

슬관절 골관절염 환자의 방사선학적 소견의 심각성과 통증 및 기능장애수준 간에 상관성

김대훈 · 장현정¹ · 전재균² · 김선엽[†]

대전대학교 보건의료대학원 물리치료학과, ¹대전대학교 보건의료과학대학 물리치료학과, ²대전선병원관절센터

Relationship between the Severity of Radiographic Features and Degree of Pain and Dysfunction in Patients with Knee Osteoarthritis

Dae-hoon Kim, PT, BSc · Hyun-joung Jang, PT, PhD¹ ·
Je-gyun Cheon, MD, PhD² · Suh-yeop Kim, PT, PhD[†]

Dept. of Physical Therapy, The Graduate School of Health Medicine, Daejeon University

¹Dept. of Physical Therapy, College of Health and Medical Science, Daejeon University

²Dept. of Joint Center, Daejeon Sun Medical Center

Received: September 23, 2015 / Revised: September 25, 2015 / Accepted: October 28, 2015

© 2015 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This study aimed to assess the relationship between the severity of radiographic features and pain and function in patients with knee osteoarthritis (KOA).

METHODS: Seventy-eight subjects (14 men, 64 women) with KOA, between the ages of 41 and 83 years (mean age, 61.29 years), were included. All the subjects diagnosed with KOA were scored for severity of radiographic KOA according to the Kellgren-Lawrence (K/L) grade, visual analogue scale (VAS), knee joint range of motion (ROM), Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), maximum muscle power (MMP), and

sit-to-stand (STS) and one-leg standing (OLS) tests. Associations among the K/L grade, diagnosis, pain, and function were examined by correlation analysis.

RESULTS: There were no significant differences between the K/L grade, and the VAS, STS test time, and WOMAC scores ($p > .05$). There were no significant differences between the K/L grade, bilateral ROM, MMP, and left OLS test time ($p > .05$). However, there was a significant difference between the K/L grade and right OLS test time ($p < .05$). The K/L grade was negatively correlated with the left OLS test time ($r = -.24$, $p < .05$) and with the right OLS test time ($r = -.307$, $p < .01$).

CONCLUSION: These results suggest that radiographic KOA was not associated with pain, knee MMP, ROM, and STS test time, but had a weak negative correlation with OLS test time.

Key Words: Dysfunction, Kellgren-Lawrence scale, Knee, Osteoarthritis, Pain

[†]Corresponding Author : kimsy@dju.kr

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.

I. 서론

골관절염(osteoarthritis: OA)은 주로 손과 척추, 슬관절 또는 고관절에 흔히 침범하는 대표적인 관절 질환으로(Hootman과 Helmick, 2006), 65세 이상의 약 40%가 OA로 인한 통증과 기능장애를 경험한다고 보고되고 있다(Dawson 등, 2004). 이러한 OA는 손상, 나이와 유전, 통증, 근력약화, 비만, 고유수용감각의 상실, 관절 불안정성, 하지의 부정렬 등의 복합적 요소로 발생하는 관절질환이며, 통증관리와 재활, 수술비용 발생과 같은 건강과 관련된 직접적인 문제와 생산성 상실 등 간접적인 문제를 유발하고, 삶의 질과 같은 개인적 측면부터 사회경제적 측면에 손실까지 많은 부정적인 문제를 야기한다(Tarride 등, 2012).

슬관절 골관절염(knee osteoarthritis: KOA)은 인구의 약 12%가 겪는 퇴행성 골관절염 중에서도 유병률이 가장 높은 질환이며, 침범된 관절 연골의 침식, 활액막의 염증, 연골 경화, 골극(osteophyte)과 같은 의학적, 병리학적 소견이 나타난다(Dillon 등, 2006). 이러한 관절 내 병리학적 문제들은 관절의 통증, 부종, 뻣뻣함, 기형, 가동범위의 제한, 근력과 기능상실과 같은 기능상의 문제들을 유발하며, 일상생활 활동 전반에 제한을 초래한다(Dillon 등, 2006; Weinstein 등, 2006). 특히 KOA에 의한 관절가동범위의 감소와 대퇴사두근의 근력 약화는 보행의 역학적 변화를 유발하여 관절에 가해지는 부하를 증가시켜 무릎 관절면의 지속적인 손상과 KOA의 진행을 가속화 시키고, 기계적 수용기에 영향을 미쳐 균형 조절 기능 능력에 심각한 손상을 초래한다(Andriacchi 등, 2004; Gauchard 등, 2010).

이러한 KOA의 의학적 상태의 심각성 정도를 평가하는 방법으로는 Szebenyi 등(2006)이 제시한 Kellgren-Lawrence(K/L) 등급평가가 흔히 임상에서 적용되고 있으며, 이는 슬관절에 골극의 정도와 위치, 대퇴슬개관절의 간격과 대퇴경골관절의 간격에 대한 방사선영상 분석을 종합하여 슬관절의 손상 수준을 나타내고, 현재 그리고 미래의 통증수준을 예측하는데 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 그러나 K/L 등급평가는 KOA 환자의 의학적, 병리학적 상태의 심각성 정도를 객관화

시킬 수는 있으나 환자에게 나타나는 통증이나 기능수준을 예측하고 확인하는데는 어려움이 있다.

실제 Foley 등(2006)의 연구에서 50~80세의 850명의 OA환자를 연구한 결과 방사선영상 분석을 통해 기능적 낙상의 위험율과는 상관관계가 없다고 하였으며, George 등(2014)도 방사선영상, 초음파 또는 자기공명영상(magnetic resonance imaging)을 이용하여 관절의 손상 수준을 측정할 수는 있지만, 통증의 정도는 알 수 없으며 손관절의 구조적 손상과 증상은 서로 일치하지 않는다고 보고하였다. Walczak 등(2008)의 연구에서도 아무 증상이 없는 사람에게 자기공명영상을 이용해 진단한 결과, 89.3%이 비정상적인 소견을 보이며, 50% 이상은 수술적 처치가 필요한 수준이었다고 하였고, Girish 등(2011)도 초음파 영상을 이용한 연구에서 증상이 전혀 없는 사람들에 96%의 어깨가 비정상적인 양상을 보였으며, 신체적 증상과 의학적 손상 수준 간에 차이가 있다고 하였다. Haugen 등(2013)은 손관절 관절염 환자의 방사선적 진단의 특성과 압통수준, 관절의 침식, 부정렬, 관절내 간격은 서로 높은 수준의 상관성이 있으나, 일반적 통증과 증상, 손의 기능수준 간에는 상관성은 약하였다고 하였다. 또한 Hall 등(2014)도 243명의 슬관절 골관절염 환자의 방사선영상의 특징과 초음파 영상의 특징을 비교한 결과, 관절의 비대와는 중등도의 상관관계가 있었지만, 통증정도와는 상관성은 없다고 하였다. 이처럼 의학적 진단 소견 및 병리적 상태가 실제적인 기능수준과 통증수준 간에 상관성에 대해서는 아직 논란의 여지가 많다.

