

## 계단오르기 동안 가방의 무게와 가방메기 형태가 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도비에 미치는 영향

조현래\*

마산대학교 물리치료과

### The Effects of Bag Weight and Carrying Bag Position on Vastus Medialis Oblique and Vastus Lateralis Muscle Activity Ratio during Step up in Healthy Adult

Cho Hyunrae, PT, Ph.D<sup>†</sup>

Dept. of Physical Therapy, Masan University

#### Abstract

**Purpose** : The purpose of this study was to investigate the effect of cross bag weight and carrying bag position type on vastus medialis oblique and vastus lateralis muscle activity ratio during step up.

**Method** : Twenty healthy subjects participated in this study. subjects randomized performed step up with bag weight less than 15%, more than 15% of totalbody weight and without bag and carrying bag position ipsilateral and contralateral. muscle activity was measured with surface electromyography. One-way analysis of variance with repeated measures was used with a significance level of 0.05

**Result** : The results of this study were as follows:

1. The muscle activity ratio decreased significantly ipsilateral bag position more than 15% of body weight( $p < .05$ ). Also, the muscle activity ratio increased significantly contra lateral bag position more than 15% of body weight( $p < .05$ ).

**Conclusion** : In conclusion, it was found that applied carrying bag position with weight on VMO,VL muscle activity ratio during step up down. Therefore carrying bag position can be used to selective activate vastus medialis oblique muscle in subjects with patellofemoral pain syndrome.

---

**Key Words** : step up, carrying bag position, carrying bag weight, VMO VL muscle activation ratio.

\*교신저자 :

조현래 hrcho@masan.ac.kr, 055-230-1388

논문접수일 : 2014년 9월 4일 | 수정일 : 2014년 9월 17일 | 게재승인일 : 2014년 9월 29일

## I. 서 론

무릎은 신체 여러 부위 중 가장 흔하게 손상 받는 곳으로 특히 무릎 넙다리 통증증후군(무릎뼈넙다리통증증후군)은 활동이 많은 성인들에게 가장 흔한 무릎질환 중의 하나로 알려져 있다(Cook 등, 2000; Grabiner, 1994; Miler 등, 1997).

넙다리네갈래근 중 가쪽넓은근과 안쪽빗넓은근의 경사갈래가 무릎뼈의 위치를 결정하면서 무릎관절의 안정성을 유지하는데 중요한 역할을 한다. 넙다리네갈래근이 무릎관절을 펴할때 무릎뼈는 가쪽 방향으로 아탈구 되려고 하는데 이는 가쪽넓은근과 엉덩정강근막띠, 가쪽편근지피띠 등의 무릎관절 주변의 여러 구조물들이 넙다리네갈래근 수축시 무릎뼈의 가쪽방향으로 힘을 작용하기 때문이다. 안쪽빗넓은근 빗갈래는 이러한 가쪽방향의 힘에 대응하여 안쪽방향으로 힘을 작용함으로써 무릎뼈의 가쪽 아탈구를 방지하는데 중요한 역할을 한다(Francis & Scott, 1974; Speakman & Weisburg, 1977).

안쪽빗넓은근은 생리학적으로 가장 약하고, 근약화가 가장 먼저 나타날 뿐만 아니라 회복되는 속도도 가장 느리기 때문에 일단 약화되면 넙다리네갈래근 내의 균형이 깨진다고 알려져 있다. 넙다리네갈래근의 불균형은 무릎관절 주변의 역학적인 변화를 일으켜 무릎뼈의 가쪽 아탈구의 원인이 된다(Insall, 1982).

정상인에서 가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근의 비율은 약 1:1로 보고되고 있지만(Souza와 Gross, 1991), 무릎넙다리통증증후군 환자에 대해서는 다양한 결과들로 보고되고 있다(Powers, 2000). 무릎넙다리통증증후군 환자군과 정상군의 가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근의 근활성비가 0.54와 0.85라고 보고하였으며, Makhsous 등(2004)도 등척성 무릎관절 펴기 시 가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근의 표면 근전도 진폭비가 정상인과 비교했을 때 더 낮았다고 보고하였다.

