



**VALEURS DE REFERENCE DES PARAMETRES  
ASSOCIES A LA REPONSE INFLAMMATOIRE CHEZ  
LES HANDBALLEURS DE L'ELITE AU BENIN<sup>i</sup>**

**Linta Léonce Sèdjro Odjouola<sup>1,4ii</sup>,  
Agbodjogbe Kpèdétin Wilfrid Dieu Donnè,  
Quenum Tovignon Coffi<sup>1,4</sup>,  
Kouassi Jean Paul<sup>1,3</sup>,  
Gouthon Gilchrist Fabrice<sup>1,4</sup>,  
Nouatin Kocou Basile<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Unité de Recherche Sport, Santé et Evaluation (URSSE),  
Institut National de la Jeunesse, de l'Education Physique et du Sport,  
Université d'Abomey-Calavi,  
Porto-Novo, République du Bénin

<sup>2</sup>Laboratoire de la physiologie de l'effort,  
Institut National de la Jeunesse, de l'Education Physique et du Sport,  
Université d'Abomey-Calavi,  
Porto-Novo, République du Bénin

<sup>3</sup>Laboratoire Pluridisciplinaire, Sciences du Mouvement Humain,  
du Développement et du Bien-être (LAP-SMHDBE),  
Institut National de la Jeunesse et des Sports,  
Université Félix Houphouët-Boigny,  
Abidjan, République de la Côte-d'Ivoire

<sup>4</sup>Centre d'Expertise et de formation des professionnels du sport,  
12<sup>ème</sup> arrondissement de Cotonou,  
République du Bénin

**Résumé :**

**Contexte :** Les valeurs de référence des paramètres associés à la réponse inflammatoire des handballeurs d'Afrique subsaharienne et même du monde sont rares. **Objectif :** Cette étude avait pour objectif de proposer les valeurs de référence des paramètres associés à la réponse inflammatoire pour les handballeurs de l'élite du Bénin. **Méthode :** Il s'agit d'une étude prospective, à visée normative, entreprise avec 46 handballeurs masculins, dont 24 seniors (26,4 ± 3,5 ans) et 22 juniors (19,3 ± 0,8 ans). La protéine C-réactive ultrasensible (CRP<sub>us</sub>), les interleukines Il-6, Il-10 et le tumor necrosis factor (TNF- $\alpha$ ) ont été déterminés au début (DPS), puis à la fin de la période de préparation de la saison

<sup>i</sup> PARAMETER REFERENCE VALUES ASSOCIATED WITH THE INFLAMMATORY RESPONSE IN ELITE HANDBALLERS IN BENIN

<sup>ii</sup> Correspondence: email [lintonce@yahoo.fr](mailto:lintonce@yahoo.fr)

sportive (FPS). **Résultats** : A la FPS, seul le taux de CRP s'est accru chez les seniors, de sorte que la différence avec le taux enregistré chez les juniors était significative ( $p = 0,02$ ). Dans l'échantillon total, la moyenne de l'IL-6 a baissé de 64,1% ( $p < 0,001$ ), tandis que celle de l'IL-10 s'est accrue de 195,2% ( $p < 0,001$ ) à la FPS. Les modifications du TNF- $\alpha$  n'ont pas été significatives ( $p > 0,05$ ). **Conclusion** : Les charges associées aux séances d'entraînement préparatoires à la période de compétition ont modifié les valeurs des paramètres associés à la réponse inflammatoire, enregistrées à la fin de la période de transition. Ces résultats suggèrent de combiner les données des joueurs seniors et juniors collectées à la fin de la période de transition à celles de fin de préparation, de la saison sportive suivantes pour établir les valeurs de référence des paramètres étudiés, à l'usage de l'élite masculine du handball du Bénin.

**Mots clés** : protéine C-réactive, cytokine, valeur de référence, handball, Bénin

## 1. Introduction

Au handball, les joueurs participent généralement à des séances d'entraînement d'intensité élevée dans le but de réaliser de bonnes performances (Hermassi *et al.*, 2017 ; Hermassi *et al.*, 2018). Les charges physiques associées à ces séances, induisent souvent des modifications des paramètres associés à la réponse inflammatoire objectivées entre autres, par les variations des taux de leucocytes circulants, des cytokines pro et anti-inflammatoires dans le sang (Sellami *et al.*, 2018).

Ces réponses inflammatoires dépendent de la durée de la séance d'entraînement, de l'intensité des exercices, de la catégorie d'âges, du niveau de compétition des joueurs concernés, des caractéristiques de l'alimentation (Gunzer *et al.*, 2012 ; Sellami *et al.*, 2018). Au Bénin, ces réponses inflammatoires induites par la pratique du handball sont très peu connues par les entraîneurs. De ce fait, la préparation des joueurs aux compétitions est souvent inadéquate. Par conséquent, les charges physiques imposées aux joueurs lors des séances d'entraînement ne leur permettent pas de supporter l'intensité des compétitions internationales. La maîtrise de ces réponses chez les joueurs est par conséquent d'une importance capitale, pour le maintien d'un bon état de santé, favorable à la réalisation de bonnes performances sportives (Bachero-Mena *et al.*, 2017).

