

Mémoire

# Évaluation, par l'imagerie ultrasonore, du recrutement musculaire, de la force motrice et de la détente verticale du quadriceps après électromyostimulation (cas de 15 étudiants de l'INJS)

*Assessment of muscle increase by sonography, of the jumping ability and the strength of the expanders of the knee after electromyostimulation (case of 15 students of the INJS)*

K.V. Adjenou<sup>a</sup>, K. Adambounou<sup>a,\*</sup>, B. Akplogan<sup>b</sup>, E. Alegbeh<sup>c</sup>, M. Lawani<sup>b</sup>, K. N'dakena<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Service de radiologie, CHU campus Lomé, 03 BP, 30284 Lomé, Togo

<sup>b</sup> Institut national de la jeunesse, de l'éducation physique et du sport (INJEPS), université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP, 169, Porto-Novo, Bénin

<sup>c</sup> Institut national de la jeunesse et des sports (INJS) de Lomé, BP 7176, Lomé, Togo

Disponible sur Internet le 28 avril 2013

---

## Résumé

**Objectifs.** – Évaluer le recrutement musculaire par l'imagerie ultrasonore (échographie) après électromyostimulation et apprécier la performance de la détente verticale et la force des extenseurs du genou induite par un entraînement par électromyostimulation.

**Patients et méthodes.** – Il s'est agi d'étudiants en formation sportive, âgés de 23 à 28 ans, répartis en deux groupes de 15 sujets par randomisation. Les muscles vastes médial et latéral des deux membres inférieurs ont été stimulés simultanément. Les deux groupes ont été testés avant et après le programme d'entraînement de quatre semaines. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Statview 5, Abacus Concepts Inc., Berkeley, CA, États-Unis. Le seuil de significativité est fixé à  $p=0,05$ .

**Résultats.** – On note une augmentation significative du diamètre des muscles explorés à l'échographie aux quatre points ( $p<0,05$ ), du tour de cuisse ( $p<0,013$ ), du « squat jump » ( $p<0,05$ ) du groupe stimulé.

**Conclusion.** – L'électromyostimulation peut être non seulement une alternative à l'entraînement traditionnel, mais pourrait représenter également un moyen de lutte efficace contre la dégradation de la masse et de la fonction musculaire.

© 2013 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

**Mots clés :** Électromyostimulation ; Échographie musculaire ; Renforcement musculaire ; « Squat jump » ; « Counter movement jump »

## Abstract

The increase of strength seems to be an element of performance in some sports.

**Purpose.** – To evaluate the muscle increase by ultrasound after electromyostimulation and to appreciate the performances of jump ability and the strength of the expanders of the knee among the students in sporty by electromyostimulation.

**Materials and methods.** – It concern thirty students in sporty, aged of 23 to 28 years, left in two groups of 15 topics by randomization, participated to the survey. Vastus medialis and vastus lateralis muscles some two louver members have been stimulated simultaneously thanks to a stimulator. The two groups are tested before and after one training program of 4 weeks. Averages, gap-types and other statistical analyses have been achieved with the help of the software Statview 5. Abacus Concept Inc., Berkeley. CA, USA, The doorstep of significativity is fixed to  $P=0.05$ .

**Results.** – A significant improvement was observed after training of the diameter of the muscles explored to the scan to the four points ( $P<0.05$ ), of the thigh tour ( $P=0.013$ ) and in “squat jump” ( $P<0.05$ ).

**Conclusion.** – Electromyostimulation can be an alternative to the traditional practice, but could represent an efficient struggle means also against the deterioration of the mass and the muscular function.

© 2013 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

**Keywords:** Electromyostimulation; Muscular sonography; Muscular strengthening; “Squat jump”; “Counter movement jump”

---

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : kadambounou@yahoo.fr (K. Adambounou).

## 1. Introduction

L'électromyostimulation (ES) est la possibilité de provoquer une contraction musculaire par un courant électrique en stimulant le muscle ou son nerf moteur. L'appréciation du gain musculaire peut se faire à l'aide de l'imagerie ultrasonore (échographie) ou par la mesure du tour de taille du segment anatomique intéressé. L'ES connaît actuellement de nombreuses applications : la rééducation fonctionnelle, la récupération musculaire dans les atrophies post-traumatiques [1,2], une action antalgique [3] et surtout le développement de la force et de l'endurance des muscles sains chez les sportifs [4,5]. Cette endurance est recherchée par tous les programmes de préparation physique où le sport, spectacle explosif, fait grandir l'appétit du public, des sponsors et des médias. La préparation physique intense du sportif devient incontournable et les techniques de renforcement musculaire par ES se développent parallèlement à l'entraînement traditionnel. Peu de travaux ont été effectués dans la littérature. Ceux de Roques [6] ont évalué le recrutement musculaire par tomodensitométrie. L'IRM devient une technique actuellement très séduisante d'évaluation du gain musculaire, mais reste d'un coût élevé. Les études réalisées sur l'électrostimulation se sont pour la plupart déroulées dans un contexte européen ; la présente étude a le mérite d'être réalisée dans un contexte purement africain utilisant des instruments de mesure d'un niveau technologique bas et l'exploration échographique du muscle pour aboutir au même résultat.

