

정상 성인 여성의 무릎관절 위치감각

양경혜* · 이현옥**

*서호병원 물리치료실, **부산가톨릭대학교 물리치료학과

The Knee Joint Position Sense in Healthy Women

Kyung-Hye Yang, P.T., M.S.*, Hyun-Ok Lee, P.T., Ph.D.**

**Department of Physical Therapy, Seoho Hospital*

***Department of Physical Therapy, Pusan Catholic University*

ABSTRACT

Purpose : The purpose of this study is to ascertain whether age, body mass index(BMI) and exercise frequency(EF) are correlated with knee joint position sense in healthy women.

Methods : Healthy women of 150 who participated in this study were tested knee joint position sense; each reposition error was analyzed according to the age, BMI and EF. Reposition error was measured with a Myrin goniometer.

Results : The age groups, BMI groups and EF groups demonstrated significant differences of the knee joint position sense. The older the healthy women are, the higher BMI is, and the lower EF is, the more decreased knee joint position sense has become.

Conclusion : The older the women are, the higher BMI is, and the lower EF is, the more decreased the knee joint position sense in healthy women is. Therefore it needs to be considered to require management of obesity and regular exercise for prevention of knee injuries due to decreased joint position sense.

Key Words : Women, Knee, Joint position sense, Age, BMI, Exercise frequency

I. 서 론

동양 문화권에서는 일상생활에서 무릎을 깊숙이 굽히는 동작이 많다(Hemmerich 등, 2006). 이러한 생활 습관들은 무릎에 과부하를 가져오며, 아시아 사람들의 높은 골관절염 발생율과도 연관이 있다(Zhang 등, 2001; Zhang 등, 2004).

일상생활에서 무릎관절은 체중을 지지한 상태에서 정적 및 동적 안정성을 제공하게 되는데, 무릎의 안정성은 뼈의 구조적 배열보다 피부, 근육, 건, 관절낭, 인대 등의 연부조직에 의해 얻어진다(Neumann, 2002). 연부조직의 말초 기계적 수용기들로부터 중추신경계에 전달되는 신경 입력을 고유수용성 감각이라 하며, 이는 공간에서 관절 위치의 인식(위치감각)과 관절 움직임의 인식(운동감각)을 포함한다.

임상적으로 고유수용성 감각 측정은 많은 무릎의 기능 장애나 손상과 관련한 연구에 사용되어져 왔다(Callaghan 등, 2008; Jerosch와 Prymka, 1996; Fischer-Rasmussen과 Jensen, 2000; Lee 등, 2009; Shakoor 등, 2008; Lin 등, 2007; Jan 등, 2009). 이러한 연구들과 더불어 무릎의 기능에 영향을 미치는 요인에는 성별, 연령, 비만도, 운동 등이 있다.

무릎은 성별에 따른 운동학적 차이는 없으나 역학적인 차이를 보이며, 이러한 여성의 역학적 특성들은 무릎 연부조직 손상을 증가에 영향을 미친다(Malinzak 등, 2001; Sigward와 Powers, 2005; Nagano 등, 2007; Sung과 Lee, 2009). 또한 연령이 증가할수록 무릎의 위치감각은 떨어지므로(Skinner 등, 1984; Petrella 등, 1997), 여성은 연령이 증가할수록 무릎의 연부조직 손상위험이 높다고 할 수 있다.

비만 역시 무릎의 통증과 기능 장애에 유해한 영향을 미치는데(Gillespie와 Porteous, 2007), 한국인의 비만 수준이 최근 10년간 지속적인 증가 추세(배남규 등, 2009)임을 감안하면 무릎의 통증 및 기능 장애나 질병 등으로 인한 손상위험 역시 증가한다고 볼 수 있다. 또한 신체질량지수(Body mass index, BMI)가 높은 40대 여성의 경우 남성보다 골관절염으로 발전할 위험요소가 높다(Sandmark 등, 1999)는 연구 결과를 볼 때 신체

질량지수가 높은 여성은 무릎 안정성을 위한 연부조직 고유수용성 감각의 중요성이 크다.