Quelques données liées à l'effet de l'entraînement sportif sur les paramètres associés à la réponse inflammatoire tels que la protéine C-réactive (CRP) et les cytokines ont été rapportées dans la littérature. Des résultats discordants allant dans le sens d'une tendance soit à une élévation, soit à une diminution non significative de la CRP, de l'interleukine 10 (IL-10) et du facteur de nécrose tumoral ou tumor necrosis factor (TNF- $\alpha$ ) ont été rapportés (Marin *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2014; Allen *et al.*, 2017; Coppalle *et al.*, 2019). Une baisse des valeurs de l'IL-6, du TNF- $\alpha$  et de la CRP, ainsi qu'une augmentation de l'IL-10 ont été aussi enregistrées par différents auteurs (Ambarish *et al.*, 2015 ; Sellami *et al.*, 2018).

La majorité des travaux disponibles ont rapporté les valeurs moyennes de la CRP et des cytokines, déterminées avant et après une période d'entraînement, sans en établir de façon spécifique les valeurs de référence (Marin *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2014).

Il a été rapporté que dans tout pays qui aspire à la haute performance, établir les valeurs de référence des facteurs biologiques des sportifs, s'avère nécessaire et implique donc la prise en compte non seulement, des données des joueurs des catégories junior et senior de l'élite, mais aussi celles des différentes périodes de la saison sportive (Linta *et al.*, 2020). La saison sportive comprend en effet trois périodes, à savoir celles de la préparation, de la compétition et de la transition qui ont chacune leurs caractéristiques (Silva *et al.*, 2016; Suarez-Arrones *et al.*, 2019). Ces différentes périodes sont susceptibles d'influencer différemment la variation des taux de la CRP et des cytokines. Des valeurs de référence déterminées de cette façon, sont plus convenables à utiliser comme norme pour l'évaluation de la réponse inflammatoire, dans le cadre du suivi biomédical des sportifs de haut niveau, résidant dans un environnement chaud et humide comme celui du Bénin, qui peut être considéré comme immuno-stimulant (Linta *et al.*, 2020). La présente étude a donc été entreprise pour proposer les valeurs de référence des paramètres associés à la réponse inflammatoire à partir de données collectées chez les handballeurs de l'élite du Bénin en période de préparation d'une saison sportive (PSS).

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1 Protocole de l'étude

Il s'agit d'une étude prospective, réalisée à Cotonou et Porto-Novo, pendant trois mois 15 jours. Le premier jour de l'étude, c'est-à-dire la veille du démarrage de la période de préparation de la saison sportive (PS), les informations relatives aux antécédents personnels de pratique sportive et de maladie ont été collectées. Les mesures anthropométriques, physiologiques et les prélèvements de sang ont été ensuite effectués chez chaque joueur. Après cette première étape, les joueurs ont tous passé le test 30-15 IFT (Buchheit, 2005) pour l'estimation indirecte du  $\dot{V}O_2$  max. Après 14 semaines, les mêmes mesures et prélèvements ont été repris dans le même ordre chez tous les participants après 14 semaines d'entraînement au cours de la préparation de la saison sportive. Les joueurs ont tous donné leur consentement éclairé et écrit pour participer à l'étude, qui a été réalisée selon les recommandations de la déclaration d'Helsinki (Helsinki *et al.*, 2013). L'approbation préalable du Comité Scientifique Sectoriel des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives (CSS/STAPS) de l'université d'Abomey-Calavi a été requise : N°043-2015/UAC/INJEPS/EDEPS-DH/D/SA.

### 2.2 Echantillon d'étude

Cette étude a été, réalisée avec 46 handballeurs, dont 22 de la catégorie junior (JJ) et 24 seniors (JS), appartenant tous à des clubs d'élite du Bénin. Parmi eux, 19 joueurs internationaux, ont participé au championnat du monde Junior de 2011 en Grèce, ou au

Challenge Trophy continental et mondial, puis à des championnats d'Afrique des clubs champions. Tous les joueurs qui ont satisfait aux critères d'inclusion définis comme suit, ont été intégrés à l'échantillon de l'étude : être détenteur d'une licence sportive de la catégorie junior ou senior d'un club d'élite de la Fédération Béninoise de Handball (FBHB); avoir joué au moins une fois pour l'équipe nationale, en compétition internationale; donner son consentement éclairé et écrit pour participer à cette recherche.

### 2.3 Mesures

Chez chaque joueur, 5 mL de sang ont été chaque fois prélevés dans des tubes secs, par ponction veineuse au pli du coude. Le sang prélevé a été centrifugé à 3000 tr/min pendant 10 min dans l'heure qui a suivi les prélèvements, pour récupérer le sérum dont une partie a servi au dosage de la protéine C réactive ultrasensible (CRP<sub>us</sub>), avec un Automate XL 2015 (Flexor Selectra, France). Ce dosage a été réalisé par la technique immuno-turbidimétrique.