Les objectifs assignés à ce travail sont : d'évaluer le gain du recrutement musculaire par l'échographie et la mesure du tour de la cuisse ; d'apprécier l'effet de l'ES sur la détente verticale et sur la force des extenseurs.

## 2. Patients et méthodes

L'étude avait reçu un avis favorable du comité scientifique sectoriel des sciences et techniques des activités physiques et sportives (CSS-STAPS), tenant lieu du comité d'éthique, pour la mise en œuvre du protocole expérimental. Trente étudiants, d'âge moyen de 25 ans et huit mois  $\pm$  un an et sept mois, en éducation physique et sportive à l'Institut national de la jeunesse et du sport (INJS) de Lomé, avaient pris part à l'expérimentation. Tous les sujets pratiquaient une discipline sportive, mais aucun n'était familiarisé à une méthode d'entraînement par électrostimulation.

Les critères d'inclusion étaient : être étudiant à l'INJS en département EPS, être régulier aux cours, âgé de 23 ans au moins et 28 ans au plus, donner son consentement éclairé par écrit.

Les critères d'exclusion étaient : avoir un traumatisme au membre inférieur, être irrégulier aux cours et non disponible.

### 2.1. Patients

Une fiche de collecte des informations anthropométriques, un bio-impédancemètre de marque Beurer BG 22, ont servi à mesurer l'indice de masse corporelle (IMC) suivant la formule :  $IMC (kg/m^2) = MC (kg) / [taille (m)]^2$ . Un mètre ruban

à enrouleur de marque Holtex+ a servi à mesurer les circonférences et longueurs segmentaires. La moyenne des trois mesures consécutives a été retenue pour réduire la marge d'erreur. Nous avons utilisé un stimulateur électrique portable de marque EMP 4 PRO 2008 SCHWA-MEDICO muni des électrodes autocollantes rondes, placées aux points moteurs des muscles stimulés. Un siège réglable aux longueurs segmentaires des sujets et muni de sangles a été développé au laboratoire et utilisé. Un dynamomètre de marque Pocket de portée maximale 100 kg associé au dispositif du siège a été utilisé pour mesurer la force des extenseurs du genou (FEG).

### 2.2. Méthodes

#### 2.2.1. Protocole expérimental

Deux groupes ont été constitués par randomisation. Le groupe expérimental (GE :  $n=15$ ) a pris part aux séances d'électrostimulation, en plus de leur entraînement habituel. Le groupe témoin (GC :  $n=15$ ) a continué ses séances d'entraînement habituel.

Il était demandé aux sujets ayant pris part à l'étude (GC et GE) d'interrompre leur activité sportive en dehors du cadre de l'INJS afin de contrôler le paramètre entraînement. Comme les sujets étaient de la même promotion académique, ils avaient les mêmes charges de travail mis à part le programme de stimulation appliqué au groupe stimulé. Ils avaient, au cours de la période d'étude, 18 heures par semaine d'activités physiques et sportives, auxquelles tous avaient pris part.

À cette période de l'étude, les activités étaient constituées de :

- sports collectifs (handball et football) pour six heures ;
- athlétisme (lancer de poids et courses de fond) pour six heures ;
- gymnastique au sol pour quatre heures ;
- tennis de table pour deux heures.

#### 2.2.2. Phase expérimentale

Le GE a participé à une séance d'électrostimulation au préalable pour se familiariser aux paramètres du courant. Au cours des séances d'électrostimulation, les sujets sont placés sur le siège réglable de manière à obtenir un angle tronc-cuisse de  $110^\circ$  et cuisse-jambe de  $60^\circ$  (cuisses horizontales). Quatre électrodes sont placées en technique bipolaire sur chaque membre. Deux électrodes (proximales) sont mises sur le triangle fémoral et deux autres (distales) sur les points moteurs du vaste latéral (musculus vastus lateralis) et du vaste médial (musculus vastus medialis). Nous avons utilisé le programme préétabli de force explosive : la largeur des impulsions était de  $400 \mu s$  ; la fréquence de la stimulation de 120 Hz. Le temps de travail total était de 32 minutes, reparté en trois séquences :

