

Aptitude physique de footballeurs nigériens de 2^{ème} division : Evolution de la fréquence cardiaque et de la consommation maximale d'oxygène après un entraînement de deux semaines

Performance in young men playing football by study of heart rate and $\dot{V}O_2$ max after two weeks of maximal exercise training

Gati Ouonkoye R.^{1*}, Nouhou I.², Yaye Y.⁽¹⁾, Alou S.⁽¹⁾, Ocquet S.⁽¹⁾, Cisse F.³

Résumé

L'étude a été réalisée pour déterminer le niveau d'aptitude physique de 6 jeunes footballeurs de 2^{ème} division après un entraînement physique de deux semaines sur bicyclette ergométrique. Les paramètres étudiés sont la puissance de travail, la fréquence cardiaque (Fc) et la consommation maximale d'oxygène ($\dot{V}O_2$ max). Chaque sujet a réalisé, après l'évaluation de son niveau initial d'aptitude, un effort supramaximal correspondant à 105 de sa puissance maximale aérobie (PMA). Les résultats ont montré une amélioration de la performance chez 5 sujets. L'intensité de l'effort a augmenté ainsi que le niveau de $\dot{V}O_2$ max. La fréquence cardiaque a montré une variabilité individuelle avec cependant chez la moitié des sujets une baisse en faveur d'une amélioration de la performance. Cette étude est intéressante car elle a permis avec des moyens techniques limités, de suivre l'évolution des paramètres à court terme chez des sportifs. Par ailleurs, elle permet de proposer un programme d'entraînement personnalisé et de suivre l'évolution des paramètres à moyen et à long terme.

Mots-clés :

Fréquence cardiaque, $\dot{V}O_{2max}$, football, aptitude physique

Summary

We realize a study during bicycle exercise to evaluate performance in six young men playing football. Heart rate and maximal oxygen consumption (called $\dot{V}O_2$ max,) are studied after two weeks of maximal work. Every subject realized training with 105% of his initial aerobic maximal work value. Exercise intensity and $\dot{V}O_2$ max increased after training in five subjects. Heart rate decreased in half subjects after training according to performance amelioration.

The results of this study can be used for individual's training; subjects can be also tested after months or years if they continue to play football.

Key words:

Heart rate, $\dot{V}O_{2max}$, football, performance

I. Introduction

Le sport, notamment le football est devenu un moyen pour un pays de se faire connaître de la communauté internationale. Les entraîneurs des clubs de football

doivent avoir à leur disposition des moyens pour évaluer la performance des sportifs afin de leur proposer des programmes d'entraînement efficaces. Or les moyens modernes en usage dans de nombreux pays

^{1*} Correspondant : Dr GATI OUONKOYE Rahamatou, Laboratoire de Physiologie, Faculté des Sciences de la Santé, BP. 10896 Niamey, NIGER ; tél (00 227.20.31.57.26 ; 00.227.93.21.02.42). E-mail : gayka@refer.ne.

² Institut National de la Jeunesse et des Sports (INJS) de Niamey.

³ Service de Physiologie, Faculté de Médecine, Université Cheick Anta Diop de Dakar.

développés font souvent défaut au niveau des structures chargées de ce suivi dans les pays en développement. Nous avons choisi d'évaluer et de suivre la condition physique de sportifs pratiquant le football au Niger. Pour ce faire, les moyens que nous avons à notre disposition sont des techniques d'évaluation indirecte de la consommation maximale d'oxygène ($\dot{V}O_2$ max) par la mesure de la fréquence cardiaque (Fc).

