Original Article

시각적 피드백 스쿼트가 슬개대퇴 통증 증후군이 있는 성인의 대퇴사두근 각에 미치는 영향

김기철

대구보건대학교 물리치료과

The Effect of Visual Feedback Squat on Q-angle with Patellofemoral Pain Syndrome

Gi-chul Kim

Dept. of Physical Therapy, Daegu Health College

Key Words: Patellofemoral pain syndrome, Q-angle, Visual feed back squat

ABSTRACT

Background: The purpose of this study is to examine the effects of visual feedback squat exercise on the young adults with Patellofemoral pain syndrome. **Methods:** The subjects of this study were 22 female and 8 male who were equally and randomly allocated to a visual feedback exercise group (VSEG), an experimental group, and squat exercise group (SEG), a control group. Both did so for 30 minutes three times per week over a six–week period. Using Dartfish, their static Q-angle (SQA) and dynamic Q-angle (DQA) were evaluated. **Results:** The static Q-angle was significantly reduced in both groups of VSEG and SEG and in the comparison of difference values before and after exercise between groups, VSEG had more significant effect than SEG but in the comparison of the effects of dynamic Q-angle both VSEG and SEG had significant effects and in the comparison of difference values before and after exercise between groups, VSEG had more significant effect than SEG. **Conclusion:** Visual feedback squat exercise may be applied as a method to correct the lower extremity alignment with PFPS.

I. 서 론

슬개대퇴 통증 증후군이란 슬관절의 과도한 굴곡과 신전 시 슬개골 주변에 발생하는 통증으로 정의하며, 통증과 슬관절 기능부전이 대표적인 슬개대퇴 통증 증후군의 주요 증상이다(Linschoten 등, 2009). 계단이나 경사면을 내려갈 때 무릎에 힘이 빠지는 듯한 느낌을 특징적으로 받게 되는데 이는 슬관절을 굴곡하거나 신전할 때 대퇴사두근의 근력 및 근육의 조절능력이 불충분하기 때문이라고 하였다(Kuru 등, 2010). 이러한 슬개대퇴 통증 증후군의 유발 요인은 비정상적인 슬개골 이동에 의해 외측 슬개관절의 압박력이 증가하여 발생하게 되며, 전반적인 대퇴사두근의 약화나 외측광근에 비해 지연된 내측사선광근의 근활성, 대퇴사두근 각의 증가 및 관상면에서의 슬관절 외반력(valgus stress)의 증가 등이 대표적인 원인으로 작용한다(Bolgla와 Boling, 2011).

하지의 해부학적 정렬의 이상은 하지의 손상, 특히 슬관절의 손상에 대한 중요한 원인이라고 할 수 있다(Nguyen, 2009). 하지 정렬의 가장 보편화된 인식은 대퇴사두근 각의 평가로써 대퇴사두근 각은 슬개골 건의 힘선과 슬관절 신전 시 대퇴사두근의 힘선 사이의 각을 말하며, 일반적으로 남성보다 여성에서 더 증가되데 그 이유는 여성이 남성보다 골반이 더 넓기 때문이며(Christian 등, 2006), 정상적인 대퇴사두근 각의 범위는 남성은 약 8~12도이며, 여성은 약 15~18도이다(Houghton, 2007). 대퇴사두근 각이 정상보다 커져있는 경우에 슬개골이 외측으로 위치하게 되고, 슬개대퇴 관절 부위에 통증이 발생하게 된다(Sheehan 등, 2010).