- la phase d'échauffement (cinq minutes) caractérisée par un train d'impulsions variant entre 200 et  $350 \mu s$  à une fréquence de stimulation de 5 Hz ;

- la phase intensive de force explosive (12 minutes) contenant une série de 24 contractions musculaires. Chaque contraction tétanique durait trois secondes avec une rampe montante d'une seconde et une pause de 25 secondes ;
- la phase de récupération contenait le même train d'impulsions que la phase 1 avec une durée de 15 minutes à une fréquence de stimulation de 3 Hz.

Le courant utilisé était rectangulaire, biphasique, symétrique à moyenne nulle. L'intensité maximale utilisée était adaptée au seuil physiquement accepté par chaque sujet. Le GE a bénéficié de 12 séances d'électrostimulation à raison de trois séances par semaine.

### 2.3. Explorations musculaires

#### 2.3.1. Échographie musculaire

L'échographie musculaire a été effectuée avant et après le programme d'entraînement en quatre points précis sur le quadriceps fémoral (quadriceps femoris). Elle a concerné pour tous les sujets : le vaste latéral (vastus lateralis), le vaste médial (vastus medialis) et le droit de la cuisse (rectus femoris). Deux de ces quatre points sont des points moteurs : les muscles vastes médial et latéral, utilisés au cours du programme d'électrostimulation :

- le point 1 est le point moteur du vaste médial, situé à 8 cm de l'angle supéro-interne de la patella ;
- le point 2, celui du vaste latéral situé à 15 cm de l'angle supéro-externe de la patella ;
- le point 3 est situé à mi-cuisse sur le droit de la cuisse à partir du bord supéro-médian de la patella ;
- le point 4 est à mi-cuisse sur le vaste latéral à partir de l'angle supéro-externe de la patella.

#### 2.3.2. Paramètres étudiés

Ces variables sont les performances en détente verticale représentées par le « squat jump » (SJ) et le « counter movement jump » (CMJ), exprimées en centimètre (cm), la FEG exprimée en kilogramme (kg), le tour de la cuisse exprimé en centimètre (cm), l'échographie aux quatre points du quadriceps évaluée en millimètre (mm).

**2.3.2.1. Le « squat jump ».** Pour évaluer la détente verticale, le test de Sargent a été utilisé. Il nous a permis de déterminer les performances en SJ et en CMJ. Il consiste à mesurer la détente verticale d'un athlète représentée par la différence entre la hauteur atteinte en gardant les deux pieds à plat au sol et la hauteur touchée pendant un saut. La première partie du test consiste à connaître « l'envergure » de l'athlète.

Ce dernier se place de profil contre un mur. Ses doigts sont enduits de craie. Il lève son bras du côté du mur et l'étend le plus haut possible talons au sol. L'extrémité de ses doigts laisse une marque qui représente la hauteur au sol. Ensuite, le sujet se place en position jambes fléchies, l'articulation du genou à 90° tenue une seconde. Sans prendre d'élan (il ne doit pas s'abaisser), il effectue une poussée maximale vers le haut. Le bras côté mur

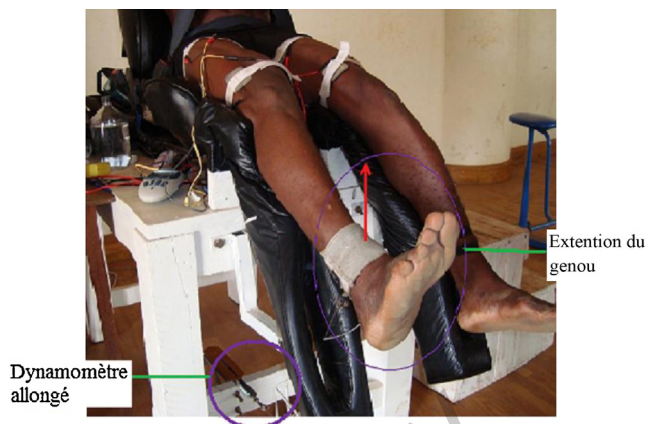


Fig. 1. Évaluation de la force des extenseurs du genou sous électrostimulation.

vient imprimer une nouvelle marque sur le mur. La distance séparant les deux extrémités supérieures des marques représente la détente sèche ou SJ exprimée en centimètre. Elle est l'expression des qualités de force concentrique.