La seconde partie des échantillons des sérums récupérés ont été conservés à -80 °C et utilisés pour le dosage des cytokines IL-6, IL-10 et TNF- $\alpha$ . Les kits ELISA Ready-Set-to-Go (Invitrogen®), utilisant des microplaques ont servi à déterminer les concentrations sériques de chaque cytokine, conformément au protocole proposé par le fournisseur. La technique ELISA en "Sandwich", permettant le dosage plus sensible des cytokines a été utilisée (image 3). Les seuils de détection des cytokines étaient de 2 pg/mL pour l'IL-6 et l'IL-10 et de 4 pg/mL pour le TNF- $\alpha$ . Un laveur de marque Thermo Scientific TM Wellwash<sup>TM</sup> versa microplate a été utilisé pour le lavage des plaques après chaque étape. A la fin de la réaction, les densités optiques du produit obtenu pour chaque cytokine ont été mesurées à 450 nm selon les recommandations du fournisseur, à l'aide d'un photomètre de type Tecan plate reader Infinite (200Pro®) et du logiciel Tecan® i-control version 1.12.4.0. Les courbes de concentration obtenues à partir des standards fournis par le fabricant (IL-6 de 2 à 200 pg/mL, IL-10 de 2 à 300 pg/mL et TNF- $\alpha$  de 4 à 500 pg/mL) ont servi à la détermination de la concentration de chaque cytokine, en utilisant le logiciel Excel® (Excel, version 2010).

La taille des participants a été mesurée au millimètre près, en utilisant une toise murale graduée 206 M (Seca-Bodimeter, France) et la masse corporelle à 100 g près, avec un pèse personne automatique (Terraillon, Chine) chez les joueurs vêtus uniquement d'un short et d'un tee-shirt. La fréquence cardiaque de repos (Fcr) a été mesurée avec des cardiofréquencesmètres FT4 (Polar, Finlande). Les mesures de la Fcr ont été effectuées en position assise après un repos de 15 min, dans le calme et dans une salle bien aérée. Un lecteur de bande DVD/CD et une clé USB préenregistrée du test 30-15 IFT, ont servi à estimer le  $\dot{V}O_{2\max 30-15}$  IFT de façon indirecte sur le terrain, par groupe de quatre ou cinq joueurs. La température ambiante avait varié de 30,5 à 32,2 °C et l'humidité relative de 77,4 à 80,5% au cours des différents tests et mesures.

## 2.4 Caractéristiques d'entraînement des joueurs

Les joueurs juniors et les seniors qui ont participé à cette recherche ont l'habitude de s'entraîner ensemble dans leurs clubs respectifs. A cause des reports de la date du démarrage officiel de la saison sportive, 28 semaines ont séparé la fin des compétitions de la saison précédente du début du championnat de l'année en cours.

Quatorze semaines ont été consacrées à la période de transition au cours de laquelle les joueurs qui étaient au repos relatif au handball, ont pratiqué d'autres activités sportives (football, basketball, tennis, natation) pour maintenir un niveau minimal de forme sportive. Ils se sont entraînés à la fréquence d'une séance de deux heures par semaine, réalisée à une intensité se situant souvent entre 60 et 70% de leur fréquence cardiaque maximale ( $F_{cmax}$ ). Pendant les quatorze semaines suivantes, les joueurs ont participé dans leurs clubs respectifs aux séances d'entraînement de la période de préparation de la nouvelle saison, qui comprenait deux étapes, à raison de 3 à 4 séances hebdomadaires d'une durée de deux heures chacune.

La première étape de huit semaines a été consacrée à la préparation physique générale. Elle avait pour but d'améliorer les capacités physiques et technico-tactiques de base en défense et en attaque, puis de mettre en place le projet collectif d'attaque, ainsi que le système de défense des équipes. Les joueurs s'entraînaient à des intensités se situant entre 70% et 80% de leur  $F_{cmax}$  respective. La seconde étape de six semaines, consacrée à la préparation physique spécifique, a été composée de séances d'intensités plus élevées que celles de la première ( $> 80\%$  de la  $F_{cmax}$ ), avec 2 à 4 matchs amicaux selon le club. Elle avait aussi pour but d'améliorer les capacités physiques, d'affiner les combinaisons tactiques de défense et d'attaque, avec la particularité que les exercices réalisés avec ballon, étaient proches des actions de jeu en match.

