

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Alger 3

Brahim Soltane Chaibout

Institut d'Education Physique et Sportive

Thèse

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR

En

Théorie et Méthodologie de l'Education Physique et Sportive

Spécialité : Sciences Biomédicales du Sport

***Variabilité de la fréquence cardiaque chez les coureurs
d'élite de demi-fond durant le Ramadan***

Présentée par :

KARA kamla

Sous la direction de :

Pr Taoutaou Zohra

Année universitaire : 2020/2021

Résumé

Ce travail de recherche a eu pour but d'étudier les réponses de la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC) pour évaluer l'impact des changements des habitudes de vie sur le rythme circadien et les réponses physiologiques à l'entraînement pendant le Ramadan.

Nous avons évalué le changement dans les composantes de la VFC (rMSSD ; PNN50 ; HF ; LF) chez 10 coureurs d'élite de demi-fond durant le mois de Ramadan. Les intervalles RR ont été collectés en continu chez chaque sujet pendant 24 heures à l'aide d'un cardio-fréquencemètre (Polar team 2). Les enregistrements ont été réalisés au cours de la 1ère semaine (S1), 2ème semaine (S2) et durant une compétition au 23ème jour (S3) du Ramadan. L'analyse de la VFC a été effectuée à l'aide du logiciel d'analyse Kubios HRV 2.2.

Les résultats de notre étude montrent que le jeûne du Ramadan n'a pas eu d'effets néfastes sur les performances. Les indices rMSSD et pNN50 ont augmenté de manière significative ($p < 0,01$) au cours de la 1ère et 2ème semaine du Ramadan. Nous avons relevé une corrélation significative entre rMSSD et pNN50 ($p < 0,01$). De plus, les indices de puissance HF ont également augmenté au cours des tests S1, S2 et S3, par contre le rapport LF / HF n'a pas varié.

Ces résultats peuvent être expliqués par le décalage de phase dans le rythme circadien en raison des changements dans les habitudes alimentaires et du sommeil. Ces facteurs peuvent compromettre l'interprétation des effets du jeûne sur la VFC et les adaptations physiologiques à l'exercice. Par ailleurs, l'enquête diététique montrent que l'apport nutritionnel des sportifs avant ou pendant le Ramadan n'est ni équilibré ni diversifié contrairement aux apports nutritionnels conseillés aux athlètes.

Nous concluons que des enregistrements réguliers de la variabilité de la fréquence cardiaque permettront de suivre l'état d'entraînement d'un athlète (fatigue/aptitude) de façon objective et individualisée. Cependant, Nos données suggèrent que pour une meilleure compréhension des interactions entre effets du jeûne et entraînement sur l'activité du système nerveux autonome, il serait opportun d'évaluer également la VFC et les réponses physiologiques avant et après le Ramadan.

Abstract

This research aimed to study heart rate variability (HRV) responses to assess the impact of lifestyle changes on circadian rhythm and physiological responses to training during Ramadan. We assessed the change in HRV components (rMSSD; PNN50; HF; LF) in 10 elite middle-distance runners during the month of Ramadan. The RR intervals were collected continuously in each subject for 24 hours using a heart rate monitor (Polar team 2).

The recordings were made during the 1st week (S1), 2nd week (S2) and during a competition on the 23rd day (S3) of Ramadan. The HRV analysis was performed using Kubios HRV 2.2 analysis software. The results of our study show that Ramadan fasting did not have adverse effects on performance. The rMSSD and pNN50 indices increased significantly ($p < 0.01$) during the 1st and 2nd week of Ramadan. We found a significant correlation between rMSSD and pNN50 ($p < 0.01$). However, the HF power indices also increased during the S1, S2 and S3 tests, on the other hand the LF/HF ratio did not vary.

These results can be explained by the phase shift in the circadian rhythm due to changes in eating and sleeping habits. These factors may compromise the interpretation of the effects of fasting on HRV and physiological adaptations to exercise. In addition, the dietary survey shows that the nutritional intake of athletes before or during Ramadan is neither nor diversified, unlike the nutritional intake recommended for athletes. We conclude that regular recordings of heart rate variability will allow an athlete's training status (fatigue/performance) to be monitored in an objective and individualized way.