슬개대퇴 통증 증후군에 대한 치료적 중재는 수술적인 중재보다 보존적인 치료 방법이 효과적이라고 하였으며(강재영, 2012), 가장 보편적인 물리치료적인 중재는 대퇴사두근의 근력강화운동이라고 할 수 있다

교신저자: 김기철(대구보건대학교 atlas8588@hanmail.net)
논문접수일: 2013.04.31, 논문수정일: 2013.05.18,
개재확정일: 2013.06.18

(Libenson 등, 2003). 근력강화 운동에는 신체 정렬에 따라 크게 열린사슬운동(open kinetic chain exercise)과 닫힌사슬운동(closed kinetic chain exercise)으로 나눌 수 있는데 닫힌사슬운동은 사지의 원위부는 고정되어 있는 상태에서 근위부에서 일어나는 운동으로, 이러한 운동은 동적인 근육의 안정성을 위한 동시수축으로 원심성 수축이 우세하며, 관절 압박력으로 인한 전단력을 감소시켜 관절의 안정성을 주고, 기계적 수용기는 관절낭의 압력변화에 민감하게 반응하여 고유수용성 감각을 촉진시키며, 길항근이 원심성으로 작용하여 손상된 관절의 안정성에 많은 영향을 주게 된다고 하였다(Iwasaki 등, 2006).

스쿼트는 생역학적 관점에서 중요하게 인식되는 하지의 기본적인 운동의 하나로써 들기(lifting)나 앉기와 같은 일상생활 활동이나 달리기나 점프같은 운동에서 매우 중요한 하지의 근육을 훈련하고 다리의 강도와 크기를 증가시키기 위한 주요한 동작이라 할 수 있다(이종대, 2012). 스쿼트는 전체적인 신경근 조절을 통해 적절하게 수행되어 지며, 사지의 움직임성 자세조절 그리고 골반과 중심 안정성은 스쿼트의 움직임 패턴을 잘 나타내 주는 것으로 고관절, 슬관절 및 족관절의 움직임성과 안정성 검사에 사용할 수 있다고 하였다(Cook 등, 2010). 슬관절의 근력강화를 위한 스쿼트 운동 시 전두면에서의 하지의 정렬은 치료적 중재와 재활의 중요한 고려사항이라고 할 수 있다(Lubahn 등, 2011). 운동 시 이러한 정렬의 중요성은 일상생활 활동에서 잘못된 형태의 동작수행, 잘못된 형태의 운동시에 손상을 유발 또는 증가시키며, 결과적으로 병리학적 비정상을 초래하기 때문에 최적의 운동학적 기준으로부터 벗어난 반복적인 운동의 누적효과는 결과적으로 조직의 손상을 동반하기 때문에 숙련된 임상가들은 비정상적인 스트레스를 최소화하기 위해 정교한 운동패턴(precise movement pattern)을 강조하는 것이다(Sharmann, 2002).

Biofeedback은 "Bio(biology)"와 "feedback"의 합성어로 그 의미상 "수의조절"을 통해 이루어지는 생물학적 변화를 환자(혹은 학습자)에게 가르치기 위해 환자에게 생물학적 정보를 전달해 주는 과정을 의미하는 것으로 개인이 정상적으로 인지할 수 없고 수의조절에 의해 이루어질수도 있는 정신생리학적(psychophysiological)인 과정을 표현하기 위해 기구를 사용하는 것을 말하며, 각 개인에게 생물학적인 상태, 즉 근긴장도, 피부표면온도, 뇌파활동, 심장박동 등의 정보를 즉시 제공할 수 있다(신호철, 2009).

선행연구에서 대퇴사두근 각은 대퇴사두근과 연관되어진 골반, 대퇴골, 경골에 대한 정렬을 평가하는 가장 유용한 임상적 평가도구라고 할 수 있으며, 대퇴사두근 각의 증가는 슬관절 신전기전의 부정렬, 슬개대퇴 통증 증후군, 슬관절 과운동성 및 슬개골 불안정성과 연관되어 진다고 하여 대퇴사두근 각의 임상적 중요성을 제시하고 있다(Raveendranath 등, 2009).

슬개대퇴 통증 증후군의 중재에서 선행연구를 통해 피드백을 적용한 근력강화운동이 하지의 정렬에 도움이 된다고 하였으며, 대부분의 피드백 적용기법은 근전도를 이용한 시각적 피드백 훈련(electromyographic bio feedback exercise; EMGB)로써 효과 또한 입증되었지만, 전체 슬관절 질환의 40%를 점유하는 슬개대퇴 통증 증후군 환자에게 적용하기 위한 보편성 및 지속성에 한계가 있다.