## 2.5 Analyse statistique

Les données ont été traitées avec le logiciel Statistica (Stat Soft Inc., version 12). Les résultats descriptifs sont présentés sous forme de moyenne ( $m$ )  $\pm$  écart type ( $s$ ). La normalité de la distribution des variables a été vérifiée en utilisant le test de Kolmogorov-Smirnov. Le test  $t$  de Student pour échantillons appariés, a servi à comparer les moyennes aux différents temps de mesures (DPP et FPP) dans l'échantillon total et dans chaque catégorie d'âges. Le test  $t$  de Student pour échantillons indépendants a été utilisé pour comparer les données des seniors à celles des juniors. Les valeurs normatives sont présentées sous forme de moyenne ( $m$ )  $\pm 1$  écart type ( $1s$ ), puis moyenne ( $m$ )  $\pm 2$  écarts types ( $2s$ ), avec les valeurs maximale et minimale, suivies des percentiles 5 et 95. Le niveau de signification des tests statistiques a été fixé à  $p < 0,05$ .

### 3. Résultats

**Tableau 1 :** Caractéristiques anthropométriques, physiologiques et antécédents de pratique sportive des handballeurs d'élite du Bénin

	Seniors (n = 24)	Juniors (n = 22)	Echantillon entier (n = 46)
Age (ans)	26,4 ± 3,5	19,3 ± 0,8***	23,0 ± 4,4
Taille (cm)	179,6 ± 7,0	177,8 ± 6,5	178,8 ± 6,8
Masse corporelle (kg)	76,5 ± 2,4	70,9 ± 1,7	73,8 ± 10,5
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	23,6 ± 3,2	22,3 ± 1,6	23,0 ± 2,6
% de graisse (%)	18,0 ± 7,3	13,0 ± 1,0*	15,6 ± 6,6
$\dot{V}O_{2max30-15IFT}$ (mL/min/kg)	52,8 ± 2,8	52,8 ± 0,5	52,8 ± 2,7
Ancienneté dans la pratique (ans)	11,1 ± 3,2	8,0 ± 2,4***	9,6 ± 3,2
MHE (heures)	6,7 ± 0,6	4,2 ± 0,4	4,3 ± 0,5
F <sub>cm</sub> (bpm)	190 ± 3	192 ± 0*	191 ± 3
F <sub>cr</sub> (bpm)	56 ± 2	55 ± 0	56 ± 2

Les nombres dans les cases représentent les valeurs moyennes ± écarts types ; IMC : indice de masse corporelle ; MHE : masse horaire hebdomadaire d'entraînement ; F<sub>cr</sub> : fréquence cardiaque de repos ;  $\dot{V}O_{2max}$  : consommation maximale d'oxygène indirectement estimée; ancienneté dans la pratique : nombre d'années de pratique du handball en compétition ; \* : différence avec les seniors, significative à p < 0,05; \*\*\* : différence avec les seniors, significative à p < 0,001.

Les moyennes (tableau 1) des JJ n'ont pas présenté de différence significative avec celles des JS en ce qui concerne la F<sub>cr</sub> (56 ± 2 bpm *versus* de 55 ± 0 bpm ; p = 0,09), le  $\dot{V}O_{2max30-15IFT}$  (52,8 ± 2,8 mL/min/kg *versus* 52,8 ± 0,5 mL/min/kg ; p = 0,69) et la MHE (6,7 ± 0,6 heures *versus* 4,2 ± 0,4; heures p = 0,24).

**Tableau 2 :** Variation des paramètres associés à la réponse inflammatoire chez les handballeurs d'élite du Bénin (n = 46)

	Echantillon total		Δ (%)
	DPS	FPS	
CRP <sub>us</sub> (mg/L)	0,7 ± 1,1	0,8 ± 1,1	+ 12,5
TNF-α (pg/L)	21,0 ± 16,9	19,2 ± 17,7	- 8,5
IL-6 (pg/L)	6,7 ± 4,9	2,4 ± 1,2***	- 64,1
IL-10 (pg/L)	2,1 ± 0,8	6,2 ± 5,9***	+ 195,2

DPS : début de la période de préparation de la saison sportive; FPS : fin de la période de préparation de la saison sportive; CRP : Protéine C-Réactive ultrasensible; les nombres dans les cases représentent les valeurs moyennes ± écarts types; Δ (%): pourcentage de variation entre début et fin de la période de préparation \* : différence entre DPS et FPS, significative à p < 0,05 \*\* : différence entre DPS et FPS, significative à p < 0,01; \*\*\* : différence entre DPS et FPS, significative à p < 0,001.

Dans l'échantillon total, les moyennes des IL-6 étaient plus basses de 64,1% (p < 0,001) à la FPS par rapport au DPS. Celles de l'IL-10 étaient par contre plus élevées de 195,2% (p

< 0,001). Les moyennes du TNF- $\alpha$  ont varié de façon non significative de - 8,5% (p = 0,36) entre le DPS et la FPS (tableau 2).

