

EVALUATION DU RECRUTEMENT MUSCULAIRE PAR L'ECHOGRAPHIE, DE LA FORCE MOTRICE ET DE LA DETENTE VERTICALE DU QUADRICEPS APRES ELECTROMYOSTIMULATION (CAS DE 15 ETUDIANTS DE L'INJS*)

*ASSESSMENT OF MUSCLE INCREASE BY ULTRASONOGRAPHY, OF THE JUMPING ABILITY AND THE STRENGTH OF THE EXPANDERS OF THE KNEE AFTER ELECTROMYOSTIMULATION
(A STUDY OF 15 STUDENTS OF THE NIYS)*

Adjenou KV¹, Adambounou K¹, Alegbeh E³, Akplogan B², Lawani M², Ndakena K¹

¹ Service de Radiologie, CHU Campus Lomé 03BP 30284, Lomé-Togo

² Institut National de la Jeunesse, de l'Éducation Physique et du Sport (INJEPS) Université d'Abomey-Calavi (UAC)
01 BP : 169 Porto-Novo (République du Bénin).

³ Institut National de la Jeunesse et des Sports (INJS) de Lomé BP : 7176 Lomé (Togo).

RESUME :

Objectifs : Evaluer le recrutement musculaire par l'échographie après électromyostimulation (ES) et apprécier la performance de la détente verticale et la force des extenseurs du genou induite par un entraînement par électromyostimulation

Matériels et méthodes : il s'est agi des étudiants en formation sportive, âgés de 23 à 28 ans, répartis en 2 groupes de 15 sujets par randomisation. Les muscles vastes médial et latéral des deux membres inférieurs ont été stimulés simultanément grâce à un stimulateur. Les 2 groupes sont testés avant et après le programme d'entraînement de 4 semaines. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Statview 5, Abacus Concepts Inc., Berkeley, CA, USA. Le seuil de significativité était fixé à $p = 0,05$

Résultats : on a noté une augmentation significative du diamètre des muscles explorés à l'échographie aux 4 points ($p < 0,05$), du tour de cuisse ($p < 0,013$), du "squat jump" ($p < 0,05$) du groupe stimulé.

Conclusion l'ES 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.

Mots clés : Electromyostimulation, Echographie musculaire, Renforcement musculaire ; "Squat jump", "Counter movement jump".

Correspondance :

Dr ADAMBOUNOU Kokou ; 00228 90 19 16 33 ; 05BP : 633
Lomé-Togo

Email : kadambounou@yahoo.fr

SUMMARY

Purpose: to evaluate the muscle mass increase by ultrasound) and to appreciate the performances of jump ability and the strength of the extensors of the knee among the students after electromyostimulation (ES)

Materials and methods: thirty students of the National Institute of Youth and Sports, aged 23 to 28 years, were randomly assigned in 2 groups of 15 each. Vastus medialis and vastus lateralis muscles of both lower limbs were stimulated simultaneously with a stimulator. The two groups were tested before and after a 4 weeks training program. Averages, gap-types and other statistical analyses were calculated with the software Statview 5. Abacus Concept Inc., Berkeley. CA, USA. The significance level was set at 0.05.

Results: A significant increase of the muscle mass was observed by ultrasonography at 4 points ($p < 0.05$), of the thigh circumference ($p = 0.013$) and in "squat jump" ($p < 0.05$);

Conclusion: Ultrasonography can be a useful tool in the assessment of the muscle increase after electromyostimulation.

Key words : Electromyostimulation, muscular scan, muscular strengthening, "squat jump", "counter movement jump."

