

# L'effet d'un programme d'entraînement simultané de la force et de l'endurance sur la performance des marcheurs Algériens

BOUFAROUA Mokhtar, BELAID Ferhat, MIMOUNI Nabila

Laboratoire des Sciences Biologiques Appliquées au Sport, ES/STS Dely-Brahim, Alger, ALGERIE

## Résumé

L'objectif de cette étude est de montrer l'effet de l'entraînement simultané de la force et de l'endurance sur la performance des marcheurs algériens. Nous avons pour cela comparé deux groupes (groupe témoin (GT) et groupe expérimental (GT)) utilisant pour le premier groupe un entraînement basé uniquement sur des entraînements en endurance alors que le deuxième groupe a entrepris un entraînement simultané de la force et de l'endurance. L'étude s'est déroulée sur une durée totale de 10 semaines avec une phase de pré-tests avant l'entraînement et une phase de post tests après l'entraînement. Nous avons ainsi pu mesurer le  $VO_2max$ , le 10 km marche, le demi-squat, le développé couché et la puissance des membres inférieurs. Les résultats obtenus nous montrent que les performances se sont améliorées pour les deux groupes sur les principales variables déterminant la performance en endurance qui sont le  $VO_2max$  et le 10 km marche ( $P < 0.05$ ), alors que le groupe expérimental ne montre aucune amélioration significative par rapport au groupe témoin après les différents entraînements suivis ( $P > 0.05$ ). Selon nos résultats, l'entraînement simultané n'a pas eu l'influence attendue sur la performance en endurance des athlètes par rapport à l'entraînement uniquement basé sur l'endurance.

Mots clés : entraînement simultané, capacité aérobie, endurance,  $VO_2max$ , force,

## Abstract

The purpose of this study was to show the effect of simultaneous training (of strength and endurance) on the performance of Algerian walkers (the case of the juniors of the wilaya of Bejaia). We compared two groups (control group (GT) and experimental group (GT)) using only endurance training for the first group, while the second group undertook a simultaneous training of force and endurance. The study lasted for a total of 10 weeks with a pre-test phase before training and a post-test phase after training. We were able to measure the  $VO_2max$ , the 10 km walk, the half squat, the bench press and the power of the lower limbs. The results show that performance improved for both groups on the main endurance performance variables  $VO_2max$  and 10 km walk ( $P < 0.05$ ), while the experimental group showed no significant improvement Compared to the control group after the various training sessions ( $P > 0.05$ ). We can conclude that simultaneous training has no more influence on endurance performance than training based completely on endurance.

**IndexTerms** : simultaneous training, aerobic capacity, endurance,  $VO_2max$ , strength.

## Introduction

La marche est le mode de locomotion naturel de l'être humain, permettant de combiner le maintien de l'équilibre debout et la propulsion. Depuis toujours, des hommes ont pratiqué, surtout individuellement, la marche rapide. Elle répondait généralement à une nécessité de déplacement sinon de besoin de mouvement, d'exercice physique. Elle se pratique en compétition sous le nom de marche athlétique. Ce sport consiste à marcher le plus vite possible. La contrainte étant d'avoir toujours un appui au sol. Les études menées par les entraîneurs et les sportifs ont produit une forme de technique de marche assez différente de la pratique habituelle de la marche ordinaire optimisant la longueur du pas et sa dynamique. Cette technique qui met à contribution l'ensemble du système musculaire et des procédés complexes impose un minimum de connaissances scientifiques sur les sciences du sport pour pouvoir maîtriser l'entraînement.

En effet, le succès pour la réalisation de hautes performances dans les sports d'endurance comme la marche athlétique repose sur de nombreux facteurs physiologiques, biomécaniques et psychologiques et incontestablement l'un des facteurs le plus important dans cette matrice de réussite est les procédés d'entraînement mis en place par l'entraîneur et exécutés intelligemment par l'athlète.

L'entraînement sportif est d'optimiser les différents systèmes du corps en vue d'améliorer la performance sportive. Pour atteindre cet objectif, les entraîneurs et les athlètes appliquent systématiquement un certain nombre de principes d'entraînement telles que la surcharge, la progression, et la spécificité [Fry, 2004].

Par conséquent, les chercheurs ont continué à explorer et à chercher le meilleur moyen pour

l'entraînement de l'endurance en sachant bien que les facteurs physiologiques qui déterminent la performance dans les sports d'endurance sont la consommation maximale oxygène  $VO_2$  max, le seuil lactique et l'économie de course et c'est traditionnellement pour développer ces facteurs que les athlètes d'endurance commencent l'entraînement en effectuant des séances de longues durées et de faibles intensités [Bellucci et al. 2005] dans le but de provoquer plusieurs adaptations, dont l'augmentation de nombre de capillaires, l'augmentation de la densité mitochondriales et une amélioration du rendement et de l'économie de course qui permettraient aux muscles une plus grande utilisation d'oxygène donc une meilleure fourniture en énergie [Conley & Krahenbuhl, 1980; Hawley, 2009].