따라서 본 연구를 통해 새로운 형태의 시각적 피드백 기구의 적용을 통한 스쿼트 운동의 효과를 입증하고자 한다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 D대학교에 재학 중인 성인 여성 22명과 남성 8명을 선별하여 실험군인 시각적 피드백 스쿼트 운동군(visual feedback squat exercise group; VSEG) 14명과 대조군인 스쿼트 운동군(squat exercise group; SEG) 16명으로 무작위 배치하였고, 연구에 참여한 모든 대상자는 실험 참가에 동의하였으며, 실험 내용을 충분히 숙지 후 실험에 참가하였다. 연구대상자 선정기준은 슬개대퇴 기능점수에서 80이상 90미만의 경미한 슬개대퇴 통증 징후를 보이는 자로 하였으며, 제외기준은 하지에 정형외과적, 신경학적 질환이 없는 자로 하였다. 슬개대퇴 기능점수(Kujala Patellofemoral Score; KPS)의 기준은 Kuru 등(2010)의 연구에서 KPS와 시각적 통증척도(visual anlalog scale; VAS)의 상관관계에서 평균 76.8 정도의 KPS가 VAS 6.0정도의 통증과 연관성이 있는 것으로 보고하였고, VAS 6.0의 의미가 극심한 통증(severe pain)임을 고려하여 대상자 선정조건은 KPS 80이상 90미만의 경미한 통증이 있는 자를 대상으로 선정하였다.

2. 실험방법

본 연구에서 시각적 피드백 기구는 저주파 치료기의 피부 부착형 패드에 레이저 빔을 삽입하여 슬관절의 움직임시 시각적으로 시상면에 대한 하지의 이동을 환자 스스로 조절할 수 있도록 하였으며, 레이저 빔을 패드

에 고정시 빔의 중심이 직각이 되도록 고려하여 제작하였으며, 하지의 경로를 설정하기 위해 전방에 하지의 이동경로를 안내해 주는 시각적 경로 안내장치(visual path guider)를 제작하였다(Fig 1). 시각적 경로 안내장치의 제작 기준은 이상적인 하지의 정렬과 발의 횡아치(transverse arch)를 고려 하였다. 하지의 이상적인 정렬이란 전상장골극에서 슬개골의 중심과 두 번째 발가락이 일직선상에 놓여지는 것으로써 Moreland 등(1987)은 하지의 정렬은 방사선학적 계측을 통해 고관절 골두의 중심에서 슬관절의 중심과 거골두의 중심을 연결한 선이라고 하였다. 따라서 슬관절의 굴곡과 신전시의 이상적인 움직임이란 하지의 기능적인 축 내에서의 움직임을 말하며, 이러한 기준은 발의 횡아치의 길이 내에서의 움직임시 가능할 것이다(Umar와 Paul, 2010)(Fig 2).

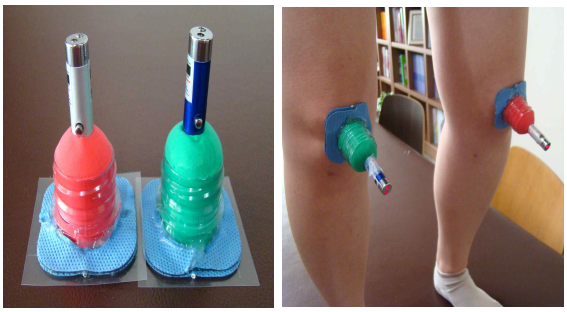

Fig 1. Patellar visual biofeedback system

Fig 2. Dynamic path guider

운동프로그램은 실험군에는 시각적 피드백 장치를 적용하여 시행하였고, 대조군에는 시각적 피드백 장치를 적용하지 않은 상태에서 스쿼트 운동을 시행하였다. 점진적 운동프로그램의 적용은 총 6주간의 운동기간 중 2주마다 운동의 강도를 증가시켰다. 스쿼트 각도별 유지 시간은 모든 범위에서 5초간 유지 하였으며, 각 세트 사이에 1분의 휴식 시간을 주었다. 1~2주간은 스쿼트 운동을 30도에서 20회/3세트, 60도에서 20회/2세트, 90도에서 20회/1세트 실시하였고, 3~4주간은 30도에서 20회/2세트, 60도에서 20회/3세트, 90도에서 20회/2세트 실시하였으며, 5~6주간은 30도에서 20회/1세트, 60도에서 20회/3세트, 90도에서 20회/3세트 실시하였다.

