



**EVALUATION DU RISQUE DE MAJORATION
DES ANOMALIES ELECTROCARDIOGRAPHIQUES DE REPOS
AU COURS D'UNE EPREUVE D'EFFORT CHEZ DES ARBITRES
MASCULINS DE FOOTBALL DU BURKINA FASOⁱ**

**Tiama Adama^{1,2ii},
Yaméogo Nobila Valentin³,
Gouthon Fabrice Gilchrist¹,
Nouatin Kocou Basile¹,
Bio Nigan Issiako¹,
Seghda Taryetba André Arthur⁴,
Ouedraogo Kiswendsida Guy Hervé³,
Ouedraogo Lynda³**

¹Unité de Recherche Sport, Santé et Evaluation (UR/SSE),
Institut National de la Jeunesse, de l'Education Physique et du Sport (INJEPS),
Université d'Abomey-Calavi (UAC). 01 : BP 169 Porto-Novo,
République du Bénin

²Institut des Sciences du Sport et du Développement Humain (ISSDH),
Université Joseph Ki-Zerbo (UJKZ).
03 : BP 7021 Ouagadougou 03,
Burkina Faso

³Service de Cardiologie,
Centre Hospitalier Universitaire Yalgado Ouédraogo (CHU-YO),
Université Joseph KI-ZERBO (UJKZ). 03 : BP 7021 Ouagadougou 03,
Burkina Faso

⁴Service de Cardiologie,
Centre Hospitalier Universitaire Bogodogo (CHU-B),
Université Joseph KI-ZERBO (UJKZ). 03 : BP 7021 Ouagadougou 03,
Burkina Faso

Résumé :

Introduction : L'activité physique régulière est bénéfique pour la santé cardiovasculaire mais chez les sujets présentant des anomalies à l'électrocardiogramme (ECG) standard, l'effort intense peut s'avérer délétère. Le but de cette étude était de déterminer au cours d'une épreuve d'effort, le risque de majoration des anomalies ECG de repos chez des arbitres de football d'élite et de sub-élite masculins du Burkina Faso. **Méthodes :** Il s'est

ⁱ INCREASED RISK ASSESSMENT OF RESTING ELECTROCARDIOGRAPHIC ABNORMALIES DURING EXERCISE TEST AMONG MALE SOCCER REFEREES FRON BURKINA FASO

ⁱⁱ Correspondence: email jmvianeytiama@gmail.com

agi une étude d'intervention, réalisée avec 18 arbitres, répartis en deux groupes : groupe cas (GCA : n = 7) et groupe contrôle (GCO : n = 11) à profil ECG de repos respectivement anormal et normal. GCA et GCO ont été soumis à une épreuve d'effort maximale suivant un protocole de Bruce avancé. Les profils chronotrope et tensionnel, l'accroissement tensionnel systolique, l'électrocardiogramme d'effort, puis l'échocardiogramme ont été étudiés. La pente d'accroissement tensionnel systolique à l'effort a été déterminée à l'aide de la régression *Fc-PAS*. **Résultats :** Les profils chronotrope et tensionnel étaient normaux dans les deux groupes mais la pression artérielle systolique était plus élevée ($p = 0,01$) dans GCA à la récupération. Dans GCA et dans GCO, la pression artérielle systolique s'est accrue de façon linéaire ($p < 0,001$) en fonction de la fréquence cardiaque, avec une équation de régression significative ($p < 0,001$). Deux extrasystoles ventriculaires isolées sont apparues chez un arbitre de GCA mais les résultats échocardiographiques n'étaient pas associés à une pathologie. **Conclusion :** Les résultats indiquent que les paramètres cardiovasculaires étudiés au cours de l'épreuve, chez les arbitres burkinabè à profil ECG de repos anormal, n'étaient pas associés à une maladie cardiaque. Ils devront être autorisés à participer aux compétitions sportives et suivre un contrôle périodique.

Mots clés : arbitres de football, anomalies électrocardiographiques de repos, épreuve d'effort, Burkina Faso

Abstract:

Introduction: Regular physical activity is beneficial for cardiovascular health but in subjects with standard electrocardiogram (ECG) abnormalities, intense effort can be harmful. The aim of this study was to determine during a stress test, the risk of increased resting ECG abnormalities in male elite and sub-elite football referees from Burkina Faso. **Methods:** This was an intervention study, carried out with 18 referees, divided into two groups: case group (CAG: n = 7) and control group (COG: n = 11) with respectively abnormal and normal resting ECG profile. CAG and COG were subjected to a maximal exercise test following an advanced Bruce protocol. **Results:** The chronotropic and blood pressure profiles, the systolic blood pressure increase, the stress electrocardiogram, then the echocardiogram were studied. The systolic pressure increase slope during exercise was determined using *Fc-PAS* regression. Chronotropic and blood pressure profiles were normal in both groups but systolic blood pressure was higher ($p = 0.01$) in CAG at recovery. In both CAG and COG, systolic blood pressure increased linearly ($p < 0.001$) with heart rate, with a significant regression equation ($p < 0.001$). Two isolated ventricular extrasystoles appeared in one referee in CAG but the echocardiographic findings were not associated with pathology. **Conclusion:** The results indicate that the cardiovascular parameters studied during the stress test, in Burkinabè referees with an abnormal resting ECG profile, were not associated with heart disease. They must be authorized to participate in sports competitions and undergo periodic checks.

Keywords: soccer referees, resting electrocardiographic abnormalities, stress test, Burkina Faso

1. Introduction

L'activité physique régulière a des effets bénéfiques indéniables sur la santé cardiovasculaire. Elle est actuellement, l'une des mesures de changement de style de vie, essentielle pour la prise en charge et la prévention de différentes maladies cardiovasculaires dont l'hypertension artérielle. Pour y parvenir, une activité physique d'intensité modérée d'au moins 30 min, cinq à sept fois par semaine est recommandée (Carré, 2014).

En présence d'une pathologie cardiaque latente, l'activité physique intense peut déclencher un accident cardiaque, voire un évènement cardiaque létal au pire des cas (Basu & Malhotra, 2018). Les accidents cardiaques sont rares chez les sportifs mais leur gravité potentielle implique la définition d'une stratégie de prévention (Tougouma et al., 2019). La Société européenne de cardiologie recommande l'électrocardiogramme (ECG) de 12 dérivations de repos chez les sportifs avant leur participation aux compétitions (Basu & Malhotra, 2018). Le but de l'ECG n'est pas de faire un diagnostic étiologique mais de guide d'éventuelles évaluations cardiovasculaires complémentaires en cas de découverte d'anomalies (Tougouma et al., 2019).

