Archives of
Rehabilitation

Winter 2024. Vol 24. Num 4

Research Paper

Studying the Effect of Cross-education on the Quadriceps Atherogenic Muscle Inhibition in Women With Unilateral Knee Osteoarthritis

Nastaran Razi Sangtabi[1], *Minoo Khalkhali Zavieh[2], Khosro Khademi Kalantari[2], Elham Ghandali[2], Alireza Akbarzadeh Baghban[3]

1. Department of Physiotherapy, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
2. Physiotherapy Research Center, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
3. Department of Biostatistics, Proteomics Research Center, School of Allied Medical Sciences, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Razi Sangtabi N, Khalkhali Zavieh M, Khademi Kalantari Kh, Ghandali E, Akbarzadeh Baghban A. [Studying the Effect of Cross-education on the Quadriceps Atherogenic Muscle Inhibition in Women With Unilateral Knee Osteoarthritis (Persian)]. Archives of Rehabilitation. 2024; 24(4):586-601. https://doi.org/10.32598/RJ.24.4.3710.1

https://doi.org/10.32598/RJ.24.4.3710.1

ABSTRACT

Objective Patients with knee osteoarthritis (KO) commonly show quadriceps muscle weakness. One of the important reasons for this weakness is arthrogenic muscle inhibition (AMI), a process in which neural inhibition causes the failure of quadriceps activation. The present study aims to evaluate the effect of cross-education on the AMI and the maximum extensor force of quadriceps in women with unilateral KO.

Materials & Methods In this study, 21 women with unilateral KO (grade 2) participated. The AMI and the maximum extensor force of the quadriceps in the affected knee were measured before, immediately after, and 15 minutes after cross-education. The cross-education included isometric training of the contralateral quadriceps in 5 sets of 8 repetitions in one session. For measuring the AMI and maximum extensor force of the quadriceps, a burst of electrical stimulation was superimposed on the maximal voluntary contractions in 6 seconds.

Results Immediately after one session of cross-education, the AMI of the affected knee significantly decreased and the maximum extensor force of quadriceps significantly increased compared to the pre-test phase (P=0.001). Fifteen minutes after cross-education, AMI significantly increased compared to the post-test phase (P=0.018), but was still lower than that in the pre-test phase (P=0.001)

Conclusion One session of cross-education can reduce AMI and increase maximum extensor force of quadriceps in women with KO, and this effect remains for at least 15 minutes.

Keywords Quadriceps, Arthrogenic muscle inhibition, Cross-education, Knee osteoarthritis

Received: 07 Feb 2023
Accepted: 25 Jul 2023
Available Online: 01 Jan 2024

Corresponding Author:
Minoo Khalkhali Zavieh, Associate Professor.
Address: Physiotherapy Research Center, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
Tel: +98 (912) 7634059
E-Mail: minoo_kh@yahoo.com

English Version

Introduction

Osteoarthritis (OA) of the knee is the most common degenerative joint disease [1]. The characteristics of this disease include the destruction of the joint surface, and reduction of joint space, resulting in pain and swelling, which declines muscle strength and quality of life [2, 3]. This joint destruction is common in people over 50 [4]. Quadriceps muscle weakness is a common clinical symptom associated with pain and physical disability caused by knee OA [3, 5].

Atherogenic muscle inhibition (AMI) is one of the causes of quadriceps muscle weakness, which is usually observed in patients with OA and prevents the maximum activation of this muscle [6]. AMI in OA results from pain and progressive destruction of the joint [7]. In this scenario, following the damage to the joint, the muscles around the joint are reflexively inhibited, even if they have not been damaged [8]. Atherogenic inhibition of the quadriceps muscle is one of the therapist's concerns, which causes muscle weakness, atrophy in the healed joint [9], and prevention of effective muscle strengthening [8]. There is much evidence regarding the effectiveness of exercise therapy for treating knee OA symptoms [10]. Therefore, treatments that improve the quadriceps muscle strength in people with knee OA are necessary. However, these patients cannot perform strength exercises in the affected limb due to pain and AMI. This condition prevents the increase in effective muscle strength and makes it difficult to use it in the rehabilitation program. It is believed that the strong contraction of the muscles around the inflamed joint can cause damage to that muscle [12].

From a clinical point of view, the persistence of muscle weakness can be of concern due to defects in the dynamic stability of the knee joint [13], physical performance [14], and increasing pressure on the knee joint [15]. Cross-education (CE) is a therapeutic method to increase the strength of the muscles of the involved limb without exercising the involved limb. Strength training in one limb increases muscle strength in the opposite limb (the limb not subjected to exercise treatment) [16]. Lipley et al. investigated the effect of 24 sessions of CE on the strength and activity of the quadriceps muscle in healthy individuals. Their findings reported an improvement in the eccentric strength of the quadriceps muscle in the opposite limb (the limb on which the exercise was not performed) [17]. Onigbinde et al. investigated the effect of CE in people with knee OA. They reported that after 6 weeks of isometric training on the healthy limb, the maximum isometric strength of the quadriceps muscle in the limb with OA increased significantly [18]. It is unclear how the decrease in AMI can increase muscle strength.

This study investigates the effect of one session of CE on AMI and maximum extensor torque of the quadriceps muscle in women with unilateral knee OA. The results of which can clarify the possible mechanism of CE in these patients.

Material and Methods

Study participants

In this quasi-experimental study, 21 women with unilateral knee OA were included based on the inclusion and exclusion criteria after getting familiarized with the study process and completing the informed consent form. These women had grade 2 knee OA based on the Kellgren-Lawrence grading scale.

The exclusion criteria included Suffering from severe cardiovascular diseases, history of surgery or arthroplasty in the lower limb, history of rheumatic and infectious diseases in the knee, history of cancer, and inability to give information and use drugs.

Study procedure

In this study, the amount of atherogenic inhibition and the maximum extensor torque in the quadriceps muscle of the knee affected by OA were measured in 3 stages: 1) Before the CE, 2) Immediately after the CE, and 3) 15 minutes after the CE.

Measurement of atherogenic inhibition and maximum extensor torque in the quadriceps muscle were as follows. A dynamometer connected to an 8-channel Data log (Data log, Biometrics, UK) was used to record the maximum extensor torque of the quadriceps muscle of the knee with OA. The locations of the electrodes were determined according to surface electromyography for the non-invasive assessment of muscles (SENIAM) criteria [19]. Before testing, each subject performed 20 sub-maximal contractions while sitting on a chair (Figure 1) to warm up the quadriceps muscle and get more familiar with the test conditions. After that, the patient was asked to make her maximum voluntary effort to activate the quadriceps muscle by pressing on the dynamometer installed on the chair. After 3 seconds of

Table 1. Statistical indices of contextual variables (n=23)

Variables	Mean±SD	Min	Max
Age (y)	50.78±5.20	30	55
Height (m)	1.60±7.34	1.46	1.75
Weight (kg)	74±8.80	59	84
Body mass index (kg/m^2)	28.6±3.53	9.23	37.9

Archives of Rehabilitation

contraction, the electrical stimulation of the quadriceps muscle was applied to the individual's maximum voluntary effort (burst superimposition). This contraction also lasted for 3 seconds. The electrical stimulation device used in this study was a 2-channel device with a current frequency of 40 Hz. To electrically stimulate the quadriceps muscle, we used one electrode on the muscle block and another electrode about 2 cm distal to it (according to SENIAM criteria) [19].

