), en comparant l'entraînement aérobic intermittent et l'entraînement aérobic continu. Ce résultat pourrait être lié aux différentes stratégies d'intervention et non à l'hétérogénéité des essais. En effet, les résultats quantitatifs montrent la présence d'une homogénéité statistique parmi les estimations de l'échantillon. La présente étude a montré que la durée, la fréquence et l'intensité de l'intervention étaient liées aux changements significatifs observés chez les patients insuffisants cardiaques chroniques.

### **Intensité modérée / faible-repos**

Dans les études de Koufaki 2014 [17] et Neshwateh 2002 [19], qui ont appliqué des programmes d'intensité modérée (catégories 3 et 4), l'amélioration de la qualité de vie n'était pas aussi importante que dans les autres études. On note néanmoins, une diminution de la fraction d'éjection du ventricule gauche et de la  $VO_2\text{max}$  dans ces deux catégories par rapport aux catégories 1 et 2. L'explication de ce résultat peut être attribuée à l'importante différence au niveau de la durée et de la fréquence de l'entraînement par rapport aux autres essais et aux catégories 1 et 2.

Dans les travaux de Freyssin 2012 [4] et Smart 2012 [15], qui ont étudié les effets d'un programme d'intensité modérée / repos, une légère amélioration de la qualité de vie a été observée par rapport aux catégories 1 et 2. En ce qui concerne la capacité aérobic ( $VO_2\text{max}$ ), la catégorie 4 a montré une amélioration remarquable par rapport aux catégories 2 et 3. Les essais mentionnés ci-dessus partagent le même programme d'entraînement et la même durée, sans grande différence de fréquence d'entraînement par rapport aux autres essais et aux catégories 1 et 2. La cause qui pourrait expliquer la différence des paramètres par rapport aux autres catégories pourrait être la durée d'intervention qui diffère entre ces essais, dans la mesure où tous les essais mentionnés partagent le même type d'entraînement. Les faibles améliorations des paramètres dans les catégories 3 et 4 pourraient être dues aux intensités modérées / faibles, ainsi qu'à l'intensité supérieure à 50% de  $VO_2\text{max}$  qui était requise pour ces patients.

### **Intensité élevée / modérée-faible**

Les quatre essais [7,9,20,21] qui ont utilisé les programmes de haute intensité (catégories 1 et 2) ont montré une amélioration plus importante de tous les paramètres par

rapport aux autres catégories. Ce résultat est probablement lié à l'augmentation des intensités. La catégorie 1 montre une amélioration significative par rapport à la catégorie 2 (Benda 2015, [16]) qui serait probablement liée la durée et à la fréquence des interventions (3 fois par semaine pendant 12 semaines).

Malgré la variété des essais inclus, les résultats sont plus importants pour l'entraînement aérobic intermittent (4 minutes à haute intensité, suivis de 3 minutes à intensité modérée). L'intensité de 70 à 90% de  $VO_2max$  peut être considérée comme l'intensité la plus appropriée. Un programme composé de 12 semaines d'entraînement à raison de 3 séances de 40 minutes par semaine apparaît comme le programme qui permet d'optimiser les effets par rapport à l'entraînement aérobic continu qui, lui-même, amène des résultats significativement élevés que le groupe contrôle.

Les essais analysés présentent une forte diversité de caractéristiques de patients, de grandes différences d'âge et de faibles tailles d'échantillon, ce qui peut influencer l'intolérance à l'exercice et, par conséquent, les résultats de l'entraînement. Les revues ultérieures devraient inclure un plus grand nombre d'essais contrôlés randomisés afin d'obtenir une conclusion plus fiable concernant l'effet de l'entraînement aérobic sur d'autres paramètres tels que le diamètre systolique et diastolique du ventricule gauche.

## **Messages cliniques**

- L'entraînement aérobic intermittent de haute intensité apparaît comme un modèle prometteur pour optimiser les effets de la réadaptation cardiaque chez les patients atteints d'insuffisance cardiaque.
- L'entraînement aérobic intermittent de haute intensité peut être utilisé dans les centres de réadaptation cardiaque dans la mesure où il est sûr et supportable tant qu'il est effectué dans des conditions spécifiques de volume et d'intensité de entraînement.

## **Conclusion**

Cette revue systématique et cette méta-analyse montrent que l'entraînement aérobic intermittent alternant quatre intervalles de 4 min à haute intensité (90% du  $VO_2max$ ) et 3 min à intensité modérée (70% du  $VO_2max$ ), réalisé sur une période de 12 semaines à

raison de 3 séances de 40 min par semaine, apporte des bénéfices optimaux pour améliorer la capacité d'exercice ( $VO_2\text{max}$ ). Ces résultats doivent être confortés par l'inclusion d'échantillons plus larges en effectif et des par des protocoles de recherche plus standardisés au niveau des modalités, des intensités, des durées et de la fréquence des programmes de réadaptation proposés.