L'entraînement sportif intensif et régulier provoque une adaptation progressive du muscle cardiaque qui se traduit par des modifications sur l'ECG de repos (Carré, 2014). Certaines d'entre elles peuvent présenter des similarités difficiles à différencier d'authentiques phénomènes pathologiques (Tougouma et al., 2019). Plus récemment, un outil de consensus d'experts a été proposé pour aider à distinguer les aspects électriques du cœur du sportif des anomalies ECG pathologiques (Drezner et al., 2017). Trois catégories de modifications ECG y sont décrites, il s'agit des modifications ECG dites normales, limites et anormales (Drezner et al., 2017). Les modifications ECG normales caractérisent le cœur du sportif et celles anormales peuvent indiquer une maladie cardiaque sous-jacente, nécessitant une exploration cardiaque complémentaire (Basu & Malhotra, 2018). Le potentiel pathologie des modifications ECG limites dépend du nombre d'items péjoratifs retrouvés dans l'algorithme. Ainsi au-delà d'un seul item une évaluation cardiovasculaire approfondie est justifiée (Drezner et al., 2017).

Dans le football moderne, un arbitre de haut niveau effectue en moyenne 11 km pendant un match officiel dont quatre à 18% sont parcourus par des courses d'intensité élevée (Castagna et al., 2007). La fréquence cardiaque, la consommation d'oxygène et la concentration sanguine en lactate moyennes observées chez ce dernier atteignent respectivement de 85 à 90% de la fréquence cardiaque maximale, 70 à 80% du $\dot{V}O_2$ max et quatre à cinq mmol/L (Weston et al., 2012). Ces exigences physiques et physiologiques constituent une lourde charge pour le système cardiovasculaire qui doit s'adapter pour

répondre aux besoins métaboliques des muscles actifs (Castagna et al., 2007; Weston et al., 2012). Consciente du risque potentiel encouru, la Fédération Internationale de Football Association (FIFA) a instauré l'examen médical de pré-compétition, dont l'ECG de repos chez les arbitres de football avant leur participation aux compétitions (Bizzini et al., 2012). Ainsi, le profil électrocardiographique des arbitres de football d'élite homme et femme présélectionnés pour diriger respectivement les Coupes du monde de 2010 et de 2011 ont été étudiés (Bizzini et al., 2012; Keller et al., 2013). Heureusement, les résultats des différents examens cardiovasculaires complémentaires n'ont pas révélé de pathologie cardiaque (Bizzini et al., 2012; Keller et al., 2013).

Au Burkina Faso, au cours de l'examen médical de pré-compétition chez les arbitres de football d'élite et de subélite, des troubles de la repolarisation cardiaque notamment des ondes T négatives, présentés dans le document du consensus d'expert 2017 (Drezner et al., 2017) ont été retrouvées sur l'ECG de repos. Compte tenu du risque vital potentiel, il nous a paru urgent de mettre en œuvre cette étude. Elle visait à déterminer au cours d'une épreuve d'effort sur tapis roulant, le risque de majoration des anomalies ECG de repos chez des arbitres de football d'élite et de subélite du Burkina Faso.

2. Matériel et méthodes

2.1. Protocole de l'étude

Il s'est agi d'une étude d'intervention (Figure 1), réalisée sur 18 arbitres de football d'élite et de subélite du Burkina Faso. Il s'agissait des arbitres de grade FIFA, Fédéral ou Ligue, présélectionnés pour diriger les championnats d'élite du Burkina Faso, ainsi que des compétitions internationales, en ce qui concerne les arbitres FIFA. Les arbitres ont été répartis en deux groupes dont l'un groupe cas (GCA, effectif : n = 7), ayant un profil ECG de repos anormal, c'est-à-dire avec des troubles de la repolarisation cardiaque et l'autre groupe contrôle (GCO, effectif : n = 11) à profil ECG de repos normal. GCA et GCO ont été soumis à une épreuve d'effort maximale sur tapis roulant suivant un protocole de Bruce avancé [9]. L'approbation du Comité d'Ethique pour les Recherches en Santé (CERS) du Burkina Faso a été acquise par la délibération n° 2020-10-234/MS/MESRSI/CERS du 07/10/2020. Les arbitres ont été entretenus 96 h avant l'épreuve, sur les avantages et les risques encourus, puis donnés chacun leur consentement libre, éclairé et écrit.

2.2. Participants

Les arbitres masculins d'élite et de sub-élite, enregistrés sur la liste officielle de la Commission Centrale des Arbitres (CCA) de la Fédération Burkinabè de Football (FBF), avec un profil ECG de repos anormal et normal ont constitué la population d'étude. Un échantillon de 18 arbitres a été retenu pour la mise en œuvre de l'étude. Il s'agit de sept

arbitres ayant présenté un profil ECG de repos anormal, constituant le groupe cas (GCA : n = 7) et 11 arbitres à profil ECG de repos normal, représentant le groupe contrôle (GCO : n = 11).

2.3. Epreuve d'effort

Quarante-huit heures avant l'épreuve, des mesures anthropométriques et physiologiques ont été effectuées. Il s'agissait de la taille, de la masse corporelle, de l'indice de masse corporelle, de la fréquence cardiaque de repos (Fcr) et de la fréquence maximale (Fcmx), puis de la pression artérielle. La Fcmx a été déterminée à la fin du test physique de terrain Yo-Yo IRT2 (Bangsbo et al., 2008) chez quatre arbitres de GCA et huit arbitres de GCO à l'aide d'un cardiofréquence-mètre RS 400 (Polar, Finlande). La pression artérielle a été mesurée de façon manuelle par un tensiomètre Manopoire Spenler (Lian Sonic, France). La température ambiante (TA) et l'humidité relative (HR) ont été enregistrées, en utilisant un appareil multifonction crosse technology station (Star météo, France).

L'épreuve d'effort a été réalisée sur un tapis roulant en utilisant un appareil GE Marquette Case (Série 2000, USA). Elle s'est déroulée le soir de 18 h à 20 h, dans une grande salle bien aérée, contenant le matériel nécessaire à la réanimation cardiaque immédiate (Marcadet, 2004). Au cours de l'épreuve, les critères de contre-indication et d'arrêt ont été respectés (Marcadet, 2004). La température ambiante et l'humidité relative ont variées respectivement de 22 °C à 24°C et de 55% à 65%. Un papier abrasif très fin a été utilisé pour éliminer la couche superficielle des cellules épidermiques, afin d'obtenir des signaux de bonnes qualités. Les arbitres ont effectué l'épreuve d'effort à jeun depuis au moins trois heures.

Le protocole utilisé était celui de Bruce avancé (Sarma & Levine, 2016). Il consistait à réaliser cinq paliers successifs (P1 à P5) de 3 min d'effort chacun. La vitesse et la pente augmentaient progressive de 2 km/h et 2% à chaque palier. La charge variait de 10 km/h avec une pente de 2% au premier palier à 20 km/h avec une pente de 12% au cinquième palier. Avant l'épreuve, les arbitres ont marché pendant 5 min à 6 km/h avec une pente de 0% avant de s'échauffer pendant 3 min en courant à 8 km/h avec une pente de 0%. En dehors des causes d'arrêt prématuré, le test était terminé lorsque l'arbitre était épuisé ou avait atteint la fréquence cardiaque maximale, déterminée au préalable après le test Yo-Yo IRT2. A la fin du dernier palier, 3 min de récupération active, en marchant à 5 km/h avec une pente de 0% ont été accordées aux arbitres, pour éviter les malaises vagues post-exercices et enregistrer d'éventuelles anomalies électrocardiographiques ne survenant qu'à la récupération (Marcadet, 2004).