Fig 3. Visual feedback squat exercise

3. 측정방법

정적·동적 대퇴사두근 각의 측정은 동작분석 프로그램(Dartfish, Switzerland)은 스포츠 영상 분석 프로그램으로써 현장에서 개인 종목 및 팀 종목에서 선수 개개인의 동작 분석 및 경기분석을 통한 체계적이고 과학적인 훈련 및 지도를 할 수 있도록 고안된 프로그램으로써 정적·동적 자세분석에 이용할 수 있는 장비이다(Fig. 4).

Fig 4. Dartfish system

측정방법에서 동적 대퇴사두근 각의 측정은 슬개골 중앙과 경골조면의 가운데에 마커를 부착하고 20㎝ 발판위에 올라서서 발의 뒤꿈치가 바닥에 떨어지지 않도

록 한 후 발을 고정한 상태로 계단을 내려오는 자세로 한쪽 다리의 원심성 수축을 이용하여 무릎을 구부려 바닥으로 내려가며, 이때 엄지 발가락 끝이 바닥에 닿으면 다시 올라오도록 하며, 무릎의 각도는 60도가 되고, 이 동작을 3회 반복하여 그 평균값을 구하였다(이제훈과 이완희, 2010)(Fig 5).

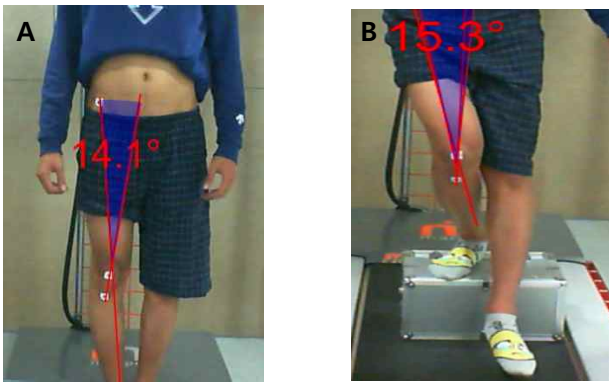

Fig 5. Measurement for Static & dynamic Q-angle. A. Static Q-angle, B. Dynamic Q-angle

4. 분석방법

측정된 데이터는 SPSS 17.0 for window 통계 프로그램을 이용하여 분석하였으며, 수집된 자료는 평균 및 표준편차로 제시하였다. 각 군의 실험 전과 후의 유의성 검정은 대응표본 t-검정을 사용하였고, 두 그룹 간의 차이에 대한 유의성 검정은 독립표본 t-검정을 사용하였다. 유의수준 α는 .05로 설정하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 연구대상자의 일반적 특성

참여한 실험군의 연령은 22.14±1.70세, 신장은 164.86±7.35㎝, 체중은 61.14±11.26kg, KPS는 82.71±2.61 이었으며, 대조군의 연령은 23.38±1.75세, 신장은 166.19±8.24㎝, 체중은 59.06±11.97kg, KPS는 83.94±2.48 이었다. 연령, 신장, 체중 그리고 KPS에 대한 분석은 독립표본 t-검정을 사용하여 처리하였다. 위의 분석에서 통계학적으로 유의한 차이가 없어서 (p>.05), 두 그룹간의 동질성에는 문제가 없는 것으로 나타났다(Table 1).

2. 정적 대퇴사두근 각의 비교

실험군과 대조군의 그룹내 효과 비교에서 환측과 건측 모두에서 통계적 유의성이 있었다(p<.05)(Table 2). 실험군과 대조군의 그룹간 차이값의 비교에서 건측의 VSEG가 SEG보다 통계적 유의성이 있었다(p<.05)(Table 2).