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'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,], effet antalgique [3] et surtout le développement de la force et 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. Le sportif doit être dès lors plus rapide, plus efficace, plus fort. Le problème majeur n'est plus celui du temps consacré à l'entraînement, mais aussi, celui du temps de récupération; de plus en plus restreint, en raison du volume et de l'intensité des charges de travail. Ainsi, les sportifs, pour répondre à ces exigences, choisissent pour certains le dopage et pour d'autres, une abstention à toute pratique illicite. La préparation physique intense devient incontournable et les techniques de renforcement musculaire par électromyostimulation se développent parallèlement à l'entraînement traditionnel. Peu

de travaux ont été effectués dans la littérature. Les travaux de Roques CF [6] ont évalué le recrutement musculaire par scanner. L'IRM devient une technique actuellement très séduisante d'évaluation du gain musculaire, mais reste à un coût élevé. Les études réalisées sur l'électrostimulation se sont pour la plus part déroulées dans un contexte européen, la présente étude a le mérite d'être réalisé 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.

1 - MATERIELS ET METHODES

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 (30) étudiants, d'âge moyen de 25 ans 8 mois \pm 1an 7 mois, en éducation physique et sportive à l'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 sont: être étudiant à l'I.N.J.S en département EPS, être régulier au cours, âgé de 23 ans au moins et 28 ans au plus, donner son consentement éclairé par écrit.

Les critères de non inclusion sont : avoir un traumatisme au membre inférieur, être irrégulier au cours et non disponible

1.1 - Matériels : une fiche de collecte des informations anthropométriques, un bio-impédancemètre de marque Beurer BG 22*, a servi à mesurer la masse corporelle et l'indice de masse corporel (IMC) suivant la formule : $IMC (Kg/m^2) = MC (Kg) / [Taille (m)]^2$. Un mètre ruban à enrouleur de marque **Holtex+ *** pour la mesure de circonférences et de 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.

1.2 - Méthode

* 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 contrôle (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, alors ils avaient les mêmes charges de travail mis à part le programme de stimulation qui est 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.

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

- sports collectifs (Handball et football) pour 6 heures ;
- Athlétisme (lancer de poids et courses de fond) pour 6 heures ;
- Gymnastique au sol pour 4 heures ;

Tennis de table pour 2 heures.

* Phase expérimentale

Le groupe expérimental 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° et cuisse-jambe de 60° (cuisses horizontales). Quatre électrodes sont placées en technique bipolaire sur chaque membre. Deux électrodes (proximales) sont placées sur le triangle fémoral et deux autres (distales) sur les points moteurs

du vaste latéral et du vaste médial. Nous avons utilisé le programme préétabli de force explosive : la largeur des impulsions est de 400 μ s ; la fréquence de la stimulation est de 120 Hz. Le temps de travail total est de 32 mn, reparti en trois séquences :

- La phase d'échauffement (5 minutes) caractérisé par un train d'impulsions variant entre 200 et 350 μ s à une fréquence de stimulation de 5 Hz.
- La phase intensive de force explosive (12 minutes) qui contient une série de 24 contractions musculaires. Chaque contraction tétanique dure 3 secondes avec une rampe montante d'une seconde et une pause de 25 secondes.
- La phase de récupération contient 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 est rectangulaire biphasique symétrique à moyenne nulle. L'intensité maximale utilisée est adaptée au seuil physiquement accepté par chaque sujet. Le groupe expérimental a bénéficié de 12 séances d'électrostimulation à raison de 3 séances par semaine.

1.3. Explorations musculaires

* Echographie musculaire

L'échographie musculaire a été effectuée avant et après le programme d'entraînement en quatre points précis sur le quadriceps fémoral. Elle a concerné pour tous les sujets: le vaste

latéral, le vaste médial et le droit de la cuisse. 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.

* Paramètres étudiés

Les variables étudiées sont de deux sortes les variables dépendantes et les variables indépendantes :

- Variables dépendantes

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 force des extenseurs du genou exprimé en kilogramme (Kg), le tour de la cuisse exprimé en centimètre (cm), l'échographie aux quatre points du quadriceps évaluée en millimètre (mm).

▣ Le S Figure 4 : Exécution du « squat »

Pour évaluer la détente verticale, le test de Sargent a été utilisé. Ce test nous a permis de déterminer les performances en Squat SJ et en

CMJ. Il consiste à mesurer la détente verticale d'un athlète, qui représente 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 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 (cm). Elle est l'expression des qualités de force concentrique.