L'ECG, la fréquence cardiaque et la pression artérielle ont été enregistrés avant l'épreuve, pendant l'épreuve et à la récupération. La fréquence cardiaque et la pression artérielle ont été mesurées à la deuxième minute d'effort de chaque palier et de la récupération. Après l'épreuve et au besoin, un échocardiographe GE Healthcare (Vivid

T8 Ultrasound, France) a été utilisé pour mesurer les paramètres de la morphologie et de la fonction cardiaque.

2.4. Variables étudiées

Variable indépendante : il s'agit des temps de mesures, rendus opérationnels en huit modalités à savoir la mesure : au repos (RP), à l'échauffement (EC), au premier palier (P1), au deuxième palier (P2), au troisième palier (P3), au quatrième palier (P4), au cinquième palier (P5) et à la récupération (RC).

Variables dépendantes : Il s'agissait du profil chronotrope, du profil tensionnel, de la tolérance à l'effort, déterminée par la pente d'accroissement tensionnel systolique à l'effort à l'aide de la régression *Fc-PAS*, des arythmies ventriculaires, des troubles de la conduction et des modifications du segment ST (Calore et al., 2016; Elliott et al., 2014). En outre, les cardiopathies structurelles ont aussi été recherchées sur l'échocardiogramme de repos.

2.5. Analyse statistique

Les données ont été traitées avec le logiciel Statistica de Stat Soft Inc. (version 12). La normalité de la distribution des variables quantitatives continues a été vérifiée en utilisant le test de Kolmogorov-Smirnov. Des résultats descriptifs sous forme de moyennes (m) \pm écarts types ont été calculés. Les fréquences absolues et relatives des variables catégorielles ont été déterminées. L'accroissement tensionnel systolique à l'effort a été étudié en déterminant la pente à l'aide de la régression *Fc-PAS*. Le test de χ^2 a été utilisé pour comparer les variables catégorielles entre les deux groupes. Le test U de Mann Whitney a servi à la comparaison des moyennes des variables quantitatives continues entre les deux groupes. Le seuil de significativité des tests statistiques a été fixé à une valeur $p < 0,05$.

3. Résultats

3.1. Caractéristiques des arbitres participants

A l'exception de l'indice de masse corporelle (Tableau 1), pour lequel la moyenne était plus élevée dans GCO que dans GCA ($p = 0,02$), il n'y a pas eu de différence significative entre les deux groupes ($p > 0,05$), en ce qui concerne les autres caractéristiques étudiées.

Tableau 1 : Caractéristiques sociodémographiques, anthropométriques et physiologiques des arbitres soumis à l'épreuve d'effort (n = 18)

Caractéristiques	GCA (n = 7)	GCO (n = 11)	p
Age (ans)	28,5 ± 3,4	28,7 ± 3,7	0,79
Taille (cm)	179,2 ± 6,3	176,2 ± 5,5	0,47
MC (kg)	67,8 ± 6,9	71,1 ± 4,0	0,24
IMC (kg/m ²)	21,0 ± 1,5	22,8 ± 1,3	0,02
NAA (ans)	6,2 ± 2,4	6,5 ± 2,3	0,86
PAS (mmHg)	121,4 ± 1,3	121,8 ± 4,0	0,86
PAD (mmHg)	81,4 ± 3,4	80,9 ± 3,0	0,91
Fcr (bpm)	57 ± 1	57 ± 2	0,96
Fcmax (bpm)	195 ± 3	198 ± 3	0,79

GCA : groupe cas, constitué d'arbitres ayant des ECG de repos anormaux ; GCO : groupe contrôle, constitué d'arbitres à ECG de repos normaux ; n : effectif ; les nombres dans les cases représentent les moyennes (m) ± écarts types (s) ; MC : masse corporelle ; IMC : indice de masse corporelle ; NAA : nombre d'années dans l'arbitrage au football ; PAS : pression artérielle systolique ; PAD : pression artérielle diastolique ; Fcr : fréquence cardiaque de repos ; Fcmax : fréquence cardiaque maximale, déterminée à la fin de l'épreuve du Yo-Yo IRT2, valeurs obtenues chez quatre arbitres de GCA et huit arbitres de GCO.