KOA 환자의 의학적 측면에서 질병의 심각성 수준과 신체적 수준이 환자가 인식하는 통증이나 기능적 장애 수준 간에 상관성은 임상에서 환자를 치료하고 관리하는 과정에 매우 중요한 부분일 것이다. 그러나 국내의 물리치료 분야에서 KOA 환자의 의학적 심각성 정도와 통증 및 기능수준 간의 상관관계에 대한 연구들은 현재 많이 부족한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 KOA의 의학적 손상 수준 특히 방사선학적 소견에 따른 심각성 수준과 환자가 인식하는 통증수준과 슬관절의 관절가동범위, 근력, 균형수준, 기능장애수준 등 특성 간에 상관관계가 어느 정도 있는지를 알아보고자 실시하였다.

II. 연구 방법

1. 연구대상자

본 연구는 D시에 소재한 S병원에 내원하는 KOA의 진단을 받은 환자 93명을 대상으로 시행하였다. 제외기준에 해당하는 15명의 대상자가 제외되어, 총 78명의 대상자가 연구에 참여하였다. 모든 연구대상자는 연구의 목적과 절차에 대하여 구두로 설명을 들은 후 자발적인 동의를 하고 시행하였으며, 선정조건은 의학적으로 KOA 진단을 받은 자로, 40세 이상인 자, 양쪽 혹은 한쪽에 KOA 증상이 발생한 자, 내/외측 연골에 의학적 문제가 있는 자로 하였다. 제외조건은 3주 이내에 하지에 외상이 받은 경험이 있는 자, 하지에 신경학적 손상과 증상이 있는 자, 지난 몇 년간 심혈관계의 의학적으로 문제가 있는 자, 지난 6개월 이내에 한 쪽 다리에 정형외과적 수술의 경험이 있는 자로 하였다.

2. 연구 절차

연구대상자들은 연구를 진행한 병원에 내원하여 정형외과 전문의로부터 슬관절의 방사선촬영 영상사진을 기초로 하여 KOA 진단받고 방사선학적 심각성을 판단하기 위해 일반적으로 사용되고 있는 Kellgren-Lawrence(K/L) 등급을 이용해 손상 수준을 판정받았다. 또한 대상자들은 일반적 특성과 과거 병력, 통증수준과 WOMAC 지수(Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index)에 대한 설문지를 직접 작성하였다. 이후 모든 대상자들은 본 연구에서 선정한 기능평가측, 슬관절의 관절가동범위, 최대 근력(maximum muscle power; MMP), 하지기능검사, 정적균형검사를 실시하였다. 모든 검사는 3번 측정하여 평균값을 기록하였다.

3. 평가 방법

1) 골관절염의 방사선촬영 소견에 대한 심각성 평가

골관절염의 방사선촬영 소견에 대한 심각성 평가는 K/L 등급을 사용하였다. 이 평가는 세계보건기구(World Health Organization)에서 인정하는 골관절염의

수준을 방사선 영상자료를 분석하여 진단하는 방법이며, 임상 현장에 골관절염의 손상 수준을 진단하는데 가장 일반적으로 사용되고 있는 척도이다. 이 등급은 다음의 기준에 따라 골관절염의 의학적 손상 수준을 0-4등급으로 분류된다. 0등급은 아무런 골관절염 양상이 보이지 않는 상태, 1등급은 관절 공간이 좁아지거나 골극이 형성 될 가능성이 있는 상태. 2등급은 관절 공간이 좁아질 가능성이 있고, 골극이 형성되어 있는 상태. 3등급은 관절 간격이 좁아지며 중등도의 다발성 골극이 관찰되고, 골 경화와 골형태에 변형이 관찰되는 상태. 그리고 4등급은 관절 간격이 현저하게 좁아지며, 중증의 골극들이 관찰되고, 심한 골 경화와 골 형태에 심한 변형이 관찰되는 상태로 판정된다(Kellgren과 Lawrence, 1957). 본 연구에서는 정형외과전문의가 직접 대상자를 진료하고 슬관절 골관절염 등급 판정을 수행하였다.

2) 통증수준

대상자가 경험하고 있는 슬관절 부위에 통증수준을 평가하기 위하여 시각적 상사척도(visual analogue scale: VAS)를 사용하였다. VAS는 10 cm 길이의 직선으로 되어있으며 환자가 현재 느끼는 통증의 정도를 0점 ‘전혀 아프지 않다’, 10점 ‘참을 수 없을 만큼 아프다’ 사이의 수치로 나타내며 측정자내 신뢰도는 .92, 측정자간 신뢰도는 .86으로 높은 신뢰도를 보인다(Martins 등, 2015).

3) 슬관절의 관절가동범위

슬관절의 굴곡/신전 관절가동범위(range of motion: ROM)를 측정하기 위하여 관절각도기(Jamar EZ-Read, Clifton, New Jersey, USA)를 사용하였다. 슬관절의 ROM은 최대 수동 굴곡과 최대 수동 신전 시에 전체 ROM을 측정하였다. 측정 자세는 바로누운자세에서 시행하였고, 각도기의 고정팔은 대퇴골 대전자부터 외측상과 정중앙의 수직선상에 위치하고, 움직임 팔은 대퇴골 외측상과의 정중앙부터 비골 외과의 중앙 수직선상에 위치한 다음, 움직임의 범위를 측정하였다. 슬관절 신전 상태를 0°로 측정하고 과신전은 음의 값으로 기

록하였고, 굴곡 범위는 발뒤꿈치가 바닥에서 떨어지지 않고 엉덩이 쪽으로 최대한 굴곡하는 각도를 측정하였다. 위와 같은 방법을 3회 반복 측정하였고 그 평균값을 사용하였으며, 슬관절의 굴곡/신전 ROM은 굴곡 각도에서 신전 각도를 뺀 값으로 계산하였다. 관절각도기를 이용한 슬관절 관절가동범위 검사방법의 측정자내 신뢰도는 .97, 측정자간 신뢰도는 .99로 높은 신뢰도를 보이고 있다(Rothstein 등, 1983).