However, our data suggest that for a better understanding of the interactions between fasting and training effects on autonomic nervous system activity, it would be appropriate to also assess HRV and physiological responses before and after Ramadan.

Table des matières

Introduction.....	01
I. Revue de littérature.....	04
1. Généralités	05
2. Le cœur de l'athlète.....	05
3. La fréquence cardiaque.....	06
3.1. Les outils de mesure de la fréquence cardiaque.....	07
3.1.1. L'électrocardiographie classique.....	08
3.1.2. L'électrocardiographie à haute amplification.....	08
3.1.3. L'électrocardiographie Holter.....	08
3.1.4. Les cardio-fréquencemètres.....	09
4. Adaptations cardiovasculaires à l'exercice.....	09
4.1. Le volume d'éjection systolique.....	09
4.2. Adaptation du débit cardiaque à l'effort.....	10
4.3. Adaptation de la tension artérielle à l'effort.....	10
4.4. Extraction en oxygène.....	11
4.5. Le débit sanguin.....	11
4.6. Le sang.....	12
4.7. Le volume plasmatique.....	12
4.8. L'hémoconcentration.....	12
5. La variabilité de la fréquence cardiaque (VFC).....	13
5.1. Variabilité de la fréquence cardiaque et pression artérielle.....	15
5.2. La VFC pour approcher le système nerveux autonome (SNA).....	16
5.3. Le cœur n'est pas un métronome.....	19
5.4. Intérêt de la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC).....	20
5.5. Mesure de la VFC.....	20
5.6. Les indices spectraux de la VFC.....	21
5.7. Les indices temporels de la VFC.....	22

5.8. Analyse de la VFC.....	23
5.9. Les limites de l'utilisation de la VFC	24
6. Le cycle circadien	27
6.1. Neurobiologie de la régulation du rythme circadien.....	28
6.2. Effet du désordre du rythme circadien sur le système cardio-métabolique	30
6.3. Rôle de la mélatonine.....	31
6.4. Variabilité de fréquence cardiaque et le cycle circadien.....	32
6.5. L'influence de la nutrition sur le rythme circadien et la VFC	33
6.6. Rythmes circadiens et moment d'apparition des événements cardiovasculaires aigus.....	35
7. Les principaux facteurs influant lors d'une analyse de la variabilité de la fréquence cardiaque.....	36
7.1. Influences génétiques sur la variabilité de la fréquence cardiaque VFC	36
7.2. Effet du jeûne sur la VFC	39
7.3. Effet de l'hypoxie sur la variabilité de la fréquence cardiaque.....	41
7.4. Alimentation	42
7.5. Déshydratation	43
7.6. Ambiance locale durant la mesure	44
7.7. Activité cognitive et émotions	46
7.8. Age/sexe.....	47
7.9. Influence du sommeil sur la VFC	49
7.10. Pathologies.....	50
8. Effet de l'entraînement sur la VFC.....	50
8.1. Effet de l'exercice à haute intensité interval training (HIIT) et l'intensité modérée continue (MICT) sur la fonction vasculaire	50
8.2. Effets d'un exercice aigu	51
8.3. Effets immédiats après l'exercice	52
8.4. Effets quelques heures après l'exercice	54
8.5. Effets les jours suivants un exercice.....	55

8.6. Effets du surentraînement.....	56
8.7. Suivi à long terme.....	59
8.8. Entraînement avant sommeil	63
8.9. Peut-on utiliser la VFC pour évaluer la charge d'entraînement ?.....	67
8.10. Les variations de la fréquence cardiaque durant la récupération	68
9. La mort subite liée à la pratique sportive.....	71
10. Déterminants de la VFC	72
11. Variabilité de la Fc et seuils lactiques	77
12. Les enquêtes alimentaires	80
12.1.Méthodes de recueil des apports alimentaires	82
12.1.1.Enregistrements alimentaires	82
12.1.2.Rappel des 24 heures.....	82
12.1.3.Questionnaires de fréquence de consommation (Thompson et al. 2002).....	83
II. Méthodologie de Recherche	87
1. Hypothèses.....	88
2. Objectifs de l'étude	88
3. Moyens et méthodes	89
3.1. Sujets de l'étude.....	89
3.2. Étude de la VFC.....	89
3.3. Protocole	90
3.4. Mesures.....	91
3.5. Mesure de la VFC.....	91
3.6. Méthodes statistiques	91
3.7. Enquête d'approche diététique.....	92
III.Résultats et Discussion	92
1 . Résultats de la mesure de la VFC.....	93
1.1. Résultats du premier test	94