건강한 여성의 하이힐 계단오르기 보행이 VMO, VL의 근활성 비에는 영향을 끼치지 않았고 개시시간에는 VMO가 VL보다 늦게 활성화되었으며(김현희와 송창호, 2011; 오덕원과 김선엽, 2009) 발목관절에 각도변화에 따라 VL의 근활성도가 증가되었다(여상석 등, 2009). 앉은 자세에

서 모음시 VMO의 개시시간이 더 빨랐으며(최보람 등, 2009), 안쪽 웨지를 적용하였을 때 근활성 비가 유의하게 증가했고(유원규 등, 2004), 정적 스쿼트 운동 시 복합적인 하지의 자세는 VMO에서 더 효과가 있었다.

계단을 오르는 자체가 하나의 장애물로 작용하여 평지 보행에서의 수평이동과 함께 신체의 들림이 나타나 더 큰 하지관절의 운동 범위를 요구하게 되며 이것은 결국 하지관절의 모멘트를 증가시키는 원인으로 작용한다(Andriacchi 등, 1980; livingstone, 1984; McFadyen & Winter, 1988).

신체의 들림은 하지 관절에서 굽힘과 폼이 반복되고 있다는 사실을 의미하는데 이러한 신체의 상하 움직임은 상당한 수준의 근육활동을 동반하게 되며, 근육활동의 정도는 보행속도에 따라 차이는 있겠지만 대개 같은 평지를 걷는데 필요한 에너지의 약 10~15배라는 연구결과도 있다(Fruin, 1991). 또한, Andriacchi 등(1980)은 평지보행보다 계단오르기 시 최대 무릎 모멘트가 약 3배 이상 더 크다고 밝히고 있다. 더군다나 부하가 가해진 상태에서의 계단오르는 무릎관절에 더 더욱 무리가 가해질 것이다. 대학생의 가방 메는 행태조사에서 양쪽 어깨(배낭형) 가방은 28%, 한쪽 어깨(shoulder bag, cross-bag)가방은 55% 가방 없이 책만, 또는 아무것도 들고 다니지 않음은 5%로 나타났다(김양원과 김도희, 2011).

가방의 무게가 체중의 15% 부하 이상으로 메어졌을 때 상당한 척추부하를 야기한다고 하였다(Hong 등, 2011).

이에 본 연구에서는 계단오르기 시 가방부하에 따른 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비에 대한 연구의 보고가 없어 부하에 따른 한쪽어깨가방이 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근에 근활성비에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구의 대상자는 M대학 20대 초반의 젊은 여성 10명, 남성 10명으로 하였다. 실험에 영향을 주는 약물을 복용하는 자, 하지에 과거 정형, 신경학적 병력이 있는 자, 전도부

착부위에 개방성 상처가 있는자를 제외시켰다.

## 2. 연구절차

가방부하에 대한 영향을 평가하기 위하여 가로 27cm, 세로 24 cm, 그리고 가방끈길이는 Grimmer 등(2002)은 가방의 높이에 따른 청소년의 자세에 대한 연구에서 가방의 위치는 신체 중심에서 골반이나 엉덩이가 가장 좋은 높이라 보고 인 크로스백 가방을 사용하였다. 본 연구에서 사용된 계단 도구는 난간이 없으며 높이 16.5 cm, 깊이 30.5 cm, 그리고 너비 190 cm의 계단을 이용하였다. 계단 올라가기는 실험자에게 계단 3칸을 올라가라고 지시를 하였다. 비우세측 다리로 시작하여, 두 번째 칸에서의 우세측다리 초기입각기부터 말기입각기까지 내측 광근, 가쪽 광근의 근전도를 측정하였다. 근전도 측정은 각각 세 번씩 시행하였으며, 또한 각 대상자들에게 각 조건을 무작위 배정하여 진행하였으며 각 조건의 측정사이에 3분 정도의 휴식을 취하였다. 측정에 대한 평균값을 분석에 이용하였다.