4) 슬관절 굴곡/신전근 근력

슬관절의 굴곡근과 신전근의 최대 근력을 측정하기 위하여 휴대용 근력 측정기(SN-500, Sunwoo, Korea)를 이용하여 최대 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction)을 할 때 최대 근력(Newton)을 측정하였다. 슬관절 굴곡근은 의자에 앉아 수건을 슬와부 밑에 두고, 고관절과 슬관절은 각각 90° 상태로 근력 측정기를 비골 외과 뒤쪽 위에 놓고 측정하였다. 슬관절 신전근은 고관절 굴곡 90°와 슬관절 굴곡 45° 자세에서 근력 측정기를 비골 외과 앞쪽 위에 놓고 시행하였다. 슬관절 근력 측정은 대상자가 3초 동안 상체와 다른 하지의 움직임 없이 최대한 신전 또는 굴곡 힘을 주게 하고 연구자는 대상자가 최대한 힘을 낼 수 있도록 격려하였으며, 근 피로를 최소화하기 위하여 측정 간에 30초의 휴식을 주었다. 위와 같은 방법을 3회 반복 측정하고 그 평균값을 사용 하였다(Whiteley 등, 2012; Wuang 등, 2013). 근력 측정기는 연속측정과 최대값 고정 기능으로 2 N에서 500 N까지 측정이 가능하고, 근력 측정기의 측정자내 신뢰도는 .89로 높은 신뢰도를 보이고 있다(Hicks 등, 2003).

5) 하지의 기능장애수준

하지의 기능장애수준을 평가하기 위해 WOMAC 지수를 측정하였다. WOMAC 지수는 고관절이나 슬관절의 OA 환자의 통증과 기능수행 수준을 평가하도록 고안된 자가기입식 질문지이다. 총 24 항목으로 구성되어 있고, 세부 항목으로 통증(5개 항목)과 관절의 뻣뻣함(2개 항목), 그리고 신체적 기능(17개 항목) 세 가지 분야의 상태를 평가하도록 구성되어 있다. 통증 항목은 활

동 또는 휴식 동안의 상태를 알아보도록 구성되어 있다(Bellamy 등, 1988.) 각 질문은 리커트형 척도(Likert scale)로 0=없음, 1=약간, 2=보통, 3=심함, 4=매우 심함으로 구성되어 있다. 각 세부 항목의 점수 범위는 통증은 0-20점, 뻣뻣함은 0-8점, 신체적 기능은 0-68점으로 총 96점이다. 이 평가도구의 측정자내 신뢰도는 통증 항목은 .76-.95, 뻣뻣함은 .89-.94, 신체적 기능 항목은 .71-.95이며, 측정자간 신뢰도는 통증이 .76-.94, 뻣뻣함은 .54-.94, 신체적 기능항목은 .70-.95로 높은 신뢰도를 보이고 있다. 또한 타당도는 통증이 .79, 뻣뻣함은 .66, 신체적 기능은 .67이었다(Ko 등, 2009).

6) 앉아서 일어서기 검사

하지의 기능을 평가하기 위하여 앉아서 일어서기(sit to standing; STS) 검사를 실시하였다. 평가를 위해 사용한 의자는 대상자가 앉았을 때 고관절과 슬관절의 각도가 90°가 되는 높이로 조절 가능하며, 팔걸이와 등받이가 없는 의자에서 실시하였다. 낙상 방지를 위하여 의자는 벽 앞에 위치하였고, 대상자의 대퇴골 중간 지점이 의자의 끝 부분에 위치하게 하였다. 대상자의 고관절과 족관절은 중립 자세를 취하게 하였고, 연구자는 대상자에게 수행 방법을 설명하고 방법을 보여준 다음 2회를 연습하도록 하였다. 대상자는 가능한 한 빠르게 의자에 앉았다가 일어서는 동작을 5회 수행하는 동안에 시간(초)을 측정하였으며, 수행 시에 대상자에게 의자를 밀지 않도록, 양 팔로 가슴을 감싸고 실시하도록 교육하였다. 측정자는 초시계를 이용하여 수행하는 시간을 측정하였다. 측정자의 '시작'이라는 소리와 함께 대상자는 의자에서 일어섰다 앉았다를 5회 반복 수행하고 마지막 5회째 의자에 엉덩이가 앉는 순간의 시간을 기록하였다. 위와 같은 방법을 총 3번 반복 측정하였고 그 평균 시간을 기록하였다(Tiedemann 등, 2008). 이 검사의 측정자내 신뢰도는 .76-.99이었고, 측정자간 신뢰도는 .97-1.00으로 높은 신뢰도를 보이고 있다(Lord 등, 2002).

7) 균형능력

대상자의 균형능력을 평가하기 위해 정적균형검사

의 한 방법인 한 다리 서기(one leg standing; OLS) 검사를 실시하였다. OLS 검사는 우리의 신체와 환경적인 복합적 요소의 균형과 낙상과의 상관관계를 평가하기 위해 임상에서 흔하게 이용된다(Woollacott와 Shumwaycook, 1990). 이 검사를 위해 대상자는 양팔로 가슴을 감싸고 눈을 뜬 상태로 편안하게 맨발로 서고 정면을 바라보게 하고, 손상측과 비손상측의 양쪽 다리를 교대로 '시작'이라는 소리와 함께 한쪽 다리를 바닥으로부터 떼는 순간부터 시간(초)을 측정하였다. 이 때 바닥으로부터 고정된 다리가 움직이거나, 들었던 다리가 지면에 닿거나, 들었던 다리를 바닥에 고정되어 있는 다리에 기대어 체중을 지지하거나, 포개었던 팔이 풀어지면 이 검사를 중지하고 그 때까지의 시간을 기록하였다(Briggs 등, 1989). 최대 수행 시간은 30초로 정하여 그 이상 지속되는 경우 중단하였다. 이 과정을 3번 반복 측정하고 그 평균 시간을 기록하였다. 한 다리 서기 검사는 측정자간/측정자내 신뢰도는 .95-.99로 높은 신뢰도를 보이고 있다(Franchignoni 등, 1998).