Le football, discipline sportive d'une durée de 90 minutes, implique des phases d'effort brefs et intenses et des phases d'effort d'intensité modérée. Il implique un effort où résistance et endurance sont nécessaires, sollicitant les capacités anaérobie et aérobie (4). Les tests d'effort en laboratoire (1, 10) permettent de déterminer le niveau d'aptitude physique d'un sujet avant et après un programme d'entraînement. L'objectif principal d'un entraînement est d'induire une adaptation conduisant à l'amélioration d'une tâche. Une amélioration peut être obtenue par la majoration de l'intensité de l'exercice, sa durée et sa répétition. L'entraînement agit sur diverses variables physiologiques. La Fc est modifiée par l'exercice ; cette modification peut se traduire par une baisse au repos et à l'effort, c'est un indice d'amélioration provoquée par l'entraînement (7, 8, 10). Les valeurs de Fc au repos, à l'effort et lors de la récupération suivant l'effort sont des éléments importants pour la catégorisation d'un sujet (5, 10). L'aptitude physique d'un sujet peut être appréciée par la détermination de sa $\dot{V}O_2$ max (5, 9). Le sujet peut alors être comparé à lui-même après avoir été soumis à un programme d'entraînement.

Le but de notre étude a été d'utiliser la $\dot{V}O_2$ max et la Fc pour apprécier les effets d'un entraînement physique de deux semaines par effort supramaximal sur l'aptitude physique de jeunes footballeurs nigériens

2. Méthodologie

Les sujets sont six footballeurs (F1 à F6) jouant en 2^{ème} division, dans l'équipe de football de l'Association Sportive de l'Université Abdou Moumouni de Niamey. Ces sujets n'ont jamais été testés en laboratoire au cours de leurs activités. Leur entraînement habituel est composé de 5 séances d'exercice par semaine. Chaque séance dure 90 minutes, comme pour un match de football et se déroule de 18:00 h à 19:30 min, heure de Niamey (GMT + 1). Les caractéristiques biométriques des sujets sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1: Caractéristiques biométriques des footballeurs

Sujets n = 6	Age (années)	Poids (Kg)	Taille (cm)
Moyenne	26	66,2	173,2
Ecart type	0,63	7,1	5,2
Extrêmes	25-27	56/75,5	167-178,5

Le protocole

Les sujets ont été soumis à deux types d'épreuve d'effort (1)

Une épreuve triangulaire consistant en un exercice sub-maximal pratiqué sur un ergocycle de type Monark à une fréquence de pédalage de 50 tours par minute, l'ergocycle comporte un cadran permettant de respecter cette fréquence. L'épreuve permet une détermination indirecte de la $\dot{V}O_2$ max chez chaque sujet avant la phase d'entraînement, c'est l'épreuve triangulaire 1 (ET1) et après la phase d'entraînement, c'est l'épreuve triangulaire 2 (ET2). L'épreuve triangulaire comporte 3 phases :

- une phase de repos de 10 minutes en position assise sur l'ergocycle, afin d'obtenir une valeur de Fc de repos stable;
- une phase d'effort avec incrément de 25 watts toutes les deux minutes jusqu'à épuisement du sujet ;
- une phase de récupération de 20 minutes en position assise sur l'ergocycle suivant l'arrêt de l'effort.

Une épreuve rectangulaire ou effort à puissance constante a été appliquée aux sujets pendant deux semaines consécutives et a représenté la période d'entraînement. La première semaine a comporté 3 séances d'effort pendant 3 jours consécutifs et la deuxième semaine 3 séances d'effort séparées par un intervalle de 24 heures. La puissance imposée est une surcharge correspondant à 105% de la puissance maximale aérobie du sujet déterminée à partir du niveau atteint au cours de l'épreuve triangulaire 1. La fréquence de pédalage est de 60 tours par minute jusqu'à l'épuisement du sujet. L'effort débute après une phase de repos de 10 minutes en position assise sur l'ergocycle et est suivi à son arrêt d'une phase de récupération de 20 minutes en position assise sur l'ergocycle.

Les paramètres mesurés sont la Fc, la puissance maximale développée et la $\dot{V}O_2$ max.

La Fc a été mesurée à l'aide d'un cardio-fréquence-mètre (Sport Tester PE 3000). La valeur affichée sur le cadran du récepteur est lue et notée toutes les minutes pendant les phases de repos et d'effort pendant les épreuves triangulaires et rectangulaire. La durée de l'effort a varié de 14 à 20 minutes selon les sujets aux cours des épreuves triangulaires et de 4 à 20 minutes au cours de l'épreuve rectangulaire.

