

## 스쿼트 운동 시 적용된 중주파 전기자극이 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도 및 근활성비에 미치는 영향

김 충 유<sup>‡</sup>

부산성모병원 물리치료사

### Effects of Interfering Current Stimulation on Vastus Medialis Oblique and Vastus Lateralis Activity and Ratio during Squat Exercise

Chung-Yoo Kim, PT, M.S.<sup>‡</sup>

<sup>‡</sup>Dept. of Rehabilitation Medicine, Busan St. Mary's Hospital, Physical Therapist

#### Abstract

**Purpose** : The purpose of this study is to investigate the effect of mid frequency electrical stimulation during squat exercise on the muscle activity and muscle activity ratio of vastus medialis oblique and vastus lateralis, and to prepare scientific basic data for exercise intervention using mid frequency electrical stimulation.

**Methods** : This study was conducted with students from University C located in Busan, and among a total of 123 subjects, 12 subjects who complained of knee joint dysfunction between 80 and 90 points using the Kujala patellofemoral score (KPS) were used. All subjects participated in the experiment for 3 days, and MVIC values were measured for normalization of muscle activity values on the first day. For the two days, participants participated in the experiment and performed squat exercise or squat exercise receiving mid-frequency electrical stimulation in random order. Measurements were taken in the squat position immediately after the squat exercise, and muscle activities of vastus medialis oblique and vastus lateralis were measured. The measured data were compared through the dependent t test, and the statistical significance level was set to .05.

**Results** : According to the results of this study, in the case of applying mid-frequency electrical stimulation together in the ratio of vastus medialis oblique and vastus lateralis muscle activity during squat exercise, higher values were observed compared to the case of not applying mid-frequency electrical stimulation together, and statistically significant. Also, when mid-frequency electrical stimulation was applied to both vastus medialis oblique and vastus lateralis activities during the squat exercise, higher values were shown compared to the case where the mid-frequency electrical stimulation was not applied together, but there was no statistically significant difference.

**Conclusion** : The results of this study reported that mid-frequency electrical stimulation provided to vastus medialis oblique increased the muscle activity ratio of vastus medialis oblique and vastus lateralis. Therefore, the improvement of coordination due to the enhancement of the activity of vastus medialis oblique through mid-frequency electrical stimulation will be more helpful in the treatment of patellofemoral pain syndrome patient. In addition, it is hoped that the electrical stimulation method applied to exercise will be widely used.

**Key Words** : mid-frequency electrical stimulation, patellofemoral pain syndrome, squat exercise, vastus lateralis, vastus medialis oblique

<sup>‡</sup>교신저자 : 김충유, friday861@naver.com

제출일 : 2021년 9월 29일 | 수정일 : 2021년 11월 12일 | 게재승인일 : 2021년 11월 19일

## I. 서론

무릎 관절은 일상적인 생활과 보행 및 운동에 주된 동작을 수행하고 있으며, 모든 기능적인 움직임에 기본적이라 할 수 있을 만큼 그 활용도가 상당히 높아 상해에 대한 위험성도 높을 뿐 아니라 많은 스포츠 활동 시 과도한 부하를 받을 경우 외상을 포함한 무릎관절 질환을 겪을 수 있다(Dulay 등, 2015). 무릎관절 질환은 근육뼈대계통 질환 중에서도 상당히 많은 비중을 차지하고 있고, 특히 무릎넙다리통증증후군은 일반인을 포함해 신체 활동량이 많은 인구에서 자주 발생된다(Sisk & Fredericson, 2019).