고유수용성 감각 중에서 위치감각은 근방추가 중요한 역할을 하므로(Fridén 등, 2001; Katayama 등, 2004; Proske, 2005), 근육 내 근방추의 활동을 증가시키는 방법으로 운동을 들 수 있다. 고유수용성 감각 증진을 위한 운동은 큰 힘이 요구되는 근력운동 보다는 규칙적인 활동(Thompson 등, 2003)과 유산소 운동(Ettinger 등, 1997)이 가장 큰 효과를 보인다.

무릎의 안정성과 관련된 다수의 선행 연구들에서 수술적 중재 후 안정화 훈련 또는 고유수용성 감각 증진을 위한 처치 및 운동 효과를 확인할 수 있으나 이러한 중재 방법들을 환자들에게 적합하게 적용하기 위한 기초가 되는 정상인에 관한 연구가 부족하고, 특히 여성의 무릎 손상 요인에 관한 연구는 매우 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 정상 성인 여성의 무릎관절 위치재현 측정을 통한 위치감각이 연령대, 비만도, 운동빈도에 따른 차이가 있는지를 알아보고, 각 요인에 따른 무릎관절 위치 재현 시 오차각도를 양적화하여 임상 및 연구에 사용될 수 있는 기초자료를 마련하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 체간과 하지에 정형외과적인 장애 및 질환이 없는 자, 신경학적 장애 및 질환이 없는 자, 눈을 감고 안정한 지지면 위에서 서 있는 동안 현기증이 유발되지 않는 자들을 대상으로 참여를 자발적으로 동의한 만 20세~68세 성인 여성 150명을 선정하여 측정하였다.

2. 측정 및 평가

가. 위치감각 측정

(1) 측정 도구

(가) 스톱 워치

무릎관절 각도 유지 시간 및 재현 시간을 측정하기 위해 Digital readout stopwatch(Sammons Preston,

USA)를 사용하였다. Digital readout stopwatch는 1초의 1/100 까지 정확한 시간 측정이 가능하며 59.99초, 59분까지 측정 가능하다(그림 1).

(나) 중력 각도계

Myrin goniometer(Sammons Preston, USA)를 사용하였다. Myrin goniometer는 중력에 영향을 받는 기울기 바늘과 지구 자기장에 영향을 받는 나침반으로 구성된 측정 도구이다. 수평면에서의 움직임은 나침반 바늘로 읽으며 수직면에서는 기울기 바늘로 읽는다. 이 측정 도구는 무릎관절의 위치와 움직임을 평가하는데 있어서 높은 측정자 간 신뢰도($r=.99$)를 보여주었다(Piriyaprasarth와 Morris, 2007)(그림 2).



그림 1. Digital readout stopwatch



그림 2. Myrin goniometer

(2) 측정 방법

시각적 정보 입력을 차단하기 위해 눈을 감고 측정하였다. 피부를 통한 입력을 최소화하기 위하여 대상자는 무릎 위까지 오는 짧은 반바지를 착용하고, 양말을 벗고 측정하였다. 상지는 가슴 앞에서 팔을 교차하여 양 어깨를 잡은 자세를 취하였다.

대상자는 맨 바닥의 안정한 지지면에서 양 발은 바르게 선 자세로 오른쪽 비골두 외측면 바로 아래에 Myrin goniometer(Sammons Preston, USA)를 각도가 0°을 가리키도록 하여 부착하였다. 측정 대상자는 원하는 편안한 속도로 무릎관절을 천천히 구부려 무릎관절의 각도가 10~80° 사이인 한 지점을 4초간 유지하여 기억하도록 하였다. 다시 시작자세로 돌아와 7초 후 이전 각도를 재현하게 하였다.