A la phase de récupération suivant chaque séance d'effort, la Fc a été mesurée pendant 20 minutes, toutes les minutes pendant les 3 premières minutes de récupération rapide, ensuite à la 5^{ème} minute puis toutes les cinq minutes pendant 15 minutes

La puissance maximale tolérée (PMT) est déterminée par les incréments de 25 watts du début à la fin de l'effort, elle correspond à la puissance maximale développée par le sujet.

La $\dot{V}O_2$ max: le stade ou la consommation d'oxygène atteint un plateau et n'augmente

plus lorsqu'on augmente le travail représente la consommation maximale d'oxygène, la puissance aérobie maximale ou simplement $\dot{V}O_2$ max

Traitement des données

L'influence de l'entraînement a été recherchée par l'analyse des données de la PMT, de la

$\dot{V}O_2$ max et de la Fc, chaque sujet étant son propre contrôle. Pour chaque sujet, en tenant compte du nombre de paliers réalisés, la PMT de l'ET1 a été comparée à la PMT de l'ET2. Si le sujet, à la fin de l'effort ne réalise qu'une minute de pédalage sur les 2 minutes requises par le protocole expérimental, il n'est pas tenu compte de ce palier incomplet.

La valeur moyenne de la Fc a été calculée sur 2 minutes pendant les 10 minutes de la phase de repos, ce qui a permis d'obtenir 5 valeurs de ce paramètre chez chaque sujet.

Pendant l'effort, la Fc maximale en ET1 a été comparée à la Fc en ET2. Toujours pendant l'effort en ET1 et ET2 et pour chaque sujet, la Fc relevée au cours des 15 dernières secondes de chaque palier a été moyennée. La durée de l'effort ayant varié de 14 à 20 minutes selon les sujets, a permis de déterminer 7 à 10 paliers selon les sujets, ces valeurs de Fc ont été comparées entre ET1 et ET2.

A la phase de récupération rapide, la Fc des 2 premières minutes a été moyennée ; la diminution par rapport à la Fc maximale de fin d'effort a été déterminée en pourcentage.

La $\dot{V}O_2$ max a été déterminée de manière indirecte pour chaque sujet en ET1 et ET2 à partir du nomogramme d'Astrand (1, 2), le nomogramme permet d'établir une relation entre la Fc et la consommation d'oxygène du sujet; il a été tenu compte du coefficient de correction en fonction de l'âge.

Les tests statistiques utilisés pour comparer les paramètres mesurés entre ET1 et ET2 sont le test t de Student (échantillons > ou égaux à 6) et le test non paramétrique de Wilcoxon (échantillons < à 6), les tests sont significatifs à $p < 0,05$.

3. Résultats

Le Tableau 2 présente les résultats de la PMT, de la Fc, de la $\dot{V}O_2$ max et du nombre de paliers réalisé chez les 6 sujets.

Les modifications observées à l'issue de la période d'entraînement

La puissance de travail a augmenté chez tous les sujets sauf F2 de un à deux incréments de plus en ET2 par rapport à ET1, soit de 25 à 50 watts.

Chez F1, la Fc maximale a baissé de 10 bpm en ET2 par rapport à ET1. Selon les paliers, pour une même puissance de travail en ET1 et ET2, la Fc a baissé de 8 à 25 bpm en ET2 par rapport à ET1, la différence est significative ($p < 0,05$).

Chez F2, la Fc maximale à l'effort a baissé de 7 bpm en ET2 comparé à ET1. Selon les paliers et pour une même puissance de travail, la Fc a baissé de 5 à 14 bpm en ET2 par rapport à ET1 ($p < 0,05$).

Chez F3 par contre, la Fc maximale à l'effort n'a pas varié, cependant, si l'on considère les paliers, la Fc a été caractérisée par une augmentation de 1 à 36 bpm en ET2 par rapport à ET1.