3.2. Profil chronotrope

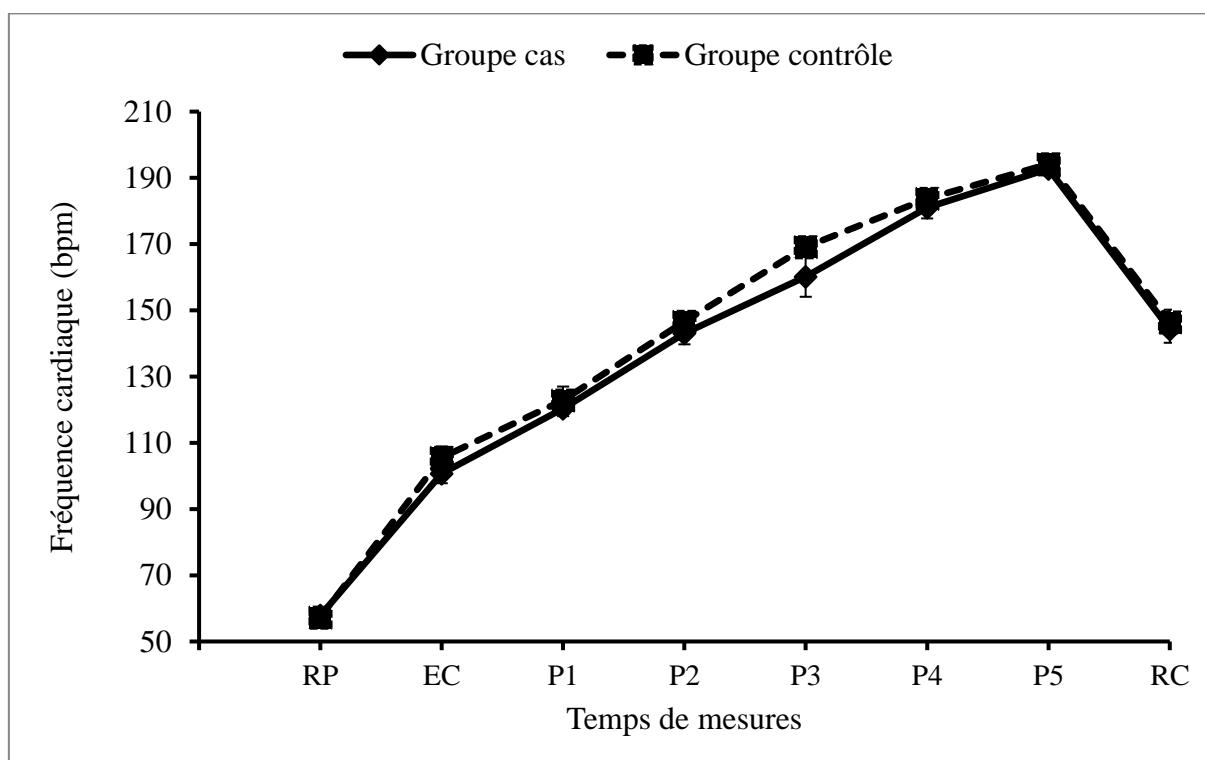


Figure 1 : Profil chronotrope de course sur tapis roulant chez les arbitres de football étudiés pendant l'épreuve de Bruce avancée (Sarma & Levine, 2016). Groupe cas, groupe constitué d'arbitres ayant des ECG de repos anormaux ; groupe contrôle, groupe constitué d'arbitres à ECG de repos normaux ; P : palier ; RP : repos ; EC : échauffement ; RC ; récupération.

Dans les deux groupes : GCA et GCO, la fréquence cardiaque (Figure 1), s'est élevée de façon progressive et régulière au cours de l'effort, de sa valeur de repos de 57 ± 2 bpm pour GCA et 57 ± 1 bpm pour GCO, jusqu'à une valeur maximale moyenne de 192 ± 3 bpm, représentant 98,4% de la F_{cmax} pour GCA et 194 ± 5 bpm représentant 98,0% de la F_{cmax} pour GCO. Fc a ensuite baissé rapidement de la fin de l'effort à 2 min après, les moyennes étant de 144 ± 1 bpm et 146 ± 1 bpm respectivement pour GCA et GCO.

3.3. Profil tensionnel

Dans les deux groupes GCA et GCO, la pression artérielle systolique (Figure 2) s'est accrue progressivement au cours de l'effort, de sa valeur de repos de $121,4 \pm 9,0$ mmHg pour GCA et $121,8 \pm 4,0$ mmHg pour GCO, jusqu'à une valeur maximale moyenne de $175,7 \pm 5,3$ mmHg pour GCA et $178,2 \pm 4,2$ mmHg pour GCO. Elle a ensuite diminué rapidement à la deuxième minute de récupération jusqu'à $152,0 \pm 6,9$ mmHg et $144,2 \pm 6,9$ mmHg respectivement pour GCA et GCO, la différence entre les deux groupes étant significative ($p = 0,01$).

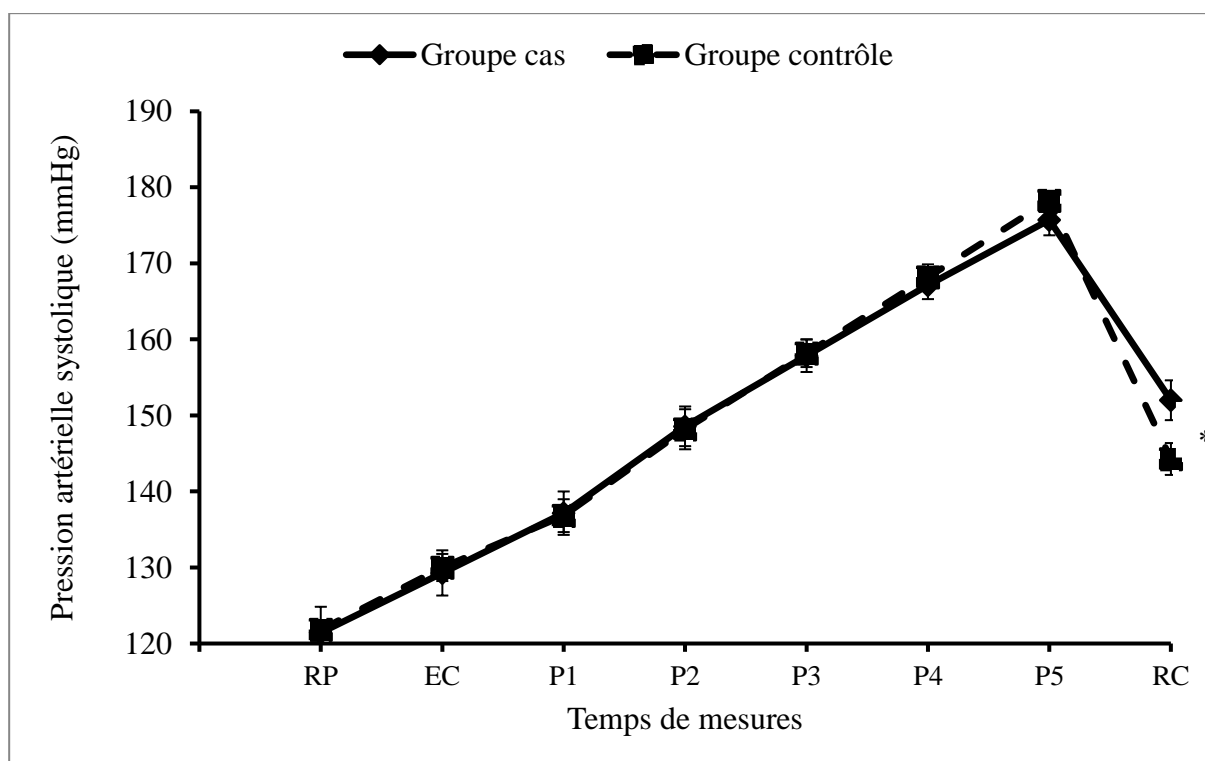


Figure 2 : Evolution de la pression artérielle systolique en fonction du palier de course sur tapis roulant pendant l'épreuve de Bruce avancée (Sarma & Levine, 2016), chez les arbitres de football étudiés ($n = 18$). GCA : groupe cas, constitué d'arbitres ayant des ECG de repos anormaux ; GCO : groupe contrôle, constitué d'arbitres à ECG de repos normaux ; * : différence moyenne significative à $p < 0,05$; P : palier ; RP : repos ; EC : échauffement ; RC : récupération.

3.4. Pente d'accroissement tensionnel systolique

Dans GCA et dans GCO, la pression artérielle systolique (Tableau 2) s'est accrue de façon linéaire ($p < 0,001$) en fonction de la fréquence cardiaque. Dans GCA, l'équation de la régression : $PAS = 1,71 \times Fc - 112,20 \pm 0,13$ était significative ($p < 0,001$), avec un coefficient de détermination $R^2 = 0,78$. Dans GCO, l'équation de la régression : $PAS = 1,63 \times Fc - 95,55 \pm 0,09$ était également significative ($p < 0,001$) et le coefficient de détermination était : $R^2 = 0,80$.

