

지지 면 조건에 따른 무릎관절의 관절 위치 재현능력 비교

홍영주

연세대학교 대학원 재활학과

원종혁

연세대학교 원주의과대학 원주기독병원 재활의학과

권오윤

연세대학교 보건과학대학 물리치료학과, 보건환경대학원 인간공학치료학과, 보건과학연구소

Abstract

Comparison of the Joint Position Sense at Knee Joint According to Surface Conditions

Young-ju Hong, B.H.Sc., P.T.

Dept. of Rehabilitation Therapy, The Graduate School, Yonsei University

Jong-hyuck Weon, M.Sc., P.T.

Dept. of Rehabilitation Medicine, Wonju Cristian Hospital, Wonju Medical College, Yonsei University

Oh-yun Kwon, Ph.D., P.T.

Dept. of Physical Therapy, College of Health Science, Yonsei University

Dept. of Ergonomic Therapy, The Graduate School of Health Environment, Yonsei University

Institute of Health Science, Yonsei University

The purpose of this study was to compare the joint position sense at the knee joint at 3 different surface conditions by using the active knee joint angle reproduction test in the standing position. Twenty healthy volunteers (10 males and 10 females) age 20~29 years were recruited for this study. The knee joint position senses were assessed at three different surface conditions: on the floor (stable condition), TOGU (soft condition), and seat fit (unstable condition) in a closed kinetic chain. Testing orders were selected randomly. The absolute angle error was defined as the absolute difference between target angles (30°~45° knee flexion) and subject perceived angle of the knee flexion. One way ANOVA was used to compare the absolute angle of error among 3 different conditions. The Independent t-test was used to compare the absolute angle of error between male and female. The error angles were significantly different among surface conditions ($1.3^{\circ} \pm 1.2^{\circ}$ for the floor, $2.1^{\circ} \pm 0.9^{\circ}$ for the TOGU, and $4.4^{\circ} \pm 1.8^{\circ}$ for the seat fit, $p < .05$). There was no significant difference in error angle between male and female. In conclusion, the joint position sense of the knee joint in the closed kinetic chain decreased at unstable surface conditions. The result of this study indicates that surface conditions should be considered when assessing and training the joint position sense of the knee joint in clinical setting.

Key Words: Joint position sense; Knee joint; Proprioception; Surface condition.

I. 서론

최근 스포츠 인구가 늘어나면서 운동손상으로 인한 무릎 손상의 발생이 증가하고 있으며(Thomas와 David, 1996), 무릎 손상 후 재활 과정에서 균형과 협응 능력 증진을 위한 고유수용성 감각(proprioception) 증진 프로그램이 사용되고 있다. 고유수용성 감각은 속도와 크기, 방향을 포함한 관절운동과 관절의 위치를 식별하여 정상적인 운동조절을 하기 위한 중요한 요소가 된다(Shumway-Cook과 Woollacott, 2001). 또한 고유수용성 감각은 일상생활동작(activities of daily living) 시, 관절이나 근육 수용기에서 받은 감각 정보를 통합하여 인체 각 부분의 위치와 움직임을 인식하고 균형을 조절하는 역할을 한다(Cohen 등, 1993; Kavounoudias 등, 2001; Riemann과 Lephart, 2002). 이러한 고유수용성 감각은 운동감각과 위치감각의 두 가지로 구성되며, 관절의 움직임과 위치를 알려주어 관절의 안정성에 도움을 준다(Riemann과 Lephart, 2002). 그 중 위치감각(position sense)은 관절 내 또는 근육 내의 감각 수용기에 입력된 위치감각 정보를 통해 시각 및 전정계와 통합하여 운동을 인식하고, 관절의 위치를 재현할 수 있는 능력을 담당한다(Lord 등, 1991; Marks, 1994; Matthews, 1982).