## 3. 근전도 측정 및 자료처리

안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 활성도를 평가하기 위하여 표면 근전도를 사용하였으며, 측정된 자료는 근전도 소프트웨어인 MP 150 WSW을 이용하여 자료를 수집처리 하였다. 근전도 신호의 표본추출률은 1000 Hz로 설정하였고, 아날로그 신호는 60 Hz 노치필터를 사용하여 수집하였다. 근전도 측정은 제모 후에 에틸 알코올로 피부를 소독한 다음 표면 전극을 우세측 다리의 내측광근과 가쪽광근에 부착하였다. 전극은 근섬유들의 방향으로 지향되도록 부착하였다(그림 1). 안쪽넓은근에 대한 전극은 무릎뼈(무릎뼈)의 위안쪽 가장자리(superomedial border)에서 위쪽으로 4 cm, 내측으로 3 cm 부위로 넓다리뼈에 대해 55도의 각을 이루도록 부착하였으며, 가쪽넓은근에 대한 전극은 무릎뼈의 위쪽 가장자리에서 위쪽으로 10 cm, 가쪽으로 7 cm 부위로 하여 넓다리뼈에 대해 15도의 각을 이루도록 부착하였다. 근전도 신호의 표본 추출률(sampling rate)은 1024 Hz로 설정되었으며, 근전도 신호의 증폭률은 1785였다. 전기신호에 의한 잡음을 제거하기 위하여 60 Hz의 노치 필터(notch filter)를 사용하였다.

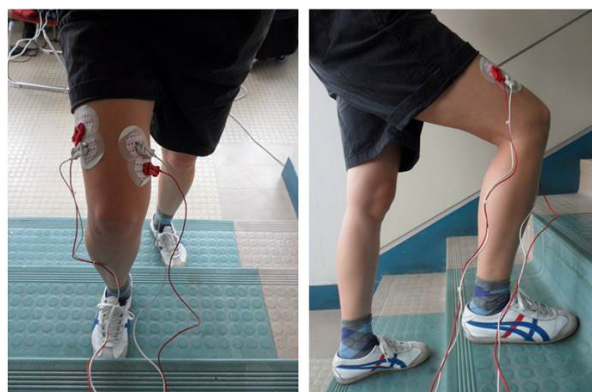


그림 1. 표면근전도 전극 위치

근 활성도에 대한 분석을 위하여, 각 조건에서 3회씩 근전도 측정을 시행 한 후 제곱평균제곱근(root mean square) 평균값을 계산하였다. 그 후 이를 최대수의등척성수축(maximal voluntary isometric contraction)에 대한 백분율로 표준화하여 사용하였다. 최대수의등척성수축 평가는 Kendall(2005)에 의해 추천된 무릎 펌근의 맨손근력 검사 자세에서 시행되었으며, 8초 동안 수축하였을 때 측정된 무릎 펌근의 제곱평균제곱근값으로 기록되었다. 최대수의 등척성수축 평가는 3회 시행하였으며, 평균값으로 계산되어 사용하였다.

## 4. 분석방법

모든 측정값들은 윈도우용 SPSS version 18.0 프로그램을 이용하여 통계 처리하였다. 5개의 변수(N=부하 없음, I1=체중의 15% 미만을 동측에 가했을 때, I2=체중의 15%를 동측에 가했을 때, C1=체중의 15% 미만을 반대측에 가했을 때, C2=체중의 15%를 반대측에 가했을 때)에서 평가된 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성비를 비교하기 위하여 일요인 반복측정 분산분석(one way repeated ANOVA)을 사용하였으며, 사후검증을 위해 Bonferroni 수정법을 이용하였다. 통계학적 유의 수준은  $\alpha=0.05$ 로 하였다.

### Ⅲ. 결 과

#### 1. 연구 대상자의 일반적인 특성

실험에 참가한 대상자는 다리에 통증이 없고, 과거 병력의 경험이 없는 건강한 대학생 남녀 각각 10명을 대상으로 하였다. 연구 대상자의 특성은 다음과 같다(표 1).

대상자의 평균 나이는 23.4세, 평균 신장은 168cm, 평균 몸무게는 60.2kg이다.