4. 자료 분석

이 연구에서 수집된 자료들은 부호화 한 후 통계프로그램인 SPSS ver. 18.0(SPSS Inc. Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술통계를 이용하였고 남녀 간에 특성을 비교하기 위하여 독립표본 t-검정을 이용하였다. K/L등급에 따른 통증수준과 ROM, MMP, WOMAC 지수, STS, OLS 검사 결과의 차이를 알아보기 위하여 일원배치 분산분석(one-way analysis of variation)을 이용하였으며, 사후검정으로 본페로니(Bonferoni) 검정을 실시하였다. 또한 K/L등급과 통증수준, ROM, 근력, WOMAC 지수, STS, OLS 검사 간에 상관성을 알아보기 위하여 스피어만(Spearman)상관분석을, K/L등급을 제외한 기타 변수간에 상관성은 피어슨(Pearson) 상관분석을 실시하였다. 모든 분석 시 통계학적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 하였다.

III. 연구 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성과 성별 의학적 특성과 통증수준, 기능수행 수준 비교

연구대상자들의 일반적인 특성과 의학적 특성 그리고 통증수준, 기능수행 수준을 Table 1에 제시하였다. 전체 대상자는 78명이었고, 남녀 간에 평균연령과 체질량지수는 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 슬관절에 통증이 시작된 시기는 여성이 38.49개월로 남자에 비해 유의하게 더 길었고($p<.01$), KOA 진단을 받은 시기도 남자에 비해 여자가 유의하게 더 길었으나($p<.05$), 통증이 발생한 시기와 KOA 진단을 받은 시점 간에 시간 차이는 남녀 간에 유의한 차이는 없었다($p>.05$).

KOA의 발생 부위와 K/L 등급은 성별과 각각 관련성이 없었다. 또한 슬관절부에 통증수준과 STS 시간도 남녀 간에 유의한 차이가 없었으며, WOMAC 지수와 세부 항목의 점수도 남녀 간에 차이가 없었다. KOA 진단을 받은 쪽 슬관절에 ROM은 좌측 슬관절에서는 남녀 간에 차이가 없었으나, 우측 슬관절에서는 여자에 비해 남자의 ROM이 유의하게 작았고($p<.05$), OLS 시간은 양쪽 슬관절 모두에서 남녀 간에 유의한 차이가 없었다(Table 1).

2. 슬관절 골관절염의 의학적 손상 정도에 따른 통증수준과 기능장애수준, 앉았다 일어서기 기능수준의 비교

KOA의 K/L 등급에 따른 슬관절부의 통증수준과 기능장애수준 그리고 STS 시간을 비교하였다(Table 2). KOA의 K/L 등급에 따른 통증수준과 STS 시간 그리고 WOMAC 지수의 총점 그리고 각 세부항목별 점수 모두가 K/L 등급 간에 유의한 차이는 없었다($p>.05$)(Table 2).

3. 슬관절 골관절염의 의학적 손상 정도에 따른 손상측 슬관절에 근력과 관절가동범위, 한 다리 서기 시간의 비교

KOA의 K/L 등급에 따른 슬관절 굴곡/신전근 MMP와 ROM, OLS 시간을 비교하였다(Table 3). 슬관절의 굴곡/신전근 MMP와 굴곡/신전 ROM은 좌측과 우측

Table 1. General and medical characteristics, degree of pain and functional level of subjects.

Variables (units)		Male (n=14)	Female (n=64)	χ^2/t	p
Age (years)		61.71±8.29 ^a	61.2±10.1	.18	.86
Height (cm)		169.29±5.91	155.98±5.48	.00	.00
Weight (kg)		71.25±8.48	61.55±10.72	.18	.00
BMI ^b (score)		24.83±2.21	25.19±3.54	-4.9	.63
Knee pain starting time (months)		12.43±16.86	38.49±61.57	.27	.00
Time to medical diagnosed (months)		8.00±10.20	32.14±61.45	.14	.00
From knee pain to medical diagnosis (month)		4.40±15.72	6.35±17.79	-.37	.71
Osteoarthritis involved side	right	7(50.00) ^c	12(18.75)	-9.8	.34
	both	3(21.43)	38(59.38)		
	left	4(28.57)	14(21.88)		
K/L ^d grade	1	3(21.43)	14(21.88)	-1.11	.31
	2	5(35.72)	14(21.88)		
	3	4(28.57)	13(20.21)		
	4	2(14.29)	23(35.94)		
K/L grade (score)		2.36±1.01	2.70±1.18	2.94	.40
VAS ^e (cm)		5.56±1.75	6.05±2.10	-9.8	.33
Range of motion (degree)	right [†]	136.14±13.93	143.45±10.75	.53	.03
	left [†]	140.43±7.33	142.10±13.85	-.44	.66
Sit to stand (sec)		10.40±2.28	12.08±5.32	-1.15	.26
One leg standing (sec)	right [†]	20.48±9.01	15.49±11.50	1.06	.29
	left [†]	18.22±10.56	14.60±11.75	1.77	.09
WOMAC ^f (score)	pain	5.21±3.38	7.05±5.21	-1.26	.21
	stiffness	1.93±1.94	2.20±2.15	-.44	.66
	function	20.50±15.57	18.11±13.44	.59	.56
	total	27.64±20.22	27.36±18.08	.05	.96

^amean±standard deviation, ^bbody mass index, ^cnumbers (%), ^dKellgren-Lawrence grade, ^evisual analogue scale, ^fWestern Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index, [†]osteoarthritis involved side

Table 2. Comparison of the pain, WOMAC score, and sit-to-stand test time according to the Kellgren-Lawrence grade at diagnosis

Variables (units)	K/L ^a grade				F	Significant	
	1 (n=17)	2 (n=19)	3 (n=17)	4 (n=25)			
VAS ^b (cm)	4.95±2.38 ^c	6.21±1.78	5.71±1.90	6.58±1.89	2.49	ns	
WOMAC ^d (score)	pain	7.88±6.13	5.16±3.47	5.71±4.82	7.80±4.96	1.61	ns
	stiffness	2.35±2.26	1.79±1.65	1.71±1.49	2.60±2.60	.87	ns
	function	20.29±15.44	17.68±16.16	14.12±9.47	21.00±13.07	.97	ns
	total	30.53±20.51	24.63±20.30	21.53±13.68	31.40±17.64	1.30	ns
Sit to standing (sec)	11.07±3.84	10.74±2.23	12.42±4.90	12.57±6.83	.68	ns	