재현한 각도를 측정하여 목표 각도의 오차각도를 절

대 값으로 측정하였다. 같은 방법으로 3회씩 반복 측정하여 평균 처리하였고, 매 회 측정 후 30초간 휴식을 취하였다.

나. 위치감각 평가

(1) 연령대

연령대 분류는 만 나이를 기준으로 20~29세는 20대, 30~39세는 30대, 40~49세는 40대, 50~59세는 50대, 60~69세를 60대 그룹으로 분류하였다.

(2) 비만도

비만도는 신체질량지수(BMI) 즉, Quetelet 지수 [$BMI = \text{체중}(kg) / \text{신장}(m)^2$]로 산출하여 BMI 18.5kg/m² 미만을 저체중, 18.5~22.99kg/m²는 정상체중, 23.0~24.99kg/m²는 과체중, 25.0~29.99kg/m²는 비만(I), 30.0kg/m² 이상을 비만(II) 그룹으로 분류하였으나 비만(II)의 수가 너무 적어 비만(I)과 비만(II)를 합쳐서 비만으로 분류하였다(배남규 등, 2009).

(3) 운동 빈도

운동 빈도는 대상자의 평소 운동량을 기준으로 1주 동안 1회에 30분 이상 시행하는 유산소 운동 횟수에 따라 주 0회, 주 2회, 주 3회 이상 그룹으로 분류하였다.

3. 자료 처리 및 분석

본 연구 결과는 SPSS for Windows 12.0 을 사용하여 분석하였다. 무릎관절 위치재현 능력을 통한 위치감각을 알아보기 위해 오차각도를 측정하여 연령대, 비만도, 운동 빈도에 따라 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다. 사후분석은 Duncan의 다중비교분석을 사용하였고, 통계학적 유의수준 α 는 .05로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구 대상자들의 일반적인 특성은 평균 나이 만 45세, 평균 신장 158.23cm, 평균 체중 54.69kg, 평균 신체질량지수 21.85kg/m², 평균 운동 빈도는 주 1.98 회 이었다(표 1).

2. 연령대에 따른 무릎관절 위치감각

무릎관절 위치감각은 각 연령대에 따른 유의한 차이가 있었으며, 연령대가 높아질수록 오차각도가 증가하였다. 연령대 분류 중 20대부터 50대까지는 그룹 간 위치감각 차이가 크지 않았으나, 60대 그룹에 이르러서는 무릎관절 위치감각이 확연히 떨어짐을 알 수 있었다(표 2).

3. 비만도에 따른 무릎관절 위치감각

무릎관절 위치감각은 비만도 그룹에 따른 유의한 차이가 있었으며, 신체질량지수가 높은 비만일수록 오차각도가 증가하였다. 정상 체중을 기준으로 저체중과 과체중은 그룹 간 위치감각 차이는 크지 않았으나, 비만은 모든 그룹에 비해 무릎관절 위치감각이 확연히 떨어짐을 알 수 있었다(표 3).

4. 운동 빈도에 따른 무릎관절 위치감각

무릎관절 위치감각은 운동빈도 그룹에 따른 유의한 차이가 있었으며, 운동 빈도가 낮을수록 오차각도가 증가하였다. 1회 30분 이상 유산소 운동 횟수가 주당 0회, 2회, 3회 이상 그룹 모두 그룹 간 위치감각의 확연한 차이를 알 수 있었다(표 4).