무릎넙다리통증증후군은 무릎뼈와 넙다리뼈 사이의 문제로 인해 발생하는 무릎 통증 증후군이다(Bosshardt 등, 2021). 통증은 일반적으로 무릎 앞쪽 통증을 호소하게 된다. 또한, 통증은 앉을 때, 과도하게 사용할 때, 그리고 계단을 오르내리는 동작 등에서 호소하게 된다. 선행연구에 따르면 무릎넙다리통증증후군은 비정상적인 넙다리네갈래근의 수축 및 무릎관절의 비정상적인 움직임에 의해 발생할 수 있고, 무릎관절의 주변 근육은 엉덩관절부터 발목관절까지 근육이 이어져 있어 넙다리뒤근 및 아킬레스건의 단축에도 영향을 받게 된다고 보고해왔다(Coelho 등, 2021). 특히, 안쪽넓은근과 가쪽넓은근 사이의 협응 감소가 주요한 요인으로 보고되고 있는데, 이에 무릎넙다리통증증후군의 치료에서 넙다리네갈래근의 협응을 개선할 수 있는 중재를 필요로 하게 된다.

정상인의 경우는 안쪽넓은근과 넙다리뒤근의 근활성 비율은 1:1로 보고되고 있다. 하지만 무릎넙다리통증증후군 환자 대상자에서는 더 낮은 비율로 보고되고 있는데(Kim & Song, 2012), 이에 무릎뼈 주행 시 가쪽넓은근의 무릎뼈 가쪽 당김으로 인해 정상적인 무릎뼈의 주행경로를 이탈하게 될 것이다. 비정상적인 무릎 관절의 움직임은 무릎 관절의 협응에 악영향을 줄 뿐 아니라 무릎 관절의 과도한 안쪽부하를 제공하여 통증을 유발시키게 된다. 이에 무릎넙다리통증증후군 환자의 안쪽넓은근과 넙다리뒤근의 근활성 비율을 정상적으로 회복시켜 정상적인 무릎관절을 움직임을 만들어 주어야 할 것

이다.

기존의 연구들은 무릎넙다리통증증후군 환자의 치료를 위해 닫힌사슬운동인 스쿼트와 런지를 활용하였고(Nam, 2020), 다양한 자세 등의 조건에 따라 안쪽넓은근의 활성을 또는 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 비율을 증가됨을 보고하였다(Kim & Song, 2010). 스쿼트 동작에서 엉덩관절 모음을 함께 하는 방법이 대표적인 방법인데, 하지만 이에 대해서도 의견이 합치되지 않았다. Koh 등(2011)의 연구에서는 공이나 치료용 벨트를 활용하여 등척성 엉덩관절 모음을 만들어 주는 방법을 사용하기도 하는데, 안쪽넓은근의 활성을 증가시키는 많은 시도가 수행되어 오고 있다.

최근 EMS(electrical muscle stimulation) 재활이 화두가 되면서 전기자극을 이용하여 근력강화를 시키는 방법을 새로운 운동의 한 방법으로 적용하고 있다(Reljic 등, 2020). 전기자극은 적용된 부위의 근육을 수축시킬 수 있고, 이에 시전자가 원하는 근육의 활성을 선택적으로 촉진시킬 수 있을 것이라 생각한다. 기존의 방법대로 엉덩관절 모음과 같은 움직임을 통해 안쪽넓은근의 동원을 유도할 수 있지만, 전기자극을 이용하면 보다 직접적이고, 정확하게 안쪽넓은근의 동원을 촉진할 수 있을 것이라 생각한다.

전기자극은 부착 위치, 강도, 주파수에 따라 그 적용 깊이가 달라질 수 있는데, 심부자극을 위한 방법으로는 중주파 영역의 주파수를 적용하여 심부 전기자극을 하는 방법을 사용하고 있다(Acedo 등, 2015). 특히 러시아 전류의 경우는 러시아에서 근력증진을 목적으로 사용되기도 하였다(Akinoğlu & Kocahan, 2020). 이러한 방법을 이용하면, 기존의 경피적 자극 방법보다 더 깊은 근육까지 더 넓은 횡단면을 자극하기 때문에 특정 근육을 활성화 시키는데 더욱 효과적이지 않을까 생각된다. 특히 근육의 두께가 얇은 넙다리네갈래근과 같은 근육에서 더욱 효과적이라 생각한다. 하지만, 기존의 연구들은 중주파를 이용하여 근력증진 및 통증조절을 위해 사용하였을 뿐(Acedo 등, 2015), 심부근육의 활성을 증진시켜 근육활성 비와 같은 협응을 증가시키고자 한 연구는 수행되지 않았다. 특히 앞서 언급된 것과 같이 무릎넙다리통증증후군 개선을 위해서 안쪽넓은근의 활성 및 협응이 중요한데, 이에 스쿼트 운동만 수행하여 안쪽넓은근의