^aKellgren-Lawrence grade, ^bvisual analogue scale, ^cmean±standard deviation, ^dWestern Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index, ns: non significant

Table 3. Comparison of the knee muscle power, range of motion, and one-leg standing test time according to the Kellgren-Lawrence grade

		K/L ^a grade					
Rightknee †		1 (n=12)	2 (n=15)	3 (n=11)	4 (n=22)	F	post-hoc
MMP ^b (N)	flexor	184.14±31.77 ^c	162.40±47.47	184.18±43.31	148.83±51.10	2.29	ns
	extensor	181.56±47.76	180.09±42.24	194.30±30.31	149.58±53.23	2.93	ns
Range of motion (°)		143.83±10.40	146.20±8.99	136.45±16.05	137.45±12.81	2.24	ns
One leg standing (sec)		19.22±12.07	22.80±8.60	13.82±11.53	11.62±10.74	3.54*	2>4
Leftknee †		1 (n=12)	2 (n=16)	3 (n=12)	4 (n=19)	F	post-hoc
MMP (N)	flexor	179.00±45.86 ^a	165.27±46.55	182.50±34.80	143.58±47.40	2.39	ns
	extensor	165.28±66.95	179.25±42.30	200.64±38.73	149.79±60.23	2.47	ns
Range of motion (°)		138.53±16.83	142.31±9.04	141.33±17.48	139.79±13.59	.19	ns
One leg standing (sec)		14.86±11.72	20.25±11.16	17.66±12.57	11.01±11.49	1.86	ns

^aKellgren-Lawrence scale, ^bmaximum muscle power, ^cmean±standard deviation, ns: non significant, †osteoarthritis involved side, *p<.05.

슬관절에서, 그리고 좌측 슬관절에 OLS 시간은 K/L 등급에 따라 유의한 차이가 없었다. 그러나 우측 KOA 대상자의 OLS 시간은 K/L 등급에 따라 유의한 차이를 보였고(p<.05), 사후검정 결과 K/L 2등급인 대상자가 4등급 대상자 보다 OLS 시간이 유의하게 길었다 (p<.05)(Table 3).

4. 슬관절 골관절염 발생측에 따른 의학적 손상 등급과 통증수준, 기능장애수준, 앉았다 일어서기 기능의 비교

KOA가 발생된 부위가 한 쪽인 대상자와 양쪽에 발생된 대상자 간에 K/L 등급과 통증수준, 기능장애수준에 차이가 있는가를 알아보았다(Table 4). KOA가 양쪽 다리에 발생된 대상자와 한 쪽에 발생된 대상자 간에 평균연령은 차이가 없었고(p>.05), BMI는 양쪽 보다 한 쪽 다리에 KOA가 발생된 대상자가 유의하게 더 높았다(p<.05). K/L 등급과 손상 발생 부위 특성 간에는 관련성이 없었으며, K/L 등급 점수도 두 군 간에 유의한 차이가 없었다. 통증수준은 KOA가 양쪽 다리에 발생된 대상자가 한 쪽 다리에만 발생된 대상자보다 유의하게 더 높았다(p<.05). 그러나 WOMAC 지수와 STS 시간은 두 군 간에 유의한 차이가 없었다(Table 4).

5. 슬관절 골관절염의 의학적 손상 수준과 통증수준, 관절가동범위, 근력, 기능수준 간에 상관성

KOA의 K/L 등급과 통증수준, ROM, MMP 그리고 기능수행수준 간에 상관관계를 알아보았다(Table 5). K/L 등급과 슬관절의 통증수준, 굴곡/신전 ROM, 손상측 슬관절에 신전 MMP, 그리고 WOMAC 지수, STS 시간 사이에는 각각 유의한 상관성이 없었다. 그러나 K/L 등급과 손상된 좌측 슬관절 굴곡근 MMP은 음의 상관성을 보였다(r=-.28, p<.05). 또한 K/L 등급과 양쪽 다리의 OLS 시간 사이에도 유의한 상관성이 있었다 (p<.05). 즉, 관절염 등급이 높을수록 한 다리로서 있는 시간이 짧았다(Table 5).

IV. 고 찰

OA의 의학적 손상 정도와 통증, 기능장애수준 간에 상관성에 대한 의견들은 아직 분분하다. Oak 등(2013)은 슬관절의 간격이 좁아질수록 슬관절의 구조적 손상과 통증수준, 뻣뻣함 수준이 증가하고, ROM과 근력, 삶의 질 수준이 감소한다고 하였으며, KOA에 의한 구조적 손상은 슬관절에 가해지는 부하를 증가시켜 KOA

Table 4. Comparison of the pain, Kellgren-Lawrence grade and functional level according to the involved side

Variables (units)	Osteoarthritis involved side		t/χ ²	p	
	Bilateral (n=41)	Unilateral (n=37)			
Age (years)	61.44±10.55 ^a	61.14±8.85	-.14	.89	
BMI ^b	24.39±3.46	25.94±3.03	69.31	.04	
K/L ^c grade (score)	2.76±1.16	2.51±1.15	5.08	1.7	
K/L grade	1	7(17.07) ^d	10(27.03)	-.93	.36
	2	12(29.27)	7(18.92)		
	3	6(14.63)	11(29.73)		
	4	16(39.02)	9(24.32)		
VAS ^e (cm)	6.61±1.77	5.20±2.08	14.96	.00	
pain	6.61±4.03	6.84±5.88	.20	.84	
WOMAC ^f stiffness	2.12±2.24	2.19±1.97	.14	.89	
(score) function	18.22±12.34	18.89±15.36	.21	.83	
total	26.95±17.48	27.92±19.48	.23	.82	
Sit to standing (sec)	12.31±6.36	11.20±2.71	-.99	.33	

^amean±standard deviation, ^bbody mass index, ^cKellgren-Lawrence grade, ^dnumbers (%),
^evisual analogue scale, ^fWestern Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index.