Hassan 등(2002)은 관절의 손상으로 위치감각이 손상되면 관절의 안정성을 유지하는 기능이 감소한다고 하였다. 관절의 안정성이 감소되면 관절의 위치를 인식하지 못하여 관절 손상이 재발 될 위험이 높아지며, 이러한 관절의 반복적인 손상은 자세조절, 보호반사 능력, 자세 동요(perturbation)에 대처하는 균형조절 능력을 감소시켜, 일상생활 동작에 어려움을 초래한다(김도균 등, 2005; Barrack 등, 1989; Riemann과 Lephart, 2002). 무릎관절 손상 후 관절의 안정성과 정적(static) 및 동적(dynamic) 균형능력을 증진시키기 위하여 임상에서 주로 사용하는 것이 점진적인 고유수용성 감각 운동 프로그램이다. 고유수용성 감각 증진 프로그램의 난이도를 점진적으로 높이는 방법으로는 시각을 차단하는 방법과 지지면의 조건을 변화 시키는 방법이 사용되고 있다(Blackburn 등, 2003; Day 등, 1993).

무릎관절의 기능 증진을 위한 운동은 흔히 열린 고리(open chain) 또는 닫힌 고리 운동형상학(closed chain kinematic)으로 구분되어 실시한다. 열린 고리 운동은 말단 분절이 공간에서 자유롭고, 움직임이 관절의 말단부분에서 일어난다. 전형적으로 열린 고리 자세는

체중지지를 하지 않은 자세에서 무릎관절 손상 후 초기 치료에 수행된다(Fitzgerald, 1997). 반면 무릎관절의 닫힌 고리 자세에서의 운동은 발이 지지면에 닿은 상태에서 안정성(stabilization)을 유지하면서 무릎관절에 체중을 지지하고 실시하는 운동이다. 닫힌 고리 자세에서는 관절 움직임을 의식적으로 인식하면서 실시하는 운동으로 체중지지가 가능한 단계에서 기능적 동작의 신경근육 조절을 필요로 하는 운동학습의 기초중 하나이다. 보행, 달리기, 회전 등 다양한 스포츠 활동과 일상생활 시 무릎관절은 체중을 지정한 상태에서 정적 및 동적 안정성을 제공하고, 대부분의 무릎관절 손상은 체중이 지지된 상태에서 발생하기 때문에 닫힌 고리 운동이 기능 증진을 위해 강조되고 있다.

닫힌 고리 운동의 난이도를 높이기 위한 재활 프로그램으로 안정적인 지지면에서의 훈련에서부터, 불안정한 지지면으로 변화시키는 훈련을 통해 감소된 관절 위치감각을 정상적인 단계로 회복시킬 수 있다고 제안하고 있다(Ashton-Mille 등, 2001; Verhagen 등, 2004). 또한 Waddington과 Adams(2004)는 불안정한 지지면이 하지의 근력 증가 및 위치감각을 위한 재활치료적 훈련에 사용되는 효과적인 도구라고 하였다. 이와 같은 재활 프로그램을 통해서 관절의 기능적 불안정이나 재 손상의 위험이 감소되고 고유수용성 감각이나 운동감각, 위치감각이 개선되므로 손상 후 재활훈련 시 고유수용성 감각의 재교육은 관절 손상 환자들의 임상 치료에 흔히 사용되고 있다(Mark, 1994; Thomas와 David, 1996).

그러나 무릎관절 손상 환자들에게 고유수용성 감각의 증진을 위한 운동 프로그램의 난이도 조절을 위해 조건이 다른 운동 도구를 사용했을 때 무릎관절의 고유수용성 감각에 어떤 차이가 있는지 알아보는 연구는 부족한 실정이며, 지지면의 안정성에 따른 무릎관절의 관절위치감각 재현 비교에 대한 연구는 없었다. 이에 본 연구는 안정성이 서로 다른 세 지지면인 안정한 지지면(stable condition), 폭신한 지지면(soft condition), 불안정한 지지면(unstable condition)에서 무릎관절에서의 관절위치감각의 재현(angle reproduction)을 알아보기 위하여 실시하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 연세대학교 원주캠퍼스에 재학 중인 신체 건강한 성인 20명을 대상으로 실시하였다. 연구대상자의 평균 연령은 24.3세, 평균 신장은 168.0 cm, 평균체중은 63.2 kg이었다(표 1). 대상자의 선정기준은 다음과 같다.

- 가. 신경외과적인 질환이 없는 자
- 나. 하지와 체간에 정형 외과적 장애가 없는 자
- 다. 세 가지 다른 지지면 위에서 있는 동안 현기증이 유발되지 않는 자
- 라. 전정계 손상이 없는 자

본 연구에 참여한 모든 대상자는 연구내용을 충분히 이해할 수 있도록 실험 전에 연구목적과 방법에 대하여 설명을 들었고 자발적으로 실험에 동의하였다.