활성을 증가시키고 이를 개선하는 것보다 중주파 전기자극을 함께 적용한다면 선택적 전기자극을 통해 근육의 활성 비 및 협응의 개선에 도움이 될 것이라 생각된다. 이에 본 연구는 스쿼트 운동 시 적용된 중주파 전기자극이 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도 및 근활성비에 미치는 영향을 알아보고, 중주파 전기자극을 이용한 운동 중재의 과학적 기초자료를 마련하고자 하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구는 부산시 소재의 C대학 학생을 대상으로 하였으며, 총 123명의 대상자 중 사전 설문지(Kujala patellofemoral score, KPS)를 이용하여 80점에서 90점 사이의 무릎관절의 기능부전을 호소하고 있는 대상자 12명을 대상으로 하였다(본 연구에서 설계된 연구방법에 따른 필요한 대상자수는 효과크기 0.90,  $\alpha$  값 .05,  $1-\beta$  값 .95를 기준으로 14명으로 산출되나, 총 123명의 대상자 중 12명만이 사전 설문을 통과하고 실험의 참여기준에 적합하였으며, 또한 실험에 자발적으로 참여한 대상자의 수가 총 12명이었기 때문에 다소 부족하지만 12명으로 연구가 수행되었다)(Kim 2013). 본 연구에 참가한 모든 대상자는 본 연구의 실험과정과 목적에 대해 듣고 동의하였으며, 헬싱키 선언을 바탕으로 한 연구윤리를 준수하여 수행되었다. 또한, 대상자의 선정기준은 정형외과적 또는 신경학적 문제가 없는 자, 최근 3개월 이내 운동을 하지 않은 자, 그리고 연구의 목적에 동의하고 참여를 서면으로 승낙한 자로 정하였다.

#### 1) 대상자 선정기준

- (1) 연구의 목적에 동의하고 참여를 서면으로 승낙한 자
- (2) 사전설문지(Kujala patellofemoral score, KPS) 평가 점수 80점이상 90점 이하인 자
- (3) 정형외과적 또는 신경학적 문제가 없는 자
- (4) 최근 3개월 이내 운동을 하지 않은 자

#### 2) 대상자 제외기준

- (1) 실험 전 또는 도중 대상자 선정기준에 해당하지 않는 자
- (2) 실험과정 동안 실험의 중단을 원하는 자

### 2. 실험 설계

본 연구의 실험은 C대학 학생을 기준으로 123명의 대상에게 사전설문을 배포하여 참여기준에 적합하고, 스스로 동의하여 참여한 자를 대상으로 실험을 진행하였다. 본 연구의 실험은 총 3일간 이루어졌으며, 3일간 스쿼트 동작에서의 근활성도를 측정하였다. 첫날은 근활성도를 정규화(normalization)하기 위한 최대수의적등척성수축(maximal voluntary isometric contraction, MVIC) 값을 측정하였고, 둘째 날과 셋째 날은 임의의 순서로 하루는 스쿼트 운동을 수행한 후 근활성도 값을, 다른 하루는 중주파 전기자극을 받으며 스쿼트 운동을 수행한 후 근활성도를 측정하였다. 측정된 값은 %MVIC 값으로 계산되어 비교되었으며, 중주파 전기자극 유무에 따른 근활성도 및 근활성비의 비교는 통계프로그램을 사용하여 분석되었다.

### 3. 중재 방법

#### 1) 스쿼트 운동(squat exercise)

본 연구에서 수행된 스쿼트 운동은 세트 당 20회씩 3세트를 적용하였다. 스쿼트 동작은 양발을 어깨 넓이만큼 벌리게 한 뒤, 무릎이 발끝을 넘지 않도록 지시하였다. 동일한 각도의 스쿼트 동작을 수행하기 위해서 45° 스쿼트 동작에서 골반 높이를 벽에 표시한 뒤, 동일한 높이에서 스쿼트를 수행할 수 있도록 하였고, 임상경력 5년 차 물리치료사의 지시하에 수행하였다(Kang 등, 2021).

