

ELSEVIER
MASSONAvailable online at
SciVerse ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Annals of Physical and Rehabilitation Medicine 56 (2013) 434–442

Elsevier Masson France
EM|consulte
www.em-consulte.com**A**NNALS
OF PHYSICAL
AND REHABILITATION MEDICINE

Original article / Article original

Effect of gender on strength gains after isometric exercise coupled with electromyographic biofeedback in knee osteoarthritis: A preliminary study[☆]

Effets liés au sexe sur l'augmentation de force après exercices isométriques couplés au biofeedback électromyographique dans la gonarthrose : une étude préliminaire[◇]

S. Anwer^{a,*}, A. Equebal^b, M. Nezamuddin^c, R. Kumar^b, P.K. Lenka^d

^a Padmashree Dr D.Y. Patil College of Physiotherapy, Dr D.Y. Patil Vidyapeeth, Pune, India

^b Department of Rehabilitation, National Institute for the Orthopedically Handicapped, Kolkata, India

^c Department of Physiotherapy, National Institute for the Orthopedically Handicapped, Kolkata, India

^d Department of Prosthesis and Orthosis, National Institute for the Orthopedically Handicapped, Kolkata, India

^e Department of Rehabilitation Sciences, College of Applied Medical Sciences King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia

Received 8 April 2012; accepted 8 June 2013

Abstract

Objective. – The objective of this trial was to evaluate the effect of gender on strength gains after five week training programme that consisted of isometric exercise coupled with electromyographic biofeedback to the quadriceps muscle.

Materials and methods. – Forty-three (20 men and 23 women) patients with knee osteoarthritis (OA), were placed into two groups based on their gender. Both groups performed isometric exercise coupled with electromyographic biofeedback for five days a week for five weeks.

Results. – Both groups reported gains in muscle strength after five week training. However, the difference was found to be statistically insignificant between the two groups ($P = 0.224$).

Conclusion. – The results suggest that gender did not affect gains in muscle strength by isometric exercise coupled with electromyographic biofeedback in patients with knee OA.

© 2013 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Keywords: Biofeedback; Electromyography; Exercise; Isometric; Strength; Osteoarthritis; Gender

Résumé

Objectif. – L'objectif de cette étude était d'évaluer les effets liés au sexe pour l'augmentation de force après un programme d'entraînement isométrique du quadriceps de cinq semaines couplé à du biofeedback électromyographique (BEMG).

Patients et méthode. – Quarante-trois patients (20 hommes et 23 femmes) atteints de gonarthrose étaient divisés en deux groupes selon leur sexe. Les deux groupes suivaient le même programme de renforcement musculaire isométrique couplé à du BEMG cinq jours par semaine pendant cinq semaines.

Résultats. – Les deux groupes montraient une augmentation de la force musculaire après cinq semaines d'entraînement. Cependant, la différence entre les deux groupes n'était pas statistiquement significative ($p = 0,224$).

Conclusion. – Les résultats suggèrent que l'augmentation de la force musculaire après entraînement isométrique couplé à du BEMG n'est pas liée au sexe chez les patients arthrosiques.

© 2013 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Biofeedback ; Électromyographie ; Exercice ; Isométrique ; Force ; Arthrose ; Genre

[☆] This study was approved by the Institutional Ethical Committee (IEC) of Hamdard University, New Delhi, India.

[◇] Cette étude a été approuvée par le Comité Institutionnel d'Éthique (IEC) de l'université d'Hamdard, New Delhi, Inde.

* Corresponding author.

E-mail address: anwer_shahnawazphysio@rediffmail.com (S. Anwer).

1. English version

1.1. Introduction

Osteoarthritis (OA) is the most common musculoskeletal condition affecting the quality of life in older adults [3,4]. A recent survey in India reported the prevalence of OA in older age more than 65 years was 32.6% in rural and 60.3% in urban population [20]. A recent World Health Organization report on the global burden of disease indicates that knee OA is likely to become the fourth most important global cause of disability in women and the eighth most important in men [17]. The major physical impairments such as knee pain, stiffness and decreased quadriceps strength have been associated with knee OA and are believed to contribute to physical disability and progression of the disease [6,16,21]. Both radiographic and symptomatic knee OAs are more common among women than men in the age group above 50 years [14].

Three basic types of therapeutic exercise exist: isotonic, isokinetic, and isometric. Of these three, isometric exercise might be the most appropriate for home maintenance because it requires no or minimal apparatus and it is easy to learn. Further, isometric exercise causes the least intra-articular inflammation, pressure, and bone destruction [8]. Norden et al. acknowledge that “isometric exercises” are simple and inexpensive to perform, and they rapidly improve strength [18].

The use of EMG-biofeedback (EMG-BF) as an adjunct therapy to standard exercise regime for increasing muscle strength has been investigated in several studies. Adamovich et al. [1] studied the effects of EMG-BF on static contraction of quadriceps muscles. The experimental group, which received auditory and visual EMG-feedback while exercising, demonstrated significantly greater strength gains than the control group, which received no form of feedback. Similarly, Anwer et al. [2], Lucca et al. [15], and Khalil et al. [10] found that isometric exercise coupled with EMG-BF lead to significantly greater gains in strength than did isometric exercise alone.

To date, few studies have examined the effect of age and gender on the strength response to strength training (ST). Lemmer et al. [11] examined the effects of age and gender on the strength response to strength training and detraining. They reported that changes in one repetition maximum (1 RM) strength in response to both ST and detraining are affected by age. However, ST-induced increases in muscular strength, appears to be maintained equally well in young and older men and women during 12 weeks of detraining and are maintained above baseline levels even after 31 weeks of detraining in young men, young women, and older men.