▣ Le contre mouvement « jump » (CMJ)

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. L'athlète 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 ce test rend compte des qualités élastiques du sportif. Il permet d'évaluer sa capacité à utiliser la force pliométrique.

Le SJ et le CMJ exprimés en centimètres représentant la hauteur de décollage du centre

de gravité du sujet respectivement sans et avec élan.

▣ **La force des extenseurs du genou (FEG)**

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 (figure 1).

- **Analyse statistique :** Les analyses statistiques étaient réalisées à l'aide du logiciel spécialisé Statview 5*, Abacus Concepts Inc., Berkeley, CA, USA. 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'est pas significative ($p > 0,05$), le test paramétrique (test t-séries non appariés) était valide. Par contre, si la valeur p du test F était significative ($p < 0,05$) nous réalisons un test non paramétrique (Mann-Whitney).

2 - RESULTATS

2.1 - Caractéristiques biométriques des sujets de l'étude

L'âge, la taille et le tour de cuisse moyens sont consignés dans le tableau I, 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 tour de cuisse (TRC). Au sein du groupe expérimental il y a une différence significative ($p = 0,001$) entre avant et après le programme d'électrostimulation

2.2 - Variation du diamètre musculaire par échographie

Le tableau II 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'est constatée entre le groupe expérimental et le groupe contrôle avant le début de l'expérimentation. Une différence significative ($p < 0,05$) est constatée entre les deux groupes à la fin de l'expérimentation et ceci pour tous les points explorés.

Le tracé de la figure 2, confirme qu'il n'y a pas effectivement de différence significative entre les deux groupes au début de l'expérimentation, par contre 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 figure 3 présente les progrès en pourcentage au niveau des deux techniques d'évaluation.

2.3 - 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.

2.4 - Variation de la force des extenseurs du genou

La figure 5 présente la variation de la force des extenseurs du genou (FEG) avant et après dans les deux groupes. Aucune différence significative n'est constatée entre les deux groupes avant le programme ($p > 0,05$) ni en comparant les deux groupes après le programme et au sein du groupe stimulé avant et après.

2.5 - Evolution des performances de détente verticale.

La figure 6 montre les performances de *squat jump* (SJ) et de *counter movement jump* (CMJ) des deux groupes. La performance moyenne en SJ est de $47,80 \pm 4,26$ cm, alors que celui du CMJ est de $59,30 \pm 4,84$ cm avant l'expérimentation. Absence de différence significative ($p > 0,05$) entre les deux groupes au départ. Il y'a une différence

significative ($p = 0,01$) pour le SJ entre le groupe contrôle et le groupe expérimental après l'expérimentation. Aucune différence significative ($p > 0,05$) n'est notée en ce qui concerne les performances du CMJ dans les deux groupes.

Le groupe stimulé a progressé de 11,30 % pour le *squat jump* (SJ) contre 0.35 % pour le groupe contrôle. Aucun progrès n'est remarqué dans les deux groupes pour le contre *movement jump*.

2.6 - Les performances de détente

Le progrès a été de 11,30 % pour le *squat jump* dans le groupe stimulé et, il a par contre, régressé dans le groupe contrôle (- 1.26 %). Le contre *movement jump* a tendance à baisser dans les deux groupes mais, pas statistiquement significatif. La différence entre le contre *movement jump* et le *squat jump* (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, ils ont par contre perdu en élasticité musculaire.