#### 2) 중주파 전기자극

본 연구에서는 중주파 전기자극을 제공한 상태에서 스쿼트 운동을 적용하였다. 중주파 전기자극은 중주파 전기치료기를 사용하였고, 적용부위는 안쪽빗넓은근에 적용하였다. 적용은 패드전극을 활용하여 안쪽빗넓은근

의 운동점(motor point)을 자극하였고, 자극 지점은 선행 연구를 바탕으로 위앞엉덩뼈가시와 안쪽인대의 앞쪽 모서리의 앞쪽 공간을 연결한 선의 80 % 지점으로 하였다. 전극은 네 극 배치방법으로 배치하였고, 전기자극은 선행 연구를 바탕으로 중간정도(medium dose) 전기강도로 근수축이 감지될 정도의 강도로 파형은 고정주파수(100 bps)를 사용하여 자극하였다. 중주파 전기자극을 받으면서 스쿼트 운동을 하는 경우는 위의 방법으로 중주파 전기자극을 적용받으면서, 동일한 스쿼트 운동을 수행하였다.

4. 측정도구 및 측정방법

근활성도는 근전도 장비(LXM3204, LAXTHA Inc., Korea)를 이용하여 측정하였다. 측정된 근전도 신호는 1 초에 1024개의 표본율로 추출되었고, 측정된 자료들은 근전도 신호 분석프로그램(Telescan, LAXTHA Inc., Korea)을 이용하여 분석하였다.

측정된 근육은 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근으로, 표면 전극(133 form electrodes, Kendall, USA) 부착 전 근전도 신호의 흐름을 방해할 수 있는 이물질을 제거하기 위해 제모와 소독을 하여 전극을 부착하였다. 전극의 부착 위치는 선행 연구를 참고하여 부착하였으며, 안쪽빗넓은근은 위앞엉덩뼈가시와 안쪽인대의 앞쪽 모서리의 앞쪽 공간을 연결한 선의 4/5 지점, 가쪽넓은근은 위앞엉덩뼈가시와 무릎뼈 가쪽면의 2/3 지점으로 하였다. 전극은 해당 부위에 2 cm 간격으로 부착하였고, 접지전극도 위와 동일한 방법으로 위앞엉덩뼈가시에 부착하였다.

본 연구에서는 대상자간의 편차를 줄이기 위해 최대수의적등척성수축 방법을 이용하여 근활성도 신호를 정규화하였다. 최대수의적등척성수축 값의 측정은 의자에 엉덩관절, 무릎관절, 그리고 발목관절을 90 °로 하여 앉은 자세에서, 무릎을 펼 때 측정자의 도수저항을 주어 그 값을 사용하였으며, 측정은 근전도 신호를 5초 측정

하여 그 중 앞뒤 1초를 뺀 3초만을 사용하였으며, 3회 반복 측정하여 평균을 내어 사용하였다. 그리고 중재 직후에 가쪽넓은근은 위앞엉덩뼈가시 값을 측정하였는데, 그 측정 동작은 스쿼트 운동 동작과 같은 45 ° 무릎 굽힘한 정적 스쿼트 운동 자세에서 근활성도를 30초간 측정하였으며 그 중 앞뒤 5초를 뺀 20초만을 사용하였다(Kim, 2020).

측정된 모든 근활성도 신호는 60 Hz의 노치필터(notch filter)와 5~550 Hz 대역의 밴드패스필터(band-pass filter)를 사용하여 근전도 신호를 정류하였고, 이후 제곱평균 제곱근(root mean square, RMS) 처리하여 그 값을 계산하여 사용하였다. 최종적으로 측정된 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 RMS 값은 MVIC 값으로 나누어져 백분율로 계산되어 최종적으로 %MVIC 값으로 환산하여 사용되었으며, 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비는 안쪽빗넓은근의 %MVIC 값을 가쪽넓은근의 %MVIC 값으로 나누어 계산하였다.