## Références

- [1] Cornelis J, Beckers P, Taeymans J, Vrints C, Vissers D. Comparing exercise training modalities in heart failure: A systematic review and meta-analysis. *Int J Cardiol* 2016; 221: 867–76.
- [2] Downing J, Balady GJ. The role of exercise training in heart failure. *J Am Coll Cardiol* 2011; 58: 561-9.
- [3] Gasiorowski A, Dutkiewicz J. Comprehensive rehabilitation in chronic heart failure. *Ann Agric Environ Med* 2013; 20: 606–12.
- [4] Freyssin C, Verkindt C, Prieur F, Benaich P, Maunier S, Blanc P. Cardiac rehabilitation in chronic heart failure: effect of an 8-week, high-intensity interval training versus continuous training. *Arch Phys Med Rehabil* 2012; 93: 1359–64.
- [5] Haykowsky M. *et al.* Une méta-analyse des effets de l'entraînement à l'exercice sur le remodelage ventriculaire gauche après un infarctus du myocarde: commencez tôt et allez plus longtemps pour obtenir les plus grands avantages de l'exercice sur le remodelage. *Essais* 2011; 12: 92.
- [6] Elliott A, Bentley D, Aromataris E. Efficacité de l'entraînement par intervalles à haute intensité chez les patients atteints de maladie coronarienne: un protocole d'examen systématique. *Système de base de données JBI Rev Mettre en œuvre. Rapports* 2013; 11: 13-22.
- [7] Anderson U *et al.* Effets comparatifs de l'entraînement par intervalles à haute intensité par rapport à l'entraînement continu d'intensité modérée sur la qualité de vie des patients souffrant d'insuffisance cardiaque: protocole d'étude pour un essai contrôlé randomisé. *Clin. Règlements des essais. Sci Cardiol* 2016; 13: 21-8.
- [8] Ismail H, McFarlane JR, Dieberg G, Smart NA. Exercise training program characteristics and magnitude of change in functional capacity of heart failure patients. *Int J Cardiol* 2014; 171: 62–5.
- [9] Wisløff U, Stoylen A, Loennechen JP, Bruvold M, Rognum Ø, Haram PM, et al. Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation* 2007; 115: 3086-94.
- [10] Hurley HJ, Denegar WL. *Méthodes de recherche: un cadre pour la pratique clinique factuelle*. 1er. Baltimore, MD: Wolters Kluwer | Lippincott Williams et Wilkins, 2011.
- [11] Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther* 2003; 83: 713–21.
- [12] Verhagen AP, de VRA de Bie HCW, Boers AGHKM, Bouter LM, Knipschild PG. The Delphi list a criteria list for quality assessment of randomized clinical trials for

- conducting systematic reviews developed by Delphi Consensus. *J Clin Epidemiol* 1998; 51: 1235-41.
- [13] Foley NC, Bhogal SK, Teasell RW, Bureau Y, Speechley MR. Estimates of quality and reliability with the physiotherapy evidence-based database scale to assess the methodology of randomized controlled trials of pharmacological and non-pharmacological interventions. *Phys Ther* 2006; 86: 817-24.
- [14] Mancini D, LeJemtel T, Aaronson K. Peak VO<sub>2</sub> a simple but enduring standard. *Circulation* 2000; 101: 1080-2.
- [15] Smart NA, Steele M. Une comparaison de 16 semaines d'entraînement continu et intermittent chez les patients souffrant d'insuffisance cardiaque chronique. *Encombrer Entendre Échouer* 2012; 18: 205-11.
- [16] Benda NM, Seeger JP, Stevens CH, Hijmans-Kersten BT, van Dijk AP, Bellersen L, *et al.* Effects of high-intensity interval training versus continuous training on physical fitness, cardiovascular function and quality of life in heart failure patients. *PLoS One* 2015; 10: e0141256.
- [17] Koufaki P, Mercer TH, George KP, Nolan J. Low-volume high-intensity interval training vs continuous aerobic cycling in patients with chronic heart failure: a pragmatic randomised clinical trial of feasibility and effectiveness. *J Rehabil Med* 2014; 46: 348-56.
- [18] Piepoli MF, Conraads V, Corra U, Dickstein K, Francis DP, Jaarsma T, *et al.* Exercise training in heart failure: from theory to practice. A consensus document of the Heart Failure Association and the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur J Heart Fail* 2011; 13: 347-57.
- [19] Nechwatal RM, Duck C, Gruber G. Körperliches training als intervalloder kontinuierliches training bei chronischer herzinsuffizienz zur verbesserung der funktionellen leistungskapazität, hämodynamik und lebensqualität - Eine kontrollierte studie. *Z Kardiol* 2002; 91: 328-37.
- [20] Iellamo F, Manzi V, Caminiti G, Vitale V, Castagna C, Massaro M *et al.* Matched dose interval and continuous exercise training induce similar cardiorespiratory and metabolic adaptations in patients with heart failure. *Int J Cardiol* 2013; 167:2561-5.
- [21] Ellingsen Ø, Halle M, Conraads V, Stoylen A, Dalen H, Delagardelle C, *et al.* High-intensity interval training in patients with heart failure with reduced ejection fraction. *Circulation* 2017; 135: 839-49.

## Légendes des tableaux

**Tableau I.** Classification méthodologique des essais selon l'échelle PEDro.

**Tableau II.** Caractéristiques cliniques des patients randomisés dans le groupe d'entraînement aérobic intermittent (EAI) et le groupe d'entraînement aérobic continu (EAC) dans les essais sélectionnés.

**Tableau III :** Étude des différents paramètres de mesure et résultats des essais sur l'entraînement aérobic chez des patients atteints d'insuffisance cardiaque chronique assignés au hasard à l'entraînement aérobic intermittent (EAI) et à l'entraînement aérobic continu (EAC) avant et après l'intervention.

