

EFFETS DU JEUNE DE RAMADHAN SUR L'APTITUDE AEROBIE ET LES PARAMETRES ANTHROPOMETRIQUES ET BIOCHIMIQUES CHEZ DES FOOTBALLEURS (15-17 ANS)

Résumé

But de l'étude : Notre étude a pour objectif d'évaluer chez des footballeurs l'influence du jeûne Ramadhan, seul et associé à un effort musculaire, sur les paramètres biométriques, le $\dot{V}O_2\max$, et l'endurance aérobie (EA).

Méthodes : 30 footballeurs âgés entre 15 et 17 ans ont consenti à participer à notre étude. Ils ont été testés en 02 occasions : pendant la période de contrôle juste avant le mois de ramadhan (C) et durant la quatrième semaine de Ramadhan (R). Pendant chaque période, ils ont réalisé 02 épreuves d'effort : Une épreuve d'effort triangulaire (test de course navette de 20 mètres de Leger et al 1982 (1) et une épreuve d'effort rectangulaire sur ergocycle réalisée à 85% de la PMA (test d'Åstrand (2) accompagnée des mesures biométriques et des prélèvements sanguins.

Résultats : Les résultats ont montré une diminution des lactates et des triglycérides au repos, un accroissement de la glycémie et une chute des lactates et des triglycérides à la fin de l'effort.

Conclusion : Pour les conditions spécifiques de notre étude, ni la PMA, ni le $\dot{V}O_2\max$, ni l'EA n'ont été altérés par la pratique du jeûne.

CHIHA Fouad

Département d'Education Physique
et Sportive
Université Mentouri
Constantine (Algérie)

Introduction

Pour les biologistes, le jeûne de Ramadhan est défini comme étant un jeûne de courte durée d'environ 11 heures en hiver et 17 heures en été. Par ailleurs, ce mois est caractérisé par un changement des rythmes alimentaires traduit essentiellement par la prise d'un principal repas lors de la rupture du jeûne au coucher du soleil et une modification du cycle sommeil-veille avec une vie nocturne plus prononcée.

ملخص

يهدف هذا البحث إلى التعرف على تأثير صيام رمضان على العناصر المرفولوجية، كمية الاستهلاك الأقصى للأكسجين والمداممة الهوائية للاعب كرة القدم أثناء الراحة والجهد العضلي. شملت عينة البحث 30 لاعب كرة القدم (15 - 16 سنة).

تم تطبيق الاختبارات عليهم خلال مرحلتين:

المرحلة الأولى قبل شهر رمضان بأسبوع (م) والمرحلة الثانية خلال الأسبوع الرابع من الشهر (ر) وفي كل مرحلة تم تطبيق اختبارين، الأول اختبار ثلاثي (الاختبار المكوكي لـ 20 متر لليجي وآخرون 1982)، والثاني اختبار أسترون المنجز بشدة 85 % من القدرة الهوائية القصوى مصحوبا بالقياسات المرفولوجية وأخذ عينات من الدم.

أظهرت نتائج البحث: نقص معنوي لكل من حمض اللبن وثلاثي الغليسريد أثناء الراحة، تفوق معنوي لنسبة السكر، وتدني نسبة من كل حمض اللبن وثلاثي الغليسريد عند نهاية الجهد البدني، أما بقية العناصر فبقيت من غير تغيير إحصائي.

من أجل الظروف الخاصة ببحثنا، أظهرت النتائج عدم تأثير صيام رمضان على القدرة الهوائية، نسبة الاستهلاك الأقصى للأكسجين والمداومة الهوائية.

Ainsi, l'observance du jeûne Ramadhan par les sportifs, et en particulier les footballeurs musulmans, serait responsable de perturbations chronobiologiques liées à une baisse du niveau général des performances sportives pendant ce mois lors de l'entraînement d'une part et de la compétition d'autre part.

A l'état du jeûne, l'organisme mobilise, dans une première étape, ses réserves glucidiques. Les cellules musculaires ne peuvent pas libérer du glucose dans la circulation sanguine contrairement au glycogène hépatique qui peut fournir du glucose aux autres tissus mais ceci n'est valable que pour une période de courte durée, en effet, plusieurs auteurs ont démontré, après expérience sur des rats, que les stocks hépatiques glycogéniques s'épuisent au bout de 12 heures de jeûne (3). Si le jeûne se prolonge, les mécanismes de production hépatiques de glucose (néoglucogenèse) s'intensifient et deviennent prédominants au moment où les réserves glycogéniques s'épuisent. Les besoins de l'organisme via la néoglucogenèse se trouvent diminués par la présence dans la circulation d'un autre substrat énergétique : les acides gras issus de la lipolyse au niveau du tissu adipeux.

Lorsque le jeûne se prolonge encore, une grande partie de ces acides gras est prélevée par le foie où ils sont oxydés en acétyl-coA. L'intensification de la β -oxydation provoque une accumulation de l'acétyl coA qui est transformé par le foie, seul organe à posséder les enzymes de la cétogenèse, en corps cétoniques qui deviennent un véritable relais énergétique (4).

La majorité de la littérature montre que l'organisme est capable de moduler l'intensité des voies métaboliques qu'il fait intervenir et même de réaliser des épargnes particulièrement lorsqu'il est soumis à des stress prolongés ou répétitifs tels que l'activité physique et le jeûne répétitif.

L'étude de Ramadhan sur la santé et les performances physiques des footballeurs est un sujet qui suscite des intérêts de plus en plus croissants dans le monde du football car le nombre des footballeurs musulmans ne fait qu'augmenter dans les pays occidentaux d'une part, d'autre part, parce que les exigences du football moderne ont considérablement augmenté s'appuyant de plus en plus sur les contraintes imposées par le match et sur la préparation physique et les aspects athlétiques des athlètes (5).

Du point de vue physiologique, le football est un sport à dominante aérobie, elle représente 80% de la fourniture énergétique totale d'un match, la fréquence cardiaque oscille entre 165-175 battements par minute. Le pourcentage de la puissance maximale

aérobie (PMA) majoritairement utilisée lors des phases de jeu se situe entre 80 et 85% (6) alors que la distance parcourue est de 10 Km en moyenne avec un rapport moyen de 7/1 des phases de jeu à intensité basse et celle à haute intensité, le football de haut niveau nécessite un $\dot{V}O_2\text{max}$ supérieur à 60ml/Kg/min (7) et exige un apport alimentaire de 3500 Kcal en moyenne (8).

Durant le mois de Ramadhan, les conditions de la pratique du football, dont on cerne de mieux en mieux les nécessités physiologiques et biologiques, restent peu connues. Faute de connaissance précise de la pratique du sport de compétition pendant le jeûne, l'approche du Ramadhan voit apparaître régulièrement débats et polémiques.

Les principaux questionnements qui reviennent régulièrement pendant cette période et qui soulèvent des appréhensions de la part des athlètes, des entraîneurs et des instances impliquées dans la programmation de la compétition pendant ce mois sont :

- le jeûne de Ramadhan serait-il incompatible avec la pratique du sport comme le rapportent certains auteurs dans leurs travaux (9) ?

- Devrait-on conserver les mêmes aspects méthodologiques de la pratique sportive ou prendre en considération la survenue de ce mesocycle lié à la pratique du jeûne dans la planification de l'entraînement ?

L'objectif de l'étude est d'évaluer l'influence du jeûne de Ramadhan sur l'aptitude aérobie et tester par le biais de l'expérimentation l'hypothèse des éventuels effets du Ramadhan sur les paramètres anthropométriques, biochimiques, au repos et à la fin de l'effort, et sur les capacités aérobies ($\dot{V}O_2\text{max}$ et EA) des footballeurs.