5. 자료분석

본 연구의 모든 자료는 통계프로그램인 SPSS Ver. 25.0를 이용하여 분석되었다. 측정된 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 MVIC 값 및 근활성비는 스쿼트 운동 시 중주파 자극이 적용유무에 따라 비교되었으며, 대응표본 t 검정을 통해 검증되었다. 모든 자료의 통계학적 유의수준은 .05로 정하였다.

III. 결 과

1. 연구대상자의 일반적 특성

본 연구에 참가한 연구대상자의 평균연령은 22.92±3.12 세, 평균신장은 168.00±9.58 cm, 그리고 평균체중은

Table 1. General characteristics of subject (n=12)

	M±SD
Sex (male : female)	4 : 8
Age (years)	22.92±3.12
Height (cm)	168.00±9.58
Weight (kg)	63.42±10.04

63.42±10.04 kg 이다(Table 1).

2. 스쿼트 운동 시 중주파 전기자극에 따른 안쪽빗넓은근과 가쪽빗넓은근의 근활성도 비교

스쿼트 운동 시 안쪽빗넓은근과 가쪽빗넓은근 모두 중주파 전기자극을 함께 적용한 경우 중주파 전기자극은 함께 적용하지 않은 경우에 비해 높은 값을 보였다. 하지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다( $p>.05$ )(Table 2).

Table 2. Comparison of muscle activities of vastus medialis oblique and vastus lateralis according to mid-frequency electrical stimulation during squat exercise

	Squat with mid-frequency	Squat without mid-frequency	t	p
Vastus medialis oblique	21.80±11.14 <sup>a</sup>	17.86±6.67	-1.310	.206
Vastus lateralis	30.65±13.59	24.55±9.78	-1.687	.108

<sup>a</sup>M±SD

3. 스쿼트 운동 시 중주파 전기자극에 따른 안쪽빗넓은근과 가쪽빗넓은근 근활성도 비의 비교

스쿼트 운동 시 안쪽빗넓은근과 가쪽빗넓은근 근활성

도 비에서 중주파 전기자극을 함께 적용한 경우 중주파 전기자극은 함께 적용하지 않은 경우에 비해 높은 값을 보였으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p<.05$ )(Table 3).

Table 3. Comparison of muscle activity ratio of vastus medialis oblique and vastus lateralis according to mid-frequency electrical stimulation during squat exercise

	Squat with mid-frequency	Squat without mid-frequency	t	p
VMO/VL ratio	.82±.27 <sup>a</sup>	.68±.21	-2.275	.035

<sup>a</sup>M±SD, VMO; vastus medialis oblique, VL; vastus lateralis

#### IV. 고 찰

본 연구는 스쿼트 운동 시 중주파 전기자극 적용 유무에 따른 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도 및 근활성비에 미치는 영향을 알아보았다. 그 결과 스쿼트 운동 시 함께 적용된 중주파 전기자극은 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비를 증가시키는 결과를 보였다. 우리는 무릎넙다리통증증후군의 개선과 정상적인 무릎의 기능 및 협응을 위해 노력해왔다. 기존 연구들은 스쿼트 운동의 동작을 바꿔보기도 하였고, 스쿼트 운동 시 바닥면을 바꾸거나 또는 스쿼트 동작시에 진동을 제공하기

도 하였다(Kang 등, 2021). 기존의 방법들 모두 안쪽빗넓은근의 활성을 증가시켜 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비를 개선하고 함이었다. 본 연구 또한 기존의 연구와 같이 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비를 개선하고자 시도한 것이며 그 결과 증가함을 보였다. 반면 Bily 등(2008)의 연구에서는 본 연구와 달리 물리치료를 받을 때 전기자극의 유무에 따른 추가적인 치료적 효과를 보지 못했는데, 이는 본 연구와 달리 운동 중 적용된 전기자극이 아니라 별도로 전기자극을 적용했기 때문이라 생각된다. 이에, 본 연구는 운동 및 훈련 시 동시자극되는 선택적 전기자극이 치료적 효과를 증대시킴을 보

여준다고 사료된다.