The atherogenic inhibition of the quadriceps muscle of the knee affected by osteoarthritis was calculated using the maximal activation defect formula (Equation 1) [20]. The measurement of atherogenic inhibition was performed 3 times with an interval of 2 minutes each time. The average of the 3 measurements was considered the amount of atherogenic inhibition of the quadriceps muscle.

$$1.\ \frac{\text{Superimposed MVC-MVC}}{\text{Superimposed MVC}} \times 100 = \text{AMI ratio}$$

Treatment

In cross-education, the patient was asked to make a maximum voluntary effort to activate the quadriceps muscle of the asymptomatic knee isometrically by pressing on the pad installed on the chair. The exercise was done in 5 sets, each set including 8 contractions.

Data analysis

Based on the one-sample Kolmogorov-Smirnov (K-S) test results, the variables of atherogenic inhibition of the quadriceps muscle and maximum extensor torque had a normal distribution. Therefore, the comparison was made in three measurement times with the help of repeated measures analysis of variance (ANOVA) test. The significance level was considered <0.05.

Results

Descriptive statistics (Mean±SD) of demographic characteristics, including height (measured with a tape measure), weight (measured with a scale), age, and body mass index (BMI) are presented in Table 1. According to the K-S test, the atherogenic inhibition variables of the quadriceps muscle and the maximum extensor torque had a normal distribution. Repeated measures ANOVA showed that the atherogenic inhibition rate of the quadriceps muscle after cross-training was significantly lower than that before the intervention (P=0.001). Although the amount of atherogenic inhibition of the quadriceps muscle has increased compared to the time immediately after the intervention, it is still significantly (P=0.001) lower than that before the intervention (Table 2).

According to the results, the maximum extensor torque of the quadriceps muscle after CE was significantly higher than that before the intervention (P=0.001). Al-

Table 2. Mean atherogenic inhibition of the quadriceps muscle in terms of percentage in three measurement times (n=21)

Atherogenic Inhibition of the Quadriceps Muscle	Mean±SD	P	F	df	Effect Size
Before the intervention	20.19±8.40				
Immediately after intervention	7.57±5.92	0.001	45.4	2	0.87
Fifteen minutes after the treatment completion	10.95±6.16				

Archives of Rehabilitation

Figure 1. Patient's position during the test

Archives of Rehabilitation

though the maximum extensor torque of the quadriceps muscle decreased 15 minutes after the end of the intervention compared to the time immediately after the intervention, it was still significantly higher (P=0.001) than that before the intervention (Table 3).

Using the Bonferroni test, the pairwise comparison showed that the average atherogenic inhibition of the quadriceps muscle immediately after the intervention and 15 minutes after its completion was significantly lower than before the intervention (P=0.001). Also, the average atherogenic inhibition increased significantly 15 minutes after the end of the intervention, compared to immediately after the intervention (P=0.018).

In addition, the results of the maximum extensor torque of the quadriceps muscle immediately after the intervention and 15 minutes after its completion showed a significant increase compared to before the intervention (P<0.001). Still, it significantly reduced 15 minutes after the end of the intervention compared to the time immediately after the intervention (P<0.001).

Discussion

The results of the present study showed that one session of CE significantly reduced atherogenic inhibition and increased the maximum extensor torque in the quadriceps muscle of women with knee OA. Atherogenic inhibition in people with knee OA can be caused by the progressive destruction of the joint and abnormal joint afferent messages to α motor neurons and the subsequent decrease in the activity of these neurons, which causes a defect in the central nervous system to activate the muscle voluntarily and completely. This condition is common among patients with knee OA and can lead to functional defects caused by the progress of the disease [7, 21].

Onigbinde et al.'s study (2017) showed an increase in the maximum extensor torque of the quadriceps muscle after 6 weeks of isometric CE training in people with knee OA. However, the effect of CE on the atherogenic inhibition of the quadriceps muscle was not investigated in these people. The results showed that CE, while performed only on the non-involved limb, causes therapeutic effects on the involved limb [18]. Lepley's study investigated the effect of CE on the maximum activation defect of the quadriceps muscle in healthy individuals, and its results were not clinically significant [17]. The sample size in this study was small (n=9), and maximal activation defect was investigated in healthy people, which is much less compared to atherogenic inhibition in people with knee OA. The present study showed that performing one CE session significantly reduces atherogenic inhibition and increases the maximum extensor torque of the quadriceps muscle in women with knee OA. The neural mechanism is one of the most important mechanisms proposed for the CE effect. According to the evidence, the structure and organization of the brain, including the anatomical connections between the two hemispheres, play an important role in this phenomenon. Unilateral resistance exercises in one limb change the organization of movement pathways that control the muscles of the opposite side [22].

Table 3. The mean rank of the maximum extensor torque of the quadriceps muscle in kilograms in three measurement times (n=21)

Atherogenic Inhibition of the Quadriceps Muscle	Mean	Mean Rank	P	Effect Size
Before the intervention	15.93±7.63	1.18		
Immediately after intervention	21.18±7.20	2.77	0.001	0.90
Fifteen minutes after the treatment completion	18.72±6.96	2.05		

Archives of Rehabilitation

Voluntary unilateral contractions with high force change the excitability of cortical neural pathways that go to the opposite side [22]. This condition can be caused by the reduction of transcallosal inhibition between the two primary motor cortices after mutual training [23]. In addition, strong contractions in one limb can affect the cortex of the same side and cause adaptations in the control system of the opposite side that cause more effective motor afferents to the opposite limb without training when maximally contracted [24]. All these events are due to the connections between the two primary motor cortexes and the premotor area's connections with the primary motor cortex [25]. Studies using transcranial magnetic stimulation have shown that brain afferents from the motor cortex to untrained muscles increase during unilateral resistance training. Also, brain-spinal excitability rises in both the trained and untrained hemispheres [26]. In addition, interhemispheric inhibition during activity is reduced in the limb without training, which suggests the plasticity of interhemispheric connections to create the CE phenomenon [27]. Studies that have investigated the activity of the motor cortex of the opposite limb without training during training to the other side have shown an increase in the activity in the motor cortex of the opposite limb [28].

Conclusion

The results of this study showed that one session of CE training can decrease atherogenic inhibition, followed by an increase in the maximum extensor torque of the quadriceps muscle in women with unilateral knee OA. Also, the effects remain until 15 minutes after the end of the exercise. However, this study did not examine the long-term effects of these exercises. It will be clinically important if future studies show the long-term effects of these exercises. In cases such as OA of the knee or other injuries, where due to pain or reasons such as fear of further damage or disrupting the healing process, we cannot perform strengthening exercises in the quadriceps muscle of the affected knee directly, the degree of atherogenic inhibition in the knee increases and remains for a longer period. This condition leads to the difficulty of the rehabilitation process of these patients and makes it useless to perform strengthening exercises in the injured knee. In these cases, it is possible to reduce the atherogenic inhibition and increase the maximum extensor torque of the quadriceps muscle of the affected knee by performing strengthening exercises in the quadriceps muscle of the asymptomatic knee without engaging the affected limb and causing more damage to it. By reducing atherogenic inhibition, the patient can perform strengthening exercises more effectively in the quadriceps muscle, which is one of the most important parts of the rehabilitation program in such patients. This condition will probably lead to strengthening these muscles and improving knee function after injury.