**Tableau IV.** Analyse de sensibilité de la  $VO_2\text{max}$  pour chaque essai de la méta-analyse.

**Tableau V.** Analyse de sensibilité de la fréquence d'éjection du ventricule de chaque essai de la méta-analyse.

**Tableau VI:** Répartition des essais dans différents programmes.

## Légendes des figures

**Figure 1:** Organigramme pour identifier les articles éligibles

*ECR: essai contrôlé randomisé.*

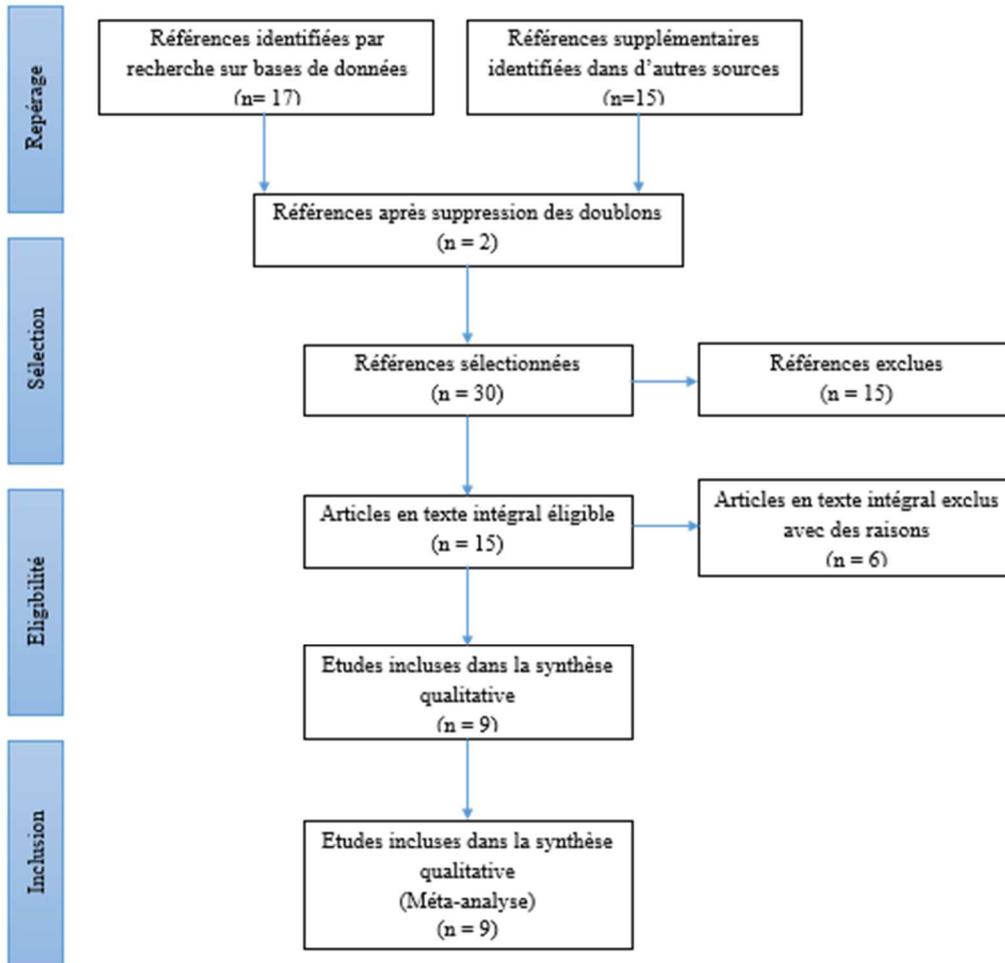
**Figure 2:**  $VO_2\text{max}$  lors du traitement avec entraînement aérobic continu (EAC) versus entraînement aérobic intermittent (EAI); IC - intervalle de confiance; ET - écart type.

**Figure 3:** Fraction d'éjection lors du traitement avec entraînement aérobic continu (EAC) versus entraînement aérobic intermittent (EAI); IC - intervalle de confiance ; ET - écart type

**Figure 4:** Qualité de vie lors du traitement avec entraînement aérobic continue (EAC) versus entraînement aérobic intermittent (EAI)

*IC - intervalle de confiance ; ET - écart type.*

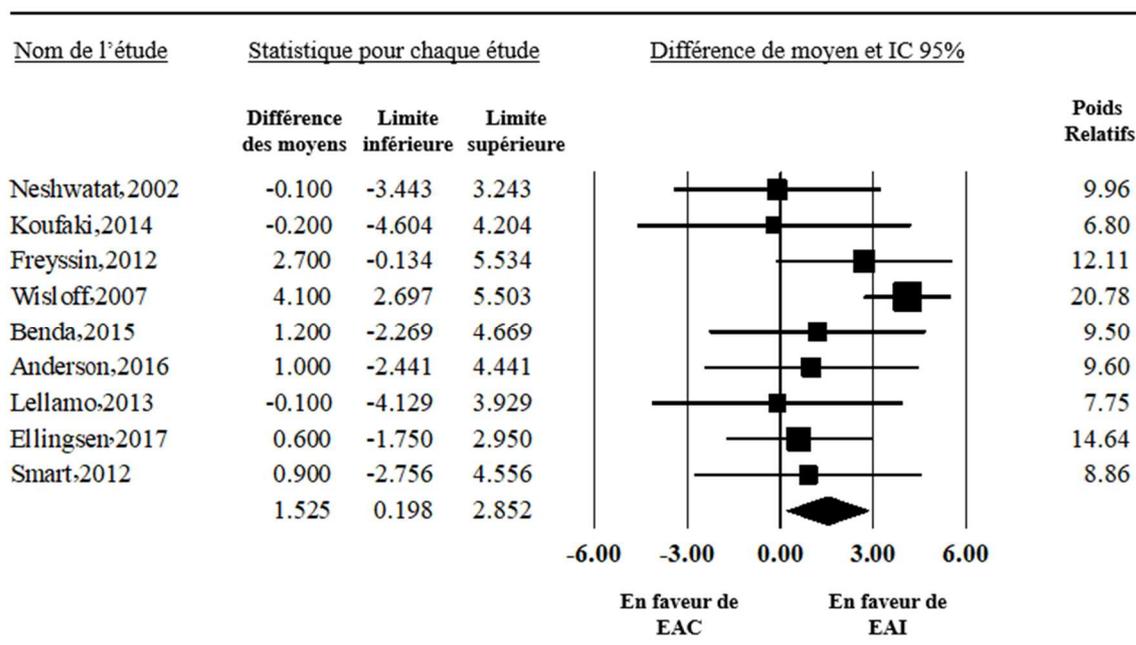
Figure 1 : Organigramme d'identification des articles éligibles



**Figure 2 :** VO<sub>2</sub>max après le traitement avec entraînement aérobie continu versus entraînement aérobie intermittent

