

슬관절 골관절염 환자의 무릎 통증이 대퇴 근력과 고유수용성감각 및 균형에 미치는 영향

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 재활의학교실¹, 전북대학교 바이오메디컬공학부²

김정현¹ · 황지혜¹ · 고문주¹ · 민경빈¹ · 박원하¹ · 권대규²

The Effects of Knee Pain on the Quadriceps Strength, Proprioception and Balance in Patients with Knee Osteoarthritis

Jung Hyun Kim¹, Ji Hye Hwang¹, Moon Ju Ko¹, Kyoung Bin Min¹, Won Hah Park¹, Tae Kyu Kwon²

¹Department of Physical and Rehabilitation Medicine, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul,

²Division of Biomedical Engineering, Chonbuk National University, Jeonju, Korea

The purpose of this study was to assess the effects of knee pain on the quadriceps strength, proprioception and balance in subjects with bilateral knee osteoarthritis and the correlation between muscle strength, proprioception, and balance in knee osteoarthritis patients with knee pain. The inclusion criteria were symptomatic and radiographic bilateral knee osteoarthritis (Kellgren-Lawrence grade ≥ 2), visual analogue scale difference of the both knees ≥ 2 . Thirty three participants (32 women, 1 men: mean age, 59.18 years) underwent assessment of maximal voluntary contraction of quadriceps and hamstring muscles, knee proprioceptive acuity (measure passive joint reposition sense) and balance index using Biodex System 3 isokinetic dynamometer and Biodex balance System. In this study, the more pain knee had weaker quadriceps strength than less pain knee ($p < 0.05$) but proprioceptive acuity and balance index did not show significant differences in both knees ($p > 0.05$). Poor proprioception was associated with low quadriceps strength and poor Medio-lateral Stability Index ($p < 0.05$). Future studies needed to account the influence of pain on neuromuscular factors as well as attempt to further clarify the relationships between these factors.

Keywords: Balance, Knee osteoarthritis, Pain, Proprioception, Strength

Received: November 23, 2012 Revised: May 13, 2013 Accepted: May 27, 2013

Correspondence: Ji Hye Hwang

Department of Physical and Rehabilitation Medicine, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, 81 Irwon-ro, Gangnam-gu, Seoul 135-710, Korea

Tel: +82-2-3410-2818, Fax: +82-2-3410-0388, E-mail: hwanglee@skku.edu

이 연구는 2012년도 지식경제부(국민편익증진기술개발사업(QoLT), No. 10036494)의 지원을 받아 수행된 연구임.

Copyright ©2013 The Korean Society of Sports Medicine

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

슬관절 골관절염은 65세 이상 노인의 30%가 이환되는 흔한 질환으로, 슬관절 골관절염 환자의 25%는 슬관절 통증을 가지며¹⁾, 통증으로 인해 일상생활의 기능적 장애가 유발된다²⁾. 슬관절 골관절염은 종창, 통증, 관절의 운동 장애 등의 증상이 나타나며³⁾, 동일한 연령대의 건강한 성인에 비하여 대퇴사두근 근력, 고유수용성감각, 균형의 저하를 보인다^{4,7)}. 슬관절 종창은 척수의 대퇴사두근 알파 운동 뉴런의 억제 메커니즘을 발생시켜⁸⁾, 골관절염 환자의 보행 입각기 초기 50% 동안 근활성도를 감소시키며, 슬관절 고유수용성 감각 기능을 저하 시킴이 알려져 있으나⁹⁾, 종창이 없는 슬관절 골관절염 환자에서 슬관절 통증이 대퇴 근력 약화, 고유수용성 감각 저하 및 균형 저하에 미치는 영향에 대해서는 다양한 의견이 있다.