According to the current study's results, CE based on neural adaptations will decrease atherogenic inhibition in the quadriceps muscle of the knee with OA, which can be a reason for increasing the maximum extensor torque of the quadriceps muscle in these people. However, it should be noted that the long-term effects of these exercises have not been investigated in this study, and there is a need to examine it from a clinical point of view in future studies.

CE becomes important when people with OA of the knee or other joint injuries due to various reasons such as pain, fear of further damage, disruption in the process of tissue repair, and prohibition of strengthening exercises in the affected knee and other reasons, are unable to perform strengthening exercises in the quadriceps muscle of the injured knee. Conducting more studies and clarifying the nature and mechanism of CE effect on atherogenic inhibition can further help use this method in skeletal-muscular injuries.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

The present article was approved by the Ethics Committee of Shahid Beheshti University of Medical Sciences with ID IR.SBMU.RETECH.REC.1397.1194. Written consent was obtained from the participants and their legal guardians to participate in the research. All participants took part in the current study with their consent, and there was no coercion or pressure to convince them to participate. The participants completed the written informed consent form and had the right to withdraw from the research. Also, the patients and their legal guardians were informed that all information would remain confidential and no one would disclose it unless the patients and their guardians requested it. In this research, an attempt was made to avoid harming the patients.

Funding

This article is taken from the master's thesis of Nastaran Razi Sangtabi, approved by Department of Physiotherapy, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences.

Authors' contributions

Conceptualization and supervision: Minoo Khalkhali Zaviye and Khosro Khademi Kalantari; Methodology and validation: Nastaran Razi Sangtabi, Minoo Khalkhali Zaviye, and Khosro Khademi Kalantari; Visualization: Elham Kandali; Analysis: Khosro Khademi Kalantari and Alireza Akbarzadeh Baghban; Research and review: Nastaran Razi Sangtabi and Elham Kandali; Sources: Nastaran Razi Sangtabi and Minoo Khalkhali Zaviye; Writing the original draft: Nastaran Razi Sangtabi; Review, editing and final approval: Elham Qandali and Khosro Khademi Kalantari.

Conflict of interest

All authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors express their gratitude to the personnel and officials of the Physiotherapy Clinic of Shahid Beheshti University of Medical Sciences who prepared the preparations for this research.

This Page Intentionally Left Blank

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر تمرین متقابل بر مهار آرتروژنیک عضله کوآدریسپس در زنان مبتلابه استئوآرتریت یک‌طرفه زانو

نسترن رضی سنگتابی[۱]، *مینو خلخالی زاویه[۲]، خسرو خادمی کلانتری[۲]، الهام قندالی[۲]، علیرضا اکبرزاده باغبان[۳]

۱. گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم‌پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
۲. مرکز تحقیقات فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم‌پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
۳. گروه آمار زیستی، مرکز تحقیقات پروتئومیکس، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم‌پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Razi Sangtabi N, Khalkhali Zavieh M, Khademi Kalantari Kh, Ghandali E, Akbarzadeh Baghban A. [Studying the Effect of Cross-education on the Quadriceps Atherogenic Muscle Inhibition in Women With Unilateral Knee Osteoarthritis (Persian)]. Archives of Rehabilitation. 2024; 24(4):586-601. https://doi.org/10.32598/RJ.24.4.3710.1

https://doi.org/10.32598/RJ.24.4.3710.1

چکیده

هدف بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو به‌صورت شایع ضعف مشخص در عضله کوآدریسپس را نشان می‌دهند. یکی از عوامل مهم این ضعف مهار آرتروژنیک عضله است. مهار آرتروژنیک، مهاری عصبی است که از فعال شدن حداکثری عضله حین انقباض جلوگیری می‌کند. هدف از مطالعه حاضر، بررسی تأثیر یک جلسه تمرین متقابل بر مهار آرتروژنیک و حداکثر نیروی اکستانسوری عضله کوآدریسپس در زنان مبتلا به استئوآرتریت یک‌طرفه زانو بود.

روش بررسی در این مطالعه ۲۱ زن مبتلا به استئوآرتریت یک‌طرفه زانو با گرید ۲ شرکت کردند. میزان مهار آرتروژنیک و حداکثر نیروی اکستانسوری عضله کوآدریسپس زانوی مبتلا به استئوآرتریت طی ۳ مرحله، قبل از تمرین متقابل (تمرین عضله کوآدریسپس اندام مقابل به‌صورت ایزومتریک در ۵ ست ۸ تایی)، بلافاصله بعد از آن و ۱۵ دقیقه پس از اتمام مداخله در یک جلسه اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری میزان مهار آرتروژنیک و حداکثر نیروی ایزومتریک اکستانسوری عضله کوآدریسپس، طی ۶ ثانیه، حداکثر تلاش ارادی افراد جهت فعال‌سازی عضله کوآدریسپس را با تحریک الکتریکی آن همزمان کردیم (Burst superimposition).

یافته‌ها پس از یک جلسه تمرین متقابل، میانگین میزان مهار آرتروژنیک عضله کوآدریسپس زانوی مبتلا به استئوآرتریت به‌طور معنی‌داری (P=۰/۰۰۱) کمتر از قبل از مداخله و میزان حداکثر نیروی اکستانسوری آن نیز به‌طور معنی‌داری (P=۰/۰۰۱) بالاتر از قبل از مداخله بود. ۱۵ دقیقه پس از اتمام مداخله نیز میزان مهار آرتروژنیک، نسبت به زمان بلافاصله بعد از مداخله به‌طور معنی‌داری (P=۰/۰۱۸) بیشتر، اما نسبت به قبل از مداخله به‌طور معنی‌داری (P=۰/۰۰۱) کمتر بود.

نتیجه‌گیری انجام یک جلسه تمرین متقابل موجب کاهش مهار آرتروژنیک و افزایش حداکثر نیروی اکستانسوری عضله کوآدریسپس در زنان مبتلا به استئوآرتریت زانو می‌شود که تأثیر آن تا ۱۵ دقیقه پس از اتمام آن نیز باقی می‌ماند.

کلیدواژه‌ها کوآدریسپس، مهار آرتروژنیک، تمرین متقابل، استئوآرتریت

تاریخ دریافت: ۱۸ بهمن ۱۴۰۱
تاریخ پذیرش: ۰۳ مرداد ۱۴۰۲
تاریخ انتشار: ۱۱ دی ۱۴۰۲

* **نویسنده مسئول:**
دکتر مینو خلخالی زاویه
نشانی: تهران، دانشگاه علوم‌پزشکی شهید بهشتی، دانشکده علوم توانبخشی، مرکز تحقیقات فیزیوتراپی.
تلفن: ۷۶۳۴۰۵۹ (۹۱۲) ۹۸+
رایانامه: minoo_kh@yahoo.com

مقدمه

استئوآرتریت[1] زانو شایع‌ترین بیماری تخریب‌کننده مفصلی است [۱]. از خصوصیات این بیماری تخریب سطح مفصلی، کاهش فضای مفصلی، درد، سفتی و ورم است که باعث ضعف عضلات و کاهش عملکرد فیزیکی و کیفیت زندگی می‌شود [۲، ۳]. این تخریب مفصلی در افراد بالای ۵۰ سال بسیار شایع است [۴]. ضعف عضله کوآدریسپس یک علامت کلینیکی شایع به‌همراه استئوآرتریت زانوست که در ارتباط با درد و ناتوانی فیزیکی است [۳، ۵].