Plusieurs études ont été réalisées pour élucider l'influence du jeûne de Ramadhan sur l'organisme, ces études qui rapportaient des conclusions parfois contradictoires ont touché plusieurs paramètres : certains auteurs ont examiné les variations pondérales associées à la pratique du jeûne (10), ils ont trouvé dans leur études une chute significative du poids corporel et parfois de la masse grasse alors que d'autres études (11) n'ont pas trouvé de changement pour les composantes pondérales. D'autres auteurs ont étudié l'influence du jeûne de Ramadhan sur certains constituants sanguins. Certaines études n'ont pas trouvé de différences significatives des bilans lipidique et glucidique (12) alors que d'autres ont rapporté une variation de la balance gluco-lipidique et du profil métabolique pendant ce mois (13). Des études ont été réalisées pour évaluer les apports énergétiques pendant le mois de Ramadhan (14) alors que d'autres études ont évalué les réponses physiologiques et ont étudié l'influence du jeûne sur les performances sportives. (15)

Notons que les conditions climatiques qui changent d'une saison à une autre sont à signaler.

1-METHODES :

1-1 : Sujets: Notre étude a porté sur 30 footballeurs âgés entre 15 et 17 ans, ils appartiennent à la catégorie des moins des 17 ans selon la classification de la FIFA: 15 footballeurs appartenant au *Club Sportif de Constantine (CSC)* et 15 footballeurs licenciés au club amateur : *Mouloudia de Constantine (MOC)*. Les deux clubs évoluent dans le championnat régional de Constantine des juniors. Les sujets sains, non fumeurs et ne présentant aucune contre indication à la pratique du football, ont été rassurés que les données de l'étude seront recueillies dans le respect de la confidentialité et de l'anonymat. Chaque sujet inclus dans la présente étude a été informé sur le but, le protocole et les risques potentiels de l'étude et a signé un consentement écrit, après le

consentement des parents, des entraîneurs, des présidents et des directeurs techniques des deux clubs sportifs. Les sujets de l'étude avaient une ancienneté de pratique sportive variant entre 5 et 7 années et s'entraînaient régulièrement avec un volume horaire d'entraînement hebdomadaire moyen de 6 heures en plus de la compétition. Les sujets avaient les caractéristiques biométriques suivantes :

Tableau I: caractéristiques biométriques des sujets de l'étude

poids (Kg)	Taille (cm)	IMC (Kg/m ²)	âge (années)
55,62 ± 6,81	170,15 ± 10,25	19,24	15,56 ± 1,01

C : période de contrôle, R : période Ramadhan, Pc : poids corporel, IMC : indice de masse corporelle,

1-2 : Protocole expérimental : Sous des conditions climatiques proches entre les deux périodes de l'expérimentation, les sujets ont subi des mesures anthropométriques, deux épreuves d'effort musculaires et des prélèvements sanguins pendant la période de contrôle (C) une semaine avant le mois de Ramadhan et pendant la quatrième semaine de Ramadhan (R) . Les sujets étaient tenus de ne pas s'entraîner la veille du test et toute la journée réservée à l'expérimentation valablement pour les deux épreuves, un jeûne minimum de 12 heures est scrupuleusement respecté avant le déroulement des épreuves pendant le Ramadhan. Les sujets sont priés de s'abstenir de manger et de boire à partir de 22.00 h la veille des épreuves. 48 heures séparent les deux épreuves pour chaque sujet, l'ordre de passage ainsi que l'horaire du déroulement des deux épreuves pendant les deux périodes sont aussi respectés.

1-2-1 : Les mesures anthropométriques : Elles concernent le poids corporel (Pc), la taille (T), l'indice de masse corporel (IMC) la masse grasse (MG) et le poids maigre (Pm) :

La taille (en cm) est mesurée à l'aide d'une toise, le Pc (en Kg) est mesuré à l'aide d'une balance de type (Kuhlen et Fleichel) , le % MG et le Pm sont déterminés par la méthode des plis cutanés (bicipital, tricipital, sous-scapulaire et supra-iliaque), le %MG est calculé par les équations de Durin et al 1974 (16), la MM est calculée à partir de la masse corporelle selon l'équation : $MM=MC-[MC \times (MG/100)]$, le calcul de la MM et le % MG a été réalisé à l'aide du logiciel anthrop¹

Les mesures anthropométriques sont réalisées avant le début de l'épreuve d'effort rectangulaire, la mesure du poids est réalisée aussi à la fin de la même épreuve.

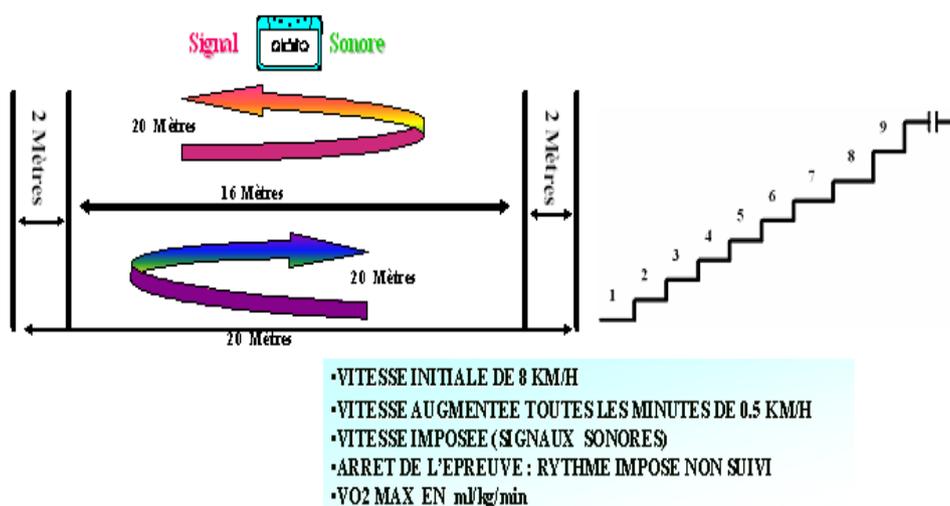
¹ : Logiciel ANTHROP d'Alain Varray, laboratoire sport, santé et développement, laboratoire d'EFR, hôpital Arnaud de Villeneuve, 271 avenue du doyen Gaston Girau, 34295, Montpellier, cedex 5, France.

1-2-2 : évaluation de la consommation maximale d'oxygène : $\dot{V}O_2\text{max}$:

Le $\dot{V}O_2\text{max}$ est évalué à partir de l'épreuve de course navette avec paliers d'une minute (épreuve de Leger et al 1982) (17) : c'est un test qui évalue indirectement le $\dot{V}O_2\text{max}$ exprimé en ml/Kg/min et par une fonction linéaire la puissance maximale aérobie (PMA) (18). Le test est choisi parce qu'il est reconnu selon ses constructeurs comme valide, fidèle et précis (19) et présente un haut degré de corrélation avec l'épreuve directe (20) et surtout parce qu'il est facile à réaliser et accessible pour tous (21).

L'épreuve est de type maximal et progressif: les sujets courent le plus longtemps possible jusqu'à ce qu'ils ne peuvent plus suivre la vitesse imposée, laquelle débute à 8,5 Km/h avec un ordre croissant et progressif de 0,5 Km/h à toutes les minutes. Le sujet est arrêté lorsqu'il accuse 2 retards successifs par rapport à un signal sonore diffusé par une bande magnétique servant de support audiovisuel à l'épreuve (figure 1). L'épreuve est réalisée dans une salle de sport à 14h30 pendant les 2 périodes. Les températures sont de 21 et 18° respectivement pendant la période de contrôle et pendant le Ramadhan.