VO <sub>2</sub> max	EAI			EAC		
	Moyenne	ET	Total	Moyenne	ET	Total
Neshwatat, 2002	1,5	4.3	20	1,6	6.3	20
Koufaki, 2014	2	5.1	16	2.2	7,5	17
Freyssin, 2012	2,9	3.1	12	0,2	4.1	14
Wisloff, 2007	6	1,9	9	1,9	1.0	9
Benda, 2015	1,3	4.2	10	0,1	3,7	10
Anderson, 2016	2,8	4.4	12	1,8	3,7	10
Lellamo, 2013	4.1	3,8	8	4.2	4.4	8
Ellingsen, 2017	1,4	6.1	65	0,8	7,5	65
Smart, 2012	2,5	5,6	10	1,6	3,3	13

EAI : entraînement aérobie intermittent ; EAC : entraînement aérobie continu ; ET - écart type



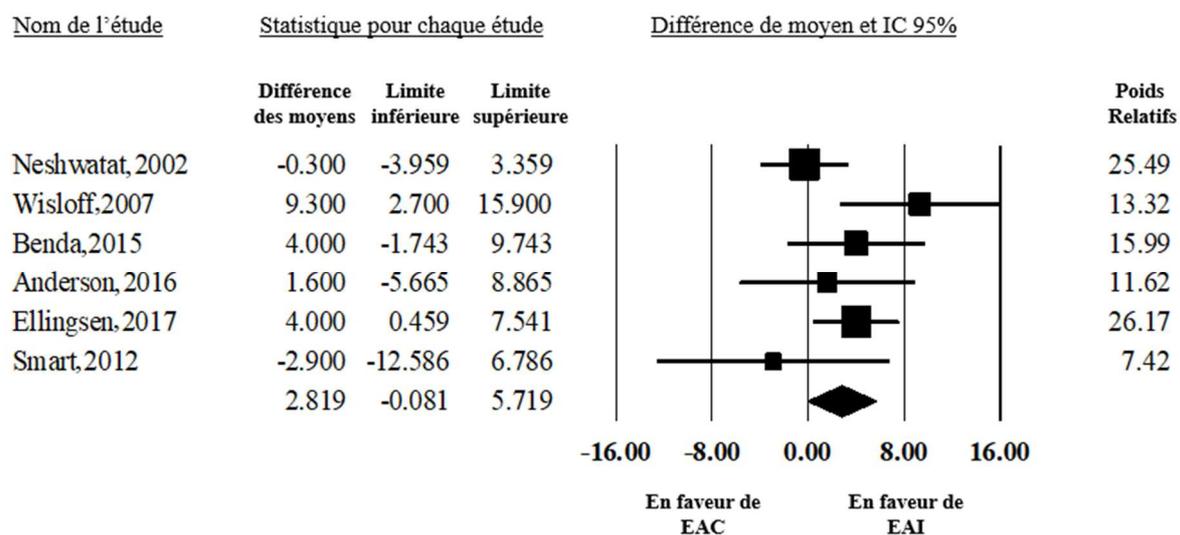
Hétérogénéité: Tau<sup>2</sup> = 1,694, Chi<sup>2</sup> = 14,431, df = 8 (P = 0,071); I<sup>2</sup> = 44,563%

Test de l'effet global : Z = 2,253 (P = 0,024)

**Figure 3 :** Fraction d'éjection après le traitement avec entraînement aérobic continu versus entraînement aérobic intermittent

FE	EAI			EAC		
	Moyenne	ET	Total	Moyenne	ET	Total
Neshwatat, 2002	0,7	6.1	20	1	5,7	20
Wisloff, 2007	10	8,6	9	0,7	5,3	9
Benda, 2015	4	8.1	10	0	4,5	10
Anderson, 2016	4,5	7,7	12	2,9	9.7	10
Ellingsen, 2017	2	7,8	65	-2	12,3	65
Smart, 2012	0,5	12.2	10	3.4	11,4	13

EAI : entraînement aérobic intermittent ; EAC : entraînement aérobic continu ; ET - écart type



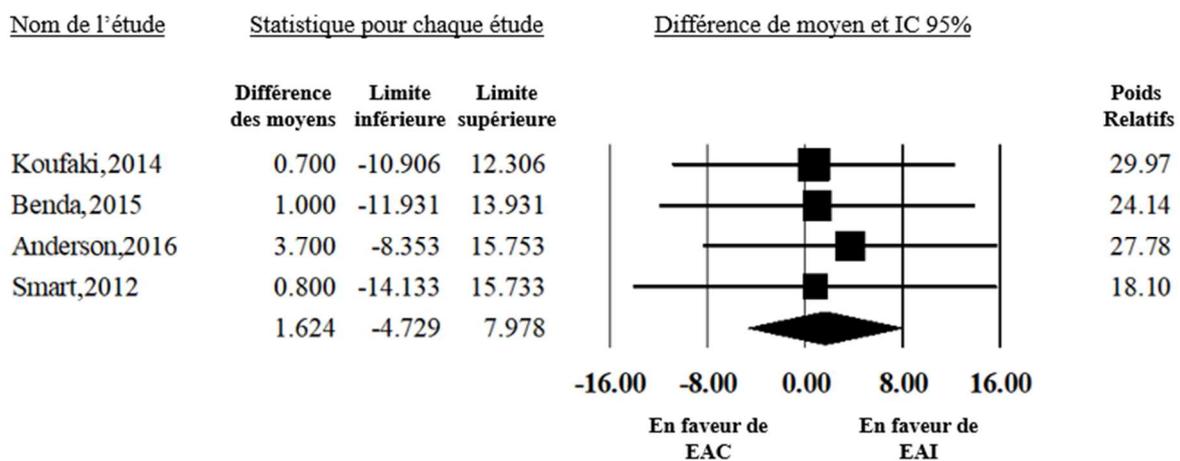
Hétérogénéité :  $Tau^2 = 5,10$ ;  $Chi^2 = 8,48$ ,  $df = 5$  ( $P = 0,13$ );  $I^2 = 41\%$