1.2.	Résultats du deuxième test	105
1.3.	Résultats du troisième test.....	113
1.4.	Résultats des variables de laVFC.....	123
2.	Résultats de l'enquête d'approche diététique :	124
2.1.	L'hydratation.....	126
2.2.	Produits consommés.....	129
	Discussion générale	138
IV.	Conclusion et perspectives	142
V.	Références bibliographiques	144
VI.	Annexes	155
	Article	

Abréviations utilisées

B : bradycarde (fc de repos < 50 batt /min)

BAV : bloc auriculo-ventriculaire

BBDi : Bloc de branche droit incomplet

BF : basses fréquences de la VFC (0.04 - 0.15 Hz)

ECG : électrocardiogramme

ESSV : extrasystole supra-ventriculaire (auriculaire ou jonctionnelle)

ESV : extrasystole ventriculaire

Fc : fréquence cardiaque (batt/min)

Fc max : fréquence cardiaque maximale –

Fc de réserve : fréquence cardiaque de réserve.

FE : fraction d'éjection (%)

HF : hautes fréquences de la VFC (0.15 - 0.40 Hz)

i : indexé à la surface corporelle (.m²)

IMC : indice de masse corporelle (kg.m²)

IRM : imagerie par résonance magnétique

iRR : intervalle entre 2 ondes R, onde numéro 3

LF : basse fréquence (0,04–0,15 Hz)

NB : non bradycarde, FC > 60 batt./ min

NE : non entraîné

PAS, PAD, PAM : pression artérielle (mmHg)

pNN50 Pourcentage d'intervalles RR successifs qui diffèrent de plus de 50 ms

Rapport (BF/HF): la variabilité due aux basses fréquences (baroréflexe, SNS et SNP)

RPE : ratings of perceived exertion.

rMSSD (ms) : La moyenne quadratique des différences successives de la fréquence cardiaque

SDNN : Écart type des intervalles NN

SNA : système nerveux autonome, constitué du

SNP et du SNS– SNP : système nerveux parasympathique

SNS : système nerveux sympathique

VES : volume d'éjection systolique (ml)

VFC : variabilité de la fréquence cardiaque

VD : ventricule droit

VG : ventricule gauche

$\dot{V}O_{2\max}$: le débit maximal d'oxygène consommé par l'organisme en 1 min.

Introduction

La variabilité de la fréquence cardiaque (VFC) est utilisée par les chercheurs et les physiologistes depuis des décennies afin de suivre l'état de santé. C'est un indicateur indispensable de plusieurs problèmes liés à la santé. Une mesure pratique, non-invasive et reproductible de la fonction du système nerveux autonome. Bien que le cœur soit relativement stable, les temps entre deux battements cardiaques (R-R) peuvent être très différents. La VFC est liée au mode de vie, à l'activité physique, aux habitudes alimentaires, au rythme du sommeil et au tabagisme. Ainsi la diminution de cette dernière est associée aux risques d'événements cardiaques chez les adultes. Parmi la multitude de méthodes pour évaluer l'activité du système nerveux végétatif, il est possible d'analyser la VFC en mesurant la variabilité des intervalles R-R de la fréquence cardiaque.

Le plus important à savoir est que La VFC reflète la capacité d'adaptation du cœur au changement, pour détecter et répondre rapidement à des stimuli non prévisibles, et son analyse constitue un moyen utile d'investigation clinique pour évaluer l'état du cœur et le système neuro-végétatif, responsable de la régulation de l'activité cardiaque (Halson, 2014). D'ailleurs c'est ce qui a fini par attirer l'attention des athlètes, des entraîneurs et des bio-hackers.