**Tableau 3 :** Variation des paramètres associés à la réponse inflammatoire entre handballeurs seniors et juniors du Bénin

	Seniors (n = 24)			Juniors (n = 22)		
	DPS	FPS	$\Delta S$ (%)	DPS	FPS	$\Delta J$ (%)
CRPus (mg/L)	0,4 $\pm$ 0,5	1,0 $\pm$ 1,3*	(+150,0)	1,0 $\pm$ 0,3	0,7 $\pm$ 0,1	(- 30,0) <sup>†</sup>
TNF- $\alpha$ (pg/L)	20,0 $\pm$ 19,2	21,1 $\pm$ 19,7	+ (5,5)	22,0 $\pm$ 14,4	17,2 $\pm$ 15,5	(- 21,8)
IL-6 (pg/L)	7,4 $\pm$ 5,6	2,6 $\pm$ 1,3***	(- 64,8)	5,9 $\pm$ 4,0	2,3 $\pm$ 1,0***	(- 61,0)
IL-10 (pg/L)	2,0 $\pm$ 0,3	6,0 $\pm$ 5,7**	(+ 200,0)	2,2 $\pm$ 1,1	6,3 $\pm$ 6,3**	(+ 186,3)

DPS : début de la période de préparation de la saison sportive; FPS : fin de la période de préparation de la saison sportive ; les nombres dans les cases représentent les valeurs moyennes  $\pm$  écarts types;  $\Delta$  (%): pourcentage de variation entre DPS et FPS dans chaque catégorie; \*\* : différence entre DPS et FPS, significative à p < 0,01; \*\*\* : différence entre DPS et FPS, significative à p < 0,001; † : différence avec les seniors, significative à p < 0,05.

Chez les JS, de l'IL-6 a décré de 64,8% (p < 0,001) à la FPS. La CRPus et l'IL-10 se sont respectivement accrues de 150% (p = 0,03) et 200% (p = 0,002) à la FPS, mais la concentration du TNF- $\alpha$  a varié de façon non significative (p = 0,68). Chez les JJ, les moyennes de l'IL-6 ont baissé de 61% (p < 0,001) à la FPS. L'IL-10 s'est par contre accrue de 183,3% (p = 0,005). Les tendances de baisse de 30% de la CRPus et de 21,8% du TNF- $\alpha$  étaient non significatives (p > 0,05). A la FPS (tableau 3), l'accroissement de la CRPus observée chez les JS a fait que la différence observée entre les moyennes de la CRPus enregistrées chez les JS et les JJ était significative (p = 0,02).

**Tableau 4 :** Valeurs de référence des paramètres associés à la réponse inflammatoire chez les handballeurs d'élite du Bénin

	n	Min	Max	m $\pm$ s	m $\pm$ 2 s	Percentile 5	Percentile 95
CRPus (mg/L)	92	0,0	5,8	0,8 $\pm$ 1,1	0,8 $\pm$ 2,2	0,0	2,7
TNF- $\alpha$ (pg/L)	92	4,0	86,1	20,1 $\pm$ 17,2	20,1 $\pm$ 34,4	4,0	46,9
IL-6 (pg/L)	92	2,0	15,7	4,6 $\pm$ 4,1	4,6 $\pm$ 8,2	2,0	14,2
IL-10 (pg/L)	92	2,0	18,5	4,1 $\pm$ 4,6	4,1 $\pm$ 9,2	2,0	16,0

Les valeurs présentées : combinaison des mesures de début et de fin de la période de préparation de la saison sportive; n: effectif ; m: moyenne; s: écart type; Min: valeurs minimales; Max: valeurs maximales.

Les valeurs de référence des paramètres associés à la réponse inflammatoire des handballeurs sont présentées dans le tableau 4. Les données extrêmes (valeurs de référence maximales et minimales) et la moyenne de la CRPus observées dans la présente étude se situent à l'intérieur de l'étendue des valeurs usuelles utilisées par le laboratoire qui a effectué les analyses sanguines (Tableau 4). Les concentrations des cytokines observées étaient toutes à l'intérieur de l'étendue de des valeurs standard (IL-6 de 2 à 200 pg/mL, IL-10 de 2 à 300 pg/mL et TNF- $\alpha$  de 4 à 500 pg/mL) fournis par le fabricant des kits utilisés.

#### 4. Discussion

Cette étude a été entreprise sur la base des hypothèses selon lesquelles premièrement, chez les handballeurs de l'élite au Bénin, les valeurs de la CRP ultrasensible, de l'IL-6 et du TNF- $\alpha$  obtenues à la fin de la période de préparation de la saison sportive sont plus basses que celles du début, tandis que celle de l'IL-10 est plus élevée. Deuxièmement, les valeurs de référence des paramètres associés à la réponse inflammatoire, élaborées avec les données des handballeurs de l'élite du Bénin sont différentes de celles établies pour la population générale du même pays.