Tableau 2 : Pente d'accroissement tensionnel systolique d'exercice sur tapis roulant chez des arbitres de football burkinabè selon leur profil ECG (n= 18)

Groupes	Pente a de la régression	r	R ²	Constante de la régression	Erreur standard de l'estimation	Equation de régression linéaire
(GCA : n= 7)	a = 1,71*	0,89	0,78	b = -112,20	0,13	p < 0,001
(GCO : n = 11)	a = 1,63*	0,90	0,80	b = -95,55	0,09	p < 0,001

GCA : groupe cas, constitué d'arbitres ayant des ECG de repos anormaux ; GCO : groupe contrôle, constitué d'arbitres à ECG de repos normaux ; Fc : fréquence cardiaque ; PAS : pression artérielle systolique ; r : coefficient de corrélation ; R² : coefficient de détermination ; p : niveau de signification. * : $p < 0,001$.

3.5. Données électrocardiographiques d'effort et échocardiographiques

Dans GCO, il n'y a pas eu de modification du segment ST, de trouble du rythme et de la conduction cardiaque. Dans GCA, il n'y a pas non plus eu de modification du segment ST et de trouble de la conduction mais deux extrasystoles ventriculaires isolées sont apparues chez un arbitre au cinquième et dernier palier d'effort. L'analyse des résultats échocardiographiques n'a pas révélé de pathologie associée chez l'arbitre ayant présenté deux extrasystoles ventriculaires isolées au cours de l'épreuve d'effort.

4. Discussion

L'étude avait pour but de déterminer au cours d'une épreuve d'effort sur tapis roulant, le risque de majoration des anomalies ECG de repos chez des arbitres de football d'élite et de sub-élite du Burkina Faso. La principale limite de l'étude est la petite taille de l'échantillon qui ne permet pas de généraliser les résultats. Elle n'a pas également inclus l'imagerie par résonance magnétique cardiaque, ce qui allait accroître la portée des résultats.

Dans le groupe cas et le groupe contrôle, l'évolution de la fréquence cardiaque, en fonction de l'intensité de l'effort était normale avec des courbes superposées. Celle de la pression artérielle systolique était également normale avec des courbes superposées mais à 2 min de récupération, la pression artérielle systolique était plus élevée dans le groupe cas. La pression artérielle systolique s'est élevée au cours de l'effort de façon linéaire en

fonction de la fréquence cardiaque avec une équation de régression significative dans chaque groupe. Le coefficient de détermination R^2 était de 0,78 pour GCA et 0,80 pour GCO. Dans GCA, deux extrasystoles ventriculaires (ESV) isolées sont apparues chez un arbitre mais l'analyse des résultats échocardiographiques n'a pas révélé de pathologie associée.

L'épreuve d'effort a été choisie pour évaluer les anomalies ECG de repos dans cette étude parce qu'elle constitue une recommandation de la littérature car la plupart des accidents cardiovasculaires des sportifs se manifestent pendant l'effort (Marcadet, 2004; Van De Sande et al., 2019). L'épreuve d'effort permet aussi de retrouver les arythmies ventriculaires qui peuvent être les seules manifestations d'une maladie cardiaque latente associée aux événements cardiovasculaires chez les sportifs (Zorzi et al., 2020). Au cours de l'épreuve, les arbitres des deux groupes ont atteint 98% de leur fréquence cardiaque maximale. Ainsi l'épreuve peut être considérée comme étant maximal (Marcadet et al., 2018), ce qui constitue une garantie de la fiabilité des données cardiovasculaires et des résultats enregistrés.

L'élévation progressive et régulière de la fréquence cardiaque avec l'intensité de l'effort jusqu'à une valeur maximale et sa baisse rapide vers sa valeur de repos traduit un profil chronotrope normal. Une faible élévation de la fréquence cardiaque à l'effort caractérise l'insuffisance chronotrope qui présente une forte valeur prédictive de la mortalité (Marcadet et al., 2018). A l'effort, les besoins en oxygène des chaînes mitochondriales productrices d'adénosine triphosphate (ATP) augmentent. En réponse, le débit cardiaque s'accroît, en partie grâce à l'élévation de la fréquence cardiaque (Marcadet, 2004). Au fur et à mesure que la consommation d'oxygène augmente, la fréquence cardiaque s'élève jusqu'à sa valeur maximum avant de baisser rapidement pendant la récupération. Cette évolution de la fréquence cardiaque est régulée par le système nerveux autonome, avec d'abord la levée du frein vagal dès le début de l'exercice et ensuite l'augmentation du taux de catécholamines (Marcadet, 2004).

La pression artérielle systolique s'est également élevée avec l'intensité de l'effort jusqu'à une valeur maximale et diminuée rapidement à la récupération, ce qui reflète un profil tensionnel normal (Marcadet et al., 2018). Une élévation trop importante de la pression artérielle systolique augmente le risque d'infarctus du myocarde, d'accident vasculaire cérébral et de décès cardiovasculaire (Bauer et al., 2021). La non-élévation et la chute de la pression artérielle systolique à l'effort sont également considérées comme de mauvais pronostic. Elles peuvent être liées à une altération de la fonction ventriculaire gauche, à un obstacle sur la voie d'éjection du ventricule gauche, à des valvulopathies ou à des lésions tritronculaires sévères (Marcadet, 2004). L'élévation de la pression artérielle systolique s'explique par l'accroissement du débit cardiaque (Bauer et al., 2021). Elle permet d'assurer un débit sanguin suffisamment rapide dans le système vasculaire pour un meilleur approvisionnement des muscles (Bauer et al., 2021). En effet, c'est la pression

artérielle systolique qui détermine pour une large part, la diffusion de l'oxygène du milieu capillaire vers le milieu tissulaire (Marcadet, 2004).

A 2 min de récupération, la pression artérielle systolique était plus élevée dans le groupe cas. Cette différence pourrait s'expliquer par la réduction de la charge d'entraînement imposée aux arbitres du groupe cas, car en période de récupération la pression artérielle systolique baisse plus lentement chez les sujets non entraînés que chez sujets entraînés (Zhang et al., 2020). La diminution plus rapide de la pression artérielle systolique chez les sujets entraînés est due à une meilleure capacité cardiopulmonaire, une meilleure perfusion du myocarde (Zhang et al., 2020). Elle pourrait également s'expliquer par la régulation du volume d'éjection systolique, de la résistance périphérique totale et de la pression pulsée pendant et après l'effort (Caselli et al., 2019). La pression artérielle systolique s'est élevée au cours de l'effort de façon linéaire en fonction de la fréquence cardiaque avec une équation de la régression significative dans les deux groupes. Cette relation linéaire entre l'évolution de la pression artérielle systolique et de la fréquence cardiaque traduit une bonne tolérance à l'effort des deux groupes d'arbitres (Marcadet et al., 2018). Elle s'explique par la corrélation existante entre fréquence cardiaque, débit cardiaque et pression artérielle systolique (Bauer et al., 2021). Il faut rappeler qu'à l'effort, le débit cardiaque augmente avec l'élévation de la fréquence cardiaque. Cette augmentation du débit cardiaque induit d'un accroissement de la pression artérielle systolique pour assurer une meilleure perfusion sanguine des muscles au travail (Bauer et al., 2021 ; Marcadet, 2004).