3. 동적 대퇴사두근 각의 비교

실험군과 대조군의 그룹내 효과 비교에서 환측과 건측 모두에서 통계적 유의성이 있었다(p<.05)(Table 3). 실험군과 대조군의 그룹간 차이값의 비교에서 환측과 건측의 SEG가 VSEG보다 통계적 유의성이 있었다 (p<.05)(Table 2).

Table 1. General characteristics of subjects

	VSEG[b] (n=14)	SEG[c] (n=16)	t
Gender	Male (n=4) Female (n=10)	Male (n=4) Female (n=12)	
Age	22.14±1.70[a]	23.38±1.75	-1.96
Height	164.86±7.35	166.19±8.24	-.46
Weight	61.14±11.26	59.06±11.97	.49
KPS[d]	82.71±2.61	83.94±2.48	-1.31

[a]Mean±SD, [b]VSEG : visual feedback squat exercise group, [c]SEG : squat exercise group, [d]KPS : Kujala patellofemoral score

Ⅳ. 고 찰

대퇴사두근 각은 대퇴사두근과 연관 되어진 골반, 대퇴골, 경골에 대한 정렬을 평가하는 가장 유용한 임상적 평가도구라고 할 수 있으며, 대퇴사두근 각의 증가는 슬관절 신전기전의 부정렬, 슬개대퇴 통증 증후군, 슬관절 과운동성 및 슬개골 불안정성과 연관되어 진다고 하였다(Raveendranath 등, 2009).

본 연구에서 대퇴사두근 각은 VSEG에서 17.03±2.01도 이었으며, SEG에서 16.86±2.41도로 정상 성인의 평균치보다 증가되어 있는 것을 확인할 수 있었다. Livingston 등(1999)의 슬개대퇴 통증 증후군 환자에 대한 대퇴사두근 각의 분석에서 환측과 건측의 대퇴사두근 각의 차이값이 평균 3.5도로 정상인의 좌·우 차이값 0.9도 보다 현저하게 증가되어 있다고 하였다. 본 연구에서 환측과 건측의 사전 차이값의 비교에서 정적인 자세에서의 대퇴사두근 각은 환측이 건측에 비해 1.35도

Table 2. Comparison of static Q-angle in each group

Category	Group	Pre-intervention	Post-intervention	difference value	t
Involved side	[b]VSEG	17.03±2.01[a]	16.52±1.96	-.51±0.32	10.23*
	[c]SEG	16.86±2.41	16.32±2.33	-.54±0.25	11.19*
	t	.21		.29	
Non-involved side	VSEG	16.83±2.32	15.90±2.30	-.93±0.28	12.12*
	SEG	15.71±2.06	15.27±2.02	-.44±0.24	7.25*
	t	1.39		-4.99*	
t	VSEG	.24		3.61*	
	SEG	1.44		-1.07	

*p<.05, [a]Mean±SD, [b]VSEG : visual feedback squat exercise group, [c]SEG : squat exercise group

Table 2. Comparison of dynamic Q-angle in each group

Category	Group	Pre-intervention	Post-intervention	difference value	t
involved side	[b]VSEG	20.39±2.31[a]	18.92±2.17	-1.46±0.50	14.18*
	[c]SEG	19.16±3.65	18.73±3.61	-.44±0.24	8.89*
	t	1.08		-7.24*	
non-involved side	VSEG	18.86±2.18	17.32±2.45	-1.54±0.62	9.18*
	SEG	18.08±4.14	17.23±4.13	-.85±0.44	7.65*
	t	.63		-3.50*	
t	VSEG	1.80		.33	
	SEG	.79		3.26*	

*p<.05, [a]Mean±SD, [b]VSEG : visual feedback squat exercise group, [c]SEG : squat exercise group