Les résultats obtenus à la fin des travaux de cette recherche peuvent être considérés comme suffisamment fiables, puisque les méthodes et les techniques appropriées ont été utilisées pour analyser les échantillons de sang. La moyenne du  $\dot{V}O_{2\max 30-15IFT}$  observée dans cette étude était de 52,8 mL/min/kg. Cette valeur est proche de celle de l'élite internationale de handball qui est souvent comprise entre 50 et 60 mL/kg/min (Ziv et Lidor, 2009). Il est par conséquent raisonnable de penser que les handballeurs sollicités pour cette étude, présentent en moyenne de bonnes potentialités aérobies. Par ailleurs, Les moyennes de fréquence cardiaque de repos (Fcr) inférieures à 60 bpm enregistrées chez les handballeurs seniors et juniors dans cette étude correspondent aux valeurs usuelles observées au repos chez les sportifs (Kenney *et al.*, 2017). Elles rendent certainement compte des effets positifs de l'entraînement régulièrement suivi par ces joueurs.

La moyenne de la CRP entre le début et la fin de la période de préparation de la saison sportive dans l'échantillon total tend vers une augmentation non significative. Ce résultat corrobore celui observé chez des footballeurs professionnels en France, qui est également allé dans le sens d'une augmentation non significative de la CRP au cours de la période de préparation de la saison 2014-2015 (Coppalle *et al.*, 2019).

Lorsque le groupe des seniors seul est prise en compte, la CRP apparaît plus élevée à la fin de la période de préparation de la saison sportive qu'au début. Il est possible que les lésions musculaires provoquées par les contractions brusques et intenses qu'exige la réalisation des exercices excentriques effectués à vitesse maximale (Silva *et al.*, 2014) pendant la dernière séance, soient à l'origine de l'inflammation ayant entraîné cette élévation de la CRP chez les seniors. Pour éviter une telle situation, le protocole a quand même prévu un temps de repos de 72 heures avant les mesures en retest. La CRP étant une protéine de la phase aiguë de l'inflammation (Cantagrel *et al.*, 2017), il est probable que ce délai n'ait pas suffi pour faire disparaître l'inflammation qui se met en place après les séances d'entraînement comprenant des exercices de type excentrique. Il faut peut-être dans ce cas, jusqu'à 5-7 jours pour que les muscles les plus sollicités récupèrent totalement.

A la fin de la période de préparation de la saison sportive, la différence entre la CRP des joueurs seniors et celle enregistrée chez les juniors était significative. Cette différence pourrait s'expliquer par l'écart d'âges entre les deux catégories, car il a été



rapporté que plus l'âge avance, plus la sécrétion de la CRP qui rend compte de l'état inflammatoire, s'accroît (Sellami *et al.*, 2018).

Dans l'échantillon total, ainsi que chez les juniors et les seniors considérés séparément la moyenne de l'IL-6 a baissé, tandis que celle de l'IL-10 a augmenté. Cela suppose que les séances d'entraînement à intensité élevée, préparatoires à la saison sportive ont eu un effet protecteur (anti-inflammatoire) sur les handballeurs étudiés. Cela n'est pas surprenant puisque la pratique physique et sportive régulière exerce un effet anti-inflammatoire (Ambarish et Radhika, 2015 ; Sellami *et al.*, 2018). L'IL-6 est en effet une cytokine essentielle dans la régulation du système immunitaire (Cantagrel *et al.*, 2017) qui intervient entre autre dans la régulation des lymphocytes. Il est donc possible que la baisse de la concentration de l'IL-6 soit associée à la réduction du nombre de lymphocytes souvent observée à la fin d'une période de préparation de la saison sportive (Linta *et al.*, 2020). L'IL-10 quant à elle, est la cytokine qui exerce l'effet anti-inflammatoire le plus fort car elle fait baisser l'inflammation médiée par les macrophages et les lymphocytes T. Elle réduit les dérivés réactifs de l'oxygène qui résultent de l'explosion oxydative provoquée par les neutrophiles et les monocytes (Cantagrel *et al.*, 2017 ; Terra *et al.*, 2012). Cette explosion oxydative est par ailleurs activée par l'action pro-inflammatoire de l'IL-6 (Cantagrel *et al.*, 2017 ; Terra *et al.*, 2012). Les données de la présente étude relatives à l'augmentation de l'IL-10 corroborent celles obtenus dans une étude dans laquelle les auteurs ont comparé les résultats obtenus après six mois d'entraînement aérobie à ceux de la musculation réalisée pendant la même période chez des sujets sains (Abd El-Kader et Al-Shreef, 2018).

Le TNF- $\alpha$  a connu dans l'échantillon total et dans le groupe des juniors de la présente étude, une baisse non significative, contrairement à ce qui s'est passé chez les seniors dont les moyennes tendent à être plus élevée. Les auteurs d'une autre étude ont aussi observé une baisse non significative du TNF- $\alpha$  après l'entraînement aérobie, puis une augmentation non significative après un cycle de musculation (Salamat *et al.*, 2016). Toutes ces absences de variations du TNF- $\alpha$  ont été enregistrées avec des échantillons de petites tailles. Avec des tailles plus étendus, les comparaisons auraient certainement révélées des changements de plus grandes amplitudes.