Figure n°1 : MESURE INDIRECTE DU $\dot{V}O_2\text{max}$
TEST PROGRESSIF DE COURSE NAVETTE
 (LEGER ET Col. Version 1982).

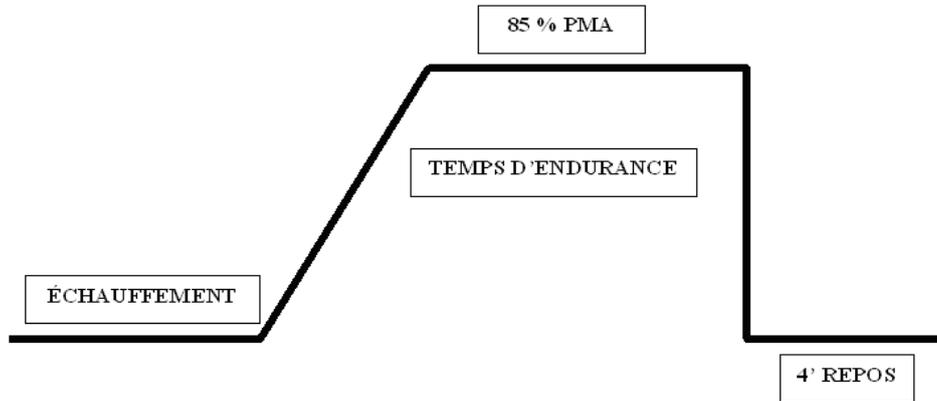


1-2-3 : évaluation de l'endurance aérobie (temps d'endurance) :

Le temps d'endurance est évalué grâce à une épreuve d'effort rectangulaire sur ergocycle à frein électromagnétique de type (Gould) réalisée à 85% de la PMA (épreuve d'Åstrand et al 1980) (22). Après une période d'échauffement, le sujet pédale à la fréquence de 60 tr/min. Cette épreuve est poursuivie jusqu'à épuisement détecté à partir du moment où la fréquence de pédalage descend en dessous de 40 tr/min ou lorsqu'on observe un malaise sur l'athlète ou lorsqu'il atteint sa fréquence maximale théorique estimée dans notre étude selon la méthode d'Åstrand à $220\text{-age}\pm 10$ (23). (figure 2).

L'épreuve est réalisée au laboratoire de physiologie et explorations fonctionnelles au CHU de Constantine dans des conditions climatiques très proches entre la période de contrôle et la période de jeûne : T= 21 à 23°, pression : entre 943 et 976 mbar et humidité : entre 49 à 53%. Le même horaire de déroulement de l'épreuve est respecté.

figure n°2 : Epreuve rectangulaire sur erocycle réalisée à 85% de la PMA (Astrand)



1-2-4 : évaluation des paramètres biochimiques :

Deux prélèvements de 5ml chacun sont réalisés au niveau du pli du coude au début et à la fin de l'épreuve rectangulaire au laboratoire. L'échantillon sanguin est recueilli dans des tubes et sont immédiatement centrifugés, le sérum récupéré est immédiatement dosé. Les dosages biochimiques ont concerné les paramètres suivants : le glucose, le cholestérol, les triglycérides et l'acide lactique.

Le dosage du glucose, du cholestérol et des triglycérides est effectué sur automate RA1000 Tehnicon à l'aide de réactifs du même fournisseur, l'acide lactique est dosé manuellement à l'aide de kit Bohringer.

1-2-5 : l'analyse statistique :

Pour la statistique descriptive, nous avons calculé la moyenne arithmétique et l'écart type.

Pour la statistique analytique, nous avons calculé le T student pour séries appariées, le seuil de signification retenu est ($p < 0,01$).

L'exploitation statistique a été effectuée sur ordinateur à l'aide du logiciel microsoft excel 2003 sur windows XP.

2-RESULTATS :

Ce chapitre est présenté en trois parties : résultats des paramètres anthropométriques, résultats des paramètres biochimiques et résultats des performances réalisées dans les deux épreuves d'effort. Tous les paramètres sont exprimés en

résultats descriptifs (moyenne± l'écart type) et analytiques (comparaison des résultats par le T student). Tous les résultats concernent la période normale de contrôle (C) et la période du jeûne de Ramadhan (R) et sont exprimés sous forme graphique.

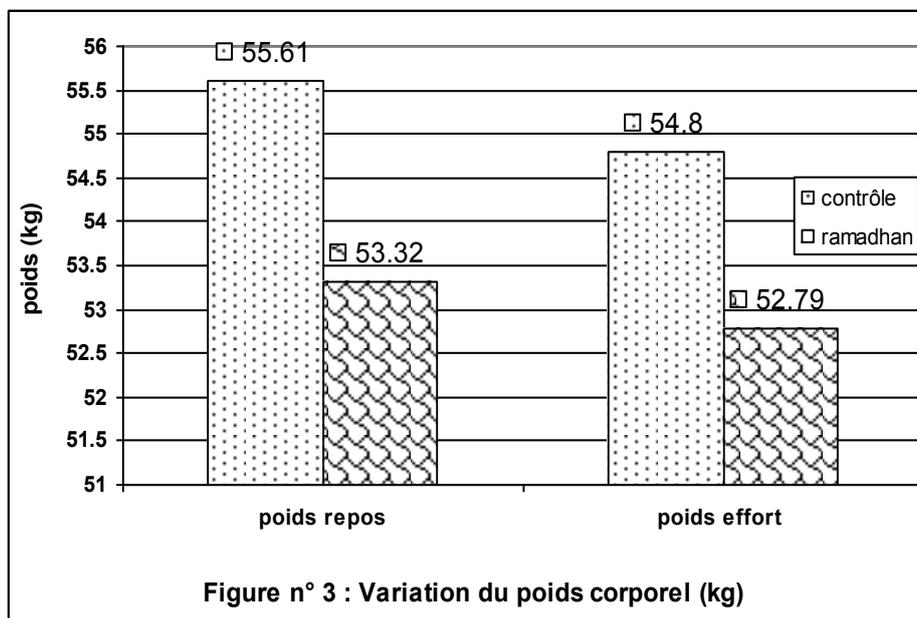
2-1 : les paramètres anthropométriques : Nous avons mesuré le poids corporel, le pourcentage de la masse grasse et la masse maigre. Les résultats sont illustrés par le tableau II

Tableau II: variation des paramètres anthropométriques

Chronologie des mesures . \ paramètres		Pc (Kg)	matière grasse (%)	poids maigre (Kg)
période de contrôle	repos	55,62 ± 6,81	8,39 ± 1,96	45,61 ± 6,61
	Après effort	54,80 ± 6,81		
période Ramadhan	repos	53,32 ± 7,6 <i>ns</i>	8,03 ± 1,49 <i>ns</i>	40,88 ± 6,09 <i>ns</i>
	Après effort	52,79 ± 7,39 <i>ns</i>		

C : période de contrôle, R : période Ramadhan, Pc : poids corporel, *ns* : différence non significative.

2-1-1 : le poids corporel : En dépit du jeûne (absence d'apport alimentaire et hydrique) le Pc n'a pas changé significativement pendant le mois de Ramadhan, ni au repos ni après l'effort. (**figure 3**).



2-1-2 : le pourcentage de masse grasse et la masse maigre : Pour les conditions spécifiques de notre étude, les deux composantes corporelles (masse grasse et masse maigre) n'ont pas changé significativement pendant le jeûne .