Tableau 2 : Valeurs de PMT, de Fc, de $\dot{V}O_2$ max et du nombre de paliers réalisés chez les 6 sujets

Sujets n= 6	PMT en ET1 (watt)	PMT en ET2 (watt)	Fc moyenne au repos en ET1 (bpm)	Fc moyenne au repos en ET2 (bpm)	Fcmax en ET1 (bpm)	Fcmax en ET2 (bpm)	$\dot{V}O_2$ max en ET1 (ml/kg/min)	$\dot{V}O_2$ max en ET2 (ml/kg/min)	Nombre de paliers réalisés en ET1 et ET2
F1	200	250	71	71	167	157	54,1	63,1	7 et 9
F2	200	200	67	68	174	161	58,9	66,1	7 et 7
F3	225	250	58	96	171	172	65,6	68,8	8 et 9
F4	200	225	48	60	155	145	62,1	69,7	7 et 9
F5	225	275	60	67	161	156	58,3	69,4	7 et 10
F6	250	275	72	74	172	165	55,6	63,8	9 et 10
Moyenne	217	246	63	73	167	159	59,1	66,8	8,25
Ecart type	20	29	9	12	7	9	4,2	2,9	1,2

PMT : puissance maximale tolérée ; ET1 : épreuve triangulaire 1 ; ET2 : épreuve triangulaire 2 ;

Fc : fréquence cardiaque ; bpm : battements par minute.

La Fc moyenne au repos est la moyenne de 10 valeurs enregistrées au repos ;

la Fc max est la valeur la plus élevée atteinte en fin d'effort :

J. Sci. Technol.

La Fc moyenne de repos est restée relativement stable chez trois sujets (F1, F2 et F6) tandis que chez F3 et F4, elle a été plus élevée en ET2 qu'en ET1, la différence est significative pour ces 2 sujets au test t de Student ($p < 0,005$).

A l'effort, chez tous les sujets sauf F3, la Fc maximale atteinte a été en moyenne plus basse en ET2 qu'en ET1.

Chez F4, la Fc maximale a baissé de 10 bpm en ET2 comparé à ET1. Toutefois, selon les paliers, la Fc a été caractérisée par une variabilité ; ainsi, après une augmentation de 3 à 15 bpm au cours des 3 premiers paliers en ET2 comparé à ET1 ; elle a ensuite baissé de 2 à 10 bpm jusqu'à l'arrêt de l'effort, au cours des 5 derniers paliers d'ET2.

Chez F5, la Fc maximale a baissé de 5 bpm en ET2 par rapport à ET1. Selon les paliers,

la Fc a baissé de 2 à 6 bpm en ET2 comparé à ET1.

Chez F6, la Fc maximale a baissé de 7 bpm en ET2 comparé à ET1. Chez ce sujet, selon les paliers, la Fc a été caractérisée par une variabilité ; elle a tantôt augmenté de 3 à 6 bpm en début et au milieu de la phase d'effort, tantôt baissé de 3 à 7 bpm au cours des 2 derniers paliers de fin d'effort en ET2 comparé à ET1.

A la phase de récupération rapide, au cours des 3 premières minutes suivant l'arrêt de l'effort, chez F1, la Fc a baissé de 14,4% en ET1 et de 21,5% en ET2 par rapport à la valeur maximale atteinte. Chez F2, la baisse a été de 19% en ET1 et de 23% en ET2. Chez F3 par contre, la baisse a été plus importante en ET1 (28%) qu'en ET2 (12,2%) et plus faible chez F4 aussi bien en ET1 (7%) qu'en ET2 (10%) comparé aux autres sujets. C'est chez F5 que la baisse la plus notable a été enregistrée (26 et 28%) respectivement en ET1 et ET2 par rapport à sa valeur maximale de fin d'effort. Enfin, chez F6, la diminution a été de 20,4% et de 22% en ET1 et ET2 par rapport à la Fc maximale de fin d'effort.

La $\dot{V}O_2$ max a augmenté chez tous les sujets après la période d'entraînement, de 11 à 16% chez cinq sujets et de 5% seulement chez F3.