Cependant, sur la base du principe de la spécificité, les athlètes des épreuves de moyennes et de longues durées n'effectuent seulement que des entraînements de longues durées, ce qui est désavantageux pour eux dans les conditions réelles de compétition. Celle-ci demande des efforts très intenses tels que les changements brusques de l'allure et parfois des fins de course époustouflantes qui décident de la victoire [Paavolainen, Häkkinen, Hämmäläinen, Nummela, & Rusko, 1999].

L'entraînement pour le développement de l'endurance va améliorer, sans doute, les performances des athlètes mais les progrès seront plus rapides si l'entraînement est plus spécifique.

Des chercheurs ont montré que le niveau de performance en endurance ne peut pas être seulement limité que par les facteurs centraux tels que la  $VO_2$ max mais aussi par des facteurs neuromusculaires et anaérobiques qui peuvent limiter, et même être les précurseurs à la performance en endurance [Torre, Gianluca,

Pierluigi, Clara, & Luca, 2008]. C'est pourquoi il apparaît nécessaire de varier les intensités et les durées des entraînements afin d'optimiser la performance. Parmi les formes d'entraînement couramment utilisées, on trouve l'intervalle training qui est connu pour améliorer la puissance aérobie et le seuil lactique [Laurson, Chiswell, & Callaghan, 2005].

Toutefois, un autre type d'entraînement utilisé par les athlètes d'endurance, qui commence à prendre de l'ampleur ces dernières années, est la combinaison de l'entraînement de la force et de l'endurance qui prend le nom de l'entraînement simultané de la force et de l'endurance.

Une étude russe sur le grand fond est arrivée à montrer que « l'entraînement avec les longues distances à un certain degré provoque une saturation des muscles en mitochondries et par conséquent ne laissera aucune marge pour d'éventuelle progression de la performance ». Par contre, la progression, selon cette étude, se ferait par l'application de la force sous forme d'entraînement pliométrique. Cette forme de travail provoque différentes adaptations dont l'augmentation de la taille des mitochondries et la taille des fibres lentes permettant la progression et le développement de la performance [Eugene, 2011].

Pourtant, l'entraînement de la force a été souvent perçu comme incompatible pour les entraîneurs et les athlètes d'endurance. Cependant, cette idée n'a cessé depuis une décennie de continuer à solliciter la curiosité des scientifiques et d'entretenir des débats animés entre entraîneurs et athlètes appréhendant avec réticence cette fusion qui s'apparente désormais pour la communauté scientifique comme un passage incontournable pour développer et améliorer les performances en endurance quelle que soit la discipline sportive en question.

Cette forme de travail a été expérimentée par différents chercheurs et a donné des résultats similaires, ce qui a encouragé les entraîneurs spécialistes dans les courses d'endurance et de la marche athlétique à utiliser cette méthode. [Torre et al. 2008].

En Algérie, malgré les potentialités existantes, l'analyse des résultats statistiques des performances algériennes (juniors) sur le 10 km marche de ces dix dernières années comparées à celles des juniors de niveau mondial, montre un grand écart du niveau de performances avec une grande significativité  $p < 0,05$ , qui est dû, probablement, à plusieurs facteurs. Mais en se basant sur les différentes études, il s'avère que l'un de ces facteurs pourrait être l'absence d'entraînement de la force sous ces différentes modalités. Une question est donc posée à nous à savoir :

- Y aurait-il un impact sur les différents paramètres physiologiques : le  $VO_2$  max, VMA, économie de course après le suivi d'un programme d'entraînement basé sur l'entraînement simultané qui permettrait une amélioration de la performance ?

Vu par cet angle, un entraînement simultané force endurance serait la solution pour améliorer les résultats de nos marcheurs.

Il est donc, plus que nécessaire de mettre en place un programme d'entraînement basé sur l'entraînement simultané de la force et de l'endurance et de l'expérimenter pour observer son apport sur la performance des marcheurs algériens.

### **Méthodologie de la recherche**

Le constat de l'étude statistique des performances des athlètes algériens de la catégorie juniors du 10 km de ces dix (10) dernières années comparées avec les résultats du niveau mondial

nous montre qu'il existe un grand écart des résultats avec une différence significative à  $p \leq 0.05$ . Cet écart pourrait être attribué à plusieurs facteurs dont, éventuellement, la charge d'entraînement, la méthode d'entraînement non adéquate, une mauvaise prospection et aussi le manque de moyens pour une prise en charge correcte de l'athlète. Mais ne serait ce pas l'absence de développement de la force sous différentes modalités ? Type d'entraînement, souvent perçu comme incompatible pour développer la qualité d'endurance et qui a toujours continué à solliciter la curiosité de la communauté scientifique dans le but de l'intégrer dans l'entraînement des athlètes d'endurance pour améliorer les résultats. Les études expérimentales sur ce type d'entraînement simultané force et endurance a donné des résultats parfois satisfaisants et parfois similaires à l'entraînement basé seulement sur l'endurance, ce qui a encouragé les entraîneurs à utiliser cette méthode. Dans ce contexte, Il serait, peut être, intéressant de vérifier l'apport d'un tel entraînement pendant la période de préparation générale dans l'amélioration des résultats de nos marcheurs.