مهار آرتروژنیک عضله[2] یکی از دلایل ضعف شدید عضله کوآدریسپس است که معمولاً در بیماران مبتلا به استئوآرتریت مشاهده می‌شود و مانع فعال شدن حداکثری این عضله می‌شود [۶]. AMI در استئوآرتریت درنتیجه درد و تخریب پیشرونده مفصل و پیام‌های آوران مفصلی غیرطبیعی به نورون‌های حرکتی آلفا و کاهش فعالیت این نورون‌ها ایجاد می‌شود [۷]. در این سناریو به‌دنبال آسیب به مفصل، عضلات اطراف مفصل آسیب‌دیده به‌صورت رفلکسی دچار مهار می‌شوند، حتی اگر به خودی خود آسیب ندیده باشند [۸]. مهار آرتروژنیک عضله کوآدریسپس همیشه یکی از نگرانی‌های درمانگر است که می‌تواند باعث ضعف عضله، اختلال در عملکرد و آتروفی در مفصل بهبودیافته [۹] و مانع از تقویت عضله به‌صورت مؤثر شود [۸]. در افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو تقویت عضله کوآدریسپس جهت بهبود عملکرد فیزیکی ضروری است [۱۰]. شواهد بسیاری درخصوص اثربخشی درمان‌های تمرینی برای درمان علائم استئوآرتریت زانو وجود دارد [۱۱]. بنابراین در افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو، انجام درمان‌هایی که باعث بهبود قدرت عضله کوآدریسپس شوند ضروری است. ولی این بیماران به‌علت درد و مهار آرتروژنیک عضله قادر به انجام تمرینات قدرتی در اندام مبتلا نیستند و همین امر مانع از افزایش قدرت مؤثر عضله می‌شود و استفاده از آن را در برنامه توانبخشی دشوار می‌سازد. همچنین براساس مطالعات، تصور بر این است که انقباض شدید عضله اطراف مفصل ملتهب می‌تواند باعث آسیب به آن عضله شود [۱۲]. از نقطه‌نظر کلینیکی، تداوم این ضعف عضلانی می‌تواند به‌علت ایجاد نقص در ثبات داینامیک مفصل زانو [۱۳]، عملکرد فیزیکی [۱۴] و افزایش فشار بر مفصل زانو [۱۵] اهمیت داشته باشد.

تمرین متقابل[3] یک روش درمانی برای افزایش قدرت عضلات اندام درگیر بدون تمرین دادن بر روی اندام درگیر است. این روش اولین‌بار در سال ۱۸۹۴ معرفی شد که براساس آن انجام تمرینات قدرتی در یک اندام باعث افزایش قدرت عضلات در اندام مقابل (اندامی که تحت درمان تمرینی قرار نگرفته است) می‌شود [۱۶].

لپلی و همکاران به بررسی اثر ۲۴ جلسه تمرین متقابل از نوع تمرینات اکسنتریک بر روی قدرت و فعالیت عضله کوآدریسپس در افراد سالم پرداختند. یافته‌ها بهبود قدرت اکسنتریک عضله کوآدریسپس را در اندام مقابل (اندامی که تمرین بر روی آن انجام نشده بود) گزارش کردند و اذعان داشتند که این پدیده می‌تواند ناشی از افزایش فعالیت عصبی باشد [۱۷]. اونیگباینده و همکاران به بررسی اثر تمرین متقابل در افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو پرداختند. آن‌ها در مطالعه خود گزارش کردند که بعد از ۶ هفته تمرین ایزومتریک بر روی اندام سالم، قدرت حداکثری ایزومتریک عضله کوآدریسپس در اندام مبتلا به استئوآرتریت (که تحت تمرین قرار نگرفته است) به‌صورت معنی‌داری افزایش یافته است که از آن به‌عنوان پدیده بین اندامی ناشی از تمرین متقابل نام بردند [۱۸]. ولی علت اصلی این افزایش نیرو روشن نیست.یکی از علت‌های مطرح‌شده برای این افزایش نیرو، تأثیر این تمرینات بر میزان مهار آرتروژنیک عضله کوآدریسپس در این بیماران است که در مطالعات چاپ‌شده‌ای که در دسترس محققین هستند تا کنون موردبررسی قرار نگرفته است. بنابراین هدف از انجام این مطالعه بررسی تأثیر یک جلسه تمرین متقابل CE بر میزان مهار آرتروژنیک و حداکثر نیروی اکستانسوری عضله کوآدریسپس در زنان مبتلا به استئوآرتریت یک‌طرفه زانو بود که نتایج آن می‌تواند به روشن شدن مکانیزم احتمالی تمرین متقابل یا CE در این بیماران کمک کند.

روش‌ها

افراد شرکت‌کننده

در این مطالعه که از نوع نیمه‌تجربی با اندازه‌گیری مکرر است، ۲۱ زن مبتلا به استئوآرتریت یک‌طرفه زانو به روش غیرتصادفی از بین مراجعین کلینیک فیزیوتراپی دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم‌پزشکی شهیدبهشتی انتخاب شدند. این افراد براساس مقیاس درجه‌بندی کلگرن ـ لارنس[4] دارای استئوآرتریت زانو گرید ۲ بودند.

معیارهای حذف بدین شرح بود:

- ابتلا به بیماری‌های قلبی ـ عروقی شدید که مانع انجام تمرینات شود.
- سابقه جراحی یا آرتروپلاستی در اندام تحتانی
- سابقه وجود بیماری‌های روماتیسمی، عفونی در زانو
- سابقه ابتلا به سرطان
- عدم توانایی در دادن اطلاعات

1. Osteoarthritis (OA)
2. Arthrogenic muscle inhibition (AMI)
3. Cross-education (CE)
4. Kellgren-Lawrence Grading Scale

• استفاده از مواد مخدر

افراد شرکت‌کننده براساس معیارهای ورود و خروج و پس از آشنایی با روند مطالعه و تکمیل فرم رضایت‌نامه آگاهانه وارد مطالعه شدند.

نحوه انجام مطالعه

پس از اندازه‌گیری و ثبت میزان قد، وزن و شاخص توده بدنی[5] افراد، میزان مهار آرتروژنیک و حداکثر نیروی ایزومتریک در عضله کوآدریسپس زانوی مبتلا به استئوآرتریت زانو در ۳ مرحله قبل از تمرین متقابل CE، بلافاصله بعد از تمرین و ۱۵ دقیقه بعد از تمرین اندازه‌گیری شد.