Hakkinen et al. [5] investigated the effect of 12-week progressive heavy resistance strength training on electromyographic activity (EMG), muscle cross-sectional area (CSA) of the quadriceps femoris and maximal concentric force in 1 RM test of the knee extensor muscles. Their findings suggested both elderly men and women showed greater increase in maximal dynamic strength accompanied by considerable neural adaptations and muscular hypertrophy.

In a study, Ivey et al. [7] compared (young men, young women, older men and older women) the influence of age and gender on strength and muscle quality response of quadriceps to ST and detraining. All groups demonstrated significant increase in 1 RM strength and muscle volume after training (all $P < .05$). All groups also increased their maximal force production per unit of muscle mass (Muscle Quality, MQ) with training (all $P < .01$), but the gain in MQ was significantly greater in young women than in the other three groups ($P < .05$). After 31 weeks of detraining, MQ values elevated significantly above baseline levels in all groups ($P < .05$), except the older women.

To date however, no study has evaluated the effect of gender on strength gains after isometric exercise coupled with EMG-BF in knee osteoarthritis. So the present study was intended to evaluate the effect of gender on strength gains after isometric exercise coupled with EMG-BF in knee osteoarthritis. We hypothesized that the male group may gain greater strength after training as compare to female group. This study would be helpful for designing strength training protocol for male and female in these populations. If our hypothesis proved that male group gains greater strength after this training as compare to female group, then we have to consider gender differences during formulation of such training protocol. However, if both groups would show similar gains in muscle strength, we can design similar training protocol for both males and females.

1.1.1. Methods and materials

1.1.1.1. Study design. This was a pretest posttest experimental group designed to evaluate the effect of gender on strength gains after five week training programme that consisted of isometric exercise coupled with EMG-BF to the quadriceps muscle in patients with knee osteoarthritis. The subjects were screened first according to the inclusion and exclusion criteria. The subjects were then divided into two groups based on their gender. The study has approval by Institutional Ethical Committee (IEC) and written consent was obtained from all the participants.

1.1.1.2. Subjects. The criteria for inclusion were: radiological evidence of primary osteoarthritis with grade 2 on the Kellgren Lawrence scale, age between 40–65 years; unilateral or bilateral involvement (in case of bilateral involvement the more symptomatic knee was included); pain in and around knee. Subjects were excluded if they had any deformity of the knee (fix flexion deformity), hip or back, any central or peripheral nervous system involvement, received steroids or intra-articular injection within previous three months, uncooperative patients and those who received physiotherapy treatment in the past six months.

Due to a lack of knowledge of previous effect size, sample size calculation was performed based on test results of the change in isometric quadriceps strength, including the first 10 patients (five patients in each group) of the present study. On the basis of results of pilot study, we estimate that male group would gain 45% greater strength as compare to female group. The standard deviation was found to be 1.50. A significance criterion of .05 and power of 0.80 yields a sample size of n

43.74. Therefore, a total of 44 patients (rounding n to the nearest even number) should be enrolled in the study. The following equation was used to calculate the sample size [19].

$$n = \frac{4\sigma^2(z_{crit} + z_{pwr})^2}{D^2}$$

where n is the total sample size (the sum of the sizes of both comparison groups), σ is the assumed SD of each group (assumed to be equal for both groups), the z_{crit} value is 1.960 for .05 level of significance, the z_{pwr} value is 0.842 for 0.8 statistical power, and D is the minimum expected difference between the two means.

1.1.2. Intervention

Both the groups performed isometric exercises coupled with EMG-BF for five days a week for five weeks.

1.1.2.1. Biofeedback training. Biofeedback training was performed with a Myomed 932 (Enraf Nonius, Rotterdam, The Netherlands), a two-channel EMG machine. Clear and full screen displayed the EMG signal with a curve was obtained for both the vastus medialis oblique (VMO) and rectus femoris (RF).

1.1.2.2. Electrode placement. Before the electrode placement, the subjects were asked to shave the part (as required) and then the part to be treated was thoroughly washed by alcohol solution to clean the area and to reduce the skin resistance. Skin adhesive surface electrodes were used to record muscle activity. Two electrodes were placed 4 cm superior and 3 cm medial to supero-medial border of patella, to record the recruitment of VMO. Other electrodes were placed at the junction of the middle and lower third of the thigh, slightly medially and angled downwards (i.e. midway between a line drawn between the base of patella and the anterior superior iliac spine) for rectus femoris. The two active electrodes from each channel were placed as close together as possible along the directions of the fibers of each muscle. The reference electrode was placed below the tibial tubercle (Fig. 1).

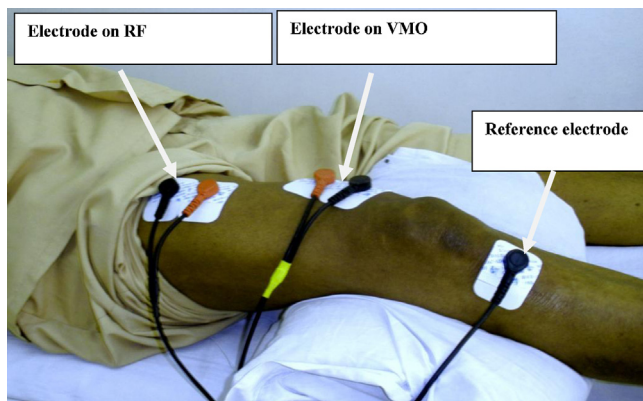


Fig. 1. Electrode placements for vastus medialis oblique (VMO) and rectus femoris (RF) during electromyographic biofeedback training.

1.1.2.3. Exercise procedure

At the beginning, the subject was asked to contract the quadriceps muscle maximally three times while the activity level of the VMO and RF was monitored by EMG-BF device. The average of these three maximum contractions was lowered by 20% for each muscle to determine their threshold levels. During the training session, subjects were instructed to contract the VMO and RF above its threshold level and sustain the contraction for at least five seconds. After each 5-second hold, the subject was then asked to take rest for 10 seconds.