Test de l'effet global :  $Z = 1,91$  ( $P = 0,054$ )

**Figure 4 :** Qualité de vie après le traitement avec entraînement aérobic continu versus entraînement aérobic intermittent

Qualité de vie	EAI			EAC		
	Moyenne	ET	Total	Moyenne	ET	Total
Koufaki, 2014	2,5	17,0	16	1,8	17,0	17
Benda, 2015	-1	14,5	10	-2	15,0	10
Anderson, 2016	-14,6	16,1	12	-18,3	11,9	10
Smart, 2012	-11,8	19,5	10	-12,6	17,0	13

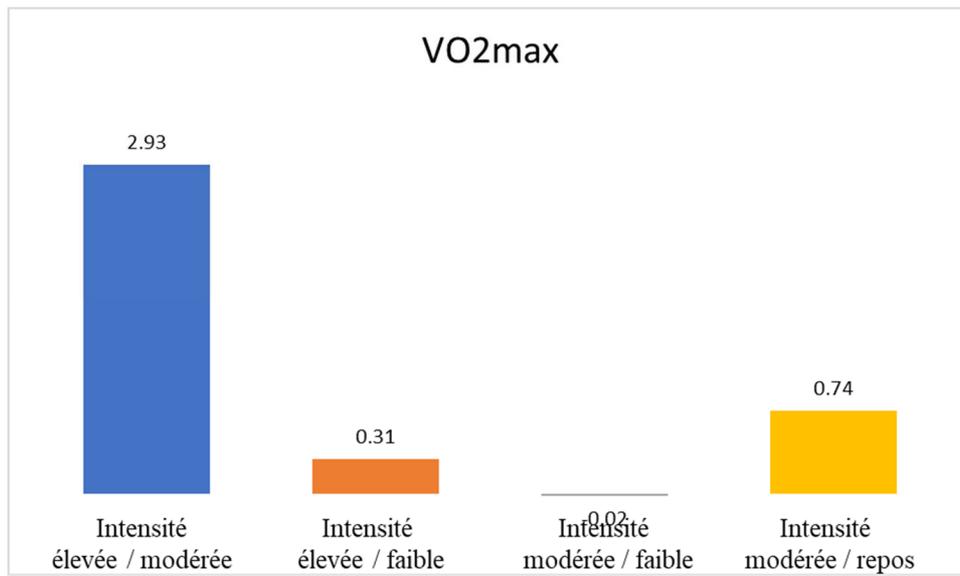
EAI : entraînement aérobic intermittent ; EAC : entraînement aérobic continu ; ET - écart type



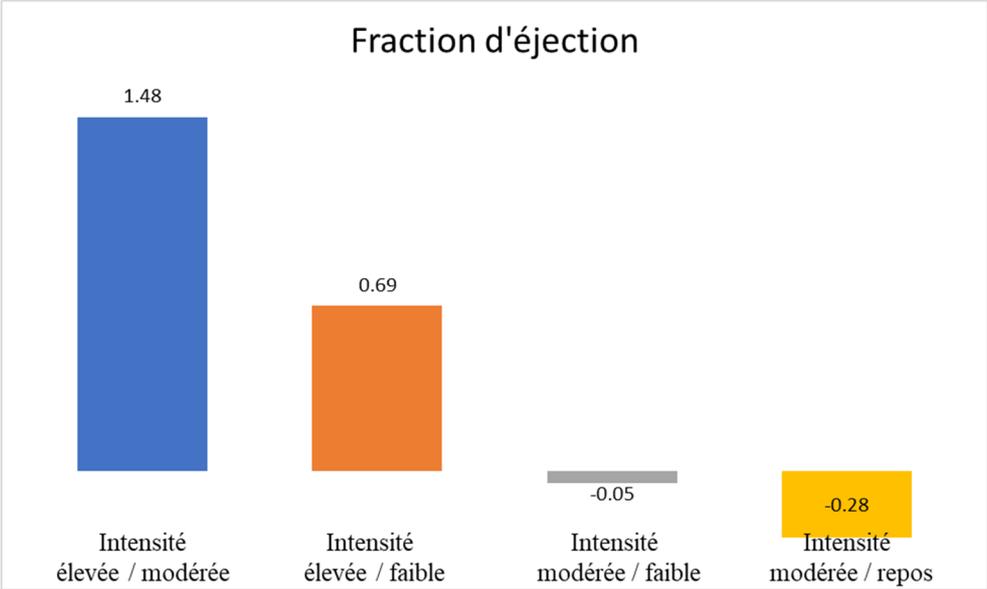
Hétérogénéité:  $Tau^2 = 0,000$ ,  $Chi^2 = 0,159$ ,  $df = 3$  ( $P = 0,984$ );  $I^2 = 0,000\%$

Test de l'effet global :  $Z = 0,501$  ( $P = 0,616$ )