**2.3.2.2. Le « counter movement jump ».** Il se réalise dans les mêmes conditions que le test précédent, mais l'athlète a maintenant l'autorisation de faire une flexion préalable à l'extension. Le sujet part donc jambes tendues, il descend en flexion puis remonte de suite pour aller toucher le mur. La différence de hauteur mesurée entre le test précédent et celui-ci rend compte des qualités élastiques du sportif. Il permet d'évaluer sa capacité à utiliser la force excentrique.

Le SJ et le CMJ exprimés en centimètres représentent la hauteur de décollage du centre de gravité du sujet, respectivement sans et avec élan.

**2.3.2.3. La force des extenseurs du genou.** L'exploration isocinétique est une méthode reconnue pour la mesure de la force des extenseurs et des fléchisseurs du genou. Les sujets dans le même dispositif que celui de la stimulation, font une extension du genou entraînant un allongement du ressort du dynamomètre qui indique donc en kilogramme la charge maximale que le sujet développe. La meilleure performance des trois essais effectués est retenue (Fig. 1).

**2.3.2.4. Analyse statistique.** Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel spécialisé Statview 5, Abacus Concepts Inc., Berkeley, CA, États-Unis. Le seuil de significativité a été fixé à  $p = 0,05$ . Les statistiques descriptives (moyennes et écart-types) des différentes variables ont été effectuées. Les tests paramétriques pour comparer deux échantillons, le test F (homogénéité de variances) a été réalisé. Si la valeur de  $p$  du test F n'était pas significative ( $p > 0,05$ ), le test paramétrique (test  $t$  séries non appariés) était validé. En revanche, si la valeur  $p$  du test F était significative ( $p < 0,05$ ) nous réalisons un test non paramétrique (Mann-Whitney).

Tableau 1  
Caractéristiques biométriques des sujets.

	Groupe expérimental	Groupe témoin	Moyenne des groupes
Âge (ans)	25,67 ± 1,72	25,73 ± 1,62	25,70 ± 1,64
Taille (m)	1,79 ± 0,06	1,80 ± 0,05	1,79 ± 0,05
Masse corporelle (kg)			
Avant	69,00 ± 4,81	70,41 ± 6,33	69,71 ± 5,57
Après	69,25 ± 4,44	70,92 ± 6,37	70,09 ± 5,46
Indice de masse corporelle (kg/m <sup>2</sup> )			
Avant	21,39 ± 1,05	21,68 ± 1,59	21,54 ± 1,33
Après	21,54 ± 1,00	21,82 ± 1,51	21,68 ± 1,27
Tour de cuisse (cm)			
Avant	53,73 ± 1,62	52,87 ± 2,29	53,30 ± 2,00
Après	55,43 ± 2,03*	53,20 ± 2,55	54,32 ± 2,53

(\*) et (\*\*) indique que la différence est respectivement significative et très significative.

### 3. Résultats

#### 3.1. Caractéristiques biométriques des sujets de l'étude

L'âge, la taille et le tour de cuisse (TRC) moyens sont consignés dans le Tableau 1, et montrent une absence de différence significative entre les différentes variables des deux groupes ( $p > 0,05$ ).

La différence est significative ( $p = 0,01$ ) entre les deux groupes pour le TRC. Au sein du GE il y a une différence significative ( $p = 0,001$ ) entre avant et après le programme d'électrostimulation.

#### 3.2. Variation du diamètre musculaire par échographie

Le Tableau 2 rend compte des épaisseurs musculaires aux différents points explorés. Aux quatre points échographiques, la normalité n'étant pas vérifiée ( $F = 0,0032$ ) pour les variables du point 1, nous avons usé à ce niveau du test de Mann-Whitney. Aucune différence significative n'a été constatée entre le GE et le GC avant le début de l'expérimentation. Une différence significative ( $p < 0,05$ ) a été retrouvée entre les deux groupes à la fin de l'expérimentation et cela pour tous les points explorés.

Tableau 2  
Présentation des résultats de l'échographie musculaire.

	Groupe stimulé	Groupe témoin	Moyenne des 2 groupes
<b>P1</b>			
Avant	25,81 ± 4,68	25,52 ± 2,01	25,66 ± 3,54
Après	31,83 ± 2,98**	25,51 ± 2,52	28,67 ± 4,21
<b>P2</b>			
Avant	22,14 ± 1,95	22,49 ± 2,03	22,31 ± 1,96
Après	27,71 ± 3,86*	23,44 ± 2,07	25,58 ± 3,74
<b>P3</b>			
Avant	21,53 ± 2,86	22,90 ± 2,99	22,22 ± 2,96
Après	25,47 ± 2,72*	23,11 ± 2,59	22,43 ± 1,90
<b>P4</b>			
Avant	22,74 ± 2,11	22,13 ± 1,67	22,43 ± 1,90
Après	27,71 ± 3,90*	22,97 ± 2,02	25,34 ± 3,89

Le tracé de la Fig. 2, confirme qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes au début de l'expérimentation. En revanche, à la fin, le tracé indique une augmentation significative au niveau du groupe stimulé alors qu'au niveau du groupe non stimulé il n'y a pas de progrès.