The subjects in this trial were asked to perform each of the following four exercises (three sets of 10 repetitions each).

1.1.2.3.1. Isometric quadriceps exercise. Patients were positioned in supine lying. A roll of towel was put beneath the knee. They were instructed to maximally activate their thigh muscles above its threshold level in order to straighten their knee and maintain the audible signal for five seconds.

1.1.2.3.2. Terminal knee extension exercise. The knee extension exercise was performed with the patient in a sitting position with the knee flexed from 30 to 0 degrees. Patients were instructed to maximally activate their thigh muscles above its threshold level in order to straighten their knee and to maintain the audible signal for five seconds.

1.1.2.3.3. Straight Leg Raising (SLR) exercise. Patients were positioned in supine lying. They were instructed to perform a maximum isometric quadriceps contraction prior to the lifting phase of exercise. Then subjects were instructed to lift the leg and to maintain the audible signal for five seconds.

1.1.2.3.4. Isometric hip adduction exercise. Patients were positioned in supine lying. A small pillow was put between the knees. They were instructed to perform isometric hip adduction exercise as pressing the pillow between the knees, maintain the adduction contraction above its threshold level during the audible signal for five seconds.

1.1.3. Outcome measurement

The isometric strength of quadriceps femoris muscle was used as the outcome measure of this study [2]. Measurements were taken at baseline (pretest), and after the end of 5th week (posttest). The quadriceps strength was measured using electronic strain gauge device. It is a reliable and valid tool to measure muscle strength. Kennedy et al. [9] reported that test-retest correlation ranged from 0.81 to 0.94. The readings from strain gauge measurement was also highly correlated with those measured by the cable tensiometer and maximal load lifted (i.e., criterion related validity). The reading of strain gauge device was 69.1% greater than cable tensiometer device. However, author did not report level of correlation [22].

During the testing, subjects were made to sit on the quadriceps table with the knee joint in 60 degrees of flexion using a standard goniometer. Sixty degrees of knee flexion was used because this position has been found to result in the greatest torque output [13]. Subject's pelvis was stabilized by a belt around the edge of the treatment table. The lever arm length kept constant by placing the shin pad of the lever arm near the ankle at a point, 80% of the distance between the lateral joint line of the knee and the lateral malleolus. The fulcrum of the

lever arm was aligned with the most inferior aspect of the lateral epicondyle of the femur. Strain gauge was attached to the distal end of the quadriceps table arm [2]. Each test included three consecutive 5-second trials with 30 second rest between trials. The mean strength values were used for subsequent analysis.

1.1.4. Statistical analysis

An intention to treat analysis was done using SPSS 15.0 Software (SPSS Inc., Chicago, USA). Shapiro-Wilk tests were completed to assess whether the dependent variable conformed to a normal distribution (and thus whether parametric testing could be undertaken). Result of the Shapiro-Wilk tests suggested that the dependent variable was not normally distributed ($P < 0.05$). Thus, non-parametric test was used to analyze the data. Mann-Whitney U test was used to compare the isometric quadriceps strength between the two groups at baseline, and at the end of 5th week. Wilcoxon sign rank test was used to study the changes in isometric quadriceps strength in each group over time. The level of statistical significance was set at $P < 0.05$.

1.1.5. Results

A total of 53 subjects were assessed for eligibility. Seven subjects did not satisfy the inclusion criteria and three refused to participate. Forty-three subjects enrolled in the study, with 23 female and 20 male being divided into two groups based on their gender. The demographic details including age, weight, height and Body Mass Index (BMI) was recorded (Table 1). These variables had no significant difference between the two groups ($P > 0.05$). On comparing the isometric quadriceps strength values between baseline and at the end of the 5th week, a significant improvement was noted in both groups ($P < .001$) (Table 2).

The baseline reading of quadriceps strength did not show significant between-group difference ($P = .306$). At the end of the 5th week, the between-group difference in quadriceps muscle strength remained non-significant ($P = .394$) (Table 3). During the 5-week treatment period, the mean (SD) improvement of quadriceps strength in the female group and male group was found to be 3.37 (.69) and 3.21 (.30), respectively.

1.2. Discussion

As per literature review, this may be the first study to evaluate the effect of gender on strength gains after 5-week training programme that consisted of isometric exercise coupled with EMG-BF to the quadriceps muscle. The

Table 1
Subject characteristics.

Characteristics	Female group $n = 23$	Male group $n = 20$
Age (Yrs)	53.83 (7.84)	56.40 (5.95)
Weight (kg)	66.35 (4.78)	63.50 (4.79)
Height (m)	1.55 (3.64)	1.56 (4.52)
BMI (kg/m^2)	27.58 (1.54)	26.06 (1.85)

Values are mean (SD).

Table 2
Comparison of isometric quadriceps strength by time training.

Group	Baseline	Week 5	Wilcoxon test	
			Z	P
Female $n = 23$	8.83 (1.43)	12.20 (2.12)	-4.198	0.001
Male $n = 20$	9.76 (2.41)	12.97 (2.11)	-3.813	0.001

Values are mean (SD).

hypothesis stated that the male group would gain greater strength after training as compared to female group. Upon analyses of the data, it was revealed that the gender did not affect gains in muscle strength of quadriceps after training programme that consisted of isometric exercise coupled with EMG-BF. However, the results of the study demonstrated that a combination of EMG-BF and isometric exercises brought significant gains in muscle strength of quadriceps in both the groups.