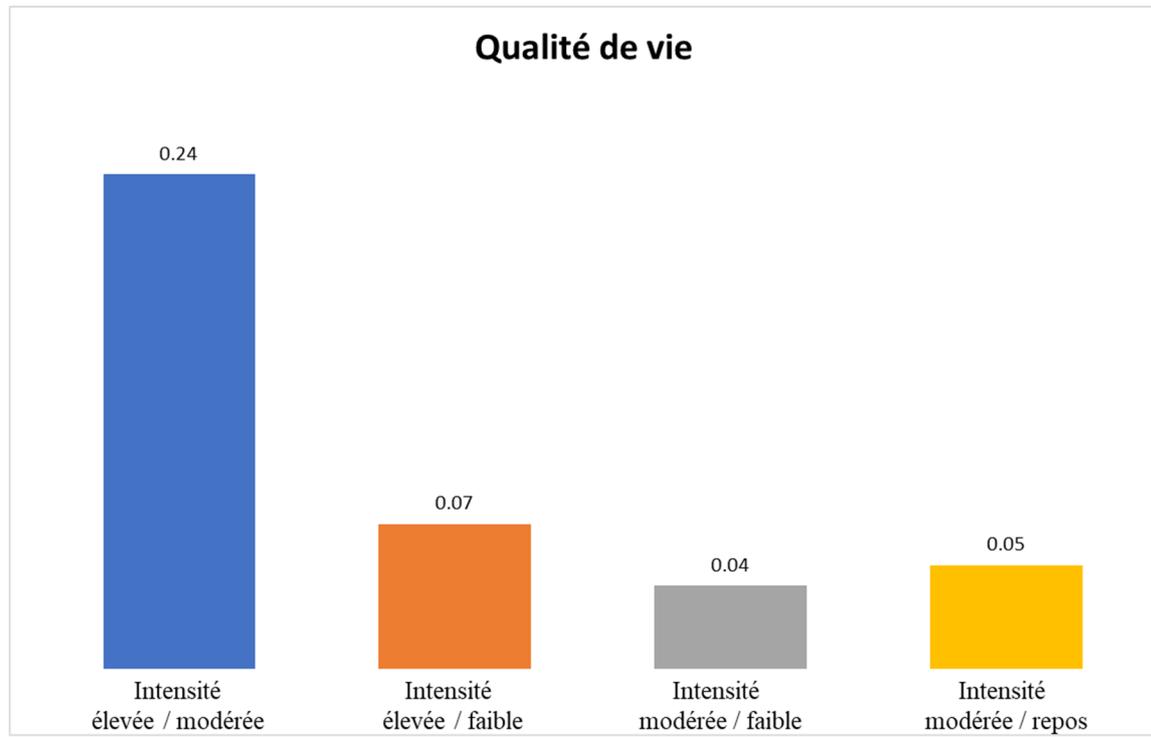
**Figure 5** : Amélioration de la consommation maximale d'oxygène (ml/kg/min)



**Figure 6** : Amélioration de la fraction d'éjection du ventricule gauche



**Figure 7** : Amélioration de la qualité de vie



**Tableau I :** Qualité méthodologique des essais selon l'échelle PEDro.

Premier auteur	Critère d'éligibilité *	Répartition aléatoire	Assignation secrète	Comparabilité des groupes	Sujets en aveugle	Thérapeutes en aveugle	examineurs en aveugle	Mesures des principaux résultats	Intention de traiter	Comparaison statistique inter-groupes	Estimation de l'effet et de sa variabilité	Total échelle Pedro
Neshwatat, 2002	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	5/10
Wislof, 2007	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	6/10
Smart, 2012	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	5/10
Freyssin, 2012	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	6/10
Koufaki, 2014	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	6/10
Benda, 2015	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	5/10
Anderson, 2016	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	8/10
Lellamo, 2013	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	6/10
Ellingsen, 2017	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	6/10

\* L'item 1 n'est pas pris en compte dans le score

Tableau II. Caractéristiques cliniques des patients randomisés dans le groupe d'entraînement aérobic intermittent et dans le groupe d'entraînement aérobic continu .

Premier auteur	N	Âge moyen (années)	FEVG (%)	NYHA
<b>Neshwatat, 2002</b>	EAI: 20	45,7	29,3	II-III
	EAC: 20	47,7	27,3	II-III
	Contrôle: 10	48,7	26,6	II-III
<b>Wisslof, 2007</b>	EAI: 9	76,5 ± 9	28,0 ± 7,3	II-III
	EAC: 9	74,4 ± 12	32,8 ± 4,8	II-III
	Contrôle: 9	75,5 ± 13	26,2 ± 8,0	II-III
<b>Smart, 2012</b>	EAI : 10	59,1 ± 11	27 ± 8	II -III
	EAC : 13	62,9 ± 9,3	29,5 ± 7,2	II -III
<b>Freyssin, 2012</b>	EAI : 12	54 ± 9	27,8 ± 4,7	II -III
	EAC : 14	55 ± 12	30,7 ± 7,8	II -III
<b>Koufaki, 2014</b>	EAI : 16	59,8 ± 7,4	41,7 ± 10,3	II-III
	EAC : 17	59,7 ± 10,8	35,2 ± 6,4	II-III
<b>Benda, 2015</b>	EAI : 10	63 ± 8	37 ± 6	8 en II et 2 en III
	EAC : 10	64 ± 8	38 ± 6	8 en II et 2 en III
	Contrôle: 9	67 ± 7	40 ± 11	8 en II et 1 en III

FEVG

<b>Anderson, 2016</b>	EAI : 12	53,15 ± 7,0	35,40 ± 6,7	10 en II et 0 en III
	EAC : 10	54,02 ± 9,9	32,8 ± 7,7	11 en II et 1 en III
<b>Lellamo, 2013</b>	EAI : 8	62,2 ± 8	33,7 ± 4,79	II-III
	EAC : 8	62,6 ± 9	31,5 ± 6,9	II-III
<b>Ellingsen, 2017</b>	EAI : 65	65	29	II-III
	EAC : 65	65	29	II-III

fraction d'éjection ; NYHA, *New York Heart Association* ; EAI : entraînement aérobie intermittent ; EAC entraînement aérobie continu ; II : Légère limitation de l'activité physique ; III : Limitation marquée de l'activité physique.