Pour l'accomplissement des objectifs nous avons procédé à l'étude des facteurs de la performance physique et physiologique en Réalisant des tests évaluant la force (force maximale, puissance) ; des tests évaluant la  $VO_{2max}$ .

#### Moyens humains :

Notre échantillon est constitué de (12) athlètes juniors compétitifs de niveau national et international qui s'entraînent 6 jours par semaine à raison de 03 heures par jour. Cet échantillon est séparé en deux groupes homogènes de six (06) athlètes chacun, l'un est nommé groupe expérimental : c'est celui qui va appliquer l'entraînement simultané de la force et de l'endurance sur une période de huit semaines alors que l'autre groupe nommé groupe témoin va appliquer le même entraînement en endurance que le groupe expérimental mais sans entraînement de la force sur une même période de huit semaines.

**Tableau 1-** Les caractéristiques de l'échantillon constitué de 12 athlètes hommes.

	Âge	Taille cm	Poids kg
<b>Moyenne</b>	18	179	65
<b>Ecart-type</b>	0.49	17.41	3.90

#### Moyens matériels

- Une piste d'athlétisme, un chronomètre, Pèse personne, Barre de musculation, disques de musculation, Les chandelles, un mètre ruban, un sifflet.

#### Les méthodes de recherche

Nous avons utilisé la méthode des tests physiques et la méthode statistique en utilisant le logiciel XLSTAT (version 2016) avec un seuil de signification fixé à  $P < 0.05$ .

Le déroulement de cette étude va débuter par une série de pré-tests (test de Cooper de 12 min, test spécifique le 10km marche, le test de la répétition

maximale 1RM, test de puissance Sargeant test). Ensuite vient la période d'entraînement de huit semaines où le groupe expérimental va appliquer l'entraînement simultané de la force et de l'endurance alors que le groupe témoin va faire le même programme d'entraînement sans l'entraînement de la force. Après la période d'entraînement, nous réaliserons des post-tests sur une semaine qui vont se faire selon même protocole et conditions que les pré-tests.

**Remarque :** la plupart des auteurs considèrent qu'une période de développement spécifique d'une qualité physique doit s'effectuer en 8 semaines environ pour laisser apparaître de réelles améliorations (Aagaard P. et al., 2011]. Nous justifions de ce fait l'utilisation d'un protocole d'entraînement d'une durée de 8 semaines.

### Les tests physiques

Le choix de ces tests, s'est fait d'après les sources bibliographiques et les conditions locales et organisationnelles.

#### \*Test d'endurance

- Test de Cooper (1968) 12min

Permet d'estimer la  $VO_2max$  (consommation maximale d'oxygène) d'un sujet. Le sujet doit parcourir la plus grande distance en 12 minutes. L'estimation de la  $VO_2max$  se fait par une équation:

$$VO_2max = 22.351 \times \text{distance parcourue (km)} - 11,288 \text{ (ml/min/kg)}.$$

Le test de Cooper permet aussi de calculer la VMA par la formule suivante :

$$VMA = VO_2max / 3.5$$

- Test de 10 km marche

**Permet de mesurer l'endurance spécifique à la marche athlétique ainsi qu'à déterminer la performance des athlètes sur le 10km marche.**

**Ce test consiste à parcourir la distance de 10 km dans le temps le plus court possible.**

#### -Tests de force :

##### - Test de force maximale :

**Le demi-squat: pour évaluer les membres inférieurs ; Le développé couché pour évaluer la force des membres supérieurs.**

- Test de puissance : **Nous avons utilisé le Sargent test**

#### Protocole du programme d'entraînement

L'entraînement de la force va être effectué trois fois par semaine. On utilise un modèle de périodisation ondulatoire avec un objectif propre pour chaque séance. Ces trois types de régime d'entraînement sont classés comme suit:

\* Force maximale,

\* Puissance musculaire.

Une période de (24 h) au minimum sépare chaque séance d'entraînement de la force. La progression de l'intensité de l'entraînement sera appliquée pendant l'exercice en modifiant le nombre de séries, le nombre de répétitions et la charge d'entraînement effectuée. Les exercices de force maximale vont se faire avec 4 séries de 5 répétitions à égale ou supérieur à 85 % de la charge maximale, les exercices de puissance vont se faire avec 3 séries de 8-12 répétitions à 30 % de la charge maximale (1RM) et les exercices d'endurance musculaire vont se faire avec 4 séries de 30 répétitions à 30-40 % de la charge maximale. L'intervalle de repos sera fixé à 2 min pour l'entraînement de la force maximale et de la puissance et pour l'entraînement de l'endurance force l'intervalle de repos sera fixé à 1 min.