نحوه اندازه‌گیری میزان مهار آرتروژنیک و حداکثر نیروی اکستانسوری در عضله کوآدریسپس

از دستگاه دینامومتر متصل به Data log ۸کاناله (Data log, Biometrics, Uk) برای ثبت حداکثر نیروی ایزومتریک عضله کوآدریسپس زانوی مبتلا به استئوآرتریت استفاده شد. قبل از نصب الکترودها روی پوست، ابتدا آماده‌سازی پوست انجام شد و الکترودها به موازات فیبرهای عضله در محل‌های موردنظر با فاصله ۲ سانتی‌متر از یکدیگر روی پوست قرار گرفتند. محل الکترودها طبق معیار SENIAM [6] تعیین شد؛ به این ترتیب که برای عضله کوآدریسپس، الکترود بر روی بالک عضله و ۲ سانتی‌متر دیستال به آن قرار گرفت [۱۹]. به‌منظور گرم کردن عضله کوآدریسپس و آشنایی بیشتر با شرایط و محیط انجام آزمایش، ابتدا از هر یک از آزمون‌شونده‌ها ۲۰ انقباض با شدت حدود ۵۰ درصد نیروی حداکثر ایزومتریک[7] در وضعیت خاص نشستن فرد بر روی صندلی، گرفته شد (تصویر شماره ۱). فرد آزمون‌شونده بر روی صندلی طوری قرار گرفت که مفصل ران در ۹۰ درجه فلکشن و مفصل زانو در وضعیت بدون درد حین انقباض (بین ۶۰ تا ۹۰ درجه فلکشن) قرار گرفته باشد و ناحیه قفسه سینه و ران پای موردنظر توسط کمربند ثابت شد. سپس دستگاه دینامومتر متصل به Data log را برای ثبت آماده کردیم و از فرد خواستیم حداکثر تلاش ارادی خود را برای فعال کردن عضله کوآدریسپس با فشار بر دینامومتر تعبیه‌شده بر روی صندلی (به‌گونه‌ای که ناحیه قدام مفصل مچ پا عمود بر دینامومتر باشد) انجام دهد و میزان آن را ثبت کردیم. حین انجام این تلاش ارادی حداکثری، از تشویق‌های کلامی مناسب نیز برای افزایش تلاش فرد استفاده شد. پس از گذشت ۳ ثانیه از انقباض، تحریک الکتریکی عضله کوآدریسپس را بر روی حداکثر تلاش ارادی فرد سوار کردیم (Burst superimposition). این انقباض نیز ۳ ثانیه به طول انجامید و مقدار نیروی نشان‌داده‌شده توسط دینامومتر را در حین تحریک الکتریکی ثبت کردیم. دستگاه تحریک الکتریکی مورداستفاده در این مطالعه یک دستگاه ۲کاناله مجزا (۷۱۰p شرکت نوین) بود و موج تحریک به شکل چهارگوش (مربعی) با مدت‌زمان پالس ۱۰۰ میکروثانیه و با فرکانس ۴۰ هرتز اعمال شد. الکترودهای مورداستفاده به‌صورت خودچسبان بودند که بر روی پوست قرار می‌گرفتند. به‌منظور تحریک الکتریکی عضله کوآدریسپس، از یک الکترود خودچسب بزرگ بر روی بالک عضله و الکترود دیگر حدود ۲ سانتی‌متر دیستال به آن استفاده کردیم (طبق معیار SENIAM [۱۹]). شدت تحریک الکتریکی موردنیاز به‌منظور تعیین میزان مهار آرتروژنیک عضله کوآدریسپس ۲ برابر شدت تحریک الکتریکی که با استفاده از آن انقباض قابل مشاهده در عضله کوآدریسپس به دست می‌آمد، در نظر گرفته شد [۲۰].

با استفاده از داده‌های حاصل از این مرحله توانستیم مهار آرتروژنیک عضله کوآدریسپس زانوی مبتلا به استئوآرتریت را با استفاده از فرمول نقص فعالسازی حداکثری(فرمول شماره ۱) محاسبه نماییم [۲۰]. اندازه‌گیری مهار آرتروژنیک به روش گفته شده ۳ بار و هر بار با فاصله ۲ دقیقه انجام شد.و میانگین ۳ اندازه‌گیری به‌عنوان میزان مهار آرتروژنیک عضله کوآدریسپس در نظر گرفته شد (فرمول شماره ۱).

$$1.\ \frac{\text{Superimposed MVC-MVC}}{\text{Superimposed MVC}} \times 100 = \text{AMI ratio}$$

5. Body mass index (BMI)
6. Surface EMG for a non-invasive assessment of muscles (SENIAM)
7. Maximum voluntary isometric contraction (MVIC)

جدول ۱. شاخص‌های آماری متغیرهای زمینه‌ای (n=۲۱)

شااخص‌ها	میانگین±انحراف‌معیار	کمترین	بیشترین
سن (سال)	۵۰/۷۸±۵/۲۰	۳۰	۵۵
قد (متر)	۱/۶۰±۷/۳۴	۱/۴۶	۱/۷۵
وزن (کیلوگرم)	۷۴±۸/۰۸	۵۹	۸۴
شاخص توده بدن (کیلوگرم/مترمربع)	۲۸/۶±۳/۵۳	۲۳/۹	۳۷/۹

توانبخشی

تصویر ۱. نحوه قرار گرفتن فرد در حین آزمون

توانبخشی

تمرین متقابل

به‌منظور انجام تمرین به‌صورت CE، بیمار بر روی صندلی اندازه‌گیری نیرو قرار گرفت و ران و زانوی سمت بدون علامت در وضعیت ۹۰ درجه فلکشن قرار داده شد. ران و قفسه سینه به‌وسیله استرپ ثابت شد. سپس از فرد خواستیم حداکثر تلاش ارادی خود را برای فعال کردن عضله کوآدریسپس زانوی بدون علامت به‌صورت ایزومتریک با فشار بر پد تعبیه‌شده بر روی صندلی (به‌گونه‌ای که ناحیه قدام مفصل مچ پا عمود بر دینامومتر باشد) انجام دهد. تمرین به‌شکل گفته‌شده به‌صورت ۵ ست، هر ست شامل ۸ انقباض انجام شد. هر انقباض ۵ ثانیه به طول انجامید و بین آن نیز ۵ ثانیه زمان استراحت در نظر گرفته شد. حین حداکثر تلاش ارادی فرد برای فعال کردن عضله کوآدریسپس، تشویق کلامی مناسب نیز به شرکت‌کنندگان داده شد. بین هر ست ۲ دقیقه زمان استراحت به‌منظور جلوگیری از خستگی در نظر گرفتیم.

آنالیز داده‌ها

بلافاصله پس از اتمام مداخله و ۱۵ دقیقه بعد از مداخله مجدداً مهار متقابل را به همان روش قبلی اندازه‌گیری کردیم و مقادیر مهار را بین قبل، بلافاصله و ۱۵ دقیقه بعد از مداخله مقایسه نمودیم. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها در این مطالعه از آزمون یک‌نمونه‌ای کولموگروف ـ اسمیرنوف استفاده شد که با توجه به نرمال بودن توزیع متغیرها، برای مقایسه آن‌ها در سه زمان اندازه‌گیری از آزمون تحلیل واریانس اندازه‌های مکرر استفاده شد و سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

شاخص‌های آماری خصوصیات جمعیت‌شناختی شامل قد (اندازه‌گیری با متر نواری)، وزن (اندازه‌گیری با ترازو)، سن و شاخص توده بدن در **جدول شماره ۱** آورده شده است. براساس آزمون کولموگروف ـ اسمیرنوف، متغیرهای مهار آرتروژنیک عضله کوآدریسپس و حداکثر نیروی اکستانسوری، هر دو دارای توزیع نرمال بودند. نتایج آزمون تحلیل واریانس اندازه‌های مکرر نشان داد میزان مهار آرتروژنیک عضله کوآدریسپس بعد از تمرین متقابل به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از قبل از مداخله است (P=۰/۰۰۱). میزان مهار آرتروژنیک عضله کوآدریسپس ۱۵ دقیقه بعد از تمرین هم نسبت به قبل از مداخله به‌طور معنی‌داری کمتر بود (P=۰/۰۰۱) **(جدول شماره ۲)**.