표 1. 연구대상자의 일반적 특성(N=20)

	M±SD <sup>a</sup>
나이(세)	23.4±2.1
신장(cm)	168±8.2
몸무게(kg)	60.2±9.2

<sup>a</sup>평균±표준편차

#### 2. 가방 위치와 부하에 따른 가쪽넓은근의 근활성도 변화

가방 위치와 부하에 따른 가쪽넓은근의 근활성도변화 평균을 보면 부하가 없을 때의 근활성도값 104.60±92.40%에 비해 동측에 체중의 15%미만 부하 적용 시 149.17±131.87%, 15%이상 부하 적용 시 172.89±242.25%, 반대측으로 체중의 15%미만 부하 적용 시 221.44±496.88%, 15%이상 부하 적용 시 227.81±465.24%의 근활성도를 보여 동측 보다는 반대쪽이 그리고 부하가 증가될수록 가쪽넓은근의 근활성도의 평균값이 높게 나타났다(표 2).

표 2. 가방 위치와 부하에 따른 가쪽넓은근의 근활성도

	VL(M±SD <sup>a</sup> )	RMS(%)
N	104.60± 92.40	
I1	149.17± 131.87	
I2	172.89± 242.25	
C1	221.44± 496.88	
C2	227.81± 465.24	

<sup>a</sup>평균±표준편차

(N) 부하없을 때 근활성도

(I1) 체중의 15%미만을 동측에 가했을 때 근활성도

(I2) 체중의 15%를 동측에 가했을 때 근활성도

(C1) 체중의 15%미만을 반대측에 가했을 때 근활성도

(C2) 체중의 15%를 반대측에 가했을 때 근활성도

#### 3. 가방 위치와 부하에 따른 안쪽넓은근의 근활성도 변화

가방 위치와 부하에 따른 안쪽넓은근의 근활성도변화 평균을 보면 부하가 없을때의 근활성도값 135.86±140.60%에 비해 동측에 15%이상 부하 적용 시 129.98±118.17%로 낮은 근활성도를 보였고, 반대측으로 체중의 15%미만 부하 적용 시 145.14±130.92%, 15%이상 부하 적용 시 145.99±139.89%의 높은 근활성도를 보였다(표 3).

표 3. 가방 위치와 부하에 따른 안쪽넓은근의 근활성도

	VM(M±SD <sup>a</sup> )	RMS(%)
N	135.86±140.60	
I1	134.32±127.53	
I2	129.98±118.17	
C1	145.14±130.92	
C2	145.99±139.89	

<sup>a</sup>평균±표준편차

(N) 부하없을 때 근활성도

(I1) 체중의 15%미만을 동측에 가했을 때 근활성도

(I2) 체중의 15%를 동측에 가했을 때 근활성도

(C1) 체중의 15%미만을 반대측에 가했을 때 근활성도

(C2) 체중의 15%를 반대측에 가했을 때 근활성도

#### 4. 가방 위치와 부하에 따른 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비 변화

가방위치와 부하에 따른 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비의 변화를 보면 부하가 없을 때 1.90±2.09에 비해 동측에 체중의 15%미만 부하 적용 시 1.38±1.20%, 15%이상 부하 적용 시 1.16±.69%, 반대측으로 체중의 15%미만 부하 적용 시 1.59±1.38, 15%이상 부하 적용 시 2.94±7.41%의 근활성도를 보였으며(표 4), 부하를 주지않을 때의 들지않은상태보다 동측으로 부하가 증가될수록 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 활성비가 유의하게 감소하였으며(표 5, P<.05) 반대측에 부하가 15%일때 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 활성비가 유의하게 증가하였다(표 5, P<.05). Bonfferni 수정법을 이용한 사후검증결과는 그림 2와 같다.