**Remarque :** Une première période de (4) semaines située avant le début de notre protocole a permis aux athlètes du groupe expérimental d'apprendre les

techniques de musculation afin de limiter le risque

d'obtenir des résultats faussés par un manque de

technique individuel.

**Résultats:**

**Les caractéristiques anthropométriques**

Notre population d'étude est homogène et il n'existe pas de différence significative du point de vue anthropométrique.

**Tableau 2-** Les

Tests	Pré - test	Post - test	P
Demi-squat kg	87,500 ± 9,354	88,333 ± 9,070	0,185 N.S.
Développé couché kg	30,833 ± 2,041	30,833 ± 2,041	N.S.
VO2max ml/min/kg	43,915 ± 0,941	44,820 ± 0,919	0,001*
Détente verticale cm	39,833 ± 3,601	40,833 ± 3,971	0,657 N.S.
	Taille cm	p	Poids kg
Groupe expérimental	180,83 ± 5,23	0,311 NS	65,50 ± 2,59
Groupe témoin	178,17 ± 3,19		65,33 ± 1,63
			0,897 NS

caractéristiques anthropométriques du groupe expérimental et du groupe témoin.



**Tableau 3 :** Résultats des pré-tests et post tests du groupe témoin

<b>Puissance watt</b>	8954,119 ± 612,022	9063,810 ± 627,901	0,110 N.S.
<b>10 km min</b>	48,585 ± 0,824	47,807 ± 0,786	0,001*

Les résultats montrent une amélioration significative de la performance du groupe témoin sur le 10km marche, avec une moyenne (48.585 ± 0.824 min) aux pré-tests et une moyenne (47.807 ± 0,786 min) aux

post-tests après le suivi d'un entraînement en endurance.

**Tableau 4 :** Résultats des pré-tests et post tests du groupe expérimental

Tests	Pré-test	Post test	P
<b>Demi-squat kg</b>	87,000± 10,770	93,167 ± 9,600	0,185 N.S
<b>Développé couché kg</b>	32,667 ± 3,724	38,333 ± 3,445	0,0001 S***
<b>VO2max ml/min/kg</b>	44,139 ± 1,156	45,171 ± 1,106	0,0001S***
<b>Détente verticale cm</b>	40,333 ± 3,445	46,667 ± 2,422	0,0004 S***
<b>Puissance watt</b>	9037,500 ± 712,202	9720,746 ± 603,690	0,0003 S***
<b>10 km min</b>	48,400 ± 1,014	47,510 ± 0,935	0,0001 ***S.

Les résultats font apparaitre une amélioration non significative de la variable demi-squat alors que les autres variables enregistrent des améliorations très significatives.

**Tableau 5:** Comparaison entre les résultats des pré-tests des deux groupes (groupe témoin et groupe expérimental)

Tests	G-témoin	G-expérimental	P
<b>Demi-squat kg</b>	87,500± 9,354	87,000 ± 10,770	0,93 N.S.

<b>Développé couché kg</b>	30,833 ± 2,041	32,667 ± 3,724	0,32 N.S.
<b>VO2max ml/min/kg</b>	43,915 ± 0,941	44,139 ± 1,156	0,72 N.S.
<b>Détente verticale cm</b>	39,833 ± 3,601	40,333 ± 3,445	0,81 N.S.
<b>Puissance watt</b>	8954,119 ± 612,022	9037,500 ± 712,202	0,83 N.S.
<b>10 km min</b>	48,585 ± 0,824	48,400 ± 1,014	0,74 N.S.

Les résultats ne montrent aucune différence significative aux pré-tests entre les deux groupes. Donc, il existe une très bonne homogénéité entre les

deux groupes (groupe témoin et groupe expérimental) avant la période d'entraînement avec des résultats aux pré-tests qui ne présentent aucune différence significative.