Our findings concur with those obtained in previous studies in demonstrating the benefits of using EMG-BF in strength training. Adamovich et al. [1] compared the effect of EMG-BF on static contraction of quadriceps muscle. They concluded that the experimental group, which received auditory and visual EMG-feedback while exercising, demonstrated significantly greater strength gains than the control group. Similarly, Anwer et al. [2], Lucca et al. [15] and Khalil et al. [10] reported greater gains in strength with EMG-BF than did exercise alone. A recent systematic review was conducted by Lapley et al. [12] to determine the effect of EMG-BF on quadriceps strength compared with that of placebo and traditional exercise interventions in both pathological and healthy populations. This study concluded that the effects were the strongest for EMG-BF in subjects with knee osteoarthritis compared with placebo and traditional exercise interventions group.

Our findings concur with those obtained in previous studies which also fail to find any influence of gender on strength gains after strength training. Lemmer et al. [11] examined the effects of age and gender on the strength response to strength training and detraining. They reported that changes in strength in response to both ST and detraining are affected by age but not by gender. Further Hakkinen et al. [5] reported that the maximal dynamic strength increased in both elderly men and women accompanied by considerable neural adaptations and muscular hypertrophy.

Table 3
Comparison of isometric quadriceps strength by gender.

	Female $n = 23$	Male $n = 20$	Mann-Whitney U test	
			Z	P
Baseline	8.83 (1.43)	9.76 (2.41)	-1.023	.306
Week 5	12.20 (2.12)	12.97 (2.11)	-.853	.394

Values are mean (SD).

Ivey et al. [7] compared (young men, young women, older men and older women) the influence of age and gender on strength and muscle quality response of quadriceps to ST and detraining. All groups demonstrated significant increases in 1 RM strength and muscle volume after training (all $P < .05$). All groups also increased their MQ with training (all $P < 0.01$), but the gain in MQ was significantly greater in young women than in the other three groups ($P < 0.05$).

This study has few major limitations. As there is no previous study evaluated, the effect of gender on strength gains after training programme that consisted of isometric exercise coupled with EMG-BF to the quadriceps muscle. Therefore, due to a lack of knowledge of previous effect size, this study may have been underpowered to detect a significant effect of gender on strength gains after training programme that consisted of isometric exercise coupled with EMG-BF to the quadriceps muscle. Moreover, the duration of study is not adequate to study the long-term effect of the EMG-BF. Evaluation of the effect of gender on electromyographic activities of quadriceps muscle after EMG-BF training in these populations is recommended.

1.3. Conclusion

The result suggests that gender did not affect gains in muscle strength by isometric exercise coupled with EMG-BF in patients with knee OA, but future parametric studies are needed with larger subject numbers to confirm this finding.

Disclosure of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest concerning this article.

2. Version française

2.1. Introduction

L'arthrose est la pathologie musculosquelettique la plus courante ayant un impact sur la qualité de vie de la personne âgée [3,4]. Une étude récente en Inde rapportait une prévalence de l'arthrose de 32,6 % en milieu rural et 60,3 % en milieu urbain chez la personne de plus de 65 ans [20]. Un rapport récent de l'Organisation Mondiale de la Santé sur la charge mondiale de morbidité indiquait que la gonarthrose est en passe de devenir la quatrième principale cause d'incapacité chez la femme et la huitième chez l'homme [17]. Les détériorations physiques liées à cette pathologie telles que douleur du genou, raideur et diminution de la force musculaire du quadriceps contribuent à la progression de la maladie pouvant résulter en une situation de handicap chez la personne âgée [6,16,21]. L'arthrose anatomique (modifications radiologiques) et l'arthrose symptomatique ou clinique sont plus courantes chez la femme que chez l'homme dans la catégorie 50 ans et plus [14].

Ils existent trois types d'exercices thérapeutiques de base : isotonique, isocinétique et isométrique. Parmi ces trois types,

l'exercice isométrique semble le plus adapté au maintien à domicile car il est facile à apprendre et ne nécessite aucun ou très peu de matériel. De plus, l'exercice isométrique entraîne peu d'inflammation intra-articulaire, de pression articulaire ou de destruction osseuse [8]. Norden et al. ont montré que les exercices isométriques sont simples et peu coûteux à effectuer et améliorent rapidement la force musculaire [18].

De nombreuses études ont évalué l'utilisation du biofeedback électromyographique (BEMG) en tant que thérapie associée à un programme de renforcement musculaire standard. Adamovich et al. [1] ont étudié les effets du BEMG sur la contraction statique du quadriceps. Le groupe expérimental ayant reçu un feedback EMG visuel et auditif pendant l'entraînement, montrait une augmentation significative de la force musculaire par rapport au groupe témoin, n'ayant reçu aucune forme de feedback. De façon similaire, Anwer et al. [2], Lucca et al. [15] et Khalil et al. [10] ont montré que l'entraînement isométrique associé au BEMG résultait en une augmentation de force plus importante, et cela de manière significative, que l'exercice isométrique seul.

À ce jour, peu d'études se sont focalisées sur les effets liés à l'âge et au sexe sur l'augmentation de force après un programme de renforcement musculaire. Lemmer et al. [11] ont étudié les effets liés à l'âge et au sexe sur les gains de force musculaire après renforcement musculaire et désentraînement. Ils ont rapporté que les changements liés à la charge maximale (1RM) en réponse à l'entraînement et au désentraînement sont affectés par l'âge.

Cependant, les gains de force musculaire liés au renforcement musculaire semblent se maintenir aussi bien chez les femmes et hommes jeunes et vieux pendant 12 semaines de désentraînement et cela bien au-dessus des niveaux enregistrés à l'inclusion et même après 31 semaines de désentraînement chez les hommes jeunes, les femmes jeunes et les hommes âgés.

Hakkinen et al. [5] ont analysé les effets d'un programme de 12 semaines de renforcement musculaire intensif en résistance progressive sur l'activité EMG, la surface de section transversale du droit fémoral et la force maximale concentrique durant le test 1RM sur les extenseurs du genou.