Hassan 등¹⁰⁾은 관절 통증은 근육 기능 운동(움직임, 근력, 활성화) 및 감각(고유수용성감각, 균형) 기능에 해로운 영향을 미칠 수 있다 하였으며, 슬관절의 무릎 통증이 대퇴사두근 근력에 미치는 영향에 대해 Messier 등¹¹⁾은 무릎 통증이 있는 군이 통증이 없는 군에 비해 30개월 후 대퇴사두근 근력 약화의 발생이 유의하게 높았다고 하였다. Felson 등¹²⁾은 슬관절 골관절염 환자에서 슬관절 고유수용성감각의 저하와 무릎 통증 사이에 의미 있는 연관성이 있다고 하였으나, 다른 연구에서는 무릎 통증과 고유수용성감각 사이에 의미 있는 연관성을 보이지 않았다고 보고하였다¹³⁾. 또한 Hall 등¹⁴⁾은 슬관절 골관절염 환자에서 무릎 통증이 균형 능력 저하의 주요한 예측 인자라고 하였다.

슬관절 종창으로 인한 대퇴사두근의 근력 약화 및 고유수용성 감각 저하는 이미 알려져 있으나, 종창이 없는 슬관절 골관절염 환자에서 통증이 대퇴 근력, 고유수용성 감각, 균형의 상관관계에 대해서는 기존 연구마다 다른 결과를 보고하고 있다. 또한 기존 연구들은 슬관절 골관절염의 통증 군에 따라 비교하거나, 건강한 성인군과 비교한 연구들이었다. 따라서 이번 연구에서는 종창이 없고, 양측 무릎에 통증이 있으며, 양측 무릎 간 통증의 차이가 있는 슬관절 골관절염 환자를 대상으로 두 가지 연구 목적을 알아보고자 하였다. 첫째, 슬관절 골관절염 환자에서 통증이 대퇴근력, 슬관절 고유수용성감각 그리고 균형에 미치는 영향을 알아보고자 하였으며, 둘째, 무릎 통증을 고려한 대퇴 근력, 슬관절 고유수용성 감각, 균형 간의 상관관계를 알아보고자 하였다.

연구 방법

1. 대상

병원 외래 환자들 중 미국 류마티스학회가 제시한 슬관절 골관절염의 임상적, 방사선학적 진단 기준¹⁵⁾을 만족하는 50세 이상 75세 미만의 환자들을 대상으로 1) 양측에서 Kellgren-Lawrence 등급¹⁶⁾ 척도상 2등급 이상의 슬관절 관절염 소견을 보인 경우, 2) 종창이 없으며 양측 무릎에 통증이 있는 경우, 3) 양측 무릎의 시각통증등급 점수의 차이가 2점 이상인 슬관절 골관절염 환자 33명을 대상으로 하였다.

임상 진찰에서 이전에 슬관절 수술 병력이 있는 경우, 최근 한 달 이내 슬관절 내 스테로이드 주사를 시행 받은 경우는 제외하였으며, 본 연구의 목적을 이해하여 연구에 참여하는 것을 동의한 대상자로 하였다.

대상자의 일반적 특성과 의학적 특성은 Table 1과 같다.

2. 연구 방법

본 연구는 슬관절 골관절염 환자를 대상으로 양측 슬관절 단순사진촬영을 시행하였다. 설문지를 통하여 대상자들에게 계단을 올라갈 때 먼저 올라가는 발이나 공을 찰 때 주로 사용하는 발을 우성 다리로 조사 하였으며, 지난 1주간 평균적으로 양측 무릎에서 느낀 통증의 정도를 각각 0점에서 10점까지의 양측에서 시각통증등급(visual analogue scale)을 사용하여, 통증이 더 심한 무릎과 통증이 덜 심한 무릎으로 나누었다.

측정 전 준비 운동을 약 5분간 시행 후, 통증이 대퇴근력, 고유수용성 감각, 균형에 미치는 영향을 연구하기 위해 양측 모두 대퇴근력, 고유수용성감각, 균형을 측정하였다.

Table 1. General characteristics of patients

Value	Patients (n=33)
Age (y)	59.5±4.9
Sex (male/female)	1/32
Body mass index (kg/m ²)	23.9±2.7
Dominant leg (right/left)	29/4
More pain knee (right/left)	22/11
Visual analogue scale (cm)	
More pain knee	5.86±1.64
Less pain knee	2.54±0.98

Values are presented as mean±standard deviation.