Table 5. Correlation coefficient between the Kellgren-Lawrence scale and pain, muscle power, and functional variables

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
KL ^a	.22	-.21	-.04	-.19	-.16	-.28*	-.17	.07	.13	-.31**	-.24*
A		-.10	.10	-.48**	-.32**	-.53**	-.38**	.42**	.17	-.14	-.10
B			.24*	.15	.17	.05	.05	-.22	-.06	.25*	.15
C				-.04	.07	.10	.18	.00	-.09	.01	.02
D					.80**	.87**	.75**	-.34**	-.25*	.28*	.34**
E						.69**	.82**	-.44**	-.32**	.36**	.36**
F							.81**	-.31**	-.24*	.24*	.34**
G								-.37**	-.28*	.26*	.33**
H									.30**	-.40**	-.31**
I										-.24*	-.21
J											.83**

^aKellgren-Lawrence scale, A: visual analogue scale, B: right knee range of motion, C: left range of motion, D: right knee flexor power, E: right knee extensor power, F: left knee flexor power, G: left knee extensor power, H: Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index, I: sit to stand, J: right one leg standing, K: left one leg standing, *p<.05, **p<.01.

를 악화시킨다고 하였다. Lethbridge-Cejku 등(1995)도 156명의 OA 환자를 대상으로 한 연구에서 K/L 등급과 통증수준 간에 유의한 상관관계가 있다고 하였다. 반면에 Michael 등(2010)은 KOA의 손상수준이 통증수준과

는 상관성이 없으며, 관절염의 환자의 15%만이 통증을 호소한다고 보고하였다. Jones 등(2001)은 522명의 수부 관절염 환자의 통증에 정도에 따라 근력과 기능수준에 차이는 있었지만, 관절염의 손상수준과 근력, 기능

수준 간에는 상관관계가 없다고 하였다.

이러한 배경에서 본 연구는 KOA 환자의 의학적 손상수준과 통증 및 관절가동범위, 근력 그리고 기능수행 수준 요인들 간에 어느 정도의 상관성이 있는지 알아보 고자 하였다. 그 결과 K/L 등급에 따른 통증수준과 WOMAC-통증, WOMAC-뻣뻣함, WOMAC-기능 그리고 WOMAC-총점은 모두 K/L 등급 수준 간에 유의한 차이가 없었다. 또한 상관분석에서도 유의한 상관성이 나타나지 않았다. Szebenyi 등(2006)은 167명의 KOA 환자의 슬개대퇴관절의 간격과 대퇴경골관절의 간격, 슬개대퇴관절과 대퇴경골관절의 간격 그리고 골극의 유무, 연골하 경화 유무에 따른 통증수준은 차이는 있었지만, 종합적인 K/L 등급 간에는 통증수준의 차이는 없었다고 하였다. Cubukcu 등(2012)은 114명 KOA 환자의 연구에서 K/L 등급과 WOMAC-통증, WOMAC-뻣뻣 함, WOMAC-기능, WOMAC-총점은 등급 군 간에 유의한 차이는 없었으며, 기능적 손상수준을 결정할 때 KOA의 영상자료에 영상보다 환자의 나이, 통증수준이 더 중요한 요소라고 하였다. Cicuttini 등(1996)도 500명 KOA 환자를 대상으로 슬관절 간격에 차이가 통증수준 과 상관관계는 없었다고 보고하였으며 이러한 결과들은 본 연구의 결과와 일치하였다.

본 연구에서 통증수준과 WOMAC 점수 간에 양의 상관관계를 보였다. 즉 환자가 인지하는 통증수준이 높을수록 기능장애수준이 더 높다는 것을 의미하며, 이는 Cubukcu 등(2012)이 통증수준에 따라 WOMAC 점수가 양의 상관관계를 보인 연구와 일치하였다. Jørgensen 등(2015)은 슬관절 굴곡의 58도 이상 범위는 대퇴사두근의 부착 위치로 인한 벡터 힘에 의해 슬개골 을 압박하고 이 압박력은 슬개대퇴관절에 통증을 유발 할 수 있고, KOA를 더 가속화시킨다고 하였다. 따라서 본 연구에서는 슬관절 신전근이 슬관절에 영향을 최대한 줄여주어 최대 근력을 발휘할 수 있도록 중간 범위인 고관절 굴곡 90°와 슬관절 굴곡 45° 자세에서 시행하 였다(Hicks 등, 2003). 그 결과 통증수준과 양쪽 슬관절 굴곡근, 신전근의 근력(MMP) 수준 간에는 유의한 음의 상관관계를 보였다. 즉, 통증이 심할수록 슬관절굴곡근 과신전근의 근력이 약했다. 그러나 통증수준과 STS,

OLS 검사 결과와는 상관성이 보이지 않았다. 또한 K/L 등급에 따른 STS 시간은 상관성이 없었지만 OLS 시간 과는 음의 상관성을 보였다. 즉, OA 상태가 심각할수록 관절염이 발생된 쪽의 한 다리 서기 시간은 유의하게 짧았다. Liikavainio 등(2008)은 107명 남성 정상인과 통 증이 있는 KOA 환자를 비교한 연구에서 WOMAC-통 증 점수와 대퇴사두근의 근력 간에는 음의 상관관계를 보였으며, 물건 들어올리거나 STS, 계단 오르고 내리 기, 걷기, 20 m 걷기, 5분간 걷기 등의 기능수행 평가 결과와도 상관성이 있었다고 하였다. Anan 등(2015)은 KOA 환자가 STS 과제 수행 시 슬관절 신전근을 정상인 과 비교해 효율적으로 사용하지 못하기 때문에 몸의 무게중심을 전방으로 옮겨 하지 신전근의 역할을 도와 준다고 하였다. 본 연구의 결과에서 통증수준에 따라 슬관절 근력이 감소하였지만 STS 시간과 상관성이 없 었던 것은 슬관절 신전근의 근력 감소를 신체 역학적으 로 보상한 것으로 사료된다. Takacs와 Hunt(2012)는 OLS 검사는 닫힌 사슬 운동으로 지면 반발력 등 많은 역학적 부하가 슬관절에 집중된다고 하였다. 또한 Hunt 등(2009)은 KOA가 진행됨에 따라 하지의 구조적 변형 을 야기한다고 하였다. 한 쪽 다리로 서서 균형을 유지 하는 시간을 측정하는 OLS 검사는 OA 슬관절에 강한 부하를 가하고, 그로 인해 발생하는 통증이 중추신경계 에 영향을 주어 신경근 조절계에 이상과 그로 인한 하지 에 신경근 조절 능력에 영향을 주게 되어 결국 OLS 시간이 짧아지는 결과를 보였을 것이라 사료된다. 한쪽 혹은 양쪽 슬관절에 침범된 KOA에 차이에 따라 BMI와 의학적 손상 수준, 기능수행 수준은 유의한 차이가 없 었다. 그러나 인식하는 통증의 정도는 양쪽 KOA 환자 의 경우 6.61, 한 쪽 KOA 환자는 5.20으로 유의한 차이 가 있었다. Creaby 등(2012)은 보행을 하는 동안 양쪽 KOA 환자의 경우 통증수준은 2.3인 반면, 한쪽 KOA 환자는 1.8로 양쪽 KOA 환자가 더 심한 통증을 보여 본 연구의 결과와 유사함을 보였다.