Leurs résultats soulignent que les hommes et femmes âgées montrent une plus grande augmentation de la force maximale dynamique associée à des adaptations nerveuses considérables et une hypertrophie musculaire.

Dans une étude, Ivey et al. [7] ont évalué (comparaison entre quatre groupes : hommes jeunes, femmes jeunes, hommes âgés et femmes âgées) les effets liés à l'âge et au sexe sur la force et qualité de la réponse musculaire du quadriceps pendant le renforcement musculaire et le désentraînement. Tous les groupes montraient une augmentation significative de la force maximale (1RM), de la force musculaire et du volume musculaire après le programme d'entraînement (tous $p < 0,05$). Pour tous ces groupes, les auteurs ont noté une augmentation du développement de force maximale par unité de masse musculaire (qualité musculaire, QM) avec l'entraînement (tous $p < 0,01$), mais l'amélioration de QM était plus importante, et cela de manière significative, dans le groupe de femmes jeunes que dans les trois autres groupes ($p < 0,05$).

Après 31 semaines de désentraînement les valeurs QM étaient significativement plus élevées qu'à l'inclusion pour tous les groupes ($p < 0,05$), sauf le groupe de femmes âgées.

Cependant à ce jour, aucune étude n'a évalué l'effet lié au sexe sur l'augmentation de force après entraînement isométrique couplé à du BEMG dans la gonarthrose. C'est pourquoi l'objectif de notre étude était d'analyser cet effet sur l'augmentation de force, nous avons émis l'hypothèse que le groupe masculin montrerait une plus grande augmentation de force musculaire après l'entraînement que le groupe féminin. Cette étude pourrait se révéler utile pour développer des protocoles de renforcement musculaire pour les hommes et pour les femmes dans cette population arthrosique.

Si notre hypothèse révèle que le groupe masculin montre effectivement une augmentation de force musculaire plus importante par rapport au groupe féminin, nous serions donc amenés à considérer les différences liées au sexe en développant des protocoles d'entraînement. En revanche, si les deux groupes montrent une augmentation similaire de force musculaire, nous pourrions donc développer des protocoles d'entraînement similaires pour les hommes et les femmes.

2.2. Patients et méthode

2.2.1. Conception de l'étude

L'étude consistait à évaluer l'effet lié au sexe sur l'augmentation de force musculaire après cinq semaines d'un programme d'entraînement isométrique du quadriceps couplé à du BEMG chez des patients atteints de gonarthrose.

Les sujets étaient recrutés en fonction des critères d'inclusion et d'exclusion. Les patients étaient ensuite divisés en deux groupes selon leur sexe. L'étude a reçu l'approbation du Comité Institutionnel d'Éthique (IEC) et nous avons recueilli le consentement éclairé de tous les participants.

2.2.2. Sujets

Les critères d'inclusion étaient : preuve radiologique d'arthrose primaire de grade 2 selon la classification de Kellgren et Lawrence ; âge entre 40 et 65 ans, gonarthrose unilatérale ou bilatérale (si bilatérale le genou le plus symptomatique était pris en compte) ; douleur dans et autour du genou. Les critères d'exclusion étaient : malformation du genou (flexion figée), de la hanche ou du dos, pathologie du système nerveux central ou périphérique, prise de corticostéroïdes ou infiltrations articulaires au cours des trois derniers mois, patients non coopératifs et patients ayant participé à un programme de rééducation fonctionnelle au cours des six derniers mois.

À cause d'un manque de connaissance sur la précédente taille de l'effet, nos calculs pour obtenir la taille de l'échantillon étaient basés sur les résultats de l'étude pilote montrant les changements de force du quadriceps, ces résultats incluaient les dix premiers patients (cinq patients dans chaque groupe) de l'étude. En nous basant sur ces résultats nous avons estimé que le groupe masculin augmenterait de 45 % sa force musculaire par rapport au groupe féminin. L'écart-type était de 1,50. Avec un critère significatif de 0,05 et une puissance de 0,80 nous

obtenions une taille d'échantillon de $n = 43,74$. En conséquence, 44 patients (en arrondissant n à la valeur supérieure) devaient être inclus dans l'étude. L'équation suivante a été utilisée pour calculer la taille de l'échantillon [19].

$$n = \frac{4\sigma^2(z_{\text{crit}} + z_{\text{pwr}})^2}{D^2}$$

Puisque n représente le nombre total de l'échantillon (la somme des participants des deux groupes), σ représente l'écart-type de chaque groupe (supposé égal pour les deux groupes), la valeur critique de z est 0,842 pour une puissance statistique de 0,8 et D est la différence minimale attendue entre les deux moyennes.

2.3. Intervention

Les deux groupes participaient à un programme de renforcement musculaire isométrique couplé à du BEMG cinq jours par semaine pendant cinq semaines.

2.3.1. Programme de biofeedback

Le programme de biofeedback s'appuyait sur le système Myomed 932 à deux canaux EMG indépendants Myomed 932 (EnrafNonius, Rotterdam, Pays-Bas). Nous avons obtenu des signaux EMG clairs avec courbes pour le vaste interne oblique (VMO) et le droit fémoral (RF).

2.3.2. Placement des électrodes

Avant le placement des électrodes, les participants devaient raser la zone indiquée et ensuite l'équipe procédait à un nettoyage minutieux avec une solution alcoolique afin d'augmenter la conductivité de la peau. Afin d'enregistrer l'activité musculaire, nous avons positionné deux électrodes à 4 cm au-dessus et 3 cm au milieu par rapport à la limite supérieur-médiane de la rotule pour mesurer le recrutement du vaste interne oblique. Les autres électrodes étaient placées au niveau du troisième tiers inférieur de la cuisse, légèrement au milieu à un angle descendant (c'est-à-dire au milieu d'une ligne dessinée entre la base de la rotule et l'épine iliaque antérieure et supérieure) pour l'activité du droit fémoral. Les deux électrodes actives de chacun des canaux étaient placées le plus proche possible l'une de l'autre le long du trajet des fibres nerveuses de chacun des muscles. L'électrode de référence était positionnée sous la tubérosité tibiale (Fig. 1).