1) 측정 방법

(1) **대퇴근력:** 등속성 근력계인 Biodex System 3 (Biodex Medical System, New York, NY, USA)을 이용하여 슬관절 신전 근 및 굴곡근의 근력을 측정하였다. 근력 측정기의 의자에 앉아 체간을 등받이에 고정하고 검사 받는 다리의 슬관절 축을 근력계의 축과 일치시킨 후 원위 대퇴부와 발목관절 과골 상부를 저항 패드를 이용하여 단단히 고정하였다. 검사를 시작하기 전에 약 10분간 검사 과정과 방법에 익숙해지도록 설명과 연습을 시켰으며, 검사는 각속도 60°/s와 180°/s의 두 가지 각속도에서 시행하였고, 관절의 운동범위는 운동 가능한 최대한의 범위로 정하였다. 휴식 시간은 반복 검사 시 30초, 각속도 간 2분으로 하였으며, 60°/s와 180°/s의 각속도로 각각 5회 반복 시행 후 평균값을 구하였다. 근력을 평가하기 위한 변수로는 굴곡, 신전 시의 Peak torque 값을 사용하였다.

(2) **슬관절 고유수용성 감각:** 슬관절 고유수용성감각의 측정은 Biodex System 3에서 안대를 쓰고, 몸통과 대퇴부, 그리고 하퇴의 하부를 벨트로 고정한 후 측정하였다. 고유수용성감각의 측정은 무릎을 시작 각도 90°에서 수동적으로 움직여 목표 각도를 90°에서 15°, 90°에서 30°, 90°에서 45°로 하여 슬관절을 신전시켜 10초간 피험자로 하여금 관절 위치를 기억하게 하고, 수동적으로 슬관절을 시작각도로 복귀 시킨 후 초당 2°의 속도로 수동적으로 슬관절을 신전시켜 목표 지점에 도달했다고 피험자가 판단했을 때 정지버튼을 작동 하도록 하였다. 같은 방법으로 3회씩 시행하였고 목표 각도와 측정각도의 오차를 구하여 평균값을 구하였다.

(3) **균형 능력:** 균형 능력의 평가는 Biodex Balance System을 이용하여 측정하였다. Biodex Balance System은 전후, 좌우로 흔들리는 발판 위에서 대상자의 균형유지와 체중이동을 측정할 수 있는 장비로 난이도에 따라 8단계로 검사할 수 있다. 양측의 외발 서기와 양발 서기를 무작위 순서로 하여 20초간

시행하였으며, 8단계에서 시작하여 1단계로 종료하도록 하여 점점 균형을 잡기 어려운 환경을 제공하였다. 평가 간 30초 이상의 휴식을 제공하였다. 균형 능력을 평가하기 위한 변수로 전체 균형 지수, 전후 균형 지수, 내외 균형 지수를 사용하였으며, 균형 지수란 각 단계의 검사 동안 컴퓨터에 의해 측정된 무게 중심(center of pressure)의 움직임 및 발판에서의 발의 움직임 정도를 정량화한 값을 사용하였다.

3. 통계 처리

연구의 통계학적 분석은 SPSS ver. 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 모든 자료는 Shapiro-Wilk 검정방법을 통해 검정을 실시하였다. 통증이 대퇴근력, 슬관절 고유수용성 감각, 균형에 미치는 영향을 연구하기 위해 대상자들의 양측을 Wilcoxon signed ranks test를 사용하여 비교하였으며, 또한 통증이 있는 슬관절 골관절염 환자에서 대퇴 근력, 슬관절 고유수용성감각, 균형의 상관관계를 분석하기 위하여 세 요인의 양측 차이를 Spearman 상관계수를 이용하여 분석하였다. 모든 통계적 유의수준은 0.05 이하로 하였다.

결 과

1. 무릎 통증이 대퇴근력, 고유수용성 감각, 균형에 미치는 영향

슬관절 신전근 근력의 경우 60°/s와 180°/s의 두 가지 각속도 모두에서 통증이 더 심한 무릎이 통증이 덜한 무릎에 비해 통계적으로 유의하게 저하되어 있었다($p < 0.05$). 그러나 슬관절 굴곡근 근력의 경우 60°/s와 180°/s의 두 가지 각속도에서 양측 무릎 간 통계적으로 유의한 차이가 관찰되지 않았다($p > 0.05$) (Table 2).