Tableau I: Caractéristiques biométriques des sujets

		Groupe expérimental	Groupe contrôle	Moyenne des groupes
Age (ans)		$25,67 \pm 1,72$	$25,73 \pm 1,62$	$25,70 \pm 1,64$
Taille (m)		$1,79 \pm 0,06$	$1,80 \pm 0,05$	$1,79 \pm 0,05$
Masse corporelle (kg)	AVANT	$69,00 \pm 4,81$	$70,41 \pm 6,33$	$69,71 \pm 5,57$
	APRES	$69,25 \pm 4,44$	$70,92 \pm 6,37$	$70,09 \pm 5,46$

Indice de masse corporelle (kg/m²)	AVANT	21,39 ± 1,05	21,68 ± 1,59	21,54 ± 1,33
	APRES	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
	APRES	55,43 ± 2,03*	53,20 ± 2,55	54,32 ± 2,53

Tableau II : Présentation des résultats de l'échographie musculaire

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

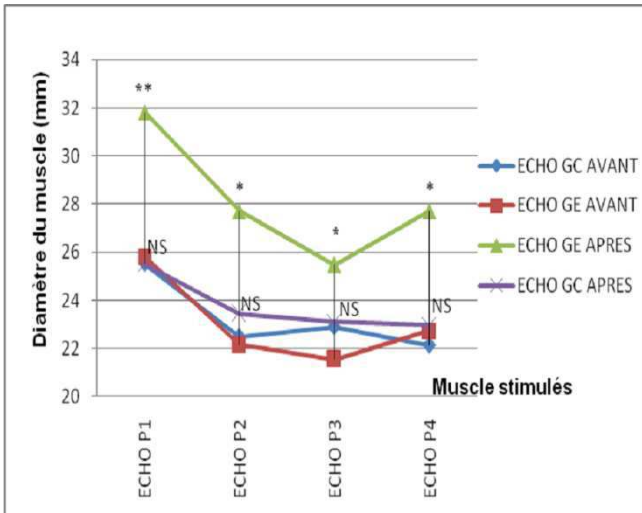


Fig 2: Evolution des résultats échographiques du diamètre des muscles explorés après l'expérimentation

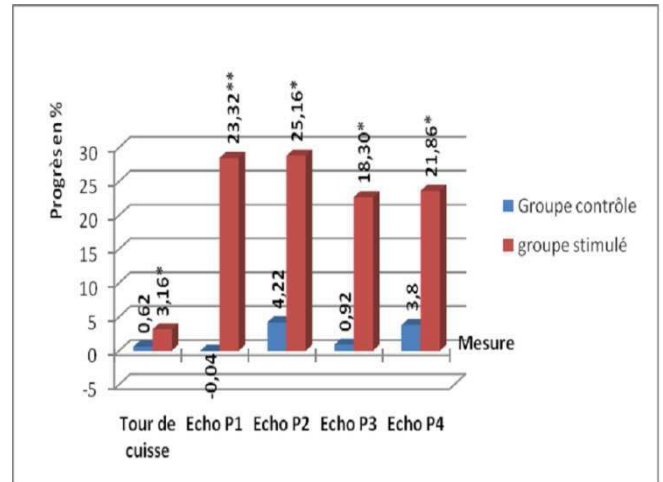


Fig 3: Progrès en masse musculaire observé en pourcentage selon les méthodes d'évaluation ((* et **) indique que la différence est respectivement significative et très significative.)