Les moyennes des valeurs de référence, ainsi que les données extrêmes (valeurs de référence maximales et minimales) de la CRP, de l'IL-6 de l'IL-10 et du TNF- $\alpha$  observées étaient toutes à l'intérieur de l'étendue des concentrations standard fournies par le fabricant des kits utilisés. Toutefois, le fait que les moyennes des valeurs référence de l'IL-6, de l'IL-10 et du TNF- $\alpha$  soient 2 à 4 fois plus élevées que les seuils de détection respectifs de ces paramètres, suggère que ces valeurs soient établies, comme cela a été fait dans cette étude. La non disponibilité des valeurs référence de la CRP, de l'IL-6 de l'IL-10 et du TNF- $\alpha$  établies pour la population sportive en général et celle des handballeurs en particulier, ne permet pas de faire des comparaisons avec les données d'autres études. Celles proposées dans la présente étude peuvent donc servir de repères pour des travaux

réalisés chez les d'autres handballeurs du Bénin de mêmes niveaux et catégories, en attendant la mise en œuvre d'études sur des échantillons plus étendus.

## 5. Conclusion

Cette étude avait pour objectif de proposer les valeurs de référence des paramètres associés à la réponse inflammatoire à partir de données collectées au début et à la fin de la période de préparation d'une saison sportive chez les handballeurs de l'élite du Bénin. Au terme de l'analyse des données, il est apparu que : 1) La moyenne de la CRPus s'est accrue chez les séniors, de sorte que la différence avec celle des juniors était significative; 2) dans le groupe des handballeurs étudiés, une baisse de l'effectif de l'IL-6 et un accroissement de l'IL-10 ont été observés à la fin de la période de préparation. Le TNF- $\alpha$  a par contre présenté dans l'échantillon total et dans le groupe des juniors une tendance à la baisse, mais la tendance était contraire chez les seniors.

Sur la base de ces constats, il est permis de penser que les séances d'entraînement préparatoires à la période de compétition, souvent réalisées à des intensités élevées ont un effet protecteur (anti-inflammatoire) sur la fonction immunitaire des handballeurs de l'élite. Les résultats confirment l'hypothèse selon laquelle les paramètres de la réponse inflammatoire varient en moyenne, sous l'effet des charges d'entraînement imposées à ces joueurs, au cours de la phase de préparation de la saison sportive. Ces résultats suggèrent de prendre en compte cet effet lors de l'établissement des valeurs de références de ces paramètres pour ce groupe de joueurs. Des valeurs de référence de la CRPus, de l'IL-6 de l'IL-10 et du TNF- $\alpha$  sont par conséquent proposées à l'usage des handballeurs de l'élite masculine du Bénin. Cette même démarche devra être entreprise à brève échéance pour l'élite féminine du handball du Bénin.

### 5.1 Application pratique

Les valeurs de référence ainsi proposées peuvent être utilisées comme repères pour évaluer l'état du système immunitaire de l'ensemble des handballeurs du Bénin au repos, en période de compétition et d'entraînement intensif.

### Remerciements

Les auteurs remercient tous les joueurs, entraîneurs et dirigeants des clubs de handball qui ont accepté de participer à la présente étude, en sacrifiant de leur temps et de leur énergie.

### Remarque

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

## Déclaration de conflit d'intérêt

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt.

## A propos des auteurs

**Linta Léonce Sèdjro Odjouola** : Enseignant chercheur à l'Institut National de la Jeunesse de l'Education Physique et du Sport de Porto-Novo (Bénin), Docteur en Physiologie de l'effort, investigateur principal de cette étude.

**Agbodjogbé Kpèdétin Wilfrid Dieu Donné** : Enseignant chercheur à l'Institut National de la Jeunesse de l'Education Physique et du Sport de Porto-Novo (Bénin), Docteur en Physiologie de l'effort, Maitre Assistant des Université du CAMES, a participé à l'élaboration du protocole de l'étude et à la collecte des données.

**Quenum Tovignon Coffi** : Enseignant chercheur 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 et à la collecte des données.

**Kuassi Jean Paul** : a participé à l'élaboration du protocole de l'étude et à l'analyse statistique des données

**Gouthon Gilchrist Fabrice** : Enseignant chercheur 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.

## Références

- Abd El-Kader, S. M. Al-Shreef, F. M. (2018). *Impact of aerobic exercises on selected inflammatory markers and immune system response among patients with sickle cell anemia in asymptomatic steady state*. Afri Health Sci. 2018; 18(1): 111-19. doi.org/10.4314/ahs.v18i1.15
- Allen, N. G. et al. (2017). *The effect of high intensity aerobic interval training on markers of systemic inflammation in sedentary populations*. Eur J Appl Physiol; 117: 1249–56. doi: 10.1007/s00421-017-3613-1
- Ambarish, V. Radhika, K. (2015). *Pro and anti-inflammatory effects of graded physical exercise*. Int J Med Res Health Sci; 4(1): 65-71. doi: 10.5958/2319-5886.2015.00011.9
- Bachero-Mena, B. et al. (2017). *Enhanced strength and sprint levels, and changes in blood parameters during a complete athletics season in 800 m high-level athletes*. Front Physiol; 8: 637-56. doi : 10.3389/fphys.2017.00637
- Buchheit, M. (2005). *Le 30-15 intermittent fitness test*. Approches du Handball; 89: 42-7.