슬관절 고유수용성감각의 경우 슬관절을 90°에서 15°, 90°에서 30°, 90°에서 45°로 신전하여 위치하게 한 세 가지 경우에서 양측 무릎 간 통계적으로 유의한 차이는 관찰되지 않았다($p >$

Table 2. Quadriceps strength according to the extent of pain

Peak extensor torque	More pain site	Less pain site
Peak extensor torque (ft-lbs)		
60°/s	51.63±12.83*	57.78±11.14
180°/s	30.31±8.13*	33.52±6.25
Peak flexor torque (ft-lbs)		
60°/s	26.15±9.22	27.63±8.66
180°/s	18.47±6.64	20.63±6.36

Values are presented as mean±standard deviation.

*Statistically significant.

Table 3. Proprioceptive acuity according to the extent of pain

Proprioceptive acuity (degrees error)	More pain site	Less pain site
90° to 15°	3.36±1.42	2.92±1.53
90° to 30°	4.27±1.92	3.71±1.62
90° to 45°	4.48±2.49	4.26±2.19

Values are presented as mean±standard deviation.

0.05) (Table 3).

무릎 통증과 균형의 경우에도 전체 균형 지수, 전후 균형 지수, 내외 균형 지수 모두 양측 무릎 간 통계적으로 유의한 차이는 관찰되지 않았다($p>0.05$) (Table 4).

2. 무릎 통증을 고려한 대퇴근력, 슬관절 고유수용성 감각, 균형간의 상관성 비교

60°/s 및 180°/s에서 측정한 대퇴사두근 근력과 90°에서 15°, 90°에서 30°, 90°에서 45°로 슬관절을 위치하게 하여 측정한 슬관절 고유수용성 감각 사이에는 60°/s 슬관절 신전근과 90°에서 15°의 고유수용성 감각에서 통계적으로 유의한 상관성이 있었다($p<0.05$) (Table 5).

슬관절 고유수용성감각과 균형 능력의 경우 90°에서 15°, 90°에서 30°, 90°에서 45°로 슬관절을 위치하게 한 값과 전체 균형 지수, 전후 균형 지수, 내외 균형 지수를 각각 분석하였을 때, 90°에서 45°의 슬관절 고유수용성감각과 내외 균형 지수에서 통계적으로 유의한 상관성을 보였다($p<0.05$) (Table 5).

대퇴사두근 근력과 균형 능력의 경우 60°/s, 180°/s의 각속도와 전체 균형 지수, 전후 균형 지수, 내외 균형 지수를 각각 분석하였을 때 통계적으로 유의한 상관성은 보이지 않았다($p>0.05$) (Table 5).

Table 4. Balance index according to the extent of pain

Stability index	More pain site	Less pain site
Overall	3.56±1.07	3.50±1.03
Antero-posterior	3.07±0.91	3.18±1.07
Medio-lateral	1.84±0.71	1.77±0.51

Values are presented as mean±standard deviation.

Table 5. Correlation between quadriceps strength, proprioceptive acuity and balance in knee osteoarthritis patients with knee pain

Proprioceptive acuity	90° to 15°		90° to 30°		90° to 45°	
	CC	p-value	CC	p-value	CC	p-value
PET 60°/s	0.347	0.048*	0.081	0.654	0.102	0.572
PET 180°/s	-0.052	0.774	-0.100	0.579	-0.233	0.191
Overall stability index	0.240	0.179	0.068	0.707	-0.250	0.160
Antero-posterior stability index	0.170	0.344	0.055	0.762	-0.106	0.555
Medio-lateral stability index	0.098	0.586	0.000	0.999	-0.344	0.050*

CC: correlation coefficient, PET: peak extensor torque.

*Statistically significant.

고 찰

슬관절 골관절염은 종창, 통증, 관절의 운동 장애를 유발시켜³⁾, 동일한 연령대의 건강한 성인에 비하여 대퇴사두근 근력, 고유수용성 감각, 균형의 저하를 보인다^{4,7)}.