براساس نتایج، میزان حداکثر نیروی انقباض ایزومتریک عضله کوآدریسپس بعد از تمرین متقابل به‌طور معنی‌داری بالاتر از قبل از مداخله بود (P=۰/۰۰۱). حداکثر نیروی انقباض ایزومتریک عضله کوآدریسپس ۱۵ دقیقه بعد از تمرین هم نسبت به قبل از مداخله به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (P=۰/۰۰۱) **(جدول شماره ۳)**.

نتایج مقایسه دوبه‌دو توسط آزمون بونفرونی نشان داد میانگین مهار آرتروژنیک عضله کوآدریسپس بلافاصله بعد از مداخله و ۱۵ دقیقه پس از اتمام آن نسبت به زمان قبل از مداخله به‌طور معنی‌داری کمتر است (P<۰/۰۰۱). همچنین ۱۵ دقیقه پس از اتمام مداخله نسبت به بلافاصله بعد از آن به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (P=۰/۰۱۸).

جدول ۲. میانگین و مقایسه مهار آرتروژنیک عضله کوآدریسپس بر حسب درصد در سه زمان اندازه‌گیری (n=۲۱)

مهار آرتروژنیک عضله کوآدریسپس	میانگین±انحراف‌معیار	سطح معنی‌داری	F	درجه آزادی	اندازه اثر
قبل از مداخله	۲۰/۱۹±۸/۴۰				
بلافاصله بعد از مداخله	۷/۵۷±۵/۹۲	۰/۰۰۱	۴۵/۴	۲	۰/۸۷
۱۵ دقیقه پس از اتمام مداخله	۱۰/۹۵±۶/۱۶				

توانبخشی

جدول ۳. میانگین رتبه‌ای حداکثر نیروی انقباض ایزومتریک عضله کوآدریسپس بر حسب کیلوگرم و مقایسه آن در سه زمان اندازه‌گیری (n=۲۱)

حداکثر نیروی انقباض ایزومتریک عضله کوآدریسپس	میانگین±انحراف‌معیار	میانگین رتبه‌ای	سطح معنی‌داری	اندازه اثر
قبل از مداخله	۱۵/۹۳±۷/۶۳	۱/۱۸		
بلافاصله بعد از مداخله	۲۱/۱۸±۷/۲۰	۲/۷۷	۰/۰۰۱	۰/۹۰
۱۵ دقیقه پس از اتمام مداخله	۱۸/۷۲±۶/۹۶	۲/۰۵		

توانبخشی

همچنین نتایج این آزمون در رابطه با حداکثر نیروی انقباض ایزومتریک عضله کوآدریسپس در زمان‌های بلافاصله بعد از مداخله و ۱۵ دقیقه پس از اتمام آن دارای افزایش معنی‌داری نسبت به قبل از مداخله است (P<۰/۰۰۱) و میزان آن ۱۵ دقیقه پس از اتمام مداخله نسبت به زمان بلافاصله بعد از آن به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (P<۰/۰۰۱).

بحث

نتایج مطالعه کنونی نشان داد یک جلسه تمرین متقابل CE، به‌صورت معنی‌داری باعث کاهش مهار آرتروژنیک و افزایش حداکثر نیروی ایزومتریک در عضله کوآدریسپس زنان مبتلا به استئوآرتریت زانو می‌شود. مهار آرتروژنیک در افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو می‌تواند درنتیجه تخریب پیشرونده مفصل و پیام‌های آوران مفصلی غیرطبیعی به نورون‌های حرکتی آلفا و به‌دنبال آن کاهش فعالیت این نورون‌ها ایجاد شود که سبب نقص در سیستم عصبی مرکزی جهت فعال کردن عضله به‌صورت ارادی و کامل خواهد شد. این مسئله در میان بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو رایج است و می‌تواند علت نقص‌های عملکردی ایجادشده با پیشرفت بیماری باشد [۷، ۲۱].

مطالعه اونیگبایند و همکاران در سال ۲۰۱۷، افزایش حداکثر نیروی اکستانسوری عضله کوآدریسپس را به‌دنبال ۶ هفته تمرین ایزومتریک CE، در افراد مبتلا به OA زانو نشان داده است. اما تأثیر CE بر مهار آرتروژنیک عضله کوآدریسپس در این افراد بررسی نشده بود. نتایج نشان داد CE درحالی‌که فقط بر روی اندام غیردرگیر انجام شود باعث اثرات درمانی بر روی اندام درگیر می‌شود [۱۸]. مطالعه لپلی و همکاران تأثیر تمرین متقابل CE بر نقص فعال‌سازی حداکثری عضله کوآدریسپس در افراد سالم را بررسی کرده است که نتایج آن از نظر کلینیکی معنی‌دار نبوده است [۱۷]. حجم نمونه در این مطالعه کوچک بوده (n=۹) و نقص فعال‌سازی حداکثری در افراد سالم بررسی شده است که میزان آن در مقایسه با مهار آرتروژنیک در افراد مبتلا به OA زانو بسیار کمتر است. مطالعه حاضر نشان داد انجام یک جلسه تمرین متقابل CE به کاهش معنی‌دار مهار آرتروژنیک و افزایش حداکثر نیروی اکستانسوری عضله کوآدریسپس در زنان مبتلا به استئوآرتریت زانو منجر می‌شود. یکی از مهم‌ترین مکانیزم‌هایی که برای پدیده تمرین متقابل CE مطرح می‌شود، مکانیزم عصبی است. براساس شواهد، ساختار و سازمان‌دهی مغز ازجمله اتصالات آناتومیکی میان دو نیمکره نقش مهمی را در بروز این پدیده بازی می‌کند. تمرینات مقاومتی یک‌طرفه در یک اندام سبب ایجاد تغییر در سازمان‌دهی راه‌های حرکتی می‌شوند که عضلات سمت مقابل را کنترل می‌کنند [۲۲]. انقباضات یک‌طرفه ارادی با نیروی زیاد تحریک‌پذیری، راه‌های عصبی کورتیکالی را که به سمت مقابل می‌روند تغییر می‌دهند [۲۲]. این امر می‌تواند ناشی از کاهش مهار ترنس کالوزال میان دو کورتکس حرکتی اولیه به‌دنبال تمرین متقابل باشد [۲۳]. به‌علاوه، انقباضات قوی در یک اندام می‌تواند بر روی یافته‌های کورتکس همان سمت تأثیر بگذارد و سبب ایجاد تطابقاتی در سیستم کنترلی سمت مقابل شود که باعث آوران‌های حرکتی مؤثرتری به اندام سمت مقابل بدون تمرین، هنگامی که به‌صورت حداکثری منقبض می‌شود، خواهد شد [۲۴]. همه این اتفاقات به‌دلیل ارتباطات میان دو کورتکس حرکتی اولیه و همچنین ارتباطات ناحیه پیش‌حرکتی با کورتکس حرکتی اولیه روی می‌دهد [۲۵]. مطالعات با استفاده از تحریکات مغناطیسی ترنس کرانیال نشان داده‌اند حین تمرینات مقاومتی یک‌طرفه، آوران‌های مغزی از کورتکس حرکتی به عضلات بدون تمرین افزایش می‌یابند و همچنین تحریک‌پذیری مغزی ـ نخاعی در هر دو نیمکره مورد تمرین و بدون تمرین نیز افزایش می‌یابد [۲۶]. همچنین مهار بین نیمکره‌ای حین فعالیت، در اندام بدون تمرین کاهش می‌یابد که این امر شاهدی برپلاستیسیته اتصالات بین نیمکره‌ای برای ایجاد پدیده CE است [۲۷]. مطالعاتی که فعالیت کورتکس حرکتی اندام مقابل بدون تمرین را حین تمرین دادن به سمت دیگر بررسی کرده‌اند، افزایش فعالیت در کورتکس حرکتی اندام مقابل را نشان داده‌اند [۲۸].