Macdonald 등(2014)은 66%의 OA 환자들이 첫 임상 증상 발생시점과 의학적 진단을 받은 시점 이전까지 의사로부터 처방되지 않은 약물을 복용하며, 12% 이하 환자들만이 증상에 대한 의학적 관리를 받고, 첫 임상

증상과 의학적 진단을 받는 사이에 기간이 7.7년이라고 하였다. 이러한 기간의 차이는 환자가 경험하는 통증과 뻣뻣함과 같은 증상을 오랜 시간 스스로 견디며 지내고, 스스로 관리하는 방법을 선택하여, 통증의 감소와 기능 증진의 기회를 박탈하여 결과적으로 더 큰 기능적 손상을 유발하게 된다고 하였다. 본 연구의 결과는 통증 증상의 시작 시기가 남자의 경우 12.43개월 전, 여자는 38.49개월 전이었고, 의학적 진단을 받은 시기는 남자는 8.00개월 전, 여자는 32.14개월 전로 남녀 간에 통증 시기와 진단 시기의 차이 기간은 유의한 차이가 있었다. 그러나 통증 시작 시기와 진단 시기 간에 차이는 남자 4.43개월 여성 6.35개월로 차이가 없었다. 그러나 국외에서 진행된 선행 연구에서 통증의 시작 시기와 진단 시기 간에 차이가 7.7년이었던 것과는 상당한 차이가 있었다. 이러한 결과는 국가 간에 보건의료시스템 (health care system)의 특성과 제도적 특성으로 인한 의료 접근성의 차이라고 사료된다(Park, 2009).

임상가는 KOA환자의 증상 완화, 기능 손실의 예방, 기능 증진을 위하여 많은 치료의 계획을 세울 것이다(Bellamy 등, 1988). 또한 재활 또는 수술 등 치료 계획을 수립 할 때도 임상가는 방사선영상의 결과와 특징을 활용한다(Cicuttini 등, 1996). 따라서 본 연구는 임상적 의사결정을 내릴 때 영상의학적 특성과 신체 기능 수행 능력의 관계를 이해함으로써 보다 합리적인 의사결정을 내릴 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에는 몇 가지 제한점이 있다. 일개 병원에 내원한 환자를 78명을 대상으로 실시하였고 연구대상자가 크지 않기 때문에 모든 골관절염 환자에게 일반화하기에는 다소 한계가 있다. 또한 KOA의 손상 수준을 평가 시 슬개대퇴관절이나 대퇴경골관절의 간격과 골극의 유무, 연골하골 경화 유무 등 관련 의학적 손상 관련 요소들을 평가하지 않고 K/L 등급만을 이용하여 종합적으로 의학적 손상 특성을 반영하지 못하였다. 향후 슬관절 이외에 일반적으로 신체적 장애의 원인이 되는 다양한 인체 부위를 대상으로, 의학적 손상 특성과 환자가 실제로 인식하는 통증과 기능장애 수준 간에 관련성에 대한 연구와 좀 더 구체적인 의학적 손상과 심각성 수준을 평가할 수 있는 항목이 반영된 후속 연구

들이 이루어져야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 슬관절 골관절염 환자 78명을 대상으로 방사선영상 자료를 이용해 얻은 슬관절골관절염의 의학적 손상수준조건과 신체적 증상인 통증수준, 기능장애수준, 관절가동범위 그리고 슬관절부 근육수준차이와 상관성이 있는가를 알아보고자 시행되었다. 그 결과 슬관절 골관절염 환자의 의학적 손상수준의 등급에 따라 슬관절부에 통증수준과 관절가동범위 그리고 근육수준은 유의한 차이가 없었다. 그러나 의학적 손상수준과 상관성이 있었던 변수는 기능적 평가인 한 다리 서기 검사였다. 이러한 결과를 통해 슬관절 골관절염 환자의 치료와 관리 시 의학적 손상수준과 신체적 증상수준 간에 특성을 고려하여 관리 프로그램을 구성할 것을 제안하는 바이다.

References

- Anan M, Shinkoda K, Suzuki K, et al. Do patients with knee osteoarthritis perform sit-to-stand motion efficiently? *Gait Posture*. 2015;41(2):488-92.
- Andriacchi TP, Koo S, Scanlan SF. Gait mechanics influence healthy cartilage morphology and osteoarthritis of the knee. *J Bone Joint Surg Am*. 2009;1:95-101.
- Bellamy N, Buchanan WW, Goldsmith CH, et al. Validation study of WOMAC: A health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or the knee. *J Rheumatol*. 1988;15(12):1833-40.
- Briggs RC, Gossman MR, Birch R, et al. Balance performance among noninstitutionalized elderly women. *Phys Ther*. 1989;69(9):748-56.
- Cicuttini FM, Baker J, Hart DJ, et al. Association of pain