Le coefficient de détermination R^2 était de 0,78 et de 0,80 respectivement pour le groupe cas et le groupe contrôle. Cela signifie que la fréquence cardiaque permet de prédire la pression artérielle systolique de 78% pour le groupe cas et de 80% pour le groupe contrôle. Les 22% et 20% restants, respectivement pour le groupe cas et le groupe contrôle sont prédits essentiellement le volume d'éjection systolique et les résistances périphériques (Marcadet, 2004). A l'effort, le volume d'éjection systolique augmente également pour accroître le débit cardiaque et par conséquent la pression artérielle systolique (Bauer et al., 2021). L'augmentation du volume d'éjection systolique résulte un meilleur remplissage et une augmentation de la force contractile du ventricule gauche (Marcadet et al., 2018). En ce qui concerne les résistances périphériques, elles diminuent par une vasodilatation des territoires musculaires actifs, contrastant avec la vasoconstriction des autres territoires par activation sympathique (Marcadet et al., 2018). Il y a eu deux extrasystoles ventriculaires (ESV) isolées chez un arbitre au cinquième palier d'effort. L'apparition des ESV isolées bien que rare est possible notamment en fin d'exercice (Ascenzi et al., 2017). Elles résulteraient d'une hyperactivité sympathique à l'effort ou à une perturbation adrénergique sensible, qui baisse le calcium intracellulaire, déclenchée probablement par des concentrations cellulaires accrues d'adénosine monophosphate cyclique (Kim et al., 2007). Le passage de la régulation autonome de la prédominance parasympathique à la prédominance sympathique induit par

l'entraînement pourrait stimuler les récepteurs β -adrénergiques et faciliter l'apparition d'ESV isolées (Iellamo et al., 2002). Il est établi que les ESV complexes et fréquentes sont associées à une maladie cardiaque latente à risque (Verdile et al., 2015). Mais la grande majorité des travaux n'ont pas montré une corrélation entre ESV isolées induites par l'effort et la mortalité toutes causes confondues chez les sportifs (Ascenzi et al., 2017).

L'analyse des résultats échocardiographiques de l'arbitre ayant présenté deux ESV isolés n'a pas révélé de pathologie associée. Cela pourrait refléter le caractère bénin de ces arythmies ventriculaires car il est rapporté que 90% des sportifs qui présentent trois ESV isolées à l'effort ont des résultats échocardiographiques normaux (Fuchs et al., 2011). Selon les recommandations de la Société européenne de cardiologie, de l'Association Américaine du Cœur et du Collège Américain de Cardiologie, les sportifs qui développent des ESV isolées à l'effort sans présenter une maladie cardiaque doivent être autorisés à pratiquer le sport de compétition (Ascenzi et al., 2017; Verdile et al., 2015).

Six arbitres du groupe cas n'ont pas présenté des critères de majoration au cours de l'épreuve. Ce résultat peut être dû au fait qu'en plus des ondes T négatives, ces arbitres n'ont pas présenté autres anomalies sur ECG au repos. Les sujets atteints de cardiomyopathies présentent en plus des ondes T négatives d'autres anomalies comme un rapport durée QRS en V2 sur durée QRS en V5 > 1,2 (Finocchiaro et al., 2019). Aussi, environ 4% des sportifs d'origine africaine en bonne santé présentent des ondes T anormalement négatives (Sheikh et al., 2013). Selon une étude plus poussée, 25% des sportifs d'origine africaine et 5% de ceux d'origine caucasienne peuvent présenter des ondes T négatives à signification clinique incertaine malgré les résultats des tests génétiques (Sheikh et al., 2018).

C'est pourquoi le rendement diagnostique de la cardiomyopathie, avec des ondes T négatives est sensiblement inférieur chez les sportifs d'origine africaine (Sheikh et al., 2018). Pour certains auteurs ces modifications anormales de l'onde T sont une spécificité du cœur du sportif d'origine africaine (Brosnan et al., 2015). Elles seraient dues au déplacement latéral de l'apex en lien avec les remodelages morphologiques et électriques du ventricule droit ou à la diminution du courant potassique dans les cardiomyocytes en rapport avec l'hypertrophie du ventricule gauche (Brosnan et al., 2015). Pour d'autres, des études à grande échelle sont nécessaires pour confirmer cette thèse (Prior, 2018).

Les résultats de cette étude, en ce qui concerne l'absence de maladie cardiaque latente associée aux données cardiovasculaires analysées corroborent ceux des arbitres d'élite FIFA, présélectionnés pour diriger les phases finales de la Coupe du monde de 2010 (Bizzini et al., 2012). Ils corroborent également les résultats des jeunes footballeurs d'origine africaine retenus pour les phases finales du championnat d'Afrique des Nations de 2009 (Di Paolo et al., 2012). Il faut toutefois reconnaître que ces études étaient plus poussées avec l'inclusion de l'imagerie par résonance magnétique cardiaque. En l'absence d'événements cardiovasculaires à risque au cours de l'effort chez les arbitres à profil ECG de repos anormal étudiés, la pratique de la compétition sportive devrait être

autorisée. Toutefois, ces arbitres devraient être soumis à un programme de suivi périodique avec des contrôles une à deux fois par an.

5. Recommandation

La Commission médicale de la Fédération Burkinabè de Football devrait soumettre les arbitres à profil électrocardiographique de repos anormal à un programme de suivi périodique avec des contrôles une à deux fois par an.

6. Conclusion

Le but de l'étude était de déterminer au cours d'une épreuve d'effort, le risque de majoration des anomalies ECG de repos chez des arbitres de football d'élite et de subélite du Burkina Faso. Au terme, il n'y a pas eu de maladie cardiaque associée à l'ensemble des paramètres cardiovasculaires étudiés. Ainsi, ces arbitres peuvent participer aux compétitions sportives en intensifiant leur préparation physique pour améliorer leur performance, afin d'accroître leur chance de sélection au haut niveau.

Remerciements

Aux arbitres burkinabè de football pour leur participation volontaire à la réalisation de l'étude.

Déclaration de conflit d'intérêt

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt.

A propos des auteurs

Tiama Adama : Institut des Sciences du Sport et du Développement Humain de Ouagadougou, doctorant en physiologie de l'effort à l'Institut National de la Jeunesse de l'Education Physique et du Sport de Porto-Novo (Bénin), investigateur principal de cette étude.