표 1. General characteristics of subjects

(N=150)

Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m ²)	EF (times/week)
45±13.83	158.23±5.50	54.69±7.81	21.85±3.03	1.98±0.80

Mean±Standard Deviation
 BMI; body mass index
 EF; exercise frequency

표 2. The reposition error among the age groups

(N=150)

Group (Age)	n	Reposition error (°)	F	p
20	30	0.93±1.25		
30	30	2.60±2.88		
40	30	3.46±3.01	12.80	.00
50	30	3.93±4.01		
60	30	7.06±4.91		

Mean±SD

표 3. The reposition error among the BMI groups

(N=150)

Group (BMI)	n	Reposition error (°)	F	p
Underweight	29	1.93±2.35		
Normal	75	2.96±3.24	8.97	.00
Overweight	21	4.57±4.38		
Obese	25	6.64±5.18		

Mean±SD
 BMI; body mass index

표 4. The reposition error among the EF groups

(N=150)				
Group (EF)	n	Reposition error (°)	F	p
none	50	6.48±4.82	34.05	.00
twice	53	3.16±2.61		
over 3 times	47	1.02±1.43		

Mean±SD

EF; exercise frequency

IV. 고 찰

무릎의 기능에 영향을 미치는 요인에는 문화권(Zhang 등, 2001; Zhang 등, 2004), 성별(Malinzak 등, 2001; Sigward와 Powers, 2005; Paradowski 등, 2006; Nagano 등, 2007; Sung과 Lee, 2009), 연령(Petrella 등, 1997), 비만도(Sandmark 등, 1999; Gillespie와 Porteous, 2007), 운동(Petrella 등, 1997; Thompson 등, 2003) 등이 있다.

무릎의 기능 장애나 손상과 관련된 연구들에서 임상적으로 고유수용성 감각 측정은 무릎 평가(Fischer-Rasmussen과 Jensen, 2000; Lee 등, 2009)나 중재효과 검정(Jerosch와 Prymka, 1996; Lin 등, 2007; Callaghan 등 2008; Shakoор 등, 2008; Jan 등, 2009)시 공통적으로 사용되어져 왔다.

무릎에서 고유수용성 감각 중 위치감각의 측정은 관절위치 재현 시 재현하고자 하는 목표 각도를 측정자가 지정하는 방법(Jerosch와 Prymka, 1996; Fischer-Rasmussen과 Jensen, 2000; Bennell 등, 2005), 대상자가 근육의 힘을 쓰지 않고 이완된 상태에서 측정 기계 등에 의해 다리가 수동적으로 움직여져 목표 각도를 지정하는 방법(Stillman과 McMeeken, 2001; Shakoор 등, 2008; Trans 등, 2009), 대상자가 근육의 힘을 쓰지 않고 이완된 상태에서 측정기계 등에 의해 수동적으로 다리가 움직여져 목표 각도를 재현하는 방법(Callaghan 등, 2008; Lee 등, 2009), 대상자가 능동적으로 목표 각도를 재현하는 방법(Ghiasi와 Akbari, 2007; Lin 등, 2007; Jan 등, 2009) 등이 있다. 선행 연구들에서 수동적인 목표 각도 설정 및 재현 방법은 대부분 누워 있는 자세에서 시행하였는데 이러한 방법은 관절의 위

치감각 입력을 제외한 모든 감각을 차단하고자 하는 면에서는 적절할지 모르나, 다양한 스포츠 활동과 일상생활 시 중력에 노출되어 체중을 지지한 채 정적 및 동적 안정성을 제공하는 무릎의 기능적인 역할과는 동떨어진 측정 방법이며, Stillman과 McMeeken(2001) 그리고 Ghiasi와 Akbari(2007)에 의하면 관절 위치감각 측정은 체중을 지지한 자세, 즉 닫힌 운동사슬에서 실시하는 것이 신뢰도가 높다. 따라서 본 연구에서도 양발로 체중을 지지하고 바로 선 닫힌 운동사슬 형태의 자세에서 측정하였고, 목표 각도를 측정자가 설정할 경우 대상자들 간에 목표 각도 재현 시 필요한 근력과 유연성이 연령대, 비만도, 운동 빈도에 따른 차이를 고려하여 10~80°사이에서 대상자가 편안한 각도를 목표 각도로 지정하여 능동적으로 재현하도록 하였다.