- Cantagrel, A. et al. (2017). *Le TNF- $\alpha$ , l'interleukine-6 et l'interleukine-1: trois cytokines centrales de la polyarthrite rhumatoïde*. J Monrhu; 418: 1-6. doi.org/10.1016/j.monrhu.2017.08.005
- Coppalle, S. et al. (2019). *Relationship of pre-season training load with in-season biochemical markers, injuries and performance in professional soccer players*. Front Physiol; 10: 40-9. doi: 10.3389/fphys. 2019.00409
- Eston, R. et al. (2003). *Muscle function after exercise-induced muscle damage: Considerations for athletic performance in children and adults*. JESF; 1(2): 85-96.
- Gouthon, P. et al. (2009). *Variations of the circulating leukocyte counts according to the volleyball players' practice level in Benin Republic*. Rev CAMES Série A; 09: 54-9.
- Gunzer, W. et al. (2012). *Exercise-induced immunodepression in endurance athletes and nutritional intervention with carbohydrate, protein and fat: what is possible, what is not?* Nutrients; 4(9): 1187-212. doi: 10.3390/nu4091187
- Hermassi, S. et al. (2017). *Effects of in-Season explosive strength training on maximal leg strength, jumping, sprinting, and intermittent aerobic performance in male handball athletes*. Sportverletz Sportschaden; 31(3): 167-73. doi: 10.1055/s-0043-103469
- Hermassi, S. et al. (2018). *Effects of in-season short-term aerobic and high-intensity interval training program on repeated sprint ability and jump performance in handball players*. J Sports Med Phys Fitness; 58 (1-2): 50-6. doi: 10.23736/S0022-4707.16.06770-0
- Kenney, L. et al. (2017). *Physiology of the sport and the exercise*. [Online]. 6<sup>th</sup> ed. Bruxelles: De Boeck University. Disponible: [www.deboecksuperieur.com](http://www.deboecksuperieur.com)
- Linta, L. S. O. et al. (2020). *Valeurs de référence des leucocytes circulants chez les handballeurs de l'élite en République du Bénin*. J Rech Sci Univ Lomé (Togo); 22(1-2): 319-331.
- Marin, D. P. et al. (2013). *Oxidative stress and antioxidant status response of handball athletes: Implications for sport training monitoring*. Int Immunopharmacol; 17: 462-70. doi.org/10.1016/j.intimp. 2013.07.009
- Saddam, A. et al. (2017). *Analysis of the evolution of some hematological parameters during the first preparatory period on young Algerian soccer athletes (U17)*. Eur J Phys Educ Sport Sci; 3(10): 128-34. doi: 10.5281/zenodo.887967
- Salamat, K. M. et al. (2016). *The response of pre-inflammatory cytokines factors to different exercises (endurance, resistance, concurrent) in overweight men*. AJM.; 52: 367-70. doi.org/10.1016/j.ajme.2015.12.007
- Sellami, M. et al. (2018). *Effects of acute and chronic exercise on immunological parameters in the elderly aged: Can physical activity counteract the effects of aging?* Front Immunol; 9: 2187-204. doi: 10.3389/fimmu. 2018.02187
- Silva, J. R. et al. (2014). *Biochemical impact of soccer: an analysis of hormonal, muscle damage, and redox markers during the season*. Appl Physiol Nutr Metab; 39: 432-38. doi.org/10.1139/apnm-2013-0180
- Silva, J. R. et al. (2016). *The transition period in soccer: a window of opportunity*. Sports Med; 46: 305-13. doi:10.1007/s40279-015-0419-3

- Suarez-Arrones, L. *et al.* (2019). *The effects of detraining and retraining periods on fat-mass and fat-free mass in elite male soccer players*. Peer J; 7: 7466-77. doi: 10.7717/peerj.7466
- Terra, R. *et al.* (2012). *Effect of exercise on the immune system : response, adaptation and cell signaling*. Rev Bras Med Esporte.; 18(3): 208-14. doi: 10.1590/S1517-86922012000300015
- World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. Adopted by the 18th WMA General Assembly, Helsinki, Finland, June 1964, and amended by the 64th WMA General Assembly, Fortaleza, Brazil, October 2013.*
- Ziv, G. Lidor, R. (2009). *Physical characteristics, physiological attributes, and on-court performances of handball players: a review*. Eur J Sport Sci.; 9: 375-86. doi.org/10.1080/17461390903038470

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/).