Les deux techniques montrent des progrès en termes d'hypertrophie musculaire. La Fig. 3 présente les progrès en pourcentage au niveau des deux techniques d'évaluation et la

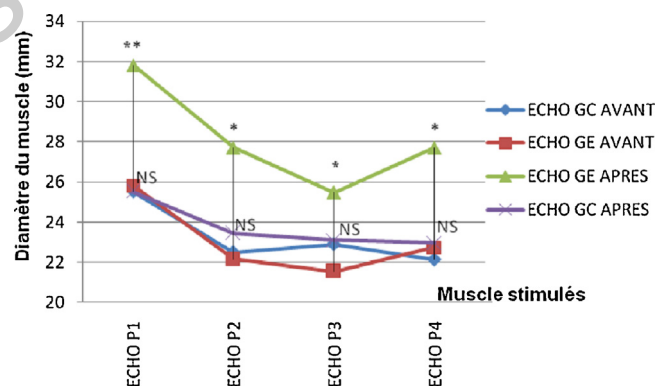


Fig. 2. Évolution des résultats échographiques du diamètre des muscles explorés après l'expérimentation.

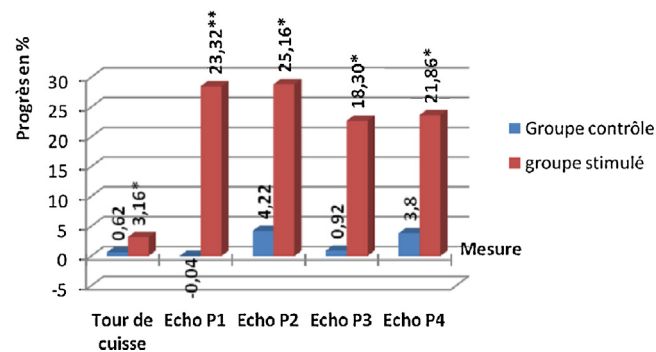


Fig. 3. Progrès en masse musculaire observé en pourcentage selon les méthodes d'évaluation : \* et \*\* indiquent que la différence est respectivement significative et très significative.

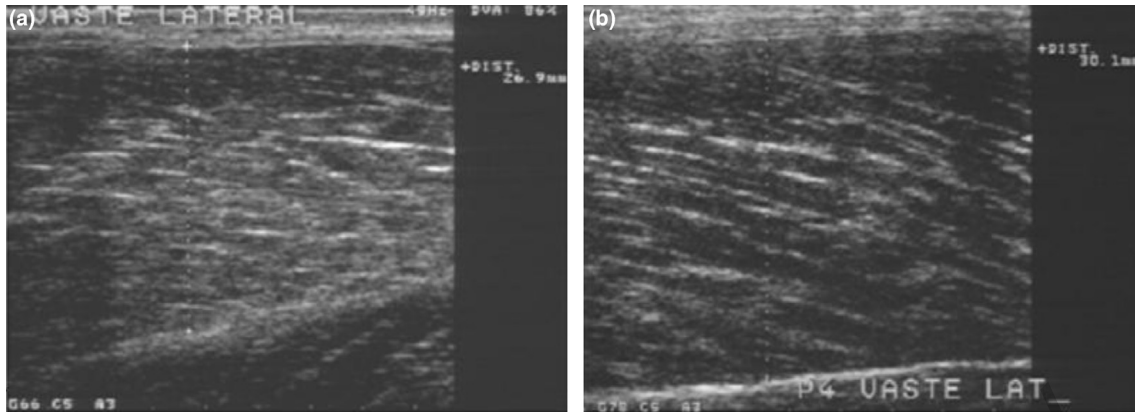


Fig. 4. Échographie du vaste latéral avant et après stimulation : a : diamètre du muscle vaste latéral avant stimulation : 26,9 mm ; b : diamètre du muscle vaste latéral après stimulation : 30,1 mm.

Fig. 4 montre l’image échographique du muscle vaste latéral avant et après stimulation.