증가되어 있었으며, 동적인 자세에서의 대퇴사두근 각은 환측이 건측에 비해 2.61도 증가 되었다. 정적인 자세에서의 대퇴사두근 각에 비해 동적인 자세에서의 대퇴사두근 각이 건측에 비해 환측이 더욱 증가되었다는 것은 대퇴사두근의 활동이 증가되는 동적 대퇴사두근 각의 측정이 임상적으로 유의하다는 것을 알 수 있다. Raveendranath 등(2009)의 연구에서 정상 성인 200명을 대상으로 대퇴사두근 각의 측정결과 측정 대상자 전체 평균 12.73±2.78도였으며, 여자의 경우 14.48±2.02도, 남자의 경우 10.98±1.75도로 나타났다. Cabral 등(2008)의 연구에서 슬개대퇴 통증 증후군이 있는 21명의 여성을 대상으로 1그룹에는 대퇴사두근의 열린사슬운동을 Extension chair에서 시행하였고, 2 그룹에는 대퇴사두근의 닫힌사슬운동을 Leg press에서 주당 3회/8주간 시행하였다. 대퇴사두근 각의 전/후 측정에서 1그룹의 경우 17.90±3.93도에서 15.80±3.55도로 2.1도 감소하였으며, 2그룹의 경우 17.80±3.71도에서 16.70±2.63도로 1.1도 감소하였다. 대퇴사두근 각의 결과에서 통계적으로 차이값의 평균에 비해 표준편차의 값이 크다는 것은 대퇴사두근 각의 경우 연구 대상자간의 편차가 다양하기 때문이며, 측정자 내의 신뢰도가 떨어지기 때문이라고 할 수 있으며, Raveendranath 등(2009)의 연구에서도 표준편차의 값이 2도 이상이었다. 권오정(2008)은 잠재적인 슬개대퇴 통증과 하지의 생체역학적 측면에 관한 상관관계의 연구를 통해 실험군의 정적 대퇴사두근 각과 동적 대퇴사두근각의 비교에서 잠재적 슬개대퇴 통증 증후군을 가진 정적 대퇴사두근은 각(19.82±5.78, 20.02±6.59)은 정상군(17.97±5.35, 20.18±6.07)에 비해 유의한 차이를 보이지 않았으며, 동적 대퇴사두근 각(18.60±7.70, 21.10±9.66)역시 정상군(19.52±8.48, 23.60±9.03)에 비해 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다.

하지만 대상자 전체의 대퇴사두근 각이 정상범위인 15도를 벗어난 양상을 나타내고 있어 과도한 대퇴사두근 각으로 인한 2차적인 위험 요소를 고려해 볼 필요성이 있다고 하였다. 본 연구에서 정적 대퇴사두근 각의 효과분석에서 정적 그룹내 유의한 효과가 나타났으며, 환측에서는 그룹간 차이가 없었으나 건측의 경우 BSEG가 SEG보다 유의한 효과가 있었다. 환측의 BSEG와 건측의 BSEG의 그룹내 비교에서는 건측의 BSEG가 유의한 효과가 있었다. 동적 대퇴사두근의 경우 그룹내 유의한 효과가 나타났으며, 환측의 그룹간 차이값에 있어서 건측에 비해 유의한 효과가 있었다. 연구의 제한점은 선행 연구에서 대퇴사두근 각의 경우 그룹의 표준편차의 값이 전/후 차이값의 평균보다 증가되어 있었던 것처럼 본 연구에서도 대퇴사두근 각의 경우 대상자간의 차이가 크다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 향후의 연구에 있어서 대퇴사두근 각의 측정자 내 신뢰도 검사가 선행되어야 할 것으로 판단되어 진다.

V. 결 론

본 연구에서는 슬개대퇴 통증 증후군이 있는 젊은 성인을 대상으로 시각적 피드백을 이용한 스쿼트 운동이 대퇴사두근 강에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

시각적 피드백 장치를 부착하고 스쿼트를 시행한 그룹과 시각적 피드백 장치를 부착하지 않은 상태의 스쿼트 그룹을 주3회 하루 30분간 총 6주간의 중재를 하였다. 연구결과 두 그룹 모두 운동 전·후 그룹내에서 대퇴사두근 각의 감소에 유의한 효과가 있었으나, 시각적 피드백 스쿼트 운동을 적용한 그룹에서 동적 대퇴사두근 각의 더욱 효과적인 중재인 것을 알 수 있었다. 이에 본 연구자는 향후 동적인 대퇴사두근 각의 개선을 위해 시각적 피드백을 적용한 스쿼트 운동을 추천하는 바이다.