슬관절 종창은 골관절염 환자의 보행의 초기 입각기 50% 동안에 근 활성도를 감소와 고유수용성 감각 기능 저하가 알려져 있으나⁹⁾, 종창이 없는 슬관절 골관절염 환자에서 슬관절 통증이 대퇴 근력 약화, 고유수용성 감각 저하 및 균형 저하에 미치는 영향에 대해서는 의견이 다양하다.

슬관절 통증이 근력에 미치는 영향에 대해 Messier 등¹¹⁾은 만성 무릎 통증이 있는 군에서 통증이 없는 군에 비하여 30개월 후 대퇴사두근 근력 약화의 발생이 유의하게 높다고 보고하였으며, Hassan 등¹⁰⁾은 슬관절 내로 국소 마취제를 주사하여 통증을 경감시켜 주었을 때 슬관절 고유수용성감각과 균형 능력에는 의미 있는 차이가 없었으나, 대퇴사두근 근력이 의미 있게 증가하였음을 보고하였다. 이번 연구에서도 종창이 없는 슬관절 골관절염 환자에서 통증이 대퇴근력에 미치는 영향을 분석하기 위해 동일 환자 내에서 통증이 더 심한 쪽과 덜 심한 쪽을 비교하였을 때, 슬관절 신전근에서는 양측 간의 유의한 차이가 있었으나, 슬관절 굴곡근은 유의한 차이가 없었다.

무릎 통증이 대퇴사두근 신전근 약화에 기여하는 기전으로는 다음 두 가지를 생각할 수 있다. 첫째, 통증으로 인하여 등속성 근력검사로 근력 측정 시 기계를 힘차게 밀기가 어려웠을 것이다. 둘째, 통증으로 인한 대퇴사두근의 반사적 억제(reflex arthrogenous muscle inhibition)라는 용어로 소개되어 있는데, 슬관절 관절병증이 있는 환자에서

무릎 통증 혹은 다른 원인들(압통점, 불안)에 의하여 대퇴사두근이 선택적으로 비활성화 되거나 약화되는 것을 말한다^{7,17,18}.

슬관절의 통증이 고유수용성감각에 미치는 영향에 대해서는 이전 연구들에서 서로 다른 결과를 보고하고 있다. Felson 등¹²은 무릎 통증 및 통증의 중증도가 슬관절 고유수용성 감각 저하와 의미 있는 상관관계를 보였다고 하였으나, Hall 등¹⁴은 동일 환자 내에서 통증이 더 심한 무릎과 그렇지 않은 쪽 무릎에서 슬관절 고유수용성감각에 유의한 차이가 없다고 하였다. 이번 연구에서도 동일 환자 내에서 양측 슬관절 간의 고유수용성감각에 유의한 차이가 없었다.

이전 연구들이 서로 다른 결과를 제시한 데에는 크게 두 가지 요인이 작용한 것으로 판단된다. 첫째, Felson 등¹²의 연구에서는 슬관절 골관절염이 있거나 슬관절 골관절염이 발생하기 쉬운 고위험군(과체중 혹은 비만, 무릎 손상의 과거력이 있는 경우, 이전에 슬관절 수술력이 있는 경우)을 대상으로 하였는데, 이전 연구들에 따르면 비만이나 슬관절 수술력이 슬관절 고유수용성감각에 상당한 영향을 끼친다고 보고하고 있어^{19,20}, Felson 등¹²의 연구 결과의 해석에는 주의가 필요할 것으로 판단된다.

둘째, 무릎 통증을 평가하는 방법이 연구들마다 상이하였는데, Felson 등¹²은 슬관절 고유수용성감각의 저하와 무릎 통증 사이에 의미 있는 연관성이 있었다고 하였으나, 무릎 통증을 평가하는 데 있어 지난 한 달간 무릎에서 느낀 통증을 “예 또는 아니오”로만 분류하여 분석하였다는 단점이 있었다. 이번 연구에서는 이를 보완하기 위하여 양측 슬관절의 Kellgren-Lawrence 등급이 같은 경우만 연구 대상에 포함시켜 방사선학적인 슬관절염의 정도가 가져올 수 있는 변수를 배제하고자 하였으며, 또한 슬관절에 종창이 없고, 양측 무릎에 통증이 있으며, 무릎 통증을 지난 한 달간의 시각통증등급으로 평가한 뒤 양측의 차이가 2점 미만인 경우는 대상에서 제외시켜 더욱 신뢰할만한 결과를 얻을 수 있도록 하였다.