2.3.2.1. Description des exercices

Au début, il était demandé au sujet de produire une contraction maximale du quadriceps trois fois de suite pendant que le niveau d'activité du VMO et RF était mesuré par l'appareil BEMG. La moyenne de ces trois contractions maximales était abaissée de 20 % pour chacun des muscles afin de déterminer leur niveau seuil. Pendant la session d'entraînement les sujets devaient fournir une contraction au-dessus de ce niveau seuil pour les muscles VMO et RF et la maintenir pendant au moins cinq secondes. Après chaque période de cinq secondes, une période de dix secondes de repos était accordée.

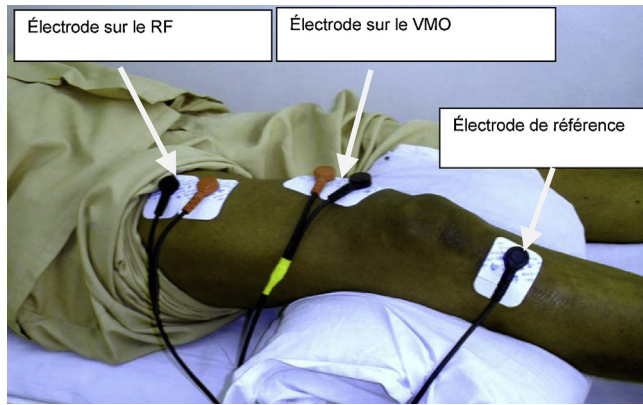


Fig. 1. Placement des électrodes sur le vaste médial (VM) et le droit fémoral (DF) pendant l'entraînement par biofeedback électromyographique.

Tous les participants de l'étude devaient compléter chacun des quatre exercices suivants (trois sets de dix répétitions pour chacun des exercices).

2.3.2.1.1. Exercice isométrique du quadriceps. Le sujet était allongé sur le dos. Une serviette enroulée était placée sous le genou. Le sujet avait pour instructions de contracter au maximum les muscles de la cuisse au-dessus du niveau seuil prédéterminé et ainsi maintenir le signal sonore pendant cinq secondes.

2.3.2.1.2. Exercice d'extension du genou. Le sujet était assis avec le genou fléchi de 30 à 0 degrés. Les instructions étaient d'activer le quadriceps au maximum au-dessus du niveau seuil afin d'obtenir une extension maximale du genou et ainsi maintenir le signal sonore pendant cinq secondes.

2.3.2.1.3. Exercice de lever de jambe tendue. Le sujet était allongé sur le dos. Il avait pour instructions d'effectuer une contraction isométrique maximale du quadriceps avant la phase de lever de jambe. Ensuite le sujet devait lever la jambe tendue et maintenir le signal sonore pendant cinq secondes.

2.3.2.1.4. Exercice isométrique d'adduction de hanche. Le sujet était allongé sur le dos. Un petit coussin était placé entre ses genoux. Le sujet devait ensuite presser le coussin le plus fort possible entre ses genoux et maintenir cette contraction en adduction au-dessus du niveau seuil et maintenir pendant le signal sonore de cinq secondes.

2.3.3. Mesures de résultats

La force isométrique du muscle droit fémoral était utilisée comme indicateur de résultats pour cette étude [2]. Les mesures étaient enregistrées à l'inclusion (pré-test) et après la fin du programme d'entraînement de cinq semaines (post-test). La force du quadriceps était mesurée à l'aide d'un dynamomètre électronique qui est un outil valide et fiable pour mesurer la force musculaire. Kennedy et al. [9] rapportait une corrélation test-retest allant de 0,81 à 0,94. Les résultats du dynamomètre étaient également fortement corrélés avec les mesures du tensiomètre à courroie et de la force maximale soulevée (c'est-à-dire le critère de validité). Les mesures du dynamomètre étaient 69,1 % plus importantes que celles du tensiomètre à

courroie. Cependant, les auteurs ne rapportaient pas de niveau de corrélation [22].

Pendant le test, le sujet était assis sur la table d'exercice avec le genou fléchi à 60° mesuré par un goniomètre standard. Le choix de cette flexion de 60° était délibéré car il a été rapporté que cette position permet le moment de force maximale [13]. Le pelvis du sujet était stabilisé à l'aide d'une ceinture attachée aux extrémités de la table. La longueur du bras de levier était maintenue constante en plaçant le protège tibias du bras de levier près de la cheville à 80 % de la distance entre la surface articulaire latérale du genou et la malléole externe. Le point d'appui du bras de levier était aligné avec la partie la plus distale du condyle latéral du fémur.

Le dynamomètre était fixé à l'extrémité distale de la table [2]. Chaque test de mesure comprenait trois sessions consécutives de cinq secondes avec 30 secondes de repos entre les sessions. Pour l'analyse statistique, nous avons utilisé les valeurs moyennes de force musculaire obtenues lors de ces tests.

2.3.4. Analyse statistique

Les analyses ont été effectuées avec le logiciel SPSS 15.0 (SPSS Inc., Chicago, États-Unis). Le test de Shapiro-Wilk permettait d'évaluer si la variable dépendante était issue d'une population normalement distribuée (et donc si le test paramétrique pouvait être poursuivi). Le test de Shapiro-Wilk a montré que la variable dépendante n'était pas issue d'une population normalement distribuée ($p < 0,05$). Nous avons donc utilisé un test non paramétrique pour analyser les données, le test de Mann-Whitney U , pour comparer la force isométrique du quadriceps entre les deux groupes à l'inclusion et à la fin des cinq semaines d'entraînement. Le test des rangs de Wilcoxon nous a permis d'étudier les changements de la force isométrique du quadriceps dans chaque groupe et au long terme. La valeur p pour une signification statistique était fixée à $p < 0,05$.