- with radiological changes in different compartments and views of the knee joint. *Osteoarthr Cartil.* 1996;4(2):143-7.
- Creaby MW, Bennell KL, Hunt MA. Gait differs between unilateral and bilateral knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;93(5):822-7.
- Cubukcu D, Sarsan A, Alkan H. Relationships between pain, function and radiographic Findings in osteoarthritis of the knee: A Cross-Sectional Study. *Arthritis.* 2012;2012:984060.
- Dawson J, Linsell L, Zondervan K, et al. Epidemiology of hip and knee pain and its impact on overall health status in older adults. *Rheumatology.* 2004;43(4):497-504.
- Dillon CF, Rasch EK, Gu Q, et al. Prevalence of knee osteoarthritis in the United States: Arthritis data from the Third National Health and Nutrition Examination Survey 1991-94. *J Rheumatol.* 2006;33:2271-9.
- Foley SJ, Lord SR, Srikanth V, et al. Falls risk is associated with pain and dysfunction but not radiographic osteoarthritis in older adults: Tasmanian Older Adult Cohort study. *Osteoarthritis Cartilage.* 2006;14(6):533-9.
- Franchignoni F, Tesio L, Martino MT, et al. Reliability of four simple, quantitative tests of balance and mobility in healthy elderly females. *Aging (Milano).* 1998;10(1):26-31.
- Gauchard G, Vancon G, Meyer P, et al. On the role of knee joint in balance control and postural strategies: Effects of total knee replacement in elderly subjects with knee osteoarthritis. *Gait Posture.* 2010;32(2):155-60.
- Girish G, Lobo LG, Jacobson JA, et al. Ultrasound of the shoulder: Asymptomatic findings in men. *Am J Roentgenol.* 2011;197(4):W713-9.
- Hall M, Doherty S, Courtney P, et al. Synovial pathology detected on ultrasound correlates with the severity of radiographic knee osteoarthritis more than with symptoms. *Osteoarthr Cartil.* 2014;22(10):1627-33.
- Haugen IK, Slatkowsky-Christensen B, Boyesen P, et al. Cross-sectional and longitudinal associations between radiographic features and measures of pain and physical function in hand osteoarthritis. *Osteoarthr Cartil.* 2013;21(9):1191-8.
- Hicks GE, Fritz JM, Delitto A, et al. Interrater reliability of clinical examination measures for identification of lumbar segmental instability. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(12):1858-64.
- Hootman JM, Helmick CG. Projections of US prevalence of arthritis and associated activity limitations. *Arthritis Rheum.* 2006;54(1):226-9.
- Hunt MA, Birmingham TB, Jones IC, et al. Effect of tibial re-alignment surgery on single leg standing balance in patients with knee osteoarthritis. *Clin Biomech.* 2009;24(8):693-6.
- Jones G, Cooley HM, Bellamy N. A cross-sectional study of the association between Heberden's nodes, radiographic osteoarthritis of the hands, grip strength, disability and pain. *Osteoarthritis Cartilage.* 2001;9(7):606-11.
- Jørgensen TS, Henriksen M, Rosager S, et al. The dynamics of the pain system is intact in patients with knee osteoarthritis: An exploratory experimental study. *Scand J Pain.* 2015;6:43-9.
- Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteoarthritis. *Ann Rheum Dis.* 1957;16:494-502.
- Ko TS, Kim SY, Lee JS. Reliability and validity of the Korean Western Ontario and McMaster Universities (WOMAC) Osteoarthritis Index in patients with osteoarthritis of the Knee. *J Oriental Rehab Med.* 2009;19(2):251-60.
- Lethbridge-Cejku M, Scott WW Jr, Reichle R, et al. Association of radiographic features of osteoarthritis of the knee with knee pain: Data from the Baltimore longitudinal study of aging. *Arthritis Care Res.* 1995;8(3):182-8.
- Liikavainio T, Lyytinen T, Tyrvalinen E, et al. Physical function and properties of quadriceps femoris muscle in men

- with knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008;89(11):2185-94.
- Lin MR, Hwang HF, Hu MH, et al. Psychometric comparisons of the timed up and go, one-leg stand, functional reach, and Tinetti balance measures in community-dwelling older people. *J Am Geriatr Soc.* 2004;52(8):1343-8.
- Lord SR, Murray SM, Chapman K, et al. Sit-to-stand performance depends on sensation, speed, balance, and psychological status in addition to strength in older people. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2002;57(8):M539-43.
- Macdonald K V, Sanmartin C, Langlois K, et al. Symptom onset, diagnosis and management of osteoarthritis. *Health Rep.* 2014;17;25(9):10-7.
- Martins PC, Couto TE, Gama AC. Auditory-perceptual evaluation of the degree of vocal deviation: Correlation between the visual analogue scale and numerical scale. *Codas.* 2015;27(3):279-84.
- Michael JW, Schluter-Brust KU, Eysel P. The epidemiology, etiology, diagnosis, and treatment of osteoarthritis of the knee. *Dtsch Arztebl Int.* 2010;107(9):152-62.
- Oak SR, Ghodadra A, Winalski CS, et al. Radiographic joint space width is correlated with 4-year clinical outcomes in patients with knee osteoarthritis: Data from the osteoarthritis initiative. *Osteoarthr Cartil.* 2013;21(9):1185-90.
- Park HB. An economic sociological study of Korean health care system: Focusing on a comparative analysis with UK, US, and Japan. *Master's Degree.* Hanyang University. 2010.
- Rothstein JM, Miller PJ, Roettger RF. Goniometric reliability in a clinical setting: Elbow and knee measurement. *Phys Ther.* 1983;63:1611-5.
- Szebenyi B, Hollander AP, Dieppe P, et al. Associations between pain, function, and radiographic features in osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum.* 2006; 54(1):230-5.
- Takacs J, Hunt MA. The effect of contralateral pelvic drop and trunk lean on frontal plane knee biomechanics during single limb standing. *J Biomech.* 2012; 45(16):2791-6.
- Tarride JE, Haq M, O'Reilly DJ, et al. The excess burden of osteoarthritis in the province of Ontario, Canada. *Arthritis Rheum.* 2012;64:1153-61.
- Tiedemann A, Shimada H, Sherrington C, et al. The comparative ability of eight functional mobility tests for predicting falls in community-dwelling older people. *Age Ageing.* 2008;37(4):430-5.
- Walczak BE, McCulloch PC, Kang RW, et al. Abnormal findings on knee magnetic resonance imaging in asymptomatic NBA players. *J Knee Surg.* 2008;21(1):27-33.
- Weinstein SL, Jacobs JJ, Goldberg MJ. Osteoarthritis of the knee. *N Engl J Med.* 2006 Jun 8;354(23):2508-9.
- Whiteley R, Jacobsen P, Prior S, et al. Correlation of isokinetic and novel hand-held dynamometry measures of knee flexion and extension strength testing. *J Sci Med Sport.* 2012;15(5):444-50.
- Woolacott MH, Shumwaycook A. Changes in posture control across the life span—a systems approach. *Phys Ther.* 1990;70(12):799-807.
- Wuang YP, Chang JJ, Wang MH, et al. Test-retest reliabilities of hand-held dynamometer for lower-limb muscle strength in intellectual disabilities. *Res Dev Disabil.* 2013;34(8):2281-90.