4. Discussion

La méthodologie utilisée, bien qu'elle ne soit pas sophistiquée, a tout de même permis de répondre à la question posée. Il est possible d'évaluer la performance physique des sportifs et de suivre les effets d'un entraînement par des moyens simples. Au total, chez cinq des six sujets de l'étude, le programme d'entraînement a été bénéfique sur la capacité physique ; la puissance de travail (6) a augmenté de 10 à 25% après l'entraînement, la Fc maximale a

baissé et souvent pour la même valeur de puissance de travail, la $\dot{V}O_2$ max a augmenté de 11 à 16%. La baisse de la Fc maximale d'effort chez cinq des 6 sujets est un indice d'amélioration induit par l'entraînement. En effet, une telle baisse est rapportée dans la littérature (2, 10).

La Fc de repos a augmenté chez deux sujets après la période d'entraînement, nous pensons que l'exercice a pu représenté un stress chez eux (3).

La $\dot{V}O_2$ max a augmenté chez tous les sujets et dans les limites rapportées dans la littérature (1, 2). D'une façon générale, on s'attend à ce que la $\dot{V}O_2$ max d'un individu s'améliore de 5 à 25% au cours d'un programme systématique d'entraînement en endurance (5). Une valeur prédictive de 50 ml/kg/min est considérée comme le reflet d'un bon niveau (10), les sujets de notre étude avaient une valeur prédictive de 54 à 66 ml/kg/min avant l'entraînement, cette valeur atteint 63 et 70 ml/kg/min après l'entraînement. Seul un sujet (F6) n'a pas subséquentement amélioré sa $\dot{V}O_2$ max, ayant une valeur prédictive initiale élevée ; le principe d'individualité implique que des sujets soumis à un même programme d'entraînement réagissent différemment à ce programme (5).

5. Conclusion

Chez les 6 sujets de notre étude, deux des trois paramètres étudiés, la puissance maximale développée et la $\dot{V}O_2$ max ont été améliorés chez 5 sujets, l'entraînement a donc été bénéfique. Un programme de suivi de l'évolution des paramètres étudiés en rapport avec l'activité sportive d'un sujet peut être utile à moyen et à long terme, cela permettra de créer une base de données sur l'évolution de l'aptitude physique des sportifs dans diverses disciplines et aussi de proposer un programme d'entraînement personnalisé.

6. Bibliographie

- [1] Åstrand P-O. et Rodahl K. Précis de physiologie de l'exercice musculaire. Eds. Masson, Paris, 1980, 9 : 219-247 ; 10 : 251-274 ; 12 ; 295- 332.
- [2] De Bruyn-Prévost P. et Sturbois X. Applicabilité du nomogramme d'Åstrand pour la prédiction de la $\dot{V}O_2$ max à différents groupes de sujets. Med. Sport, 1982, 56 : 65-209 et 69-213.
- [3] Buguet A, Gati R, Soriba M, Melin B, Montmayer A, ALou S, Wamba B, Bogui P, Lonsdorfer J. Exercice physique et sommeil en climat tropical sec : étude préliminaire chez trois sujets africains. Sc. & Sports, 1990, 91-101.
- [4] Gimenez M., Servera E. and Salinas W. Square-Wave Endurance Exercise Test (SWEET) for training: An assessment in trained and untrained subjects. I. Description and cardiorespiratory responses. Eur. J. Applied. Physiol., 1982, 49: 359-368.
- [5] Mc Ardle W.D., Katch F., Katch V.L. Physiologie de l'activité physique. Ed. Paris, Vigot, 1987. p.536.
- [6] Meyer T., Gabriel H.H., Kindermann W. Is determination of exercise intensities as percentage of VO_2 max or HRmax adequate? Med.Sci.Sports Exerc.1999 Sep; 31(9):1342-5
- [7] Monod H., Flandrois R. Physiologie du sport, Paris, Masson, 1985, 2 : 29- 54 ; 11 : 193-207.
- [8] Morehouse L. et Miller A. Physiologie de l'effort. Ed. Paris, Maloine, 1974, p. 295.
- [9] Ratajczyk-Drobna E. Measured and predicted oxygen uptake in highly qualified athletes. Ann Acad Med Stetin. 1995; 41: 87-108.
- [10] Tanguy C. Intérêt des tests d'effort dans les sports de glace. Actualités Sports et Médecine, n°4, 1991, p. 44.