Yaméogo Nobila Valentin : Service de Cardiologie du Centre Hospitalier Universitaire Yalgado Ouédraogo, Ouagadougou, Professeur Agrégé en Cardiologie des Université du CAMES, Médecin du Sport, a participé à l'élaboration du protocole de l'étude et à la collecte des données.

Gouthon Fabrice Gilchrist : Assistant à l'Institut National de la Jeunesse de l'Education Physique et du Sport de Porto-Novo (Bénin), Docteur en Santé Communautaire, a participé à l'élaboration du protocole de l'étude et à l'analyse statistique des données.

Nouatin Kocou Basile : Assistant à l'Institut National de la Jeunesse de l'Education Physique et du Sport de Porto-Novo (Bénin), Docteur en Physiologie de l'effort, a participé à l'élaboration du protocole de l'étude.

Bio Nigan Issiako : Professeur à l'Institut National de la Jeunesse de l'Education Physique et du Sport de Porto-Novo (Bénin), Professeur Titulaire en Physiologie de l'effort des Universités du CAMES, Nutritionniste du Sportif, a participé à l'élaboration du protocole de collecte de l'étude.

Seghda Taryetba André Arthur : Service de Cardiologie, Centre Hospitalier Universitaire de Bogodogo, Ouagadougou, Cardiologue, a participé à la collecte des données.

Ouedraogo Kiswendsida Guy Hervé : Service de Cardiologie, Centre Hospitalier Universitaire Yalgado Ouedraogo, Ouagadougou, Cardiologue, a participé à la collecte des données.

Ouedraogo Lynda : Service de Cardiologie, Centre Hospitalier Universitaire Yalgado Ouedraogo, Ouagadougou, Cardiologue, a participé à la collecte des données.

Tous les auteurs ont participé à la rédaction du manuscrit, puis ont lu et approuvé la version définitive.

Références

- Ascenzi, F. D., Zorzi, A., Alvino, F., Bonifazi, M., Corrado, D., & Mondillo, S. (2017). The prevalence and clinical significance of premature ventricular beats in the athlete. *Scand J Med Sci Sports*, 2017, 27, 140–151. Doi : 10.1111/sms.12679
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The yo-yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Medicine*, 38(1), 37-51. Doi : 10.2165/00007256-200838010-00004
- Basu, J., & Malhotra, A. (2018). Interpreting the athlete's ECG : current state and future perspectives. *Current Treatment Options in Cardiovascular Medicine*, 20(12), 104-114. Doi : 10.1007/s11936-018-0693-0
- Bauer, P., Kraushaar, L., Hoelscher, S., Weber, R., Akdogan, E., Keranov, S., Dörr, O., Nef, H., Hamm, C. W., & Most, A. (2021). Blood pressure response and vascular function of professional athletes and controls Authors. *Sports Medicine International Open*, 5, 45-52. Doi: 10.1055/a-1400-1897
- Bizzini, M., Schmied, C., Junge, A., & Dvorak, J. (2012). Precompetition medical assessment of referees and assistant referees selected for the 2010 FIFA World Cup. *British Journal of Sports Medicine*, 46(5), 374-376. Doi: 10.1136/bjsports-2011-090362
- Brosnan, M. J., Claessen, G., Heidbuchel, H., Prior, D. L., & La Gerche, A. (2015). Right precordial T-wave inversion in healthy endurance athletes can be explained by lateral displacement of the cardiac apex. *JACC: Clinical Electrophysiology*, 1(12), 84-91. Doi: 10.1016/j.jacep.2015.03.007
- Calore, C., Zorzi, A., Sheikh, N., Nese, A., Facci, M., Malhotra, A., Zaidi, A., Schiavon, M., Pelliccia, A., Sharma, S., & Corrado, D. (2016). Electrocardiographic anterior T-

- wave inversion in athletes of different ethnicities: differential diagnosis between athlete's heart and cardiomyopathy. *European Heart Journal*, 37(32), 2515-2527. Doi : 10.1093/eurheartj/ehv591
- Carré, F. (2014). La mort subite liée à la pratique sportive. *La Presse Médicale*, 43(8), 831-839. Doi : 10.1016/j.lpm.2014.04.010
- Caselli, S., Serdoz, A., Mango, F., Lemme, E., Vaquer Seguí, A., Milan, A., Attenhofer Jost, C., Schmied, C., Spataro, A., & Pelliccia, A. (2019). High blood pressure response to exercise predicts future development of hypertension in young athletes. *European Heart Journal*, 40(1), 62-68. Doi : 10.1093/eurheartj/ehy810
- Castagna, C., Abt, G., & D'Ottavio, S. (2007). Physiological aspects of soccer refereeing performance and training. *Sports Medicine*, 37(7), 625-646. Doi : 10.2165/00007256-200737070-00006
- Di Paolo, F. M., Schmied, C., Zerguini, Y. A., Junge, A., Quattrini, F., Culasso, F., Dvorak, J., & Pelliccia, A. (2012). The athlete's heart in adolescent africans: an electrocardiographic and echocardiographic study. *Journal of the American College of Cardiology*, 59(11), 1029-1036. Doi : 10.1016/j.jacc.2011.12.008
- Drezner, J. A., Sharma, S., Baggish, A., Papadakis, M., Wilson, M. G., Prutkin, J. M., Gerche, A. La, Ackerman, M. J., Borjesson, M., Salerno, J. C., Asif, I. M., Owens, D. S., Chung, E. H., Emery, M. S., Froelicher, V. F., Heidbuchel, H., Adamuz, C., Asplund, C. A., Cohen, G., ... Corrado, D. (2017). International criteria for electrocardiographic interpretation in athletes: consensus statement. *British Journal of Sports Medicine*, 51(9), 704-731. Doi : 10.1136/bjsports-2016-097331
- Elliott, P. M., Uk, C., Anastasakis, A., Germany, M. A. B., Germany, M. B., Cecchi, F., France, P. C., Alain, A., France, H., Lafont, A., Germany, H. M., Mckenna, W. J., Denmark, J. M., Uk, P. N., Germany, C. T., & Uk, H. W. (2014). 2014 ESC Guidelines on diagnosis and management of hypertrophic cardiomyopathy. *European Heart Journal*, 35(39), 2733-2779. Doi : 10.1093/eurheartj/ehu284
- Finocchiaro, G., Papadakis, M., Dhutia, H., Zaidi, A., Malhotra, A., Fabi, E., Cappelletto, C., Brook, J., Papatheodorou, E., Ensam, B., Miles, C. J., Bastiaenen, R., Attard, V., Homfray, T., Sharma, R., Tome, M., Carr-White, G., Merlo, M., Behr, E. R., ... Sharma, S. (2019). Electrocardiographic differentiation between benign T-wave inversion and arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy. *Europace*, 21(2), 332-338. Doi : 10.1093/europace/euy179
- Fuchs, T., Torjman, A., Galitzkaya, L., Leitman, M., & Pilz-Burstein, R. (2011). The clinical significance of ventricular arrhythmias during an exercise test in non-competitive and competitive athletes. *Israel Medical Association Journal*, 13(12), 735-739.
- Iellamo, F., Legramante, J. M., Pigozzi, F., Spataro, A., Norbiato, G., Lucini, D., & Pagani, M. (2002). Conversion from vagal to sympathetic predominance with strenuous training in high-performance world class athletes. *Circulation*, 105(23), 2719-2724. Doi : 10.1161/01.CIR.0000018124.01299.AE