3.3. Variation de l’intensité du courant appliqué aux sujets durant l’expérimentation

L’intensité a varié de 70 mA au début pour atteindre 100 mA à la fin du programme.

3.4. Variation de la force des extenseurs du genou

La Fig. 5 présente la variation de la FEG avant et après dans les deux groupes. Aucune différence significative n’a été constatée entre les deux groupes avant ( $p > 0,05$ ), ni après le programme et au sein du groupe stimulé avant et après.

3.5. Évolution des performances de détente verticale

La Fig. 6 montre les performances de SJ et de CMJ des deux groupes. La performance moyenne en SJ était de  $47,80 \pm 4,26$  cm, alors que celui du CMJ était de  $59,30 \pm 4,84$  cm avant l’expérimentation. Il n’y avait pas de différence significative ( $p > 0,05$ ) entre les deux groupes au départ. En revanche, il y avait une différence significative ( $p = 0,01$ ) pour le SJ entre le GC et le GE après l’expérimentation.

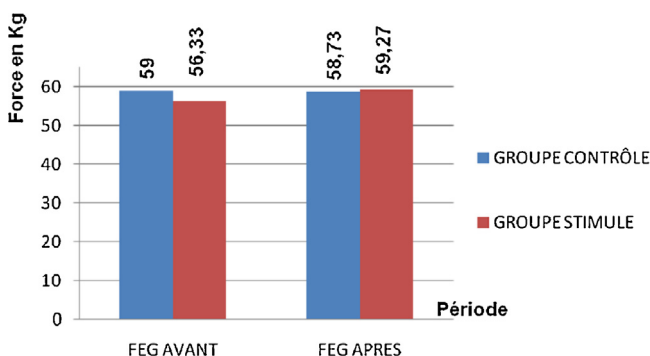


Fig. 5. Variation de la force des extenseurs du genou.

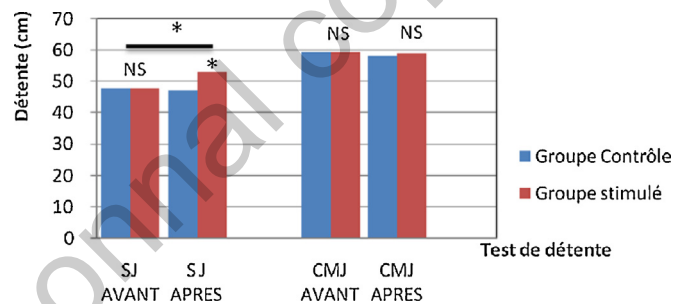


Fig. 6. Évolution des performances du «squat jump» (SJ) et du «counter movement jump» (CMJ) dans les deux groupes : \* indique que la différence est significative ; NS : non significative.

Aucune différence significative ( $p > 0,05$ ) n’a été notée en ce qui concerne les performances du CMJ dans les deux groupes.

Le groupe stimulé a progressé de 11,30 % pour le SJ contre 0,35 % pour le GC. Aucun progrès n’a été remarqué dans les deux groupes pour le CMJ.

3.6. Les performances de détente

Le progrès a été de 11,30 % pour le SJ dans le groupe stimulé : en revanche, il a régressé dans le GC (−1,26 %). Le CMJ a tendance à baisser dans les deux groupes mais pas statistiquement significatif. La différence entre CMJ-SJ traduit le fait qu’une contraction excentrique précède la contraction concentrique, ce qui majore l’efficacité de cette contraction. Cette différence a tendance à baisser dans le groupe stimulé ce qui veut dire que ces sujets, s’ils ont gagné en explosivité musculaire, en revanche, ils ont perdu en élasticité musculaire.

4. Discussion

Tous les sujets ayant participé à cette étude pratiquaient diverses disciplines sportives sans être familiarisés avec un entraînement par électrostimulation. Nous pouvons émettre l’hypothèse d’une influence sur la performance de détente et la FEG liée à la spécificité de l’entraînement, car tous les sujets pratiquaient des sports avec une dominance d’exercices

intermittents (sports collectifs, athlétisme). Notre dispositif expérimental a permis de résoudre le problème lié à la posture en stimulation et aux exigences de la recherche en matière de stimulation électrique.

#### 4.1. Choix des muscles et des points explorés par échographie

Nous avons choisi d'explorer quatre points du quadriceps fémoral et avons pris en compte deux points moteurs et deux autres non moteurs. Ce choix n'est pas tiré de la littérature mais se justifie par le souci d'avoir plus d'informations concernant l'hypertrophie musculaire.

Celle-ci a été évaluée par le TRC et la mensuration biométrique échographique musculaire avant et après le programme.