2. 측정방법 및 측정도구

가. 동작분석 시스템

무릎관절의 고유수용성 감각에 대한 위치 재현의 각도차이를 알아보기 위하여 실시간 삼차원 동작분석 시스템인 CMS-HS¹⁾를 사용하였다. 무릎관절의 재현 각도를 모니터링 하기 위한 2개의 삼중 표식자(triple marker)의 부착 부위는 우세측인 오른쪽 다리 대퇴골 외측상과(lateral epicondyle)에서 대전자(greater trochanter)를 잇는 넓적다리(thigh)와 외과(lateral malleolus)와 비골(fibula)의 중양을 연결한 정강이(shank)였다(Lear dini 등, 2005). 윈도용 WinData 2.19 프로그램(Zebris Medizintechnik, GmbH, Insy, Germany)을 이용하여 위치정보를 수집하였으며, 표본추출률(sampling

rate)은 20 Hz로 하였다.

나. 측정방법

고유수용성 감각의 위치감각 측정 시 피부를 통한 표재 입력(cutaneous input)을 최소화하기 위하여 대상자는 무릎 위까지 오는 짧은 바지를 착용하고, 양말을 벗게 한 후 측정하였다. 무릎관절 위치감각 재현의 차이를 측정하기 위하여 양 발은 바르게 선 자세에서 어깨 너비로 벌리고, 상지는 팔짱을 끼고 팔을 앞으로 당긴 자세를 취하였다. 시선은 정면의 한 점을 향하게 고정시켰다. 안정성이 다른 세 지지면은 단단한 바닥, 폭신한 지지면을 제공하기 위한 TOGU²⁾, 불안정한 지지면을 제공하기 위하여 seat fit³⁾을 사용하였다.

무릎관절의 관절위치 재현 검사는 각 지지면 위에서 실험 대상자가 원하는 편안한 속도로 무릎관절을 천천히 굽혀 무릎관절의 각도가 30°~45° 사이인 한 지점을 5초간 유지하여 기억하도록 하였다. 이때의 각도를 목표 각도(target angle)로 측정하였다. 5초 후, 무릎관절을 다시 시작자세로 위치시키고 10초간 유지하게 하였다. 그 다음 대상자가 무릎관절을 능동적으로 굽혀 기억하고 있던 목표 각도에 도달했다고 생각할 때, 측정자에게 '네' 하고 보고하도록 하였다. 재현한 각도를 측정하여 목표 각도에서 재현 각도의 차이 각을 절대값으로 측정하였다. 같은 방법으로 3회씩 반복 측정하였으며 매 회 측정 후, 30초간의 휴식을 취하게 하였다. 각 지지면에서 시행 후, 3분간의 휴식을 취하였다. 대상자의 학습 효과를 방지하기 위하여 각각의 세 지지면과 무릎관절의 각도를 무작위로 선정하였다.

3. 분석방법

세 가지 조건의 지지면에서의 무릎관절의 고유수용성 감각에 따른 관절위치감각 재현의 오차각도를 알아

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

일반적 특성	대상자(N=20)	여자(n ₁ =10)	남자(n ₂ =10)
	평균±표준편차	평균±표준편차	평균±표준편차
나이(세)	24.3±2.5	23.7±1.9	24.8±2.9
키(cm)	168.0±7.7	161.7±2.9	174.2±5.3
체중(kg)	63.2±12.1	52.0±2.4	74.3±5.3

1) Zebris Medizintechnik, GmbH, Insy, Germany.

2) Static AIR BallKISSEN, Germany.

3) DYN AIR BALLKISSEN, Germany.

보기 위하여 반복 측정된 일요인 분산분석(repeated one way ANOVA)을 실시하였으며, 지지면에 따른 차이의 유의성을 검증하기 위하여 본페로니 수정법(Bonferroni's correction)을 사용하였다. 남녀 간에 관절 위치감각 재현에 차이가 있는지 알아보기 위하여 t-검정을 실시하였다. 자료의 통계처리를 위해 상용 통계 프로그램인 윈도우용 SPSS version 12.0 프로그램을 사용하였고 유의수준 $\alpha=.05$ 로 하였다.