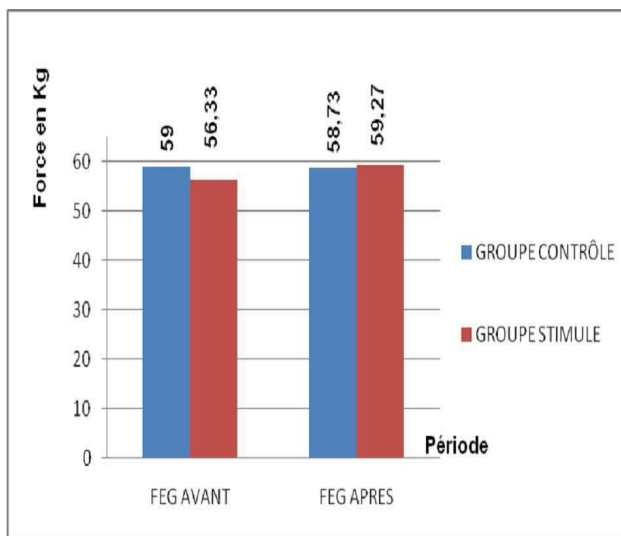


Fig 5 variation de la force des extenseurs du genou

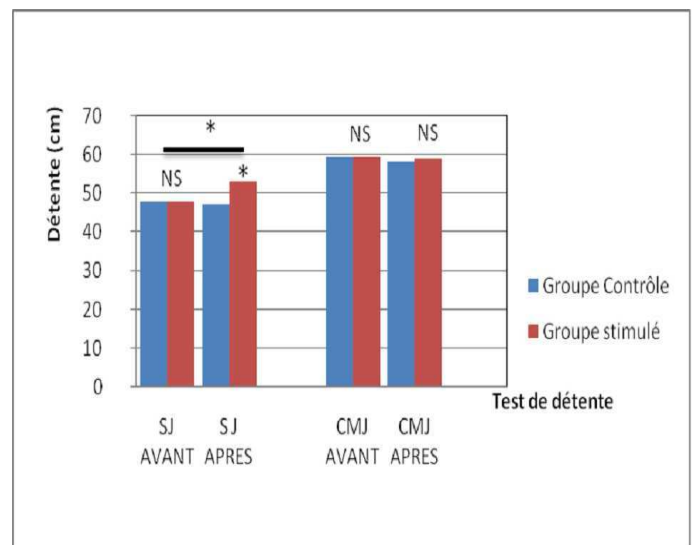


Fig 6 Evolution des performances de SJ et du CMJ dans les deux groupes (*indique que la différence est significative, et NS : non significative)



Fig 1 Evaluation de la force des extenseurs du genou sous électrostimulation

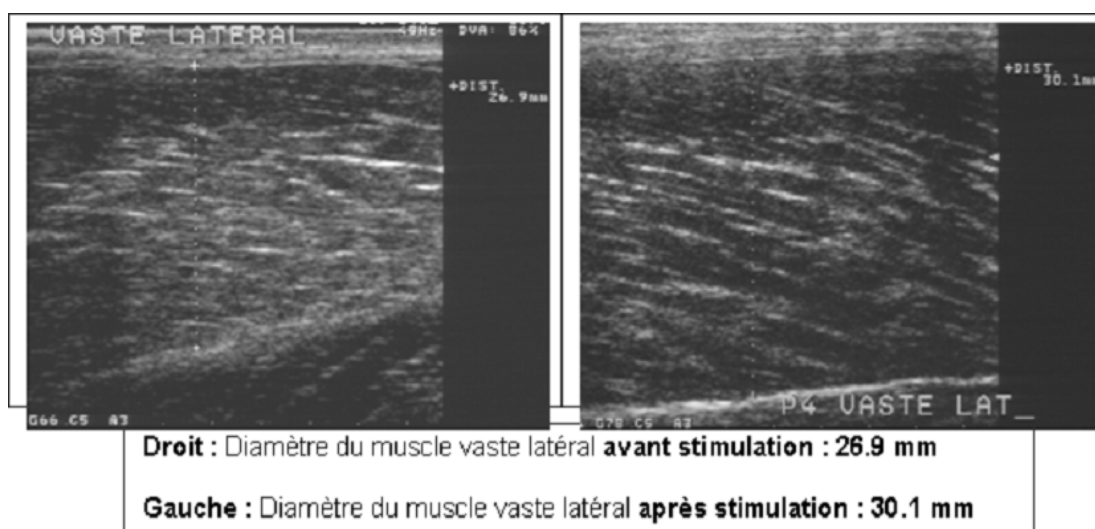


Fig4 : Echographie du vaste latéral avant et après stimulation

3. DISCUSSION

Tous les sujets ayant participé à cette étude pratiquaient diverses disciplines sportives sans être familiarisé avec un entraînement par électrostimulation. Nous pouvons émettre l'hypothèse d'une influence sur la performance de détente et la force des extenseurs du genou 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 nous a permis de résoudre le problème lié à la posture en stimulation et aux exigences de la recherche en matière de stimulation électrique.