**Tableau III: Paramètres mesurés et résultats après l'entraînement aérobic intermittent et l'entraînement aérobic continu.**

<b>Premier auteur</b>	<b>N</b>	<b>Intensité</b>	<b>Paramètres de mesures</b>	<b>Résultats de paramètres utilisés</b>
Wisslof, 2007	EAI: 20	90-95 / 50-70%	VO <sub>2</sub> , FEVG, LVEDD, LVESD, LVEDV, LVESV, TA, FC, Echelle de Borg	<b>VO<sub>2</sub>max:</b> 13 ± 1,6 à 19 ± 2,1 ( <i>P</i> < 0,01) <b>FEVG:</b> 28 ± 7,3 à 38 ± 9,8 ( <i>P</i> < 0,01)
	EAC: 20	70 à 75%		<b>VO<sub>2</sub>max:</b> 13 ± 1,1 à 14,9 ± 0,9 ( <i>P</i> < 0,01) <b>FEVG:</b> 32,8 ± 4,8 à 33,5 ± 5,7 ( <i>P</i> > 0,05) ( <i>NS</i> )
	Contrôle: 10	-		-
Anderson, 2016	EAI: 9	95 / 70 %	VO <sub>2</sub> , FEVG, MLwHFQ, SF36, BP, 6MWT, TA, FC	<b>VO<sub>2</sub>max:</b> 21,41 ± 4,1 à 24,2 ± 4,6 ( <i>p</i> < 0,001) <b>FEVG:</b> 35,4 ± 6,4 à 39,9 ± 8,8 ( <i>P</i> = 0,013) <b>MLwHFQ:</b> 33,5 ± 17,4 à 18,9 ± 14,7 ( <i>P</i> < 0,005)
	EAC: 9	75 %		<b>VO<sub>2</sub>max:</b> 18,39 ± 4,3 à 20,23 ± 3 ( <i>P</i> = 0,041) <b>FEVG:</b> 32,8 ± 7,7 à 35,7 ± 11,3 ( <i>P</i> = 0,369) <b>MLwHFQ:</b> 39,1 ± 12,1 à 20,8 ± 11,6 ( <i>P</i> < 0,001)
	Contrôle: 9	-		-
Lellamo, 2013	EAI: 10	75 à 80%	VO <sub>2</sub> , LVEDD, HDL, LDL, Débit cardiaque	<b>VO<sub>2</sub>max:</b> 18,78 ± 4,58 à 23,02 ± 4,28 ( <i>P</i> < 0,05)
	EAC: 13	45-60 %		<b>VO<sub>2</sub>max:</b> 18,44 ± 4,29 à 22,53 ± 3,13 ( <i>P</i> < 0,05)
Ellingsen, 2017	EAI 12	90-95 / 45-50 %	VO <sub>2</sub> , FEVG, LVEDD, SAES	<b>VO<sub>2</sub>max :</b> 16,8 (15,8 à 17,8) à 18,2 (16,3 à 20) ( <i>P</i> = 0,02) <b>FEVG:</b> 29 (26 à 31) à 31 (29 à 31) ( <i>NS</i> )
	EAC: 14	60-70 %		<b>VO<sub>2</sub>max :</b> 16,2 (15,3 à 18,7) à 17 (15,7 à 19,6) ( <i>P</i> = 0,003) <b>FEVG:</b> 29 (26 à 32) à 27 (25 à 31) ( <i>NS</i> )
Koufaki, 2014	EAI: 16	50 / 20-30%	VO <sub>2</sub> , MLwHFQ, SF36, NYHA, vitesse de marche, RER	<b>VO<sub>2</sub>max:</b> 15,3 ± 4,7 à 17,7 ± 4,9 ( <i>P</i> < 0,05) <b>MLwHFQ:</b> 26,6 ± 18,3 à 29,1 ± 15,7 ( <i>NS</i> )
	EAC : 17	60-75 %		<b>VO<sub>2</sub>max:</b> 17,6 ± 7,1 à 18,9 ± 7,5 ( <i>NS</i> ) <b>MLwHFQ:</b> 22,8 ± 19,9 à 24,6 ± 20,3 ( <i>NS</i> )
Benda, 2015	EAI: 10	90/30%	VO <sub>2</sub> , FEVG, MLwHFQ, SF36, fonction diastolique, TA, FC, index cardiaque, volume systolique	<b>VO<sub>2</sub>max:</b> 19,1 ± 4,1 à 20,4 ± 4,3 ( <i>NS</i> ) <b>FEVG:</b> 32 ± 7 à 36 ± 9 ( <i>NS</i> ) <b>MLwHFQ:</b> 21 ± 15 à 20 ± 14 ( <i>NS</i> )
	EAC: 10	60-75 %		<b>VO<sub>2</sub>max:</b> 21,2 ± 3,6 à 21,3 ± 3,7 ( <i>NS</i> ) <b>FEVG:</b> 36 ± 4 à 36 ± 5 ( <i>NS</i> ) <b>MLwHFQ:</b> 18 ± 14 à 16 ± 16 ( <i>NS</i> )
	Contrôle: 9	-		-
Neshwatat, 2002	EAI : 12	35-50 / 35%		<b>VO<sub>2</sub>max:</b> 10,8 ± 1,5 à 12,1 ± 2,5 ( <i>P</i> = 0,009)

			VO <sub>2</sub> , FEVG, LVEDD, LVESD, LVEDV, LVESV, TA, FC, Echelle de Borg, index cardiaque	<b>FEVG:</b> 29 ± 7 à 29,7 ± 5 (NS)
	EAC: 10	75%		<b>VO<sub>2</sub>max:</b> 10.2 ± 2,3 à 11,6 ± 3,1 (P = 0,002) <b>FEVG:</b> 26,9 ± 6 à 27,9 ± 5,4 (NS)
Freyssin, 2012	AIT: 8	50-80% / repos	VO <sub>2</sub> , 6MWT, HADS, TA, FC	<b>VO<sub>2</sub>max:</b> 10,7 ± 2,9 à 13,6 ± 3.2 (P < 0,001)
	EAC: 8	50 à 80%		<b>VO<sub>2</sub>max:</b> 10,6 ± 4,1 à 10,8 ± 4,1 (NS)
Smart, 2012	EAI: 65	70-80% / repos	VO <sub>2</sub> , FEVG, MLwHFQ, TA, FC, LVEDV, LVESV, Diamètre systolique et diastolique	<b>VO<sub>2</sub>max:</b> 12.2 ± 6,5 à 14,7 ± 4,5 (P = 0,03) <b>FEVG:</b> 27 ± 7,9 à 32,8 ± 9,7 (P = 0,53) <b>MLwHFQ:</b> 41,9 ± 21,4 à 30,1 ± 17,3 (P = 0,11)
	EAC: 65	60 à 70%		<b>VO<sub>2</sub>max:</b> 12,4 ± 2,5 à 14 ± 4 (P = 0,12) <b>FEVG:</b> 29,5 ± 7,2 à 29,3 ± 12,2 (P = 0,41) <b>MLwHFQ:</b> 47,2 ± 14,1 à 34,6 ± 19,5 (P = 0,02)