2-2 : les paramètres biochimiques : Les résultats des paramètres sanguins au repos et à l'effort sont rapportés dans le tableau III :

Tableau III : variations des paramètres biochimiques

paramètres		Glycémie (gr/l)	Triglycérides (gr/l)	Cholestérol (gr/l)	Lactates (mmol/l)
(C)	repos	0,83 ± 0,2	1,11 ± 0,33	1,42 ± 0,3	1,95 ± 0,23
	effort	0,91 ± 0,19	1,10 ± 0,33	1,41 ± 0,24	6,63 ± 0,31
(R)	repos	0,96 ± 0,13 <i>ns</i>	0,72 ± 0,26 **	1,31 ± 0,23 <i>ns</i>	1,72 ± 0,2 **
	effort	1,14 ± 0,22 **	0,83 ± 0,34 **	1,51 ± 0,29 <i>ns</i>	5,98 ± 0,55**

C : période de contrôle, R : période Ramadhan, *ns* : différence non significative, ** : différence significative (s) pour un seuil de signification P < 0,01

2-2-1 : la glycémie : Nous avons évalué ce paramètre au repos et à la fin de l'effort. Si ce paramètre n'a pas connu de changement significatif au repos malgré la restriction alimentaire imposée par le jeûne, il a augmenté après l'effort. (**figure 4**).

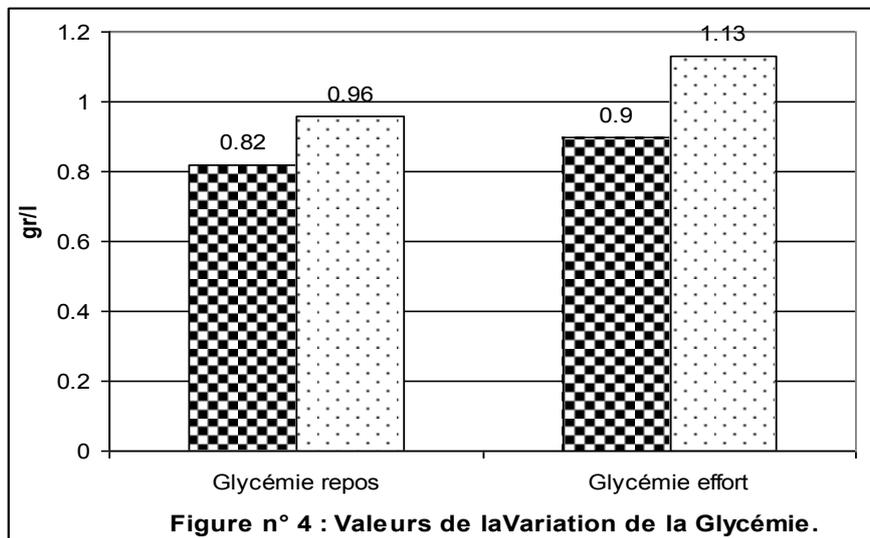
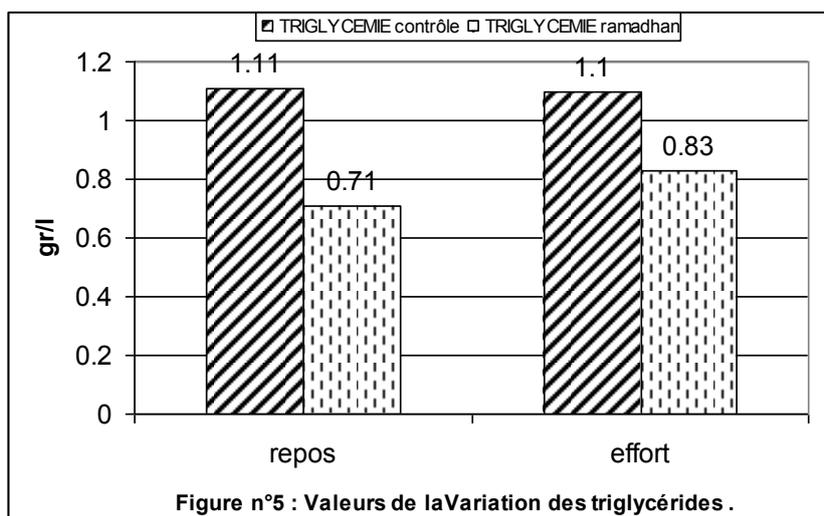


Figure n° 4 : Valeurs de laVariation de la Glycémie.

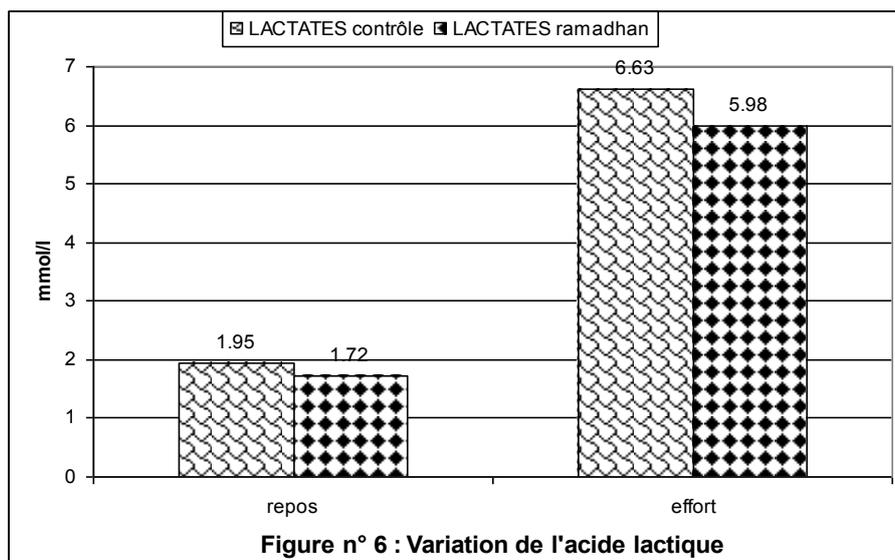
2-2-2 : les triglycérides : Ce paramètre qui reflète les réserves lipidiques de l'organisme et qui est composé de 3 acides gras libres liés à une molécule de glycérol (24), a diminué d'une manière significative, à la fois, au repos et après l'effort. (**figure 5**).



2-2-3 : le cholestérol : Ce paramètre n'a pas changé significativement ni au repos, ni à la fin de l'effort.

2-2-4 : l'acide lactique : Ce paramètre est utilisé pour évaluer l'intervention du métabolisme anaérobie, ses valeurs et ses seuils renseignent sur l'état de préparation de l'athlète, il constitue aussi une valeur de référence dans le contrôle et le suivi de l'entraînement des sportifs. Ayant des devenir multiples, il peut néoformer du glucose via le cycle de Cori comme dans la situation du jeûne (25) .

Les valeurs de la concentration de l'acide lactique ont diminué au repos et après l'effort pendant le jeûne de Ramadhan. (figure 6).