Ettinger 등(1997)에 의하면 유산소 운동이 저항 운동, 가정교육 프로그램과 비교하여 무릎 골관절염, 통증, 자각적인 판단에 의한 무릎의 기능 장애가 있는 60세 이상의 사람들에서 통증과 기능 장애에 가장 큰 효과를 보였다고 하였으며, Thompson 등(2003)은 노인 여성을 대상으로 저항 운동을 실시하였을 때 운동 후 근력과 고유수용성 감각이 모두 향상되었지만 비 저항 운동을 실시한 대조군 역시 고유수용성 감각이 향상되는 결과를 통해 고유수용성 감각은 근육의 큰 힘을 요구하는 운동보다는 규칙적인 활동을 통해서 향상된다고 하였다. 또한 오윤선 등(2003)에 의하면 60세 이상 고령자들의 신체활동 참여 형태가 근력을 요구하는 활동보다는 유산소성 신체 활동을 선호하는 것으로 나타났다. 이와 같은 연구들을 바탕으로 본 연구에서는 운동 빈도 분류기준을 넓은 범위의 연령대를 포괄하는 동시에 대상자들의 다양한 체력적 조건을 고려하여 1주 동

안 1회 30분 이상, 땀이 날 정도로 실시하는 유산소 운동 횟수로 설정하였다.

본 연구의 결과에서 정상 성인 여성의 무릎관절 위치감각은 연령대 분류 중 20대부터 50대까지는 그룹 간 위치감각 차이가 크지 않았으나, 오차각도가 연령대가 높아질수록 증가하여 무릎관절 위치감각이 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 연령의 증가와 더불어 위치감각의 저하는 노화에 따른 신체적 변화뿐만 아니라 중추와 말초 신경계의 퇴행성 변화 때문인 것으로 생각된다. 위치감각의 민감도는 근방추 활동이 중요한 역할을 하는데(Fridén 등, 2001; Katayama 등, 2004; Proske, 2005) 신경계의 퇴행성 변화와 함께 근방추 역시 해부생리학적 변화가 일어난다(Miwa 등, 1995; Liu 등, 2005). 또한 연령의 증가는 수초의 변화, 축삭 위축 그리고 신경전도 속도의 감소 등에 의해 감각 입력 과정의 결손을 야기하며(Verdú 등, 2000), 중추 체성감각 전도로의 기능도 신경세포와 수용기들의 수적 감소 그리고 뇌의 신경화학적 변화에 의해 손상 받게 되는데(Pakkenberg와 Gundersen, 1997; Strong, 1998), 본 연구에서 특히 60대에 이르러 위치감각이 확연히 떨어지는 결과는 여성의 이러한 퇴행성 변화들이 급격하게 일어나는 시기가 60대임을 말해주는 것이다. 이와 같은 결과와 유사하게 Petrella 등(1997)의 연구에서도 무릎관절 위치감각을 젊은이, 활동적인 노인 그리고 비활동적인 노인을 대상으로 측정한 결과, 고유수용성 감각은 연령 증가에 따라 감소되며 규칙적인 활동이 이를 예방할 수 있고 나아가 노화에 따른 낙상의 위험이나 위치감각 저하를 예방하기 위한 한 방법으로 규칙적인 운동을 제시하였다.

비만도에 따른 정상 성인 여성의 무릎관절 위치감각은 본 연구에서 정상 체중을 기준으로 저체중과 과체중은 그룹 간 위치감각 차이가 크지 않았으나, 비만일수록 오차각도가 증가하여 무릎관절 위치감각이 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 또한 비만은 모든 그룹에 비해 무릎관절 위치감각이 확연히 떨어짐을 보였는데 이와 같은 결과는 중년 이후의 여성에서 중요한 의미를 가진다고 할 수 있다. 40~50대의 중년 여성은 폐경을 겪게 되는데, 폐경기 여성은 남성에 비해 비만과 고혈압

에 이환될 확률이 높은데다(Freeman 등, 1999) 비만일수록 무릎관절 위치감각이 떨어지는 본 연구 결과를 볼 때, 중년 이후 여성은 남성보다 무릎관절 위치감각 저하가 예상된다.