با توجه به نتایج مطالعه کنونی به نظر می‌رسد تمرین متقابل CE براساس تطابقات عصبی گفته‌شده به کاهش مهار آرتروژنیک در عضله کوآدریسپس زانوی مبتلا به استئوآرتریت منجر می‌شود که می‌تواند دلیلی برای افزایش حداکثر نیروی عضله کوآدریسپس در افراد مبتلا به استئوآرتریت به‌دنبال CE باشد. البته در این مطالعه اثرات طولانی‌مدت این تمرینات موردبررسی قرار نگرفته است و لزوم بررسی آن از نقطه‌نظر کلینیکی در مطالعات آینده وجود دارد. این مهم زمانی اهمیت پیدا می‌کند

که در افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو یا دیگر آسیب‌های مفصلی، به دلایل مختلف مانند درد، ترس از آسیب بیشتر، ایجاد اختلال در روند ترمیم بافتی و ممنوعیت انجام تمرین تقویتی در زانوی مبتلا و دلایل دیگر، فرد قادر به انجام تمرین تقویتی در عضله کوآدریسپس زانوی آسیب‌دیده نیست که این امر به سخت شدن روند توانبخشی این بیماران و بی‌فایده شدن انجام تمرین تقویتی در زانوی آسیب‌دیده منجر می‌شود. در این موارد می‌توان با انجام تمرین تقویتی در عضله کوآدریسپس زانوی بدون علامت، بدون وارد عمل شدن اندام مبتلا و ایجاد آسیب بیشتر در آن، مهار آرتروژنیک را کاهش داده، حداکثر نیروی عضله کوآدریسپس زانوی مبتلا را افزایش دهیم. با کاهش مهار آرتروژنیک، بیمار قادر خواهد بود انجام تمرینات تقویتی در عضله کوآدریسپس را که یکی از مهم‌ترین بخش‌های برنامه توانبخشی در این گونه بیماران محسوب می‌شود به‌طور مؤثرتری انجام دهد. این امر احتمالاً به تقویت این عضلات و بهبود عملکرد زانو پس از آسیب منجر خواهد شد.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد یک جلسه تمرین CE می‌تواند به کاهش مهار آرتروژنیک و به‌دنبال آن افزایش حداکثر نیروی اکستانسوری عضله کوآدریسپس در زنان مبتلا به استئوآرتریت یک‌طرفه زانو منجر شود که تا ۱۵ دقیقه بعد از اتمام تمرین هم اثرات آن باقی می‌ماند. البته این مطالعه اثرات طولانی‌مدت این تمرینات را بررسی نکرده است. در صورتی که مطالعات آینده اثرات دراز مدت این تمرینات را نشان دهند، از لحاظ کلینیکی اهمیت بسزایی خواهد داشت.

انجام مطالعات بیشتر و روشن‌تر شدن ماهیت و چگونگی اثر و نحوه تأثیرگذاری تمرین متقابل CE بر مهار آرتروژنیک، می‌تواند به کاربرد بیشتر این روش در آسیب‌های اسکلتی ـ عضلانی کمک کند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

مقاله حاضر در کمیته اخلاق دانشگاه علوم‌پزشکی شهید بهشتی با شناسه IR.SBMU.RETECH.REC.1397.1194 به تصویب رسیده است. برای شرکت در پژوهش از شرکت‌کنندگان و همچنین قیم قانونی آن‌ها رضایت‌نامه کتبی دریافت شد. تمامی شرکت‌کنندگان با رضایت خود در پژوهش حاضر شرکت کردند و هیچ اجبار یا فشاری برای متقاعدکردن شرکت‌کنندگان در پژوهش وجود نداشت. شرکت‌کنندگان حق انصراف از ادامه پژوهش را داشتند و برای این کار فرم رضایت‌نامه آگاهانه کتبی را تکمیل کردند. همچنین به بیماران و نیز سرپرست قانونی آنان اطلاع داده شد که تمام اطلاعات محرمانه خواهد ماند و کسی آن را افشا نخواهد کرد، مگر آنکه به درخواست بیمار و سرپرست آن‌ها باشد. در این پژوهش تلاش شد از آسیب زدن به بیماران اجتناب شود.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد رشته فیزیوتراپی نسترن رضی سنگتابی در گروه آموزشی فیزیوتراپی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم‌پزشکی شهید بهشتی است.

مشارکت نویسندگان

مفهوم‌سازی: مینو خلخالی زاویه، خسرو خادمی کلانتری؛ روش‌شناسی و اعتبارسنجی: نسترن رضی سنگتابی، مینو خلخالی زاویه، خسرو خادمی کلانتری؛ تحلیل: خسرو خادمی کلانتری، علیرضا اکبرزاده باغبان؛ تحقیق و بررسی: نسترن رضی سنگتابی، الهام قندالی؛ منابع: نسترن رضی سنگتابی، مینو خلخالی زاویه؛ نگارش پیش‌نویس: نسترن رضی سنگتابی؛ ویراستاری و نهایی‌سازی نوشته: الهام قندالی، خسرو خادمی کلانتری؛ بصری‌سازی: الهام قندالی؛ نظارت: مینو خلخالی زاویه، خسرو خادمی کلانتری.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از پرسنل و مسئولین کلینیک فیزیوتراپی دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم‌پزشکی شهید بهشتی که مقدمات اجرای این تحقیق را فراهم کردند تشکر و قدردانی می‌کنیم.