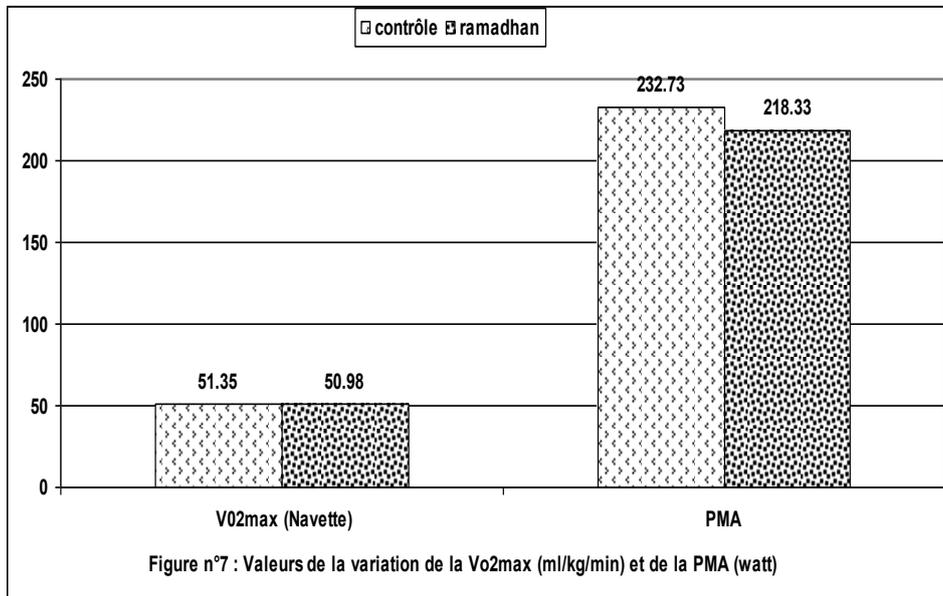
2-3 : résultats des épreuves d'effort : Ils concernent les résultats des performances relatives au test de terrain et à l'épreuve d'effort rectangulaire du laboratoire (**tableau IV**).

Tableau IV: variations des paramètres de performance

période	$\dot{V}O_2\text{max}$	PMA	EA (min)
période (C)	51,35 ± 6,35	232,73 ± 36	5,18 ± 2,73
période (R)	50,98 ± 5,48 <i>ns</i>	218,34 ± 38 <i>ns</i>	6,64 ± 3,70 <i>ns</i>

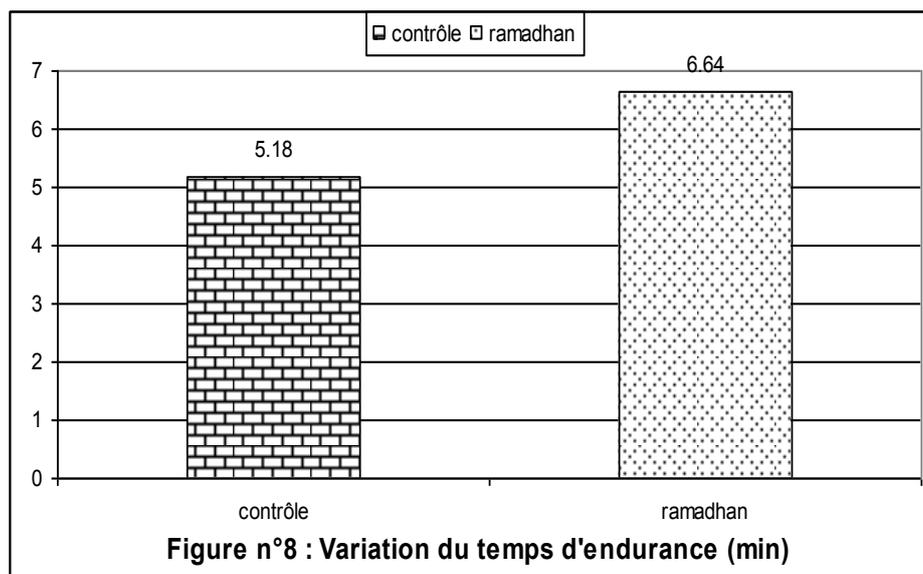
C : période de contrôle, R : période Ramadhan, $\dot{V}O_2\text{max}$: consommation maximale d'oxygène, PMA : puissance maximale aérobie, EA : endurance aérobie (min), *ns* : différence non significative.

2-3-1 : $\dot{V}O_2\text{max}$ et PMA : Le $\dot{V}O_2\text{max}$ est exprimé par rapport au poids corporel qui n'a pas changé significativement pendant le jeûne. La PMA est calculée à partir d'une relation linéaire en fonction du $\dot{V}O_2\text{max}$. Les deux paramètres : le $\dot{V}O_2\text{max}$ et la PMA n'ont pas changé significativement pendant le Ramadhan. (**figure7**).



2-3-2 : le temps d'endurance : l'endurance aérobie est définie comme étant le pourcentage du $\dot{V}O_2\text{max}$ susceptible d'être maintenu pendant une durée donnée : $EA = \lambda \times \dot{V}O_2\text{max}$ (avec $\lambda = 0,75$ à $0,85$) (26), ou encore, la durée pendant laquelle peut être maintenue à un pourcentage donnée de la PMA (appelée temps d'endurance). Dans notre cas l'EA est exprimée en temps d'effort réalisé sur ergocycle à 85% de la PMA.

Malgré l'étirement du temps d'endurance, il est resté statistiquement non significatif. (figure 8).



3- DISCUSSION DES RESULTATS :

3-1 : paramètres anthropométriques :

Le poids corporel n'a pas changé significativement pendant le repos et à la fin de l'effort, ceci peut être expliqué par la diminution de la dépense énergétique causée par le manque d'activité en général pendant la journée du jeûne, et particulièrement, par la diminution de la charge d'entraînement imposée par les entraîneurs parallèlement à une diminution de l'apport énergétique pendant ce mois. Une enquête alimentaire aurait donné certainement plus d'éclaircissements sur la nature de l'apport énergétique pendant le jeûne comparée à la période normale. Nos résultats rejoignent les résultats de Ramdan et al 2002 (27) et vont à l'encontre des résultats de Cissé et al 1995 (28)

La masse grasse, le paramètre le plus influencé par l'alimentation, n'a pas changé significativement malgré la diminution de l'apport énergétique durant ce mois. La masse maigre ou la masse active, n'a pas changé chez les footballeurs jeûneurs.

Nos résultats concordent les résultats des travaux de Ramdan et al 2002 (29) et de Fall et al 2007 (30), alors que Bouhlel et al 2006 (31) et Fakhrzadeh et al 2003(32) ont rapporté dans leurs études une diminution significative des composantes corporelles.

3-2 : paramètres biochimiques :

3-2-1 : la glycémie : Elle n'a pas changé significativement au repos, en dépit de la privation alimentaire, ce qui peut être expliqué par l'action des lipides et des substrats néoglucoformateurs qui prennent le relais énergétique épargnant ainsi le glucose. A la fin de l'effort, l'augmentation de la glycémie est probablement due à

l'augmentation des activités nerveuses sympathiques suite à l'exercice musculaire associé au stress du jeûne qui inhibent l'action de l'insuline. Le dosage de ce paramètre hormonal donnerait plus de renseignements à ce sujet.

Nos résultats confirment les résultats de Dowod tahm 2000 (33) et Roky et al 2004 (34) et Bouhlel et al 2006 (35) contrairement à Fakherzadeh et al 2004 (36) et Nouami et al 1999 (37) qui ont conclu une chute de la glycémie pendant le jeûne au repos.

3-2-2 : le cholestérol : La concentration plasmatique du cholestérol est restée statistiquement inchangée au repos et à la fin de l'effort malgré les contraintes du jeûne et de l'exercice physique, Les mêmes résultats sont affirmés par la littérature (38) et confirmés par les travaux de Maislos et al 1998 (39) et Dowod Tahm 2000 (40), tandis que Afrasiabi et al 2003 (41) et Temizhan et al 2000 (42) rapportent dans leurs études une diminution significative du cholestérol.