운동 빈도에 따른 정상 성인 여성의 무릎관절 위치감각은 주당 1회 30분 이상 유산소 운동 횟수가 낮을수록 오차각도가 증가하여 무릎관절 위치감각이 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 본 연구 대상자들의 규칙적인 유산소 운동 습관이 무릎관절 위치감각에 영향을 미치는 것을 말하며 Thompson 등(2003)의 연구 결과와 일치한다고 할 수 있다. 또한 운동을 하는 노인이 운동을 하지 않은 노인보다 무릎관절 고유수용성 감각이 좋다는 Petrella 등(1997)의 연구 결과와 동일하며 운동을 하지 않은 젊은이와 운동을 하는 노인 간에 고관절 위치감각이 유의한 차이가 없었다는 Pickard 등(2003)의 연구 결과와도 유사하였다.

이상 본 연구에서는 정상 성인 여성의 무릎관절 위치감각이 연령대가 높을수록, 비만일수록, 그리고 운동 빈도가 낮을수록 떨어짐을 확인할 수 있었으며, 각 요인에 따른 기초자료를 확보하였다. 향후 연구 및 임상에서는 여성의 무릎 손상이나 기능 장애로부터 정상적인 회복을 알아보기 위해 고유수용성 감각측정 시 본 연구 결과를 참조한다면 도움이 되리라 생각된다. 또한 본 연구 결과에 따라 여성의 연령대가 높을수록, 비만일수록, 운동 빈도가 낮을수록 위치감각 저하로 인한 무릎 손상이 예상되므로 이의 예방을 위해 비만 관리와 규칙적인 운동이 필요하다고 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 정상 성인 여성의 무릎관절 위치감각 측정을 위해 관절위치 재현을 실시하였다. 건강한 성인 여성 150명을 대상으로 하였으며 무릎관절 위치재현 시 양 발로 체중을 지지하고 바로 선 닫힌 운동사슬 자세에서 중력 각도계(Myrin goniometer)를 사용하여 오차각도를 측정하였다. 측정된 오차각도를 연령대, 비만도, 운동 빈도에 따라 분석하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 정상 성인 여성의 무릎관절 위치감각은 연령대가 높을수록 무릎관절 위치감각이 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 20대부터 60대까지의 연령대 분류 중 20대부터 50대까지는 그룹 간 위치감각 차이가 크지 않았으나, 60대에 이르러서 위치감각이 확연히 떨어짐을 보였다.
2. 정상 성인 여성의 무릎관절 위치감각은 비만일수록 무릎관절 위치감각이 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 정상 체중을 기준으로 저체중과 과체중은 그룹 간 위치감각 차이가 크지 않았으나, 비만은 모든 그룹에 비해 무릎관절 위치감각이 확연히 떨어짐을 보였다.
3. 정상 성인 여성의 무릎관절 위치감각은 운동 빈도가 낮을수록 무릎관절 위치감각이 떨어짐을 확인할 수 있었다. 1회 30분 이상 유산소 운동 횟수가 주 0회, 주 2회, 주 3회 이상 그룹 모두 그룹 간 위치감각이 확연한 차이를 보였다.

결론적으로, 정상 성인 여성의 무릎관절 위치감각은 연령대가 높을수록, 비만일수록, 운동 빈도가 낮을수록 떨어지게 된다. 이로 인한 무릎관절의 손상을 예방하기 위해서는 비만 관리와 규칙적인 운동이 필요하다고 사료된다.