References

[1] Kan HS, Chan PK, Chiu KY, Yan CH, Yeung SS, Ng YL, et al. Non-surgical treatment of knee osteoarthritis. Hong Kong Medical Journal. 2019; 25(2):127-33. [DOI:10.12809/hkmj187600] [PMID]

[2] Scott D, Kowalczyk A. Osteoarthritis of the knee. BMJ Clinical Evidence. 2007; 2007:1121. [PMID] [PMCID]

[3] Palmieri-Smith RM, Thomas AC, Karvonen-Gutierrez C, Sowers MF. Isometric quadriceps strength in women with mild, moderate, and severe knee osteoarthritis. American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. 2010; 89(7):541-8. [DOI:10.1097/PHM.0b013e3181ddd5c3] [PMID] [PMCID]

[4] Bruyère O, Honvo G, Veronese N, Arden NK, Branco J, Curtis EM, et al. An updated algorithm recommendation for the management of knee osteoarthritis from the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis, Osteoarthritis and Musculoskeletal Diseases (ESCEO). Seminars in Arthritis and Rheumatism. 2019; 49(3):337-50. [DOI:10.1016/j.semarthrit.2019.04.008] [PMID]

[5] Bijlsma JW, Berenbaum F, Lafeber FP. Osteoarthritis: An update with relevance for clinical practice. Lancet. 2011; 377(9783):2115-26. [DOI:10.1016/S0140-6736(11)60243-2] [PMID]

[6] Rice DA, McNair PJ. Quadriceps arthrogenic muscle inhibition: neural mechanisms and treatment perspectives. Seminars in Arthritis and Rheumatism. 2010; 40(3):250-66. [DOI:10.1016/j.semarthrit.2009.10.001] [PMID]

[7] Hurley MV, Scott DL, Rees J, Newham DJ. Sensorimotor changes and functional performance in patients with knee osteoarthritis. Annals of the Rheumatic Diseases. 1997; 56(11):641-8. [DOI:10.1136/ard.56.11.641] [PMID]

[8] Hopkins JT, Ingersoll CD. Arthrogenic muscle inhibition: A limiting factor in joint rehabilitation. Journal of Sport Rehabilitation. 2000; 9(2):135-59. [DOI:10.1123/jsr.9.2.135]

[9] Norte G, Rush J, Sherman D. Arthrogenic muscle inhibition: best evidence, mechanisms, and theory for treating the unseen in clinical rehabilitation. Journal of Sport Rehabilitation. 2021; 31(6):717-35. [DOI:10.1123/jsr.2021-0139] [PMID]

[10] Sharma L, Cahue S, Song J, Hayes K, Pai YC, Dunlop D. Physical functioning over three years in knee osteoarthritis: role of psychosocial, local mechanical, and neuromuscular factors. Arthritis and Rheumatism. 2003; 48(12):3359-70. [DOI:10.1002/art.11420] [PMID]

[11] Zhang W, Nuki G, Moskowitz RW, Abramson S, Altman RD, Arden NK, et al. OARSI recommendations for the management of hip and knee osteoarthritis: Part III: Changes in evidence following systematic cumulative update of research published through January 2009. Osteoarthritis and Cartilage. 2010; 18(4):476-99. [DOI:10.1016/j.joca.2010.01.013] [PMID]

[12] Bodamyali T, Stevens CR, Billingham ME, Ohta S, Blake DR. Influence of hypoxia in inflammatory synovitis. Annals of The Rheumatic Diseases. 1998; 57(12):703-10. [DOI:10.1136/ard.57.12.703] [PMID]

[13] Felson DT, Niu J, McClennan C, Sack B, Aliabadi P, Hunter DJ, et al. Knee buckling: Prevalence, risk factors, and associated limitations in function. Annals of Internal Medicine. 2007; 147(8):534-40. [DOI:10.7326/0003-4819-147-8-200710160-00005] [PMID]

[14] Liikavainio T, Lyytinen T, Tyrväinen E, Sipilä S, Arokoski JP. Physical function and properties of quadriceps femoris muscle in men with knee osteoarthritis. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2008; 89(11):2185-94. [DOI:10.1016/j.apmr.2008.04.012] [PMID]

[15] Mikesky AE, Meyer A, Thompson KL. Relationship between quadriceps strength and rate of loading during gait in women. Journal of Orthopaedic Research. 2000; 18(2):171-5. [DOI:10.1002/jor.1100180202] [PMID]

[16] Scripture E, Smith TL, Brown EM. On the education of muscular control and power. Studies from The Yale Psychological Laboratory. 1894; 2(5):114-19. [Link]

[17] Lepley LK, Palmieri-Smith RM. Cross-education strength and activation after eccentric exercise. Journal of Athletic Training. 2014; 49(5):582-9. [DOI:10.4085/1062-6050-49.3.24] [PMID]

[18] Onigbinde AT, Ajiboye RA, Bada AI, Isaac SO. Inter-limb effects of isometric quadriceps strengthening on untrained contra-lateral homologous muscle of patients with knee osteoarthritis. Technology and Health Care. 2017; 25(1):19-27. [DOI:10.3233/THC-161239] [PMID]

[19] Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2000; 10(5):361-74. [DOI:10.1016/S1050-6411(00)00027-4] [PMID]

[20] Rafsanjani H, Khademi-Kalantari K, Rezasoltani A, Naimi SS, Ghasemi M, Jaberzadeh S. Immediate effect of common peroneal nerve electrical stimulation on quadriceps muscle arthrogenic inhibition in patients with knee osteoarthritis. Journal of Bodywork and Movement Therapies. 2017; 21(4):879-83. [DOI:10.1016/j.jbmt.2017.03.003] [PMID]

[21] Hurley MV. The role of muscle weakness in the pathogenesis of osteoarthritis. Rheumatic Diseases Clinics of North America. 1999; 25(2):283-98. [DOI:10.1016/S0889-857X(05)70068-5] [PMID]

[22] Hortobágyi T, Taylor JL, Petersen NT, Russell G, Gandevia SC. Changes in segmental and motor cortical output with contralateral muscle contractions and altered sensory inputs in humans. Journal of Neurophysiology. 2003; 90(4):2451-9. [DOI:10.1152/jn.01001.2002] [PMID]

[23] Lee M, Carroll TJ. Cross education: Possible mechanisms for the contralateral effects of unilateral resistance training. Sports Medicine. 2007; 37(1):1-14. [DOI:10.2165/00007256-200737010-00001] [PMID]

[24] Carroll TJ, Herbert RD, Munn J, Lee M, Gandevia SC. Contralateral effects of unilateral strength training: Evidence and possible mechanisms. Journal of Applied Physiology. 2006; 101(5):1514-22. [DOI:10.1152/japplphysiol.00531.2006] [PMID]

[25] Mochizuki H, Huang YZ, Rothwell JC. Interhemispheric interaction between human dorsal premotor and contralateral primary motor cortex. The Journal of Physiology. 2004; 561(Pt 1):331-8. [DOI:10.1113/jphysiol.2004.072843] [PMID]

[26] Lee M, Gandevia SC, Carroll TJ. Unilateral strength training increases voluntary activation of the opposite untrained limb. Clinical Neurophysiology. 2009; 120(4):802-8. [DOI:10.1016/j.clinph.2009.01.002] [PMID]

[27] Hortobágyi T, Richardson SP, Lomarev M, Shamim E, Meunier S, Russman H, et al. Interhemispheric plasticity in humans. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2011; 43(7):1188-99. [DOI:10.1249/MSS.0b013e31820a94b8] [PMID]

[28] Farthing JP, Krentz JR, Magnus CR, Barss TS, Lanovaz JL, Cummine J, et al. Changes in functional magnetic resonance imaging cortical activation with cross education to an immobilized limb. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2011; 43(8):1394-405. [DOI:10.1249/MSS.0b013e318210783c] [PMID]

This Page Intentionally Left Blank