Considérée comme une nouvelle donnée pour gérer l'entraînement et la récupération, elle permet à la fois d'évaluer l'état de forme, de contrôler l'impact des charges d'entraînements et d'évaluer l'état de la récupération pendant ou après l'entraînement (Buchhei, 2014). Plusieurs études ont été réalisées sur la pertinence de l'analyse de la VFC chez des athlètes, dont l'étude de Pichot et al. en 2000 et Garet et al. en 2005 effectuée sur des amateurs en course à pied et en natation, de même pour Iellamo et al. en 2002 qui ont encore démontré chez des athlètes de haut niveau en aviron que la VFC augmente lorsque la charge d'entraînement est augmentée de 75%.

En revanche, lorsque la charge d'entraînement est augmentée de 100%, la VFC diminue et les indicateurs sympathiques prévalent. Plus récemment, les indicateurs parasympathiques se sont montrés pertinents pour définir un programme d'entraînement (Kiviniemi et al, 2007 et Vesterinen et al.,2016).

Dans le même sens, Vesterinen et al. (2015) ont prouvé que les indicateurs parasympathiques fréquentiels de la VFC permettent chez des coureurs à pied de prédire la capacité d'adaptation des athlètes à un type d'entraînement. Par ailleurs, Kiviniemi et al. en 2007 ont montré que l'adaptation à l'entraînement était meilleure lorsque l'intensité de la charge d'entraînement était définie au préalable. De sorte que le profil de VFC d'un athlète peut conditionner son programme d'entraînement (Kiviniemi et al., 2007 ; Vesterinen et al., 2015 ; Vesterinen et al., 2016). C'est la raison pour laquelle elle s'étend de plus en plus dans l'entraînement sportif, notamment pour caractériser les types de fatigues et anticiper le surentraînement où la gestion des charges de travail à l'entraînement, obéissant à des règles physiologiques et pédagogiques strictes constitue déjà une tâche ardue exigeant de hautes connaissances scientifiques aux entraîneurs.

De surcroît, l'entraînement en plein jeûne du mois de Ramadan rajoute une difficulté supplémentaire. En effet sans un apport calorique adéquat et une hydratation suffisante, de nombreux dysfonctionnements et adaptations affecteraient le métabolisme des sportifs s'adonnant à des efforts particulièrement élevés. C'est dans ce contexte problématique que nous nous inscrivons dans le cadre de ce travail et plus particulièrement ce qui a trait à la fonction cardiaque.

Après avoir présenté les données de la littérature sur lesquelles nous nous sommes appuyés, l'analyse de la variabilité de la fréquence cardiaque s'est avérée une méthode fiable, sensible et non invasive pour l'évaluation de l'équilibre sympatho-vagal du cœur (Conny, et al. 1993) et malgré le fait que le jeûne du Ramadan soit pratiqué par plus d'un milliard de musulmans dans le monde, les changements physiologiques pendant le Ramadan ne sont pas bien connus. Encore moins l'effet de la désynchronisation de l'horloge interne due aux changements dans les habitudes alimentaires, particulièrement la réhydratation, les repas nocturnes et le sommeil qui peuvent compromettre la VFC et la performance pendant le Ramadan. Cette problématique nous a poussé à éclaircir d'avantage les adaptations physiologiques durant le Ramadan en évaluant la réactivité parasympathique chez les coureurs.

Dans la présente étude, nous émettons l'hypothèse que l'évaluation des indicateurs parasympathiques fréquentiels de la VFC permettent de prédire la capacité d'adaptation des athlètes à un type d'entraînement (intensité vs volume).

Nous supposons également que la désynchronisation de l'horloge interne due aux changements dans les habitudes alimentaires et de sommeil sont des facteurs possibles pouvant compromettre l'effet du jeûne sur la variabilité de la fréquence cardiaque et la performance pendant le Ramadan.

En outre, Nous estimons que l'utilisation de la VFC est indispensable pour individualiser et optimiser les charges d'entraînement des sportifs de haut-niveau afin de prévenir le surentraînement et amener les athlètes à leurs « pics de forme » le jour de la compétition.

De ce fait et devant les difficultés de prédictions de la performance, notre objectif est d'observer les éventuelles modifications des indicateurs spectraux de la VFC durant la période de jeûne et démontrer ainsi que le monitoring de la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC) peut nous renseigner sur l'impact des changements des habitudes de vie sur le rythme circadien, les réponses physiologiques à l'entraînement et la performance en course à pied.