참 고 문 헌

- 배남규, 권인선, 조영채. 한국인의 10년간 비만수준의 변화 양상: 1997~2007. *대한비만학회지*, 18(1); 24-30, 2009.
- 오윤선, 박주영, 강성구. 한·중·일 노인들의 신체활동 참여가 고독감 및 우울에 미치는 영향. *한국스포츠심리학회지*, 14(3); 1-13, 2003.
- Bennell K, Wee E, Crossley K, et al. Effects of experimentally-induced anterior knee pain on knee joint position sense in healthy individuals. *J Orthop Res*, 23(1); 46-53, 2005.
- Callaghan MJ, Selfe J, McHenry A, Oldham JA. Effects of patellar taping on knee joint proprioception in patients with patellofemoral pain syndrome. *Man Ther*, 13(3); 192-199, 2008.
- Ettinger WH Jr, Burns R, Messier SP, et al. A randomized trial comparing aerobic exercise and resistance exercise with a health education program in older adults with knee osteoarthritis. The Fitness Arthritis and Seniors Trial (FAST). *JAMA*, 277(1); 25-31, 1997.
- Fischer-Rasmussen T, Jensen PE. Proprioceptive sensitivity and performance in anterior cruciate ligament-deficient knee joints. *Scand J Med Sci Sports*, 10(2); 85-89, 2000.
- Freeman DS, Serdula MK, Srinivasan SR, et al. Relation of circumference and skinfolds thickness to lipid and insulin concentrations in children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *Am J Clin Nut*, 69(2); 308-317, 1999.
- Fridén T, Roberts D, Ageberg E, et al. Review of knee proprioception and the relation to extremity function after an anterior cruciate ligament rupture. *J Orthop Sports Phys Ther*, 31(10); 567-576, 2001.
- Ghiasi F, Akbari A. Comparison of the effects of open and closed kinematic chain and different target position on the knee joint position sense. *J Med Sci*, 7(6); 969-976, 2007.
- Gillespie GN, Porteous AJ. Obesity and knee arthroplasty. *Knee*, 14(2); 81-86, 2007.
- Hemmerich A, Brown H, Smith S, et al. Hip, knee, and ankle kinematics of high range of motion activities of daily living. *J Orthop Res*, 24(4); 770-781, 2006.
- Jan MH, Lin CH, Lin YF, et al. Effects of Weight-Bearing Versus Nonweight-Bearing Exercise on Function, Walking Speed, and Position Sense in Participants With Knee Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 90(6); 897-904,