표 4. 가방 위치와 부하에 따른 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비

	VM/VL(M±SD <sup>a</sup> )
N	1.90±2.09
I1	1.38±1.20
I2	1.16±.069
C1	1.59±1.38
C2	2.94±7.41

<sup>a</sup>평균±표준편차

- (N) 부하없을 때 근활성비
- (I1) 체중의 15%미만을 동측에 가했을 때 근활성비
- (I2) 체중의 15%를 동측에 가했을 때 근활성비
- (C1) 체중의 15%미만을 반대측에 가했을 때 근활성비
- (C2) 체중의 15%를 반대측에 가했을 때 근활성비

표 5. 가방 위치와 부하에 따른 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비의 변화

소스	제Ⅲ유형 제공합	자유도	평균제곱	F	P
요인1	115.65	1.06	108.48	3.22	.007
오차 (요인1)	2116.14	62.89	33.64		

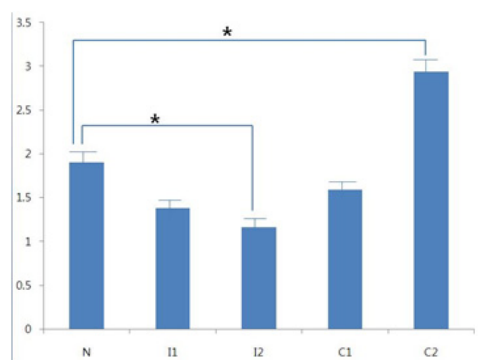


그림 2. 가방 위치와 부하에 따른 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비

\*p<0.05

- (N) 부하없을 때 근활성비
- (I1) 체중의 15%미만을 동측에 가했을 때 근활성비
- (I2) 체중의 15%를 동측에 가했을 때 근활성비
- (C1) 체중의 15%미만을 반대측에 가했을 때 근활성비
- (C2) 체중의 15%를 반대측에 가했을 때 근활성비

## IV. 고찰

본 연구는 부하가 가해진 계단보행이 일상생활동안 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비에 영향을 미칠 수 있으며, 이러한 변화는 대학생의 무릎뼈넙다리통증증후군 발생빈도를 높일 것이라는 전제로 시작하였다. 계단오르기는 평지보행과는 달리 다음 계단으로 이동하기 위해 한쪽 다리로 체중을 들어올려야 하며, 신체에 작용하는 중력 중심선과 무릎관절 사이의 거리가 증가하게 되어 무릎관절의 굽힘모멘트가 눈에 띄게 증가하게 된다(Yoon 등, 2009).

가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근의 근활성비가 1보다 큰 것은 안쪽빗넓은근이 가쪽넓은근보다 정규화된 근활성도가 더 높다는 것을 나타낸다. 이처럼 더 큰 근활성비를 유발시키는 운동은 기능적 활동시 안쪽 빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성 패턴에 변화를 줄 것이다 그러나 무릎뼈넙다리통증증후군 환자는 근활성비는 1보다 낮으므로 무릎뼈의 가쪽근로의 전위가 일어난다(Ficat & Hungerford, 1977).

건강한 여성의 하이힐 계단오르기 보행이 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성 비에는 영향을 끼치지 않았고 개시시간에는 안쪽빗넓은근이 가쪽넓은근보다 늦게 활성화되었으며(김현희와 송창호, 2011; 오덕원과 김선엽, 2009) 발목관절에 각도변화에 따라 가쪽넓은근의 근활성도가 증가되었다. 여상석 등(2009)은 앉은 자세에서 모음 시 안쪽넓은근의 개시시간이 더 빨랐으며, 최보람 등(2009)은 안쪽웨지를 적용하였을 때 근활성 비가 유의하게 증가했고, 유원규 등(2004)은 정적 스쿼트운동 시 복합적인 하지의 자세는 안쪽넓은근에서 더 효과가 있었다.

김진섭 등(2011)은 우세 측 손으로 가방을 소지 하는 것이 균형을 유지하는데 효과적임을 정량적으로 분석했다. 그러나 본 실험에서 안쪽빗넓은근, 가쪽넓은근의 근활성도비가 2.94±7.41%로 나타나, 우세측의 반대 어깨에 체중의 15% 이상의 가방을 소지 시 무릎뼈넙다리통증증후군의 발병확률을 낮출 수 있는 것으로 나타났다.