EAI : entraînement aérobie intermittent ; EAC entraînement aérobie continu ; VO<sub>2</sub>max: consommation maximale d'oxygène; FEVG: fraction d'éjection du ventricule gauche; LVEDD: Diamètre diastolique du ventricule gauche; LVESD: Diamètre systolique du ventricule gauche; LVEDV: volume diastolique du ventricule gauche; LVESV: volume systolique du ventricule gauche; TA: tension artérielle; FC: fréquence cardiaque; RER : Respiratory Exchange Ratio ; HDL: lipoprotéine haute densité; LDL: lipoprotéine de basse densité; 6MWT: test de marche de 6 minutes; SF36 : Short Form 36 Health Survey – Score total ; SAES : *Kansas city cardiomyopathy* ; HADS : *Hospital Anxiety and Depression Scale* ; MLwHFQ: *Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire*.

**Tableau IV. Analyse de sensibilité pour la VO<sub>2</sub>max selon chaque essai omis dans la méta-analyse.**

Essai omis	Test d'hétérogénéité		Méta-analyse		
	I <sup>2</sup> (%)	<i>P</i>	Différence dans les moyennes	IC à 95%	<i>P</i>
<b>Aucun</b>	44,563	0,071	1,525	0,198, 2,852	0,024
<b>Neshwatat 2002</b>	43,969	0,085	1,716	0,333, 3,099	0,015
<b>Koufaki 2014</b>	47,181	0,066	1,644	0,257, 3,030	0,020
<b>Freyssin 2012</b>	51,020	0,046	1,293	-0,224, 2,809	0,095
<b>Wisloff 2007</b>	0,000	0,930	0,894	-0,260, 2,048	0,129
<b>Benda 2015</b>	50,344	0,049	1,511	0,044, 2,977	0,043
<b>Anderson 2016</b>	49,783	0,052	1,538	0,078, 2,997	0,039
<b>Lellamo 2013</b>	46,677	0,069	1,656	0,265, 3,047	0,020
<b>Ellingsen 2017</b>	43,465	0,089	1,672	0,221, 3,123	0,024
<b>Smart 2012</b>	49,725	0,053	1,547	0,089, 2,995	0,036

**Tableau V. Analyse de sensibilité pour la fraction d'éjection du ventricule gauche selon chaque essai omis dans la méta-analyse.**

Essai omis	Test d'hétérogénéité		Méta-analyse		
	I <sup>2</sup> (%)	P	Différence dans les moyennes	IC à 95%	P
<b>Aucun</b>	41,240	0,130	2,819	-0,081, 5,719	0,050
<b>Neshwatat 2002</b>	17,451	0,304	3,966	1,083, 6,848	0,007
<b>Wisloff 2007</b>	4,803	0,379	1,936	-0,310, 4,182	0,091
<b>Benda 2015</b>	51,625	0,082	2,608	-0,906, 6,122	0,146
<b>Anderson 2016</b>	52,498	0,077	3,011	-0,379, 6,402	0,082
<b>Ellingsen 2017</b>	47,903	0,104	2,474	-1,337, 6,285	0,203
<b>Smart 2012</b>	44,329	0,126	3,273	0,274, 6,271	0,032

**Tableau VI : Distribution des essais dans différents programmes.**

Essais inclus	Catégorie	Durée	Fréquence	Durée de l'intervention	Intensité			
					EAI			EAC
					Intensité élevée	Intensité Modérée	Intensité Faible	
Wisslof, 2007	Intensité élevée / modérée 38 à 60mn	12 semaines	3 fois / semaine	38 min: 4 min-3 min	90 à 95%	50 à 70%	-	70 à 75%
Anderson, 2016		12 semaines	3 fois / semaine	60 min: 3 min-3 min	95%	70%	-	75%
Lellamo, 2013				38 min: 4 min-3 min	75-80%	-	-	45-60%
Ellingsen, 2017				38 min: 4 min-3 min	90-95%	45-50%	-	60-70%
Benda, 2015	Intensité élevée / faible 60mn	12 semaines	2 fois / semaine	60 min: 1 min à 2,5 min	90%	-	30%	60 à 75%
Koufaki, 2014	Intensité modérée / faible 15 à 30mn	24 semaines	2 fois / semaine	30 min: 0,5 min-1 min	-	50%	20 à 30%	40 à 60%
Neshwatat, 2002		3 semaines	6 fois / semaine	15 min: 60s-30s	-	35 à 50%	35%	75%
Freyssin, 2012	Intensité modérée / au repos	8 semaines	3 fois / semaine	71 min: 0,5 min-1 min	-	50 à 80%	Repos	50 à 80%

Smart, 2012	60 à 71mn	16 semaines	3 fois / semaine	60 min: 1 min à 1 min	-	70 à 80%	Repos	60 à 70%
-------------	-----------	----------------	---------------------	-----------------------	---	-------------	-------	-------------

EAI : entraînement aérobie intermittent ; EAC entraînement aérobie continu ; Catégorie 1 : élevée / modérée ; Catégorie 2 : élevée/faible ; Catégorie 3 : modérée / faible ; Catégorie 4 : Modéré / Repos