- 2009.
- Jerosch J, Prynka M. Knee joint proprioception in normal volunteers and patients with anterior cruciate ligament tears, taking special account of the effect of a knee bandage. *Arch Orthop Trauma Surg*, 115(3-4); 162-166, 1996.
- Katayama M, Higuchi H, Kimura M, et al. Proprioception and performance after anterior cruciate ligament rupture. *Int Orthop*, 28(5); 278-281, 2004.
- Lee HM, Cheng CK, Liao JJ. Correlation between proprioception, muscle strength, knee laxity, and dynamic standing balance in patients with chronic anterior cruciate ligament deficiency. *Knee*, 16(5); 387-391, 2009.
- Lin DH, Lin YF, Chai HM, et al. Comparison of proprioceptive functions between computerized proprioception facilitation exercise and closed kinetic chain exercise in patients with knee osteoarthritis. *Clin Rheumatol*, 26(4); 520-528, 2007.
- Liu JX, Eriksson PO, Thornell LE, et al. Fiber content and myosin heavy chain composition of muscle spindles in aged human biceps brachii. *J Histochem Cytochem*, 53(4); 445-454, 2005.
- Malinzak RA, Colby SM, Kirkendall DT, et al. A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks. *Clin Biomech*, 16(5); 438-445, 2001.
- Merchant AC, Arendt EA, Dye SF, et al. The Female knee: Anatomic variations and Female-specific total knee design. *Clin Orthop Relat Res*, 466(12); 3059-3065, 2008.
- Miwa T, Miwa Y, Kanda K. Dynamic and static sensitivities of muscle spindle primary endings in aged rats to ramp stretch. *Neurosci Lett*, 201(2); 179-182, 1995.
- Nagano Y, Ida H, Akai M, et al. Gender differences in knee kinematics and muscle activity during single limb drop landing. *Knee*, 14(3); 218-223, 2007.
- Neumann DA. Kinesiology of the musculoskeletal system, 1ed: foundations for physical rehabilitation. *Mosby*, 434-435, 2002.
- Piriyaprasarth P, Morris ME. Psychometric properties of measurement tools for quantifying knee joint position and movement: A systematic review. *Knee*, 14(1); 2-8, 2007.
- Pakkenberg B, Gundersen HJ. Neocortical neuron number in humans: effect of sex and age. *J Comp Neurol*, 384(2); 312-320, 1997.
- Paradowski PT, Bergman S, Sundén-Lundius A, et al. Knee complaints vary with age and gender in the adult population. Population-based reference data for the Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS). *BMC Musculoskelet Disord*, 7; 38, 2006.
- Petrella RJ, Lattanzio PJ, Nelson MG. Effect of age and activity on knee joint proprioception. *Am J Phys Med Rehabil*, 76(3); 235-241, 1997.
- Pickard CM, Sullivan PE, Allison GT, et al. Is there a difference in hip joint position sense between young and older groups? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 58(7); 631-635, 2003.
- Proske U. What is the role of muscle receptors in proprioception? *Muscle Nerve*, 31(6); 780-787, 2005.
- Sandmark H, Hogstedt C, Lewold S, et al. Osteoarthrosis of the knee in men and women in association with overweight, smoking, and hormone therapy. *Ann Rheum Dis*, 58(3); 151-155, 1999.
- Shakoor N, Furmanov S, Nelson DE, et al. Pain and its relationship with muscle strength and proprioception in knee OA: Results of an

- 8-week home exercise pilot study. *J Musculo-skelet Neuronal Interact*, 8(1); 35-42, 2008.
- Sigward SM, Powers CM. The influence of gender on knee kinematics, kinetics and muscle activation patterns during side-step cutting. *Clin Biomech*, 21(1); 41-48, 2005.
- Skinner HB, Barrack RL, Cook SD. Age-related decline in proprioception. *Clin Orthop Relat Res*, 184; 208-211, 1984.
- Stillman BC, McMeeken JM. The role of weightbearing in the clinical assessment of knee joint position sense. *Aust J Physiother*, 47(4); 247-253, 2001.
- Strong R. Neurochemical changes in the aging human brain: implications for behavioral impairment and neurodegenerative disease. *Geriatrics*, 53 Suppl 1; S9-S12, 1998.
- Sung PS, Lee DC. Gender differences in onset timing and activation of the muscles of the dominant knee during stair climbing. *Knee*, 16(5); 375-380, 2009.
- Thompson KR, Mikesky AE, Bahamonde RE, et al. Effects of physical training on proprioception in older women. *J Musculo-skelet Neuronal Interact*, 3(3); 223-231, 2003.
- Trans T, Aaboe J, Henriksen M, et al. Effect of whole body vibration exercise on muscle strength and proprioception in females with knee osteoarthritis. *Knee*, 16(4); 256-261, 2009.
- Verdú E, Ceballos D, Vilches JJ, et al. Influence of aging on peripheral nerve function and regeneration. *Peripher Nerv Syst*, 5(4); 191-208, 2001.
- Zhang Y, Hunter DJ, Nevitt MC, et al. Association of Squatting With Increased Prevalence of Radiographic Tibiofemoral Knee Osteoarthritis: the Beijing Osteoarthritis Study. *Arthritis Rheum*, 50(4); 1187-1192, 2004.
- Zhang Y, Xu L, Nevitt MC, et al. Comparison of the Prevalence of Knee Osteoarthritis Between the Elderly Chinese Population in Beijing and Whites in the United States: The Beijing Osteoarthritis Study. *Arthritis Rheum*, 44(9); 2065-2071, 2001.