### Comparaison entre les résultats des post-tests des deux groupes (groupe témoin et groupe expérimental)

**Tableau 6-** Les résultats des post-tests (moyenne ± écart-type) du groupe témoin et du groupe expérimental.

Tests	G-témoin	G-expérimental	P
<b>Demi-squat kg</b>	88,333 ± 9,070	93,167 ± 9,600	0,391N S
<b>Développé couché kg</b>	30,833 ± 2,041	38,333 ± 3,445	0,001*
<b>VO2max ml/min/kg</b>	44,820 ± 0,919	45,171 ± 1,106	0,564 N S
<b>Détente verticale cm</b>	40,833 ± 3,971	46,667 ± 2,422	0,012*
<b>Puissance watt</b>	9063,810 ± 627,901	9720,746 ± 603,690	0,094 N S
<b>10 km min</b>	47,807 ± 0,786	47,510 ± 0,935	0,565 N S

Les résultats montrent bien qu'il n'existe pas de différence significative entre les deux groupes après avoir suivi différents protocoles d'entraînement (post-

tests) sur les principales variables, le VO<sub>2</sub>max, le 10 km marche et le demi squat, sauf pour les deux variables, le développé couché et la détente verticale où le groupe expérimental enregistre des valeurs plus



étendues que le groupe témoin, résultat qui a une relation directe avec l'entraînement simultané de la force et de l'endurance. Ceci a révélé ne pas avoir d'effets supplémentaires sur la performance en endurance puisque les deux formes d'entraînement enregistrent des valeurs de VO<sub>2</sub>max et des

performances sur le 10 km marche presque similaires avec des différences non significatives.

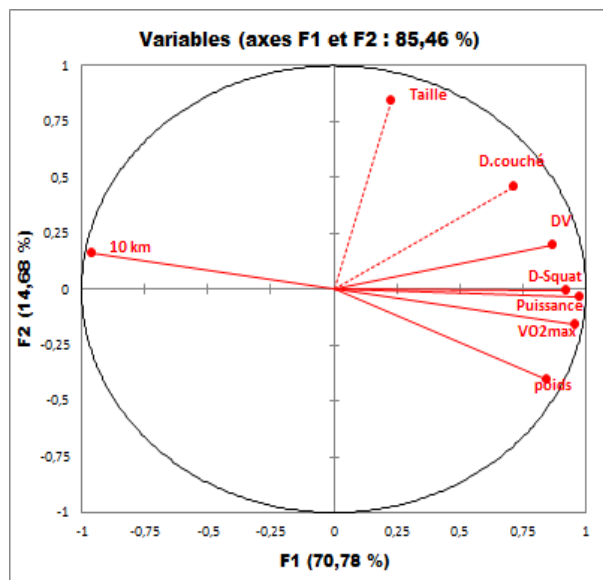
Suite à cela, nous avons réalisé une analyse de corrélation.

### Résultats des corrélations

Tableau 7 - Matrice de corrélation de Pearson.

Variables	Taille cm	Poids kg	D.Squat kg	D.couché kg	VO2max ml/min/kg	DV cm	Puissance Watts	10km min
Taille	1							
poids	-0,035	1						
D-Squat	0,208	0,753	1					
D.couché	0,340	0,389	0,635	1				
VO2max	0,182	0,903	0,871	0,526	1			
DV	0,208	0,536	0,753	0,760	0,732	1		
Puissance Watts	0,133	0,808	0,852	0,700	0,904	0,931	1	
10 km	-0,175	-0,905	-0,872	-0,525	-1,000	-0,735	-0,907	1

Il existe des corrélations entre les différentes variables étudiées. On remarque l'existence d'une forte corrélation, entre la variable poids et les variables suivantes : demi-squat ( $r= 0.753$ ), le VO<sub>2</sub>max ( $r= 0.903$ ), la puissance ( $r= 0.808$ ) et le 10 km marche ( $r=-0.905$ ).



**Figure1 :** Cercle des corrélations des variables (ACP) entre l'axe 1 en horizontal et l'axe 2 en vertical.

.Dans le cercle des corrélations, nous remarquons une redondance entre les tests de puissance, de force et de la VO<sub>2</sub>max. La variable endurance évaluée par le test de 10 km est en opposition aux autres variables. La variable poids est en opposition avec la variable taille,

### Discussion

Le but de cette étude était de montrer si un entraînement simultané de la force et de l'endurance permet l'amélioration de la performance en endurance des athlètes juniors de la marche athlétique comparé à un entraînement basé uniquement sur l'endurance.

Les résultats de cette étude montrent une amélioration similaire de la performance des deux groupes (GE et GT) suite à la mise en place des deux protocoles d'entraînement (entraînement simultané et entraînement en endurance). En effet, nous avons noté une amélioration significative de (2.3 %) du VO<sub>2</sub>max passant de (44.39 ± 1.156 ml/min/kg) à (45.171 ± 1.106 ml/min/kg) avec p < 0.05 et de (1.8 %) sur le 10 km progressant de (48.400 ± 1.014 min) à (47.510 ± 0.935 min) avec p < 0.05 pour le groupe expérimental. En ce qui concerne le groupe témoin, des pourcentages identiques ont

ce qui veut dire que les marcheurs doivent avoir un petit poids pour une grande taille. La détente vertical (DV) se détache du groupe des autres variables. Nous supposons par là que plus le marcheur est fort, moins il saute haut.