Le 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 qui ne sont pas des points 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. De plus, le choix du droit de la cuisse, nous permet de voir l'effet de l'électrostimulation sur les muscles voisins, car la pose d'électrodes est faite sur le vaste médial et le vaste latéral.

L'hypertrophie musculaire après électrostimulation a été évaluée par le tour de cuisse et la mensuration biométrique échographique musculaire avant et après le programme.

Concernant le tour de cuisse, 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 [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 groupe contrôle. 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 3 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. Par contre, ces résultats nous confirment qu'il est possible d'hypertrophier le muscle par électromyostimulation comme le confirme les résultats du tour de cuisse et ceci sur des périodes courtes (3 à 4 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 qui est 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.

Le gain de force observé : au cours de notre étude, l'intensité moyenne du courant appliqué aux sujets est de 70 mA au début et a atteint 100 mA à la 10ème séance chez tous les sujets. Cette variation s'explique par le fait que les sujets n'étaient pas au départ habitués 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 sont 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 groupe contrôle. 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 8 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. Le fait que les sujets étant également sanglés au cours de l'exploration de leur force maximale, peut également expliquer ce moindre gain de force observée.

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 al [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.

Les performances de détente : Le progrès a été de 11,30 % pour le squat jump dans le groupe

stimulé, et il a par contre régressé dans le groupe contrôle (- 1.26 %). Le contre *movement jump* a tendance à baisser dans les deux groupes mais de façon statistiquement non significative. Nos résultats sont conformes à ceux obtenus par Maffiuletti [16], Vanderthommen [17] et par Babault [18].

Ces auteurs ont rapporté des progrès en squat jump respectivement de : 10% ; 11,14 % et 14 %, alors que le contre *movement jump* n'a pas varié statistiquement. Maffiuletti a travaillé sur une période de 12 semaines à raison de 3 séances par semaine les 6 premières semaines et une séance par semaine pour les 6 restantes. Vanderthommen et Babault ont travaillé respectivement sur 3 et 4 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'électromyostimulation utilisée sur des périodes relativement courtes (3 à 5 semaines) a des effets positifs sur les performances de squat jump et que le programme préétabli du stimulateur EMP 4 PRO 2008 SCHWA-MEDICO semble adapter pour un travail de force explosive.

La différence entre le contre *movement jump* et le squat jump (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, et ont par contre régressé en élasticité musculaire.

CONCLUSION

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

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

REFERENCES

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. » 3^{ème} colloque de biologie de l'exercice musculaire, Clermont-Ferrand, 2001.
2. **Akplogan B.** Points moteurs du membre pelvien : Etude anatomo-physiologique 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. *Le pharmacien d'Afrique* 2001 ; 148(221) :5p.
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; 10:187-191.
6. **Roques CF.** Pratique de l'électrothérapie, 1. Paris: Springer; 1997, 278.
7. **Cometti G.** *Les méthodes modernes de musculation. Tome 1: Données théoriques.* Université de Bourgogne 1988 : 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. *Sport Med* 1990, 18 : 16-26.
10. **Akplogan B, Vanneuville 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). *Médecine d'Afrique noire* 1999 ; 46: 584-588.
11. **Cometti G.** L'électromyographie dans l'entraînement des sportifs. *Sport Med* 1994 ; 16-26.
12. **Hainaut K, Duchateau J.** Neuromuscular Electrical stimulation and voluntary exercise. *Sports Med* 1992; 14: 100-113.
13. **Lloyd T, De Dominicis G, Strauss GR, Singer K.** A review of the use of electro-motor stimulation in human muscles. *Australien J Physiother* 1986; 32: 18-30.

14. **Enoka RM.** *Muscle strength and its development. New perspectives. Sport Med* 1988; 6:146-168.
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: 437-443.
17. **Vanderthommen M, Crielaar M.** *Le courant excito-moteur au niveau du quadriceps. Détermination des paramètres optimaux de stimulation. Cah. Kinésithér. Fasc. 1993;161 (3):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.