참고문헌

강재영. EMG biofeedback을 이용한 닫힌사슬운동이 슬개대퇴 통증증후군의 생체역학적 특성에 미치는 영향. 동신대학교 대학원. 박사학위논문. 2012.

권오정. 대학생들의 잠재적인 슬개대퇴동통증상과 하지의 생체역학적 측면에 관한 상관관계 연구. 삼육대학교 대학원. 석사학위논문. 2008.

신호철. 바이오피드백(Biofeedback) 개론. 대한임상노인학회. 2009.

이제훈, 이완희. 엘리트 선수의 슬개대퇴통증증후군과 정상 선수의 하지 생역학적 비교. 코치능력개발지. 2010.

이종대. 동적 스쿼트 형태에 따른 편평족 대상자의 하지 및 족부의 생역학적 변화. 대구대학교 재활과학대학원. 박사학위논문. 2012.

Bolgla LA, Boling MC. An update for the conservative management of patellofemoral pain syndrome: a systematic review of the literature from 2000 to 2010. Int J Sports Phys Ther. 2011;6(2): 112-125.

Cabral CMN, De Oliveira Melim AM, De Camargo Neves Sacco I, et al. Physical therapy in patellofemoral syndrome patients: comparison of open and closed kinetic chain exercises. ACTA ORTOP BRAS. 2008; 16(3):180-185.

Christian SR, Anderson B, Workman R, et al. Imaging of anterior knee pain. Clin Sports Med. 2006; 25:681-702.

Houghton KM. Review for the generalist: evaluation of anterior knee pain. Pediatr Rheumatol Online J. 2007;4:5-8.

Iwasaki T, Shiba N, Matsuse H, et al. Improvement in knee extension strength through training by means of combined electrical stimulation and voluntary muscle contraction. Tohoku J Exp Med. 2006;209(1):33-40.

Kuru T, Dereli EE, Yaliman A, et al. Validity of the Turkish version of the Kujala patellofemoral score in patellofemoral pain syndrome. Acta Orthop Traumatol Turc. 2010;44(2):152-156.

Linschoten RV, Middelkoop MV, Berger MY, et al. Supervised exercise therapy versus usual care for patellofemoral pain syndrome: a open label randomised controlled trial. BMJ. 2009;339: b4074.

Liebenson C. Safe squatting procedures. J Bodywork & Move Ther. 2003;7(4):228-229.

Livingston LA, Mandigo JL. Bilateral Q angle asymmetry and anterior knee pain syndrome. Clin Biomech (Bristol, Avon), 1999;14(1):7-13.

Lubahn AJ, Kernozek TW, Tyson TL, et al. Hip muscle activation and knee frontal plane motion during weight bearing therapeutic exercises. Int J Sports Phys Ther. 2011;6(2):92-103.

Moreland JR, Bassett LW, Hanker GJ. Radiographic analysis of the axial alignment of the lower extremity. J Bone Joint Surg Am. 1987;69(5): 745-749.

Nguyen AD, Boling MC, Levine B, et al. (2009). Relationships between lower extremity alignment and the quadriceps angle. Clin J Sport Med. 2009;19(3):201-206.

Sahrmann SA. Diagnosis and treatment of movement impariment syndromes. Newyork, Mosby. 2002.

Sheehan FT, Derasari A, Fine KM, et al. Q-angle and J-sign: indicative of maltracking subgroups in patellofemoral pain. Clin Orthop Relat Res. 2010;468(1):266-275.

Umar MBT, Paul A. Incidence of flat foot and anthropopetric comparison between flat and normal foot of the Yoruba ehtnic group of Nigeria. J Applied Scien, 2010;5(6): 412-416.

Raveendranath V, Nachiket S, Sujatha N, et al. The Quadriceps angle (Q angle) in Indian men and women. Eur J Anat, 2009;13(3):105-109.