Concernant le TRC, les sujets ayant bénéficié de l'électrostimulation ont gagné 3,16 % (+1,70 cm) versus 0,62 % (+0,33 cm) pour le groupe non stimulé. Les résultats sont conformes à ceux obtenus par Cometti et Cabric et al. [7,8].

En considérant les résultats échographiques, les sujets stimulés ont présenté un gain significatif aux quatre points explorés du quadriceps fémoral. Ce gain a été aux points 1, 2, 3 et 4 respectivement de 23,32 % ; 25,16 % ; 18,30 % et 21,86 % ; contre -0,04 % ; 4,22 % ; 0,92 % et 3,80 % pour le GC. Nos résultats sont nettement supérieurs à ceux obtenus par Cometti [9] qui, en contrôlant l'évolution de la masse musculaire du quadriceps à l'aide de coupes scanographiques effectuées avant et après entraînement sur une période de trois semaines, a obtenu un gain significatif de masse musculaire de 4 à 8 % pour les sujets stimulés. Les techniques d'évaluation étant différentes, la comparaison reste difficile. En revanche, ces résultats nous confirment qu'il est possible d'hypertrophier le muscle par ES comme le confirme les résultats du TRC et cela sur des périodes courtes (trois à quatre semaines) pour certains muscles (quadriceps) ce qui est d'un intérêt capital en cas d'immobilisation temporaire [10,11] pour la restauration du capital musculaire.

L'augmentation significative du diamètre musculaire au point 3, repéré sur le droit de la cuisse, montre que la stimulation électrique bien qu'elle soit appliquée sur le vaste médial et le vaste latéral, active les muscles voisins et entraînent de ce fait les mêmes résultats que les muscles concernés.

#### 4.2. Le gain de force observé

Au cours de notre étude, l'intensité moyenne du courant appliqué aux sujets était de 70 mA au début et a atteint 100 mA à la 10<sup>ème</sup> séance chez tous les sujets. Cette variation s'explique par le fait que les sportifs n'étaient pas habitués au départ aux paramètres du courant mais, par la suite, il y a l'effet de l'accoutumance qui engendre une augmentation de l'intensité du courant. Les contractions induites par cette intensité étaient au début, en moyenne, de 77,73 % de la contraction maximale volontaire et ont atteint 86,12 % à la fin. La variation de cette force électro-induite nous laisse supposer que les sujets au départ n'avaient pas atteint une intensité déclenchant le recrutement de toutes les unités motrices. En effet, à travers l'augmentation

de l'intensité du courant, les sujets cherchaient à atteindre un niveau de contraction maximale, car il existe une corrélation entre le nombre d'unités motrices activées et l'intensité de stimulation appliquée [12]. En ce qui concerne le gain de force au niveau des extenseurs du genou, les sujets stimulés ont eu une augmentation non significative de 5,22 % contre 0,46 % pour le GC. Nos résultats sont nettement inférieurs à ceux de Cometti qui avait obtenu un gain significatif de force de 13 à 16 % sur le quadriceps de la jambe dominante de huit sauteurs. Plusieurs études ont conclu à l'amélioration de la force de 14 % à 52 % selon le groupe musculaire ou le type d'activité pratiquée [13–16]. Ce résultat surprenant pourrait s'expliquer par le phénomène de synchronisation dans le recrutement des unités motrices, qui n'aurait pas immédiatement accompagné l'hypertrophie musculaire observée, en raison du nombre de séances effectuées.

Ainsi, la stimulation électrique n'est pas plus efficace qu'un entraînement classique, hormis lorsqu'elle est combinée à un entraînement volontaire. Comme l'ont résumé Vanderthommen et Crielaar [17], les gains de force liés à l'électrostimulation sont, au mieux, aussi élevés que ceux obtenus lors d'un entraînement utilisant des contractions volontaires.

#### 4.3. Les performances de détente

Le progrès a été de 11,30 % pour le SJ dans le groupe stimulé ; en revanche, il a régressé dans le GC (-1,26 %). Le CMJ a tendance à baisser dans les deux groupes mais de façon statistiquement non significative. Nos résultats sont conformes à ceux obtenus par Maffiuletti et al. [16], Vanderthommen et Crielaar [17] et par Babault et al. [18].