2.4. Résultats

Au total, 53 patients ont été présentés pour intégrer l'étude. Sept sujets ne remplissaient pas les critères d'inclusion et trois ont refusé de participer. En tout, 43 sujets étaient inclus dans l'étude avec 23 femmes et 20 hommes divisés en deux groupes selon leur sexe. Les données démographiques recueillies comprenaient l'âge, le poids, la taille et l'indice de masse corporelle (IMC) (Tableau 1).

Tableau 1
Caractéristiques démographiques des sujets.

Caractéristiques	Groupe féminin $n = 23$	Groupe masculin $n = 20$
Âge (années)	53,83 (7,84)	56,40 (5,95)
Poids (kg)	66,35 (4,78)	63,50 (4,79)
Taille (m)	1,55 (3,64)	1,56 (4,52)
BMI (kg/m ²)	27,58 (1,54)	26,06 (1,85)

Les valeurs sont exprimées en moyenne (écart-type).

Ces variables ne montraient pas de différence significative entre les deux groupes ($p > 0,05$). En comparant les valeurs de la force isométrique du quadriceps à l'inclusion et la fin des cinq semaines d'entraînement, une amélioration notable était notée dans les deux groupes ($p > 0,001$) (Tableau 2).

La valeur de la force musculaire du quadriceps à l'inclusion ne montrait pas de différence intergroupe significative ($p = 0,306$). À la fin du programme de cinq semaines, la différence intergroupe pour la force musculaire du quadriceps demeurait non significative ($p = 0,394$) (Tableau 3). Pendant le programme d'entraînement de cinq semaines, les moyennes (SD) d'amélioration de la force musculaire du quadriceps dans le groupe féminin et masculin étaient respectivement de 3,37 (0,69) et 3,21 (0,30).

2.5. Discussion

Selon les données de la littérature, cette étude semble être la première à évaluer l'effet lié au sexe sur l'augmentation de force musculaire après cinq semaines d'entraînement isométrique du quadriceps couplé au biofeedback EMG. L'hypothèse de départ était que le groupe exclusivement composé d'hommes montrerait une plus grande augmentation de la force musculaire après le programme d'entraînement comparé au groupe composé uniquement de femmes. Après l'analyse des données nous avons constaté que le sexe n'affecte pas l'augmentation de force musculaire du quadriceps après un programme d'entraînement isométrique couplé au BEMG.

Cependant, les résultats de l'étude montrent que l'association d'exercices isométriques et de BEMG apportent des gains significatifs de force musculaire du quadriceps et cela dans les deux groupes. Nos résultats rejoignent ceux de la littérature et soulignent les bénéfices de l'utilisation du BEMG dans les programmes de renforcement musculaire. Adamovich et al. [1] ont comparé les effets du BEMG sur la contraction statique du quadriceps. Ils ont conclu que le groupe témoin ayant reçu un feedback EMG auditif et visuel pendant l'entraînement, montrait une augmentation significative de la force musculaire par rapport au groupe témoin. De la même manière, Anwer et al. [2], Lucca et al. [15] and Khalil et al. [10] ont rapporté des améliorations plus importantes de la force musculaire dans le groupe exercice associé au BEMG que dans le groupe exercice seul. Une récente revue systématique de la littérature menée par Lاپley et al. [12] avait pour objectif de déterminer l'effet du

Tableau 2
Comparaison de la force isométrique du quadriceps dans la durée.

Groupe	Inclusion	Semaine 5	Test de Wilcoxon	
			Z	p
Femmes n = 23	8,83 (1,43)	12,20 (2,12)	-4,198	0,001
Hommes n = 20	9,76 (2,41)	12,97 (2,11)	-3,813	0,001

Les valeurs sont exprimées en moyenne (écart-type).

Tableau 3
Comparaison de la force isométrique des quadriceps par genre.

	Femmes n = 23	Hommes n = 20	Test de Mann Whitney U	
			Z	p
Inclusion	8,83 (1,43)	9,76 (2,41)	-1,023	0,306
Semaine 5	12,20 (2,12)	12,97 (2,11)	-0,853	0,394

Les valeurs sont exprimées en moyenne (écart-type).

BEMG sur la force du quadriceps versus placebo dans le cadre d'un programme d'exercice traditionnel dans des populations pathologiques et en bonne santé. Cette étude montrait que les effets étaient plus importants dans le groupe d'exercice traditionnel couplé au BEMG par rapport au groupe exercice traditionnel + placebo et cela dans une population de patients porteurs de gonarthrose.

Nos résultats rejoignent ceux des études précédentes concernant l'absence d'effet lié au sexe sur l'amélioration de la force musculaire après un programme de renforcement musculaire. Lemmer et al. [11] ont examiné les effets liés à l'âge et au sexe sur la réponse musculaire durant un programme de renforcement musculaire et pendant le désentraînement. Ils ont montré que les changements de force musculaire en réponse au renforcement musculaire et au désentraînement sont affectés par l'âge mais pas par le sexe. De plus, Hakkinen et al. [5] ont conclu que la force maximale dynamique augmentait de manière similaire chez les femmes et hommes âgés et s'accompagnait d'adaptations nerveuses considérables et d'une hypertrophie musculaire.