이번 연구는 양측 슬관절 통증에 차이가 있는 환자에서 양측 간 균형 지수는 의미 있는 차이를 보이지 않았다. Hassan 등¹⁰의 보고에 따르면 슬관절 내로 국소 마취제를 주사하여 통증을 경감시켜 주었을 때 생리식염수를 주입한 대조군에 비하여 대퇴 근력은 의미 있게 향상되었으나, 슬관절 고유수용성감각과 균형 능력에는 의미 있는 영향을 미치지 못하였다고 하여 이번 연구 결과와 일치되는 결과를 보였다.

균형은 전정기관, 시각과 체성 감각 기관으로부터 전달되는 감각 정보에 따라 중추 신경계 과정을 거쳐 협응된 신경 근육적 반응을 통하여 유지되는 복합적인 과정으로^{21,22}, 슬관절 고유

수용성 감각과 대퇴 근력 외에도 시각, 중추신경계 반응 등의 복합적인 인자가 관여함으로 통증에 대한 순수한 영향력을 고려하기는 어려울 것으로 생각된다.

골관절염 환자에서 고유수용성 감각 저하는 대퇴근력을 감소시키고, 보행이나 동적 균형과 같은 기능적 활동에 더 많은 제한을 줄 수 있다고 하였으며, 고유 수용성 감각과 근력 사이의 상호 작용은 동적 균형과 같은 기능적 활동에 유의하게 연관되어 있다고 하였다²³. 이번 연구에서는 양측 무릎 통증을 고려하여, 대퇴근력, 고유수용성감각, 균형의 상관성을 분석하였을 때, 일부에서 고유수용성 감각 저하와 슬관절 신전근의 근력 약화에 유의한 상관성이 있었으며, 고유수용성 감각과 균형에 유의한 상관성이 있었다.

이번 연구의 제한점으로는 첫째, 연구 결과의 해석에서 우열 측 다리에 대한 고려가 부족하였다. 이번 연구에서는 33명 중 29명이 우측이 우열 측 다리였으며, 22명이 우측에서 더 심한 통증을 호소하였다. 그러나 정상인을 대상으로 시행한 이전 연구들에서 우열 측 다리와 비 우열 측 다리 사이에 의미 있는 대퇴 근력의 차이가 관찰되지 않았다고 보고되어²⁴, 이번 연구에서는 통증의 중증도에 따라 양측을 비교하여 분석하였다. 둘째, 연구 대상자 33명 중 1명을 제외한 32명이 여자로 구성되어 있어 이번 연구의 제한점으로 작용할 수 있다. 셋째, 연구 대상자의 수가 적어 각 인자들의 명확한 관계를 확인하기 위한 추후의 대규모 연구가 필요할 것이다.

따라서, 본 연구에서는 종창이 없는 슬관절 골관절염 환자에서 슬관절 통증이 슬관절 신전근의 약화와 관련이 있었으나, 슬관절의 고유수용성감각과 균형에는 통계적으로 유의한 관련은 없었다. 무릎 통증과 슬관절 고유수용성감각의 경우 상대적으로 비만한 서양인을 대상으로 시행된 이전 연구들과 달리 상대적으로 비만하지 않은 한국인에서 시행된 연구로서 그 의미가 있다고 생각되며, 각 인자들의 명확한 관계를 확인하기 위한 추후의 대규모 연구 등이 필요할 것이다.

References

1. Guccione AA, Felson DT, Anderson JJ, et al. The effects of specific medical conditions on the functional limitations of elders in the Framingham Study. *Am J Public Health* 1994; 84:351-8.
2. Hurley MV, Rees J, Newham DJ. Quadriceps function, proprioceptive acuity and functional performance in healthy young, middle-aged and elderly subjects. *Age Ageing* 1998; 27:55-62.