été enregistrés à la suite de l'entraînement en endurance avec une amélioration significative de (2%) sur le VO<sub>2</sub>max passant de (43.915 ± 0.941 ml/min/kg) à (44.820 ± 0.919 ml/min/kg) avec p < 0.05 et une amélioration de (1.6 %) sur le 10 km progressant de (48.585 ± 0.824 min) à (47.807 ± 0.786 min) avec p < 0.05. Résultats qui nous montrent que les deux formes d'entraînement ont un effet positif sur le développement de la performance.

Mais à l'opposé du groupe témoin, le groupe expérimental a réussi à enregistrer des améliorations significatives suite à l'entraînement simultané avec des pourcentages de (6 %) sur le demi-squat passant de (87.000 ± 10.770 kg) à (93.167 ± 9.600 kg) avec p < 0.05, de (13 %) sur la détente verticale passant de (40.333 ± 3.445 cm) à (46.667 ± 2.422 cm) avec p < 0.05 et de (7 %) sur la puissance passant de (9037.500 ± 712.202 watts) à (9720.746 ± 603.690 watts) avec p < 0.05, qui selon (Paavolainen et al., 1999] permettrait une

amélioration de la performance en endurance par un meilleur contrôle neuromusculaire, une meilleure restitution d'énergie lors du contact au sol du fait de l'augmentation de raideur musculaire qui permet une meilleure utilisation de l'élasticité musculaire qui a pour résultat une diminution du temps de contact au sol donc une meilleure économie de course. Malgré les éventuels effets bénéfiques que procure l'entraînement simultané, les deux groupes ont enregistré des progressions similaires suite à l'application des deux formes d'entraînement.

Mais contrairement à nos attentes, aucun effet positif n'a été enregistré de l'entraînement simultané par rapport à l'entraînement en endurance. En effet, aucune amélioration significative n'a été observée entre les deux groupes (GE et GT) au niveau du  $VO_2\text{max}$  et du 10 km marche avec des valeurs respectives de ( $44.820 \pm 0.919$  ml/min/kg) et ( $45.171 \pm 1.106$ ) avec  $p= 0.564$  pour le  $VO_2\text{max}$  et des valeurs respectives de ( $47.807 \pm 0.786$  min) et de ( $47.510 \pm 0.935$ ) avec  $p= 0.565$  pour le 10 km suite aux deux différents programmes d'entraînement (entraînement simultané pour le GE et entraînement en endurance pour le GT).

Bien que plusieurs recherches démontrent l'effet positif de l'entraînement simultané de la force et de l'endurance [P.Aagaard & Andersen, 2010] sur la performance en endurance, notre étude montre que la progression a été similaire pour les deux groupes et vient appuyer les résultats observés par [Hickson et al., 1980a] dans lesquels deux groupes réalisant deux types d'entraînement différents le premier axé sur le développement de l'endurance et l'autre beaucoup plus sur la force et l'endurance n'a noté aucune différence de l'amélioration entre les deux groupes.

Plusieurs mécanismes peuvent expliquer ces résultats dont l'interférence entre les deux régimes d'entraînement.

De nombreuses études ont montré que l'entraînement simultané de la force et de l'endurance compromet le développement du  $VO_2\text{max}$  [Arazi, Faraji, Moghadam, & Samadi, 2011]. L'exemple de [Nelson et al., 1990] qui a examiné l'effet de l'entraînement simultané de la force et de l'endurance d'une durée de 20 semaines sur la force musculaire et l'endurance cardiovasculaire. Les indices d'endurance et de force ont été mesurés par un test de  $VO_2\text{max}$  sur ergocycle et un appareil d'isocinétisme. Alors que l'augmentation du  $VO_2\text{max}$  était similaire entre le groupe endurance et le groupe entraînement simultané à la 11<sup>ème</sup> semaine, le groupe endurance a amélioré son  $VO_2\text{max}$  à la fin du programme, contrairement au groupe entraînement simultané qui n'a pas enregistré d'amélioration de son  $VO_2\text{max}$ . Ce qui est dû, probablement, au phénomène d'interférence des deux régimes qui s'explique par une réduction du volume et de la densité mitochondriale ainsi que la réduction du nombre des capillaires et des enzymes oxydatifs suite à l'hypertrophie musculaire. D'ailleurs, [Nelson et al., 1990] a montré une augmentation des enzymes citrate synthase et myokinase pour le groupe endurance bien qu'aucun changement n'a été trouvé sur le groupe entraînement simultané. Ce qui peut, éventuellement, expliquer les résultats de cette étude.

La réduction de la densité mitochondriale et de l'activité des enzymes oxydatifs induite par l'entraînement de la force peut être responsable de l'adaptation sub-optimal de l'endurance durant l'entraînement simultané. Cependant, de récentes études rapportent que l'entraînement

simultané de la force et de l'endurance augmente l'expression de PGC-1 alpha à un taux plus élevé que l'entraînement en endurance qui est un contrôleur clé de l'expression de l'enzyme oxydative qui provoque une amélioration de la performance en endurance [Ferrauti, Bergemann, & Fernandez-Fernandez, 2010; Nelson et al., 1990].