3-2-3 : Les triglycérides : Nos résultats dénotent une diminution des triglycérides au repos. Elle semble être liée à leur utilisation à des fins métaboliques ; En effet, la littérature nous informe que les AGL (acides gras libres), composés de dégradation des triglycérides peuvent être oxydés pour épargner le glucose sanguin via la lipolyse quand le jeûne dépasse la durée de 12 heures, ajouté à la néoglucogenèse (43), ce qui peut expliquer le maintien de la glycémie relativement stable pendant le Ramadhan. Nos résultats corroborent les résultats de Reilly et al 2006 (44) et Luc et al 2003 (45) et Afrasiabi et al 2003 (46). Alors que Dowod Tahm 2000 (47) n'ont pas trouvé de changement significatif, contrairement à Bouhlel et al 2006 (48) qui ont rapporté dans leur étude une augmentation des triglycérides qui l'ont expliquée par le régime hyper-lipidique de la population tunisienne. A la fin de l'effort, la diminution des triglycérides pourrait être expliquée par la déviation de la balance d'utilisation des substrats énergétiques vers l'utilisation préférentielle des lipides ; les mêmes résultats ont été trouvés dans l'étude de Bouhlel et al 2006 (49).

3-2-4 : l'acide lactique : La diminution du taux d'acide lactique, observée au repos, semble être liée à l'intensification de la néoglucogenèse (cycle de Cori). Alors qu'à la fin de l'effort, sa diminution est probablement due à l'utilisation accrue des lipides (fuel propre) pour la couverture énergétiques (50) après épuisement des réserves glycogéniques induit simultanément par le jeûne et l'exercice musculaire. Nos résultats sont en accord avec ceux de Mehdioui et al 1996 (51).

3-3 : Les résultats des épreuves d'effort :

3-3-1 : Le $\dot{V}O_2\text{max}$ et la PMA : La durée réduite qui sépare la période de contrôle de la période de Ramadhan qui ne peut permettre une influence de l'entraînement sur le $\dot{V}O_2\text{max}$, ni sur la taille, en plus de la stabilité statistique du Pc rapportée par notre étude semblent être responsables du maintien du $\dot{V}O_2\text{max}$ statistiquement inchangé pendant le jeûne ce qui conforte la position de la littérature qui cite parmi les facteurs de variabilité du $\dot{V}O_2\text{max}$ l'entraînement et le poids corporel et à un degré moindre la taille (52). La PMA, qui est déterminée en fonction du $\dot{V}O_2\text{max}$ et du poids corporel, ne peut que rester statistiquement inchangée suite à la stabilité statistique du $\dot{V}O_2\text{max}$ et du Pc trouvé dans notre étude. Nos résultats s'alignent aux résultats de Cissé et al 1992 (53) et de Mehdioui et al 1996 (54) ce qui

n'est pas le cas chez Reilly et al 2006 (55) et Fall et al 2007 (56) qui ont rapporté une chute significative du $\dot{V}O_2\text{max}$ et de la PMA pendant Ramadhan.

3-3-2 : Le temps d'endurance (EA) : L'endurance aérobie, exprimée en temps, n'a pas changé significativement. Cependant, la tendance d'un léger accroissement du temps d'endurance observé, pourrait être liée à l'utilisation préférentielle des lipides que les glucides qui sont plus générateurs de la fatigue musculaire et de l'hyperventilation menant à la dyspnée. Nos résultats s'accordent avec les résultats de Mehdioui et al 1996 (57) et s'opposent à ceux de Cissé et al 1992 (58).

Les paramètres de la performance aérobie (PMA) et (EA) n'ont pas été influencés par le jeûne, il semble que l'organisme des sportifs jeûneurs s'est adapté à la nouvelle situation physiologique après 3 semaines de jeûne, en effet, Abdullah et al 1989 (59) ont rapporté dans leur étude que les mécanismes d'adaptation au jeûne de Ramadhan commencent à la fin de la deuxième semaine. Ainsi, il semble que le jeûne constitue une motivation supplémentaire pour les sportifs.

CONCLUSION

Au terme de notre étude et pour les conditions spécifiques de l'expérimentation, ni le poids corporel, ni la masse grasse, ni le poids maigre n'ont été influencés par la pratique du jeûne. Ramadhan seul, ensuite conjugué avec l'exercice musculaire fait chuter les triglycérides et les lactates. Le jeûne entraîne une normalisation de la glycémie au repos et la fait augmenter à l'effort. La diminution des performances sportives, préjugé communément répandu serait sans fondement d'après notre étude. En effet, les paramètres étudiés dans notre étude : $\dot{V}O_2\text{max}$, PMA et EA n'ont pas été influencés par la pratique du jeûne.

Tous ces résultats ne concernent que les footballeurs représentant la population de notre étude, en effet, la charge de l'exercice musculaire, le niveau de préparation des athlètes, les conditions climatiques (60) et la nature de leur diète déterminent l'importance, le mode et les limites des mécanismes d'adaptation au jeûne de Ramadhan.

Cette étude, sur un nombre restreint de sujet, ouvre la voie à des recherches plus approfondies afin d'élucider ces mécanismes d'adaptation que pourrait développer le jeûneur en général et le sportif jeûneur en particulier.

BIBLIOGRAPHIE

- 1- Leger. L.A, Lambert. J, Rowland. C et Dinelle. Y: capacité aérobie des québécois de 6 à 17ans, test de 20m avec palier d'une minute, *Can.J.Appl, Sport.Sci*, 9: 64-69, 1984.
- 2- Astrand. P.O et Ryhming. I: a monogram for calculating of aerobic capacity from pulse rate during sub-maximal work, *J. Appl. Physiol*, 7: 218-221, 1954
- 3- Azzout. B, Bois-Joyeux. B, Chanez. M et Perret, development of gluconeogenesis from various precursors in isolated rat hepatocytes during starvation or after feeding a high protein carbohydrate-free diet, *J. Nutr*, 177, 164-169, 1987.
- Bois-Joyeux. B, Chanez. M, Peret. J, age dependent glycolysis and gluconeogenesis enzyme activities in starved-refed rats. *Diab Metab*, 16: 504-512, 1984.
- 4- Hecketsweiler. Bernadette et Philippe : voyage en biochimie (circuits en biochimie humaine, nutritionnelle et métabolique, P20, ed Elsevier (3ème ed), 2004.