또 Grimmer 등(2002)은 가방의 무게가 증가 할수록 자세의 변화가 증가 된다고 보고 하였다. 그래서 본 실험에서는 체중의 15%미만, 15%이상을 변수로 두고 실험하였다.

하지만 선행 연구의 대부분은 성장기 아동이나 청소년을 대상으로 연구 하였고, 가방의 위치에 따른 배곧은근과 척추세움근의 근전도의 변화를 실험했을 때 일측성 보행 시 좌우 비대칭적인 근활성도가 나타난다고 하였고, 본 연구에서는 정상 성인을 대상으로 동측에 가방의 부하가 증가할수록 가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근의 근활성도비가  $1.16 \pm .690\%$ 로 유의하게 감소되어 나타났다. 무릎뼈넙다리통증증후군은 안쪽 넓은근에 비해 가쪽 넓은근의 활성도가 더 크므로 발생된다. 따라서 안쪽 넓은근의 선택적 강화 운동이 필요한데, 선행연구에서 Christou(2004)는 무릎넙다리통증증후군 환자에게 무릎뼈 안쪽방향으로 적용한 테이핑 중재가 안쪽 빗넓은근의 근 활성도를 선택적으로 강화시킬수 있으므로 이러한 중재 방법이 유용한 치료방법이 될수 있다고 제안하였다. 또한 Tang 등(2001)은 60도 무릎 굽힘 쪼르려 앉기 운동이 무릎뼈의 가쪽이동 제한과 무릎관절의 동적 안정성에 기여하는 안쪽빗넓은근을 선택적으로 강화 시킬수 있는 운동이라고 제안하였다. 또한, Irish 등(2010)은 등척성 엉덩관절 모음을 접목 시킨 쪼그려 앉기 운동이 올바른 무릎뼈 움직임을 유지하며 안쪽빗넓은근을 선택적으로 강화시킬 수 있는 운동방법이라고 제안하였다. 본 연구의 결과로 우세측 반대쪽 어깨에 가방을 메는 것이 무릎뼈넙다리통증증후군환자의 안쪽넙다리근의 근활성도 증가에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

향후 무릎뼈넙다리통증증후군 환자를 대상으로 한 연구가 필요하며, 무릎뼈넙다리통증증후군 환자의 일상생활에서의 무릎관리를 위한 다양한 연구가 이루어야 할 것이다.

### V. 결 론

연구는 20대 정상성인 20명을 대상으로 계단오르기 동작동안 가방의 무게와 가방을 메는 위치에 따라 가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근의 근활성비에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

20명의 정상성인을 대상으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 계단오르기 동작동안 가방을 들지 않은 상태와 비교하여 동측에 부하가 증가할수록 가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근의 근활성비는 감소하였다.
  2. 반대측에 15%의 부하를 주었을 때 가방을 들지 않은 상태와 비교하여 가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근의 근활성비는 증가하였다.
- 따라서 무릎넙다리통증증후군 환자의 관리에 있어 반대측에 가방을 메는 것이 도움을 줄 것이라고 생각되어진다.

### 참고문헌

김양원, 김도희(2011). 대학생의 가방 착용 행태 조사. 한국생활과학회지 동계학술발표 논문집, 2011(1), 101-102.

김진섭, 김경, 전덕훈(2011). 젊은 성인 여성의 휴대 가방 위치가 보행 후 정적 균형 변화에 미치는 영향. 대한물리의학회지, 6(1), 51-58.

김현희, 송창호(2011). 건강한 여성의 하이힐 계단오르기 보행이 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비와 개시시간에 미치는 영향. 대한물리의학회지, 6(2), 135-143.

여상석, 권중원, 김중선(2009). 발목관절의 각도가 무릎관절 펌근의 근활성도에 미치는 영향. 대한물리의학회지, 4(1), 15-21.

오덕원, 김선엽(2009) 신발 뒤굽 높이가 계단 올라가기 및 내려오기 동안 안쪽빗넓은근과 가쪽광근의 그 활성도에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지, 16(3), 24-31.

유원규, 이충휘, 이현주(2004). 정적인 스쿼트 운동시 복합적인 하지의 자세가 가쪽넓은근과 안쪽빗넓은근의 근활성도에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지, 11(3), 1-9.