- Un autre mécanisme qui peut contribuer à expliquer l'interférence des deux régimes d'entraînement dans le développement de l'endurance dû à l'entraînement simultané est le phénomène de la fatigue engendré par les deux formes d'entraînement. En effet, la fatigue résiduelle générée par l'entraînement en endurance composante de l'entraînement simultané peut compromettre la capacité du muscle à produire une force optimale lors des séances de force. La contractilité du muscle est très importante durant l'entraînement de la force, c'est cette dernière n'est pas suffisante dans chaque séance d'entraînement alors un développement optimal de la force ne se fera pas. Donc, c'est le développement de la performance générale qui sera compromis. C'est dans cette perspective qu'il faut prendre compte de la durée qui sépare les deux formes d'entraînement, parce que il a été montré qu'un entraînement de 40-60 min en endurance diminue la capacité du muscle à générer de la force sur une durée de 6 heures qui succède l'entraînement [Millet, Jaouen, Borrani, & Candau, 2013], ce qui a peut-être influencé notre étude parce que la durée qui sépare les deux formes d'entraînement (force et endurance) de l'entraînement simultané était presque de 6 heures.

Un autre point important pourrait aussi compromettre le développement d'une qualité

par rapport à un autre. Sur ce plan Chatara [Chtara et al., 2005] a examiné la succession des deux formes d'entraînement et rapporte que le développement de l'endurance était compromis quand l'entraînement de la force précède l'entraînement en endurance comparé à l'ordre inverse. Les résultats indiquent que la fatigue résiduelle générée par l'entraînement de la force peut être à l'origine d'une moindre adaptation à l'entraînement en endurance de façon optimale. Ce qui coïncide avec notre étude où l'entraînement de la force précède l'entraînement de l'endurance.

Inversement aux résultats recueillis dans notre approche, d'autres études montrent que l'entraînement simultané provoque une augmentation de la performance en endurance en développant le  $VO_2\text{max}$  [Taipale R.S et al., 2010]. Cela peut s'expliquer par l'échantillon qui a subi l'expérimentation dont la composante n'a pas d'antécédent de pratique sportive, contrairement à notre étude qui a été réalisée sur des athlètes ayant pratiqué le sport compétitif de niveau national et international.

La place que prend l'entraînement simultané de la force et de l'endurance sur le développement de la performance en endurance reste cependant confuse. Là où certaines études montrent un développement de la performance en endurance chez des athlètes qui ont suivi un entraînement simultané [Aagaard P. & Andersen, 2010], d'autres montrent tout à fait le contraire [Hickson, Rosenkoetter, & Brown, 1980] avec des performances qui restent stables, par contre, aucune étude n'a démontré d'effet négatif de l'entraînement simultané de la force et de l'endurance sur la performance en endurance alors on peut éventuellement observer un effet bénéfique sur l'amélioration et le développement

de la performance dans les sports d'endurance telle que la marche.

### **Limites de l'étude**

Les principales limites que nous avons rencontrées se résument, premièrement au petit nombre de l'échantillon ( $n= 12$ ) qui a suivi l'expérimentation au complet pendant toute la période de notre étude. Deuxièmement, il aurait été plus judicieux d'effectuer les post-tests 2 à 3 semaines après l'arrêt du cycle d'entraînement, comme les post-tests ont été effectués dans la semaine suivant la dernière semaine d'entraînement et connaissant bien que pour obtenir des résultats entièrement valables, il est nécessaire de tenir compte des effets cumulés et retardés de l'entraînement en général et plus particulièrement de l'entraînement simultané de la force et de l'endurance. Enfin, il y a la durée totale de l'étude qui est insuffisante pour arriver à discerner d'éventuelle amélioration ou diminution de la performance.

### **Conclusion**

Le but de cette étude était de montrer l'effet de l'entraînement simultané (force et endurance) sur la performance en endurance des marcheurs juniors algériens. Selon les résultats de cette étude, aucune différence significative n'a été relevée entre les deux formes d'entraînement, infirmant ainsi notre hypothèse d'un meilleur

### **Recommandations**

Il est recommandé que d'autres études soient entreprises au sujet de l'effet de l'entraînement simultané (de la force et de l'endurance) sur la performance en endurance.

D'éventuelles recherches sur un plus grand nombre de sujets de haut niveau seront d'une grande aide pour renforcer cette étude, parce

développement de la performance en endurance des marcheurs juniors algériens se ferait grâce à l'entraînement simultané. Toutefois, des améliorations significatives de la performance en endurance ont été notées aux post-tests pour les deux méthodes d'entraînement qui prouvent leur efficacité sans pour autant pouvoir les différencier.