Ivey et al. [7] ont comparé dans quatre groupes différents (hommes jeunes, femmes jeunes, hommes âgés et femmes âgés) les effets liés à l'âge et au sexe sur la force musculaire et la qualité de la réponse musculaire du quadriceps lors du renforcement musculaire et du désentraînement. Tous les groupes montraient une augmentation significative de la force maximale 1RM et du volume musculaire après l'entraînement (tous $p < 0,005$). Dans tous les groupes les auteurs ont également noté une augmentation significative de la qualité musculaire avec l'entraînement (tous $p > 0,01$), cependant le gain de qualité musculaire était plus important chez le groupe de femmes jeunes que dans les trois autres groupes ($p < 0,05$).

Puisqu'aucune autre étude n'a évalué l'effet lié au sexe sur les gains de force musculaire après un programme de renforcement musculaire isométrique pour le quadriceps couplé avec BEMG, nous n'avons pas de données disponibles pour nous renseigner sur une précédente taille de l'effet, il est donc possible que dans l'étude précitée la puissance statistique ait été abaissée pour détecter un effet significatif lié au sexe sur les gains de force après un programme de renforcement musculaire isométrique du quadriceps couplé à du BEMG. De plus, la durée de l'étude n'était pas adaptée pour étudier l'effet au long terme du BEMG. Il serait pertinent d'évaluer l'effet lié au sexe sur l'activité électromyographique du quadriceps après entraînement BEMG dans ces populations.

2.6. Conclusion

Les résultats de cette étude suggèrent que le sexe du sujet n'affecte l'augmentation de force musculaire après entraînement isométrique couplé au biofeedback EMG dans une population de patients porteurs de gonarthrose, cependant des études complémentaires sont nécessaires sur un échantillon plus large pour confirmer ces éléments.

Déclaration d'intérêts

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

References

- [1] Adamovich DA, Lobby ML, Nicholson DE. The effect of Biofeedback on Isometric contraction. Read at the 55th Annual conference of the American Physical Therapy Association, Atlanta, 1979.
- [2] Anwer S, Quddus N, Miraj M, Equebal A. Effectiveness of electromyographic biofeedback training on quadriceps muscle strength in osteoarthritis of knee. *Hong Kong Physiother J* 2011;29:86–93.
- [3] Burckhardt CS. Chronic pain. *Nurs Clin North Am* 1990;25:863–70.
- [4] Guccione AA, Felson DT, Anderson JJ, Anthony JM, Zhang Y, Wilson PW, et al. The effects of specific medical conditions on the functional limitations of elders in the Framingham Study. *Am J Public Health* 1994;84:351–8.
- [5] Hakkinen K, Kallinen M, Linnamo V, Pastinen UM, Newton RU, Kraemer WJ. Neuromuscular adaptations during bilateral versus unilateral strength training in middle-aged and elderly men and women. *Acta Physiol Scand* 1996;158:77–88.
- [6] Hurley MV, Scott DL, Rees J, Newham DJ. Sensorimotor changes and functional performance in patients with knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 1997;56:641–8.
- [7] Ivey FM, Tracy BL, Lemmer JT, NessAiver M, Metter EJ, Fozard JL, et al. Effects of strength training and detraining on muscle quality: age and gender comparisons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2000;55:B152–9.
- [8] Jayson M, Dixon S. Intra-articular pressure in rheumatoid arthritis. Pressure changes during joint use. *Ann Rheum Dis* 1970;29:401–8.
- [9] Kennedy W. The development and comparison of an electrical strain gauge dynamometer and a cable tensiometer for objective muscle testing. *Arch Phys Med Rehabil* 1965;12:793–803.
- [10] Khalil TM, Asfour SS, Waly SM, Rosomoff RS, Rosomoff HL. Isometric exercise and biofeedback in strength training. In: Asfour SS, editor. *Advances in ergonomics/Human factors IV*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers; 1987. p. 1095–101.
- [11] Lemmer JT, Hurlbut DE, Martel GF, Tracy BL, Ivey FM, Metter EJ, et al. Age and gender responses to strength training and detraining. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1505–12.
- [12] Lepley AS, Gribble PA, Pietrosimone BG. Effects of electromyographic biofeedback on quadriceps strength: a systematic review. *J Strength Cond Res* 2012;26:873–82.
- [13] Lieb FJ, Perry J. Quadriceps function: an electromyographic study under isometric conditions. *J Bone Joint Surg Am* 1971;53:749–58.
- [14] Loeser Jr R. Aging and the etiopathogenesis and treatment of osteoarthritis. *Rheum Dis Clin North Am* 2000;26:547–67.
- [15] Lucca JA, Recchiuti SJ. Effect of electromyographic biofeedback on an isometric strengthening program. *Phys Ther* 1983;63:200–3.
- [16] McAlindon TE, Cooper C, Kirwan JR, Dieppe PA. Determinants of disability in osteoarthritis of the knee. *Ann Rheum Dis* 1993;52:258–62.
- [17] Murray CJL, Lopez AD. The global burden of disease. Geneva: World Health Organization; 1997.
- [18] Norden DK, Leventhal A, Schumacher RH. Prescribing exercise for OA of the knee. *J Musculoskelet Med* 1994;11:14–21.
- [19] Rosner B. *Fundamentals of biostatistics*, 5th Ed., Pacific Grove, California: Duxbury; 2000: 308.
- [20] Sharma MK, Swami HM, Bhatia V, Verma A, Bhatia SPS, Kaur G. An epidemiological study of correlates osteoarthritis in geriatric population of UT Chandigarh. *Indian J Community Med* 2007;32:1–3.
- [21] Slemenda C, Brandt KD, Heilman DK, Mazzuca S, Braunstein EM, Katz BP, et al. Quadriceps weakness and osteoarthritis of the knee. *Ann Intern Med* 1997;127:97–104.
- [22] Wakim KG, Gersten JW, Elkins EC, Martin GM. Objective recordings of muscle strength. *Arch Phys Med Rehabil* 1950;31:90–9.