전기자극은 근육에 전기적 신호를 보내 근육을 수축시킬 수 있다. 기존의 연구들은 신경근전기자극(neuromuscular electrical stimulation, NMES), 기능적 전기자극(functional electrical stimulation, FES), 전기근육자극(electrical muscular stimulation, EMS), 그리고 전기신경치료(electrical stimulation therapy, EST)과 같은 방법으로 신경의 회복을 촉진하고 근위축을 방지하며, 이를 통해 기능적 개선을 이끌어내었다(Akinoğlu & Kocahan, 2020; Doucet 등, 2012; Reljic 등, 2020). 하지만 위의 방법 외에도 통전되는 전기량이 많게 된다면, 주로 통증 목적으로 사용되는 경피적전기신경자극(transcutaneous electrical nerve stimulation, TENS)과 간섭파치료(interferential current therapy, ICT)의 경우도 운동역치(전기적 수축이 발생하는 역치) 이상 전기자극을 하면 근육을 수축시킬 수 있으며, 근육의 활성을 도울 수 있을 것이다. 이에 전기적 자극을 이용한 방법이 본 연구에서도 안쪽빗넓은근의 활성을 증가시켜 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비를 개선한 것으로 보인다. 다만, 본 연구에서 안쪽빗넓은근이 스쿼트 운동 동안 중주파 전기자극을 받는 경우가 받지 않는 경우보다 높았음에도 유의한 차이를 보이지 않은 것은 대상자의 수가 적고, 단기간의 전기자극이 안쪽빗넓은근의 활성을 통계학적으로 유의한 수준으로 차이를 내기에 그 효과의 크기가 작아서 부족하였기 때문이라 생각된다.

본 연구에서는 흔히 사용되는 저주파 전기자극이 아니라 중주파 전기자극을 활용하였다. 이는 중주파 전기자극이 같은 피부의 상태에서 주파수가 높기 때문에 더 깊이 침습되고, 이에 저주파에 비해 더 깊은 부위의 근섬유에도 활성을 증가시킬 수 있을 것이라 생각하였기 때문이다. 이는 예비실험 연구에서 저주파 전기자극에 의한 효과의 크기가 작음을 통해 확인할 수 있었다. 또한, 본 연구에서는 동일한 대상자를 두 번 실험에 참여시켜 이를 독립변수에 대한 그 효과를 비교하였는데, %MVIC 방법을 통해서 정규화를 하였음에도 그 편차가 커 동일한 대상자를 반복 참여시키는 것이 보다 순수한 실험의 결과를 얻기에 유리하였으며, 실험의 순서를 임의로 하여 학습 및 누적되는 효과에 대한 부분은 통제하였기 때문에 이에 대한 편차(bias)를 적었을 것이라 생각

된다. 추후 연구에서는 더 많은 대상자와 더 긴 기간의 연구를 통해 무릎넙다리증후군 대상자 뿐 아니라 다양한 상황에서의 중주파 전기자극을 통한 협응 증진에 대해 다양한 연구를 수행할 것이다.

## V. 결론

본 연구에서는 스쿼트 운동 시 중주파 전기자극이 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도 및 근활성비에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 그 결과 안쪽빗넓은근에 제공된 중주파 전기자극은 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비를 증가시켰다. 이에 중주파 전기자극을 통한 안쪽빗넓은근 활성의 증진으로 인한 협응 증진이 무릎넙다리증후군 대상의 치료에 있어 더욱 도움이 될 것이다. 또한, 이처럼 운동에 적용되는 보조적 전기자극 방법이 널리 이용되기를 바란다.

## 참고문헌

Acedo AA, Antunes ACL, dos Santos AB, et al(2015). Upper trapezius relaxation induced by TENS and interferential current in computer users with chronic nonspecific neck discomfort: An electromyographic analysis. *J Back Musculoskelet Rehabil*, 28(1), 19-24. <https://doi.org/10.3233/BMR-140482>.