Ces auteurs ont rapporté des progrès en SJ respectivement de : 10 % ; 11,14 % et 14 %, alors que le CMJ n'a pas varié statistiquement. Maffiuletti et al. ont travaillé sur une période de 12 semaines à raison de trois séances par semaine les six premières semaines et une séance par semaine pour les six restantes. Vanderthommen et Crielaar, Babault et al. ont travaillé respectivement sur trois et quatre semaines. Nous restons cependant prudents dans nos comparaisons car les périodes, les stimulateurs utilisés et les programmes appliqués ne sont pas les mêmes. Nous pouvons toutefois dire que l'ES utilisée sur des périodes relativement courtes (trois à cinq semaines) a des effets positifs sur les performances de SJ et que le programme préétabli du stimulateur EMP 4 PRO 2008 SCHWA-MEDICO semble adapté pour un travail de force explosive.

La différence entre le CMJ-SJ traduit l'élasticité musculaire du sujet. Cette différence a tendance à baisser dans le groupe stimulé, ce qui veut dire que ces sujets s'ils ont gagné en explosivité musculaire ont, en revanche, régressé en élasticité musculaire.

## 5. Conclusion

L'ES a donc un effet sur le SJ qui exprime mieux l'explosivité du quadriceps, et pourrait donc être une alternative à l'entraînement traditionnel.

L'ES est un excellent moyen pour développer certaines caractéristiques fonctionnelles et structurelles comme la force explosive et la masse musculaire explorée par échographie.

### Déclaration d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

### Références

- [1] Maître S, Hautier C, Toumi H, Poumarat G, Fellmann N. Influence de l'électromyostimulation de surface sur la récupération des paramètres musculaires et la lactémie sanguine au cours d'un exercice sur presse inclinée. Clermont-Ferrand: 3<sup>e</sup> colloque de biologie de l'exercice musculaire; 2001.
- [2] Akplogan B. Points moteurs du membre pelvien : étude anatomophysiologique et application à la rééducation des traumatismes du membre inférieur. [Thèse de doctorat]. Clermont-Ferrand: Université Blaise Pascal; 2000.
- [3] Lawani MM, Akplogan B, Poumarat G, Aloa H. La stimulation électrique comme moyen antalgique de lutte contre les douleurs du genou : cas de 26 sujets. Pharm Afr 2001;148(221):5.
- [4] Couturier A. L'entraînement sous électrostimulation favorise-t-il l'endurance musculaire ? [http://www.savoir-sport.org] 2004-11-01. [Site visité le 21 octobre 2008].
- [5] Delitto A, Brown M, Strube R, Lehman RC. Electrical stimulation of quadriceps in elite weight lifter: a single subject experiment. Int J Sports Med 1989;10:187–91.
- [6] Roques CF. Pratique de l'électrothérapie, 1. Paris: Springer; 1997, 278 p.
- [7] Cometti G. Les méthodes modernes de musculation. Tome 1 : données théoriques. Dijon: Université de Bourgogne; 1988, p. 253–341.
- [8] Cabric M, Appell HJ, Resic A. Fine structural changes in electrostimulated human skeletal muscle. Eur J Appl Physiol 1988;57:1–5.
- [9] Cometti G. L'électrostimulation dans l'entraînement des sportifs. Sports Med 1990;18:16–26.
- [10] Akplogan B, Vanneville G, Poumarat G, Lawani MM. Durée d'immobilisation plâtrée et amyotrophie : cas de 20 patients du centre hospitalier départemental de l'Ouémé à Porto-Novo (République du Bénin). Med Afr Noire 1999;46:584–8.
- [11] Cometti G. L'électromyographie dans l'entraînement des sportifs. Sports Med 1994:16–26.
- [12] Hainaut K, Duchateau J. Neuromuscular electrical stimulation and voluntary exercise. Sports Med 1992;14:100–13.
- [13] Lloyd T, De Dominicis G, Strauss GR, Singer K. A review of the use of electro-motor stimulation in human muscles. Aust J Physiother 1986;32:18–30.
- [14] Enoka RM. Muscle strength and its development. New perspectives. Sports Med 1988;6:146–68.
- [15] Kots YM. Amélioration de la force musculaire par stimulation électrique. Revue Soviétique Théorie et Pratique de la Culture Physique, traduction Spivak, document Ins, 1971:3–4.
- [16] Maffiuletti NA, Cometti G, Amiridis IG, Martin A, Pousson M, Chatard JC. The effects of electrostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. Int J Sports Med 2000;21:437–43.
- [17] Vanderthommen M, Crielaer M. Le courant excito-moteur au niveau du quadriceps. Détermination des paramètres optimaux de stimulation. Cah Kinesither Fasc 1993;161:36–40.
- [18] Babault N, Cometti G, Bernardin M, Pousson M, Chatard JC. Effects of electrostimulation training on muscle strength and power of elite rugby players. J Strength Cond Res 2007;21:431–7.