- Keller, D. I., Bizzini, M., Feddermann, N., Junge, A., & Dvorak, J. (2013). FIFA Women's World Cup 2011: pre-competition medical assessment of female referees and assistant referees. *British Journal of Sports Medicine*, 47(3), 179-181. Doi : 10.1136/bjsports-2012-091436
- Kim, R. J., Iwai, S., Markowitz, S. M., Shah, B. K., Stein, K. M., & Lerman, B. B. (2007). Clinical and electrophysiological spectrum of idiopathic ventricular out flow tract arrhythmias. *Journal of the American College of Cardiology*, 49(20), 2035-2043. Doi : 10.1016/j.jacc.2007.01.085
- Marcadet, D.-M. (2004). Électrocardiogramme d'effort. *EMC-Cardiologie-Angéiologie*, 1(4), 281-309. Doi : 10.1016/j.emcaa.2004.08.001
- Marcadet, D. M., Pavy, B., Bossier, G., Claudot, F., Corone, S., Douard, H., Iliou, M. C., Vergès-Patois, B., Amedro, P., Le Tourneau, T., Cueff, C., Avedian, T., Solal, A. C., & Carré, F. (2018). French society of cardiology guidelines on exercise tests (part 1): Methods and interpretation. *Archives of Cardiovascular Diseases*, 111(12), 782-790. Doi : 10.1016/j.acvd.2018.05.005
- Prior, D. (2018). Differentiating athlete's heart from cardiomyopathies : the right side. *Heart Lung and Circulation*, 27(9), 1063-1071. Doi : 10.1016/j.hlc.2018.04.300
- Sarma, S., & Levine, B. D. (2016). Beyond the Bruce Protocol: advanced exercise testing for the sports cardiologist. *Cardiology Clinics*, 34(4), 603-608. Doi : 10.1016/j.ccl.2016.06.009
- Sheikh, N., Papadakis, M., Carre, F., Kervio, G., Panoulas, V. F., Ghani, S., Zaidi, A., Gati, S., Rawlins, J., Wilson, M. G., & Sharma, S. (2013). Cardiac adaptation to exercise in adolescent athletes of African ethnicity : an emergent elite athletic population. *British Journal of Sports Medicine*, 47(9), 585-592. Doi: 10.1136/bjsports-2012-091874
- Sheikh, N., Papadakis, M., Wilson, M., Malhotra, A., Adamuz, C., Homfray, T., Monserrat, L., Behr, E. R., & Sharma, S. (2018). Diagnostic yield of genetic testing in young athletes with t-wave inversion. *Circulation*, 138(12), 1184-1194. Doi : 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.034208
- Tougouma, S. J.-B., Zingue Ouattara, W. B. A., Yaméogo, N. V., Kambiré, Y., Millogo, G. R. C., Kologo, J. K., Sidibé, S., & Zabsonré, P. (2019). Le cœur d'athlète de haut niveau d'entraînement : résultats d'une enquête transversale menée à Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. *Annales de Cardiologie et d'Angéiologie*, 68(1), 17-21. Doi: 10.1016/j.ancard.2018.06.001
- Van De Sande, D. A. J. P., Hoogsteen, J., Doevendans, P. A., & Kemps, H. M. C. (2019). The influence of left ventricular geometry on the occurrence of abnormal exercise tests in athletes. *BMC Cardiovascular Disorders*, 19(1), 1-9. Doi : 10.1186/s12872-018-0983-1
- Verdile, L., Maron, B. J., Pelliccia, A., Spataro, A., Santini, M., & Biffi, A. (2015). Clinical significance of exercise-induced ventricular tachyarrhythmias in trained athletes

- without cardiovascular abnormalities. *Heart Rhythm*, 12(1), 78-85. Doi: 10.1016/j.hrthm.2014.09.009
- Weston, M., Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Bizzini, M., Williams, A. M., & Gregson, W. (2012). Science and medicine applied to soccer refereeing: An update. *Sports Medicine*, 42(7), 615-631. Doi : 10.2165/11632360-000000000-00000
- Zhang, Y., Qi, L., van de Vosse, F., Du, C., Yao, Y., Du, J., Wu, G., & Xu, L. (2020). Recovery responses of central hemodynamics in basketball athletes and controls after the Bruce Test. *Frontiers in Physiology*, 11, 1-9. Doi : 10.3389/fphys.2020.593277
- Zorzi, A., Vessella, T., De Lazzari, M., Cipriani, A., Menegon, V., Sarto, G., Spagnol, R., Merlo, L., Pegoraro, C., Marra, M. P., Corrado, D., & Sarto, P. (2020). Screening young athletes for diseases at risk of sudden cardiac death: role of stress testing for ventricular arrhythmias. *European Journal of Preventive Cardiology*, 27(3), 311-320. Doi : 10.1177/2047487319890973

Tiama Adama, Yameogo Nobila Valentin, Gouthon Fabrice Gilchrist, Nouatin Kocou Basile,
Bio Nigan Issiako, Seghda Taryetba André Arthur, Ouedraogo Kiswendsida Guy Hervé, Ouedraogo Lynda
EVALUATION DU RISQUE DE MAJORATION DES ANOMALIES ELECTROCARDIOGRAPHIQUES
DE REPOS AU COURS D'UNE EPREUVE D'EFFORT CHEZ DES ARBITRES
MASCULINS DE FOOTBALL DU BURKINA FASO

Creative Commons licensing terms

Authors will retain the copyright of their published articles agreeing that a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) terms will be applied to their work. Under the terms of this license, no permission is required from the author(s) or publisher for members of the community to copy, distribute, transmit or adapt the article content, providing a proper, prominent and unambiguous attribution to the authors in a manner that makes clear that the materials are being reused under permission of a Creative Commons License. Views, opinions and conclusions expressed in this research article are views, opinions and conclusions of the author(s). Open Access Publishing Group and European Journal of Physical Education and Sport Science shall not be responsible or answerable for any loss, damage or liability caused in relation to/arising out of conflict of interests, copyright violations and inappropriate or inaccurate use of any kind content related or integrated on the research work. All the published works are meeting the Open Access Publishing requirements and can be freely accessed, shared, modified, distributed and used in educational, commercial and non-commercial purposes under a [Creative Commons attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).