3. Mun KH, Oh SH, Kang BG, Lee YG. The effect of closed-needle irrigation of knee in patients with osteoarthritis. *J Korean Acad Rehabil Med* 1998;22:196-203.
4. Nordesjo LO, Nordgren B, Wigren A, Kolstad K. Isometric strength and endurance in patients with severe rheumatoid arthritis or osteoarthrosis in the knee joints. A comparative study in healthy men and women. *Scand J Rheumatol* 1983; 12:152-6.
5. Marks R, Quinney HA, Wessel J. Proprioceptive sensibility in women with normal and osteoarthritic knee joints. *Clin Rheumatol* 1993;12:170-5.
6. Hassan BS, Mockett S, Doherty M. Static postural sway, proprioception, and maximal voluntary quadriceps contraction in patients with knee osteoarthritis and normal control subjects. *Ann Rheum Dis* 2001;60:612-8.
7. Wegener L, Kisner C, Nichols D. Static and dynamic balance responses in persons with bilateral knee osteoarthritis. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997;25:13-8.
8. Spencer JD, Hayes KC, Alexander IJ. Knee joint effusion and quadriceps reflex inhibition in man. *Arch Phys Med Rehabil* 1984;65:171-7.
9. Cho YR, Hong BY, Lim SH, et al. Effects of joint effusion on proprioception in patients with knee osteoarthritis: a single-blind, randomized controlled clinical trial. *Osteoarthritis Cartilage* 2011;19:22-8.
10. Hassan BS, Doherty SA, Mockett S, Doherty M. Effect of pain reduction on postural sway, proprioception, and quadriceps strength in subjects with knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 2002;61:422-8.
11. Messier SP, Glasser JL, Ettinger WH Jr, Craven TE, Miller ME. Declines in strength and balance in older adults with chronic knee pain: a 30-month longitudinal, observational study. *Arthritis Rheum* 2002;47:141-8.
12. Felson DT, Gross KD, Nevitt MC, et al. The effects of impaired joint position sense on the development and progression of pain and structural damage in knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum* 2009;61:1070-6.
13. Sharma L, Pai YC, Holtkamp K, Rymer WZ. Is knee joint proprioception worse in the arthritic knee versus the unaffected knee in unilateral knee osteoarthritis? *Arthritis Rheum* 1997;40:1518-25.
14. Hall MC, Mockett SP, Doherty M. Relative impact of radiographic osteoarthritis and pain on quadriceps strength, proprioception, static postural sway and lower limb function. *Ann Rheum Dis* 2006;65:865-70.
15. Altman R, Asch E, Bloch D, et al. Development of criteria for the classification and reporting of osteoarthritis. Classification of osteoarthritis of the knee. Diagnostic and Therapeutic Criteria Committee of the American Rheumatism Association. *Arthritis Rheum* 1986;29:1039-49.
16. Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteoarthrosis. *Ann Rheum Dis* 1957;16:494-502.
17. Sahin N, Baskent A, Cakmak A, Salli A, Ugurlu H, Berker E. Evaluation of knee proprioception and effects of proprioception exercise in patients with benign joint hypermobility syndrome. *Rheumatol Int* 2008;28:995-1000.
18. Tinetti ME, Williams TF, Mayewski R. Fall risk index for elderly patients based on number of chronic disabilities. *Am J Med* 1986;80:429-34.
19. Wang L, Li JX, Xu DQ, Hong YL. Proprioception of ankle and knee joints in obese boys and nonobese boys. *Med Sci Monit* 2008;14:CR129-35.
20. Grob KR, Kuster MS, Higgins SA, Lloyd DG, Yata H. Lack of correlation between different measurements of proprioception in the knee. *J Bone Joint Surg Br* 2002;84:614-8.
21. Koceja DM, Allway D, Earles DR. Age differences in postural sway during volitional head movement. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80:1537-41.
22. Whipple R, Wolfson L, Derby C, Singh D, Tobin J. Altered sensory function and balance in older persons. *J Gerontol* 1993;48:71-6.
23. van der Esch M, Steultjens M, Harlaar J, Knol D, Lems W, Dekker J. Joint proprioception, muscle strength, and functional ability in patients with osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum* 2007;57:787-93.
24. Zakas A, Grammatikopoulou MG, Zakas N, Zahariadis P, Vamvakoudis E. The effect of active warm-up and stretching on the flexibility of adolescent soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2006;46:57-61.