Selon les résultats de l'étude, il s'est avéré que l'entraînement simultané de la force et de l'endurance dépend de plusieurs variables telles que la succession des régimes d'entraînement, la fréquence des séances d'entraînement, l'organisation des microcycles de récupération à la fin d'un méso cycle de préparation et beaucoup d'autres facteurs d'ordre physiologique, biologique, sociologique et psychologique.

qu'une période de deux mois d'entraînement simultané nous donne une quantité de résultats limités. Ainsi, une étude qui se fera sur une plus grande durée et une plus grande population pourra qu'augmenter la validité et la fiabilité de cette recherche.

## Bibliographie

- [1] AAGAARD P., ANDERSON, J. L. (2010). Effects of strength training on endurance capacity in top-level endurance athletes. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(SUPPL.2),39-47.
- [2] AAGAARD, P., ANDERSON, J. L., BENNEKOU, M., LARSSON, B., OLESEN, J. L., CRAMER, R., KJAER, M. (2011). Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists, 298-307.
- [3] ARAZI H, FARAJI H, MOGHADAM M.G., & SAMADI A. (2011). Effects of concurrent exercise protocols on strength , aerobic power , flexibility and body composition, 43, 155-162.
- [4] BELLUCCI S., BENEDICTUS G., De DIDONI M., MEZZA, A. DI ALFRIDI E., PERRONE E.B. November, I. (2005). The Training Methods of Olympic 20 km Champion Ivano Brugnetti and Italian Race Walkers, (August 2004), 1-7.
- [5] CHTARA M., CHAMARI K., CHAOUACHI M., CHAOUACHI A, KOUBAA D., FEKI, Y. AMRI, M. (2005). Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. *British Journal of Sports Medicine*, 39(8), 555-560.
- [6] CONLEY D.L., KRAHENBUHL G.S. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12(5), 357-360.
- [7] EUGENE K. (2011). Preparation de haut niveau pour épreuve de 500 km. Retrieved from [http://www.dg77.net/marche/tech/gf\\_ru.htm](http://www.dg77.net/marche/tech/gf_ru.htm)
- [8] FERRAUTI A., BERGERMANN M. FERNANDEZ J. (2010a). Effects of a Concurrent Strength and Endurance Training on Running Performance and Running Economy in Recreational Marathon Runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2770-2778.
- [09] FERRAUT I A. BERGERMANN M, FERNANDEZ F.J. (2010b). Effects of a concurrent strength and endurance training on running performance and running economy in recreational marathon runners. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 24(10), 2770-8.
- [10] FRY A.C. (2004). The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Medicine*.
- [11] HAWLEY J.A. (2009). SE REVIEW / SYNTHÉ Molecular responses to strength and endurance training : Are they incompatible ? 1, 361, 355-361
- [12] HAWLEY J. A.(2009). Molecular responses to strength and endurance training: are they incompatible? *Appl Physiol Nutr Metab*, 34(3), 355-361. <http://doi.org/10.1139/h09-023>
- [13] HICKSON R. C., ROSENKOETTER M. A., BROWN, M.M. (1980a). Strength training effects on aerobic power and short-term endurance. *Med Sci Sports Exerc*, 12(5), 336-339.
- [14] HICKSON R. C., ROSENKOETTER M. A., BROWN M. M. (1980b). Strength training effects on aerobic power and short-term endurance. / Les effets de la musculation sur la puissance aerobie et l' endurance a court terme. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 12(5), 336-339.
- [15] LA TORRE A., GIANLUCA T., PIERLUIGI V., CLARA F., LUCA, M. (2008). Combined endurance and resistance circuit training in highly trained / top-level female race walkers : a case report, 51-58.

- [16] LAURSEN P.B., CHISWELL S.E.,CALLAGHAN J.A.(2005). Should Endurance Athletes Supplement Their Training Program With Resistance Training to Improve Performance? *Strength & Conditioning Journal (Allen Press)*, 27(5), 50-55.
- [17] MILLET G. P., JAOUEN B., BORRANI F., CANDAU, R. (2013). Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and  $\dot{V}O_2$  kinetics V. *Sciences-New York*, (10), 1351-1359.
- [18] NELSON A G., ARNALL D.A., LOY S.F., SILVESTER L.J., CONLEE R. K.(1990). Consequences of combining strength and endurance training regimens. *Physical Therapy*, 70(5), 287-294.
- [19] PAAVOLAINEN L., HÄKKINEN K., HÄMÄLÄINEN I., NUMMELA A, & RUSKO, H. (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 86(5), 1527-1533.
- [20] TAIPALE R. S., MIKKOLA J., NUMMELA A., VESTERINEN V., CAPOSTAGNO B., WALKER S., HÄKKINEN K. (2010). Strength training in endurance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 31(7), 468-76.

IJSER