최보람, 김민희, 전해선(2009). 대퇴사두근 근력 운동시 고관절 중립 자세와 내전 자세에 따른 내측광근과 외측광근의 근수축 개시 시간 차이 비교. 한국전문물리치료학회지, 16(3), 42-49.

Andriacchi TP, Andersson GB, Fermier RW et al(1980).

- A study of lower-lomb mechanics during stair-climbing. *J Bone Joint Surg*, 62(5), 749-757.
- Christou EA(2004). Patellar taping increases vastus medialis oblique activity in the presence of patellofemoral pain. *J Electromyogr Kinesiol*, 14(4), 495-504.
- Cook JL, Khan KM, Maffulli N et al(2000). Overuse tendinosis, not tendinitis Part 2: Applying the new approach to patellar tendinopathy. *Phys Sports Med*, 28(6), 31-46.
- Ficat RO, Hungerford DS(1977). Disorder of the patello-femoral joint. Baltimore, Lippincott Williams & Wilkins.
- Francis RS, Scott DE(1974). Hypertrophy of the vastus medialis in knee extension. *Phys Ther*, 54(10), 1066-1070.
- Fruin JJ(1991). Pedestrian planning and design: 유봉렬, 김용성 역. 서울, 태림문화사.
- Grabiner MD, Koh TJ, Draganich LF(1994). Neuromechanics of the patellofemoral joint. *Med Sci Sports Exerc*, 26(1), 10-21.
- Grimmer K, Dansie B, Milanese S et al (2002). Adolescent standing postural response to backpack loads: a randomised controlled experimental study. *BMC Musculoskelet Disord*, 3, 10.
- Insall J(1982). Current concepts review: patellar pain. *J Bone Joint Surg*, 64(1), 147-152.
- Irish SE, Millward AJ, Wride J et al(2010). The effect of closed-kinetic chain exercises and open-kinetic chain exercise on the muscle activity of vastus medialis oblique and vastus lateralis. *J Strength Cond Res*, 24(5), 1256-1262.
- Kendall FP(2005). Muscles testing and function with posture and pain. 5th ed, Baltimore, Lippincott Williams & Wilkins,
- Livingston L(1984). Kinematic analysis of stairclimbing. Kingston Queen's University, MSc Thesis.
- Makhsous M, Lin F, Koh JL et al(2004). In vivo and noninvasive load sharing among the vasti in patellar malalignment. *Med Sci Sports Exerc*, 36(10), 1768-1775.
- McFadyen BJ, Winter DA(1988). An intergrated biomechanical analysis of normal stair ascent and descent. *J Biomech*, 21(9), 733-744.
- Miler J, Sedory D, Croce R(1997) Vastus medialis obliques and vastus lateralis activity in patient and without patellofemoral pain syndrome *Phys Ther*:1:23-29
- Powers CM(2000). Patellar kinematics, Part I: The influence of vastus muscle activity in subjects with and without patellofemoral pain. *Phys Ther*, 80(10), 956-964.
- Souza DR, Gross MT(1991). Comparison of vastus medialis obliquus: vatus lateralis muscle inegrated electromyographic ratios between healthy subjects and patients with patellofemoral pain. *Phys Ther*, 71(4), 310-316.
- Speakman HG, Weisburg J(1977). The vastus medialis controversy. *Physiother*, 63(8), 249-254.
- Tang SF, Chen CK, Hsu R et al(2001). Vastus medialis obliquus and vastus lateralis activity in open and closed kinetic chain exercises in patients with patellofemoral pain syndrome: an electromyographic study. *Arch Phys Med Rehabil*, 82(10), 1441-1445.
- Yoon JY, An DH, Yoo WG et al(2009). Differences in activity of the lower extremity muscle with and without heel contact during stair ascent by young women wearing high-heeled shoes. *J Orthop Sci*, 14(4), 418-422.
- Hong Y, Fong DT, Li JX(2011) The effect of school bag design and load on spinal posture during stair use by children. *Ergonomics*, 54(12), 1207-1213.