- 5- Cazorla. G, Farhi. A : exigences physiques et physiologiques actuelles : Revue EPS n°273, 60-66, 1998.
- 6- Mombaerts. E : football : de l'analyse du jeu à la formation du joueur, ed ACTIO, P132, 1991.
- 7- Chatard . J.C : la physiologie du football, Revue Sport Med, 16-21, 1998
- 8- Lacour. J.R, Chatard. J.C : aspects physiologiques du football, cinésiologie 24, 123-130, 1984.
- Mc Ardle, F.Katch, V.Katch: physiologie de l'activité physique: énergie, nutrition et performance, PP 192-193-555, ed Maloine/EDISEM, 2001.
- 9- Nacef. T, Slama. B, Abidi. M et Benramdhane. H, Ramadan et activité physique, Med. Sport, 63(5), 230-231, 1989.
- Martineaud. J.P, Cissé. F, N'Doye. E, Gueye. L, retentissement du jeûne rituel du Ramadan sur l'exercice musculaire submaximal, Med. Sport, 67(2): 76-80.
- 10- Fakhzadeh. H, Larijani. B, Sanjari. M, Baradar. R, Amini. R: effects of Ramadan fasting on clinical and biochemical parameters in healthy adults, Annals of Saudi Med, 2003, mai-juil (V23)
- Nomani. M.Z.A, diet during Ramadan, Int.J.Ramadan fasting.Res, 3: 1-6, 1999.
- Bouhleb. E, Salhi. Z, Bouhleb. H, Mdella. S, Amamou. A, Zouali. M, Mercier. J, Bigard. X, Tabka.Zbidi. A, Shephard. R.J: effect of Ramadan on fuel oxidation during exercise in trained male rugby players, Diabets Metab 2006, 32: 617-624.
- 11- Fall. A, Sarr. M, Mandengue. S.H, Badji. L, Samb. A, Gueye. L, Cissé. F: effets d'une restriction hydrique et alimentaire prolongée (Ramadan) sur la performance et les réponses cardiovasculaires au cours d'un exercice incrémental en milieu tropical, sciences et sport, V22, issue1, Fev 2007, 50-53
- Ramdan. J.M, Barac-Nieto.M,: cardio-respiratory responses to moderately heavy aerobic exercise during the Ramadan fasts, Saudi.Med.J, 2000, 21: 238-44.
- Ramdan.J: does fasting during Ramadan alter body composition, blood constituents and physical performance?, Med Princ Pract, 2002, 11 suppl, 2: 41-46.
- 12- Dowod Tahm : effects of Ramadan fasting on blood lipids and sugar, Pak.J.Med.Sci: 2004, 20(4), 308-310.
- Rocky. R, Houty. I, Moussamih. S, Quotbi. S, Aadil. N: physiological and chronological changes during Ramadan intermittent fasting, Ann Nutr Metab, 2004, 48: 296-303.
- 13- Larijani. B, Zahedi. F, Sanjari. M, Amini. M.R, Jalili. R.B, Abidi. H, Vissihh. A.R : the effect of Ramadan fasting on serum glucose in healthy adults, Med .J.Malaysia, 2003, 58: 678-80.
- Fakhzadeh. H, Larijani. B, Sanjari. M, Baradar. R, Amini. R: effects of Ramadan fasting on clinical and biochemical parameters in healthy adults, Annals of Saudi Med, 2003, mai-juil (V23)
- Temizhan. A: the effect of Ramadan fasting on blood lipid levels, Am. J. Med, 2000, 24: 23-26.
- Maislos. M, Khamaysi. N, Assali. A, Abou Rabiah. Y, Zvili. I, Shany. S : gorging and plasma HDL cholesterol: the Ramadan model, Eur.Clin.Nutr, 52(2), 127-130.
- Akanji. A.O, Mojiminiyi. O.A, Abdellah. N: beneficial changes in serum apoA1 and its ratio to apoB and HDL in stable hyperlipidaemic subjects after Ramadan fasting in Kuwait, Eur. J. Clin. Nutr, 54(6): 508-513.
- Ziaee. V, Razali. M, Ahmadinejad. Z, Shaikh. H, Youssef. R, Yarmohammadi. L, Bozougi. F, Behjati. M.J, the changes of metabolic profile and weight during Ramadan fasting, Singapore Med J, 2006 Mai, 47(5): 409-14.
- 14- Bouhleb. E, Salhi. Z, Bouhleb. H, Mdella. S, Amamou. A, Zouali. M, Mercier. J, Bigard. X, Tabka.Zbidi. A, Shephard. R.J: effect of Ramadan on fuel oxidation during exercise in trained male rugby players, Diabets Metab 2006, 32: 617-624.
- Beltaifa. L, Bouguerra. R, Benslama. C, Jabrane. H, Elkhadhi. A, Benrayana. M.C, Doghri. T: food intake, anthropometrical and biological parameters in Tunisians during fasting at Ramadan, East Mediterr Health. J, 2002 jul-Sep, 8(4-5), 603-11.
- 15- Fall. A, Sarr. M, Mandengue. S.H, Badji. L, Samb. A, Gueye. L, Cissé. F: effets d'une restriction hydrique et alimentaire prolongée (Ramadan) sur la performance et les réponses

- cardiovasculaires au cours d'un exercice incrémental en milieu tropical, sciences et sport, V22, issue1, Fev 2007, 50-53
- Rahmane. M, Rashid. M, Basher. S, Sultara. S, Nomani. M.Z.A: improved serum HDL cholesterol profile among Bangladeshi male students during Ramadan fasting, East.Mediterr.Health.J, 2004.
- Ramdan.J: does fasting during Ramadan alter body composition, blood constituents and physical performance?, Med Princ Pract, 2002, 11 suppl, 2: 41-46.
- Reilly, waterhouse. J: altered sleep-wake cycles and food intake: the Ramadan model, Physiol Behav: 2006, Oct 30, Epub ahead of print.
- 16- Durin. J.V et al : Bady fast assessed from total density and it's estimation from stimpfold thickness. In Brit.J.Nutr.1974. 32
- 17- Leger. L.A, Lambert. J, Rowland. C et Dinelle. Y: capacité aerobie des québécois de 6 à 17ans, test de 20m avec palier d'une minute, Can.J.Appl, Sport.Sci, 9: 64-69, 1984.
- 18- Astrand. P.O et Ryhming. I: a monogram for calculating of aerobic capacity from pulse rate during sub-maximal work, J. Appl. Physiol, 7: 218-221, 1954
- Astrand. P. O et Rodahl. K, précis de physiologie de l'exercice musculaire, P507, édition Masson, 1980. New york (USA).
- 19- Gerbeaux. M, Lensele. G, Corbreil. G, Brandy. J.M, Dierkens. A, Jacquet. J.F, Lefranc. A, Savin. N : estimation de la VAM chez les élèves des collèges et lycées, Sci et Motricité, N° 13, 19-26, 1991
- 20- Leger. L.A, Lambert. J, Rowland. C et Dinelle. Y: capacité aérobie des québécois de 6 à 17ans, test de 20m avec palier d'une minute, Can.J.Appl, Sport.Sci, 9: 64-69, 1984.
- 21- Edgard Hill et Raymond Thomas: l'éducateur sportif : préparation physique au brevet d'état, P 158-159, ed Vigot, 2000.
- 22- Astrand. P. O et Rodahl. K, précis de physiologie de l'exercice musculaire, P507, édition Masson, 1980. New york (USA).
- 23- Astrand. P.O et Ryhming. I: a monogram for calculating of aerobic capacity from pulse rate during sub-maximal work, J. Appl. Physiol, 7: 218-221, 1954
- 24- Gerbeaux. M, Lensele. G, Corbreil. G, Brandy. J.M, Dierkens. A, Jacquet. J.F, Lefranc. A, Savin. N : estimation de la VAM chez les élèves des collèges et lycées, Sci et Motricité, N° 13, 19-26, 1991
- 25- Jacques. R. Poortmans, Nathalie Boisseau : biochimie des activités physiques, P200-201, ed :De boeck (2ème ed) 2003.
- 26- Camille et Pascal Crapet: physiologie et activité physique, PP 130-135: ed Vigot, 1986
- 27- Ramdan.J: does fasting during Ramadan alter body composition, blood constituents and physical performance?, Med Princ Pract, 2002, 11 suppl, 2: 41-46.
- 28- Cissé. F, Gueye. M, Fall. A, Samb. B, Martineaud. J.P: effet du jeûne hydrique et alimentaire sur les performances physiques au laboratoire, médecine du sport, t60, n° 3-4, 1992
- 29- Fall. A, Sarr. M, Mandengue. S.H, Badji. L, Samb. A, Gueye. L, Cissé. F: effets d'une restriction hydrique et alimentaire prolongée (Ramadan) sur la performance et les réponses cardiovasculaires au cours d'un exercice incrémental en milieu tropical, sciences et sport, V22, issue1, Fev 2007, 50-53
- 30- Bouhlel. E, Salhi. Z, Bouhlel. H, Mdella. S, Amamou. A, Zouali. M, Mercier. J, Bigard. X, Tabka.Zbidi. A, Shephard. R.J: effect of Ramadan on fuel oxidation during exercise in trained male rugby players, Diabets Metab 2006, 32: 617-624.
- 31- Fakhrzadeh. H, Larijani. B, Sanjari. M, Baradar. R, Amini. R: effects of Ramadan fasting on clinical and biochemical parameters in healthy adults, Annals of Saudi Med, 2003, mai-juil (V23)
- 32- Bouhlel. E, Salhi. Z, Bouhlel. H, Mdella. S, Amamou. A, Zouali. M, Mercier. J, Bigard. X, Tabka.Zbidi. A, Shephard. R.J: effect of Ramadan on fuel oxidation during exercise in trained male rugby players, Diabets Metab 2006, 32: 617-624.