Akinoğlu B, Kocahan T(2020). Russian current versus high voltage current with isokinetic training on the quadriceps muscle strength and endurance. *J Exerc Rehabil*, 16(3), 272-278. <https://doi.org/10.12965/jer.2040260.130>.

Bily W, Trimmel L, Mödlin M, et al(2008). Training program and additional electric muscle stimulation for patellofemoral pain syndrome: A pilot study. *Arch Phys Med Rehabil*, 89(7), 1230-1236. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.10.048>.

Bosshardt L, Ray T, Sherman S(2021). Non-operative

- management of anterior knee pain: patient education. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 14(1), 76-81. <https://doi.org/10.1007/s12178-020-09682-4>.
- Coelho BAL, Rodrigues HLdN, Almeida GPL, et al(2021). Immediate effect of ankle mobilization on range of motion, dynamic knee valgus, and knee pain in women with patellofemoral pain and ankle dorsiflexion restriction: a randomized controlled trial with 48-hour follow-up. *J Sport Rehabil*, 30(5), 697-706. <https://doi.org/10.1123/jsr.2020-0183>.
- Doucet BM, Lam A, Griffin L(2012). Neuromuscular electrical stimulation for skeletal muscle function. *Yale J Biol Med*, 85(2), 201-215.
- Dulay GS, Cooper C, Dennison EM(2015). Knee pain, knee injury, knee osteoarthritis & work. *Best Pract Res Clin Rheumatol*, 29(3), 454-461. <https://doi.org/10.1016/j.berh.2015.05.005>.
- Kang JI, Moon YJ, Jung DK(2021). Effect of squat exercise combined with whole body vibration exercise on muscle activity and muscle fatigue of quadriceps in patients with patellofemoral pain syndrome. *J Korean Soc Phys Med*, 16(1), 41-48. <https://doi.org/10.13066/kspm.2021.16.1.41>.
- Kim GC(2013). Effect of visual feedback squat on lower extremity alignment and muscular function of young adults with patellofemoral pain syndrome. Graduate school of Daegu University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Kim HH, Song CH(2010). Effects of knee and foot position on EMG activity and ratio of the vastus medialis oblique and vastus lateralis during squat exercise. *J Muscle Joint Health*, 17(2), 142-150. <https://doi.org/10.5953/JMJH.2010.17.2.142>.
- Kim HH, Song CH(2012). Comparison of the VMO/VL EMG ratio and onset timing of VMO Relative to VL in Subjects with and without patellofemoral pain syndrome. *J Phys Ther Sci*, 24(12), 1315-1317. <https://doi.org/10.1589/jpts.24.1315>.
- Kim KS(2020). Comparison of the VMO/VL EMG activity ratio according to resistance condition in partial lunge exercise. *J Kor Phys Ther*, 32(5), 273-276. <https://doi.org/10.18857/jkpt.2020.32.5.273>.
- Koh EK, Lee KH, Jung DY(2011). The effect of isometric hip adduction and abduction on the muscle activities of vastus medialis oblique and vastus lateralis during leg squat exercises. *KJSB*, 21(3), 361-368. <https://doi.org/10.5103/KJSB.2011.21.3.361>.
- Nam KS(2020). Comparison of the VMO/VL EMG activity ratio according to resistance condition in partial lunge exercise. *J Kor Phys Ther*, 32(5), 273-276. <https://doi.org/10.18857/jkpt.2020.32.5.273>.
- Reljic D, Konturek PC, Herrmann HJ, et al(2020). Effects of whole-body electromyostimulation exercise and caloric restriction on cardiometabolic risk profile and muscle strength in obese women with the metabolic syndrome: a pilot study. *J Physiol Pharmacol*, 71(1), 89-98. <https://doi.org/10.26402/jpp.2020.1.08>.
- Sisk D, Fredericson M(2019). Update of risk factors, diagnosis, and management of patellofemoral pain. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 12, 534-541. <https://doi.org/10.1007/s12178-019-09593-z>.