- 33- Dowod Tahm : effects of Ramadan fasting on blood lipids and sugar, *Pak.J.Med.Sci*: 2004, 20(4), 308-310.
- 34- Rocky. R, Houty. I, Moussamih. S, Quotbi. S, Aadil. N: physiological and chronological changes during Ramadan intermittent fasting, *Ann Nutr Metab*, 2004, 48: 296-303.
- 35- Bouhlel. E, Salhi. Z, Bouhlel. H, Mdella. S, Amamou. A, Zouali. M, Mercier. J, Bigard. X, Tabka.Zbidi. A, Shephard. R.J: effect of Ramadan on fuel oxidation during exercise in trained male rugby players, *Diabets Metab* 2006, 32: 617-624.
- 36- Fakhrzadeh. H, Larijani. B, Sanjari. M, Baradar. R, Amini. R: effects of Ramadan fasting on clinical and biochemical parameters in healthy adults, *Annals of Saudi Med*, 2003, mai-juil (V23)
- 37- Nomani. M.Z.A, diet during Ramadan, *Int.J.Ramadan fasting.Res*, 3: 1-6, 1999.
- 38- Vander. J, Arthur. M, James. D, Sherman. P.H.D, Dorothy. S, Luciano. P.H.D, physiologie humaine, ED N°3, Cheneliere/McCraw Hill, Montreal, 1995.
- 39- Maislos. M, Khamaysi. N, Assali. A, Abou Rabiah. Y, Zvili. I, Shany. S : gorging and plasma HDL cholesterol: the Ramadan model, *Eur.Clin.Nutr*, 52(2), 127-130.
- 40- Dowod Tahm : effects of Ramadan fasting on blood lipids and sugar, *Pak.J.Med.Sci*: 2004, 20(4), 308-310.
- 41- Afrasiabi. A, Hassenzadeh. S, Sattirivand . R, Nouami. M, Mahbord. S: effects of low fat and low calorie diet on plasma lipid levels in the fasting month of Ramadan, *Saud Med J*. 2003 feb, 24(2):184-8.
- 42- Temizhan. A: the effect of Ramadan fasting on blood lipid levels, *Am. J. Med*, 2000, 24: 23-26.
- 43- Hecketsweiler. Bernadette et Philippe : voyage en biochimie (circuits en biochimie humaine, nutritionnelle et métabolique, P20, ed Elsevier (3^{ème} ed), 2004.
- 44- Reilly, waterhouse. J: altered sleep-wake cycles and food intake: the Ramadan model, *Physiol Behav*: 2006, Oct 30, Epub ahead of print.
- 45- Luc. J.C, Van Loon, René Koopman, Jos. H.C.H. Stegen., Anton. J.M. Wagenmakers, Hans. A.Keiser and Wim. H.M.Saris, intramyocellular lipids form an important substrate source during moderate intensity exercise in endurance-trained males in a fasted state, *J.Physiol*, 2003, 553.2, PP 611-625.
- 46- Afrasiabi. A, Hassenzadeh. S, Sattirivand . R, Nouami. M, Mahbord. S: effects of low fat and low calorie diet on plasma lipid levels in the fasting month of Ramadan, *Saud Med J*. 2003 feb, 24(2):184-8.
- 47- Dowod Tahm : effects of Ramadan fasting on blood lipids and sugar, *Pak.J.Med.Sci*: 2004, 20(4), 308-310.
- 48- Bouhlel. E, Salhi. Z, Bouhlel. H, Mdella. S, Amamou. A, Zouali. M, Mercier. J, Bigard. X, Tabka.Zbidi. A, Shephard. R.J: effect of Ramadan on fuel oxidation during exercise in trained male rugby players, *Diabets Metab* 2006, 32: 617-624.
- 49- Bouhlel. E, Salhi. Z, Bouhlel. H, Mdella. S, Amamou. A, Zouali. M, Mercier. J, Bigard. X, Tabka.Zbidi. A, Shephard. R.J: effect of Ramadan on fuel oxidation during exercise in trained male rugby players, *Diabets Metab* 2006, 32: 617-624.
- 50- Bouhlel. E, Salhi. Z, Bouhlel. H, Mdella. S, Amamou. A, Zouali. M, Mercier. J, Bigard. X, Tabka.Zbidi. A, Shephard. R.J: effect of Ramadan on fuel oxidation during exercise in trained male rugby players, *Diabets Metab* 2006, 32: 617-624.
- 51- Mehdioui. H, Aberkane. A, Bouroubi. O, Bougrida. M, Benhlassa. L, Belatrache. C : influence de la pratique du jeûne Ramadhan sur l'endurance maximale aérobie des coureurs de fond, *JAM*, Vol VI, N° 1, Jan-Fev 1996.
- 52- Mc Ardle, F.Katch, V.Katch: physiologie de l'activité physique: énergie, nutrition et performance, PP 192-193-555, ed Maloine/EDISEM, 2001.
- 53- Cissé. F, Gueye. M, Fall. A, Samb. B, Martineaud. J.P: effet du jeûne hydrique et alimentaire sur les performances physiques au laboratoire, *médecine du sport*, t60, n° 3-4, 1992

- 54- Mehdioui. H, Aberkane. A, Bouroubi. O, Bougrida. M, Benhlassa. L, Belatrache. C : influence de la pratique du jeûne Ramadhan sur l'endurance maximale aérobie des coureurs de fond, JAM, Vol VI, N° 1, Jan-Fev 1996.
- 55- Reilly, waterhouse. J: altered sleep-wake cycles and food intake: the Ramadan model, *Physiol Behav*: 2006, Oct 30, Epub ahead of print.
- 56- Fall. A, Sarr. M, Mandengue. S.H, Badji. L, Samb. A, Gueye. L, Cissé. F: effets d'une restriction hydrique et alimentaire prolongée (Ramadan) sur la performance et les réponses cardiovasculaires au cours d'un exercice incrémental en milieu tropical, *sciences et sport*, V22, issue1, Fev 2007, 50-53
- 57- Mehdioui. H, Aberkane. A, Bouroubi. O, Bougrida. M, Benhlassa. L, Belatrache. C : influence de la pratique du jeûne Ramadhan sur l'endurance maximale aérobie des coureurs de fond, JAM, Vol VI, N° 1, Jan-Fev 1996.
- 58- Cissé. F, Gueye. M, Fall. A, Samb. B, Martineaud. J.P: effet du jeûne hydrique et alimentaire sur les performances physiques au laboratoire, *médecine du sport*, t60, n° 3-4, 1992
- 59- Abdullah. A, Othmane. A.L, fasting in Ramadan, *J. Islam. Med. Association*, 21: 180-2, 1989.
- 60- Mc Ardle, F.Katch, V.Katch: nutrition et performances sportives, P42, ed De bœck, 2004.