III. 결과

안정성이 다른 세 조건의 지지면에서 처음 인지된 무릎관절의 위치에 대한 재현을 실시하여 고유수용성 감각에 따른 관절위치감각의 오차각도를 비교하였다.

안정한 지지면, 폭신한 지지면, 불안정한 지지면에서 실시한 무릎관절의 위치 재현 오차각도에서 유의한 차이가 있었다($p<.05$). 안정한 지지면에서 오차각도가 가장 적었으며, 불안정한 지지면에서의 재현 오차각도가 가장 크게 나타났다(표 2).

사후검정을 통해서 안정한 지지면, 폭신한 지지면과 불안정한 지지면 사이에서의 유의한 차이를 확인할 수 있었다(그림 1).

지지면의 안정성에 따른 남녀 간의 무릎관절의 위치 재현 오차각도에 유의한 차이가 있는지 알아 본 결과, 안정한 지지면에서 오차각도가 남자는 1.79 ± 1.46 , 여자는 $.75\pm .58$ 였으며, 폭신한 지지면에서는 남자 $2.35\pm .81$, 여자 $1.87\pm .87$ 이었고, 불안정한 지지면에서 남자는 4.85 ± 2.24 , 여자는 3.84 ± 1.11 로 나타나 남녀 간에 오차각도에서는 유의한 차이가 없었다(표 3).

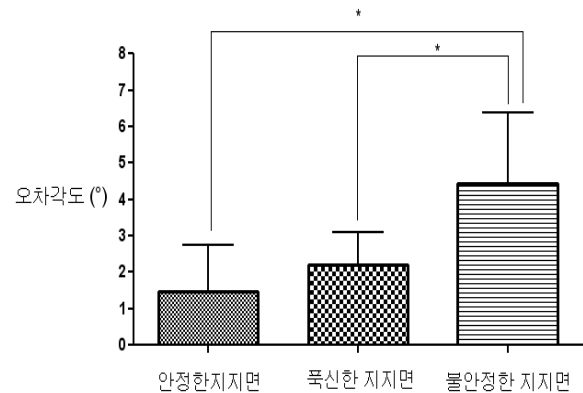


그림 1. 측정 지지면에 따른 고유수용성감각 차이(* $p<.05$).

IV. 고찰

운동은 흔히 열린 고리 또는 닫힌 고리 운동(open or closed kinetic chain)으로 분류된다(Fitzgerald, 1997). Marks(1994)는 운동 고리에 따라 근육 회복과 관절 운동이 다르다고 하였고, 이러한 차이는 닫힌 고리 훈련이 열린 고리 훈련보다 고유수용성 및 운동감각 되먹임을 더 많이 제공한다는 연구에서 구체화되고 있다(이정아 등, 2003; Marks, 1994; Thomas와 David, 1996). 이에 따라 본 연구는 고유수용성 감각의 관절 위치감각의 재현 능력을 알아보고자 닫힌 고리 운동에서 실시하였다.

고유수용성 감각은 크게 운동학적인(kinematic) 위치감각(joint position sense) 재현과 역학적(kinetic)인 힘의 재현(force reproduction)으로 측정된다(Dover와 Powers, 2003). 그 중 근육·건·관절수용기에서 들어 온

표 2. 지지면에 따른 각도 재현 시 오차 각도 (N=20)

측정 지지면	안정한 지지면	폭신한 지지면	불안정한 지지면	F	p
오차 각도	1.27 ± 1.21^a	$2.11\pm .86$	4.35 ± 1.80	28.04	.000

^a평균±표준편차

표 3. 남녀 간의 오차각도 비교 (N=20)

측정 지지면	오차각도(남)	오차각도(여)	t	p
안정한 지지면	1.79 ± 1.46^a	$.75\pm .58$	2.09	.515
폭신한 지지면	$2.35\pm .81$	$1.87\pm .87$	1.275	.629
불안정한 지지면	4.85 ± 2.24	3.84 ± 1.11	1.281	.366

^a평균±표준편차

운동학적인 정보는 관절의 움직임과 위치를 유지하고 조절한다(Riemann과 Lephart, 2002). 이러한 운동학적 위치감각 요소의 평가는 검사자가 표재감각을 최소화한 상태에서 수동적으로 관절을 움직여 반대쪽 사지로 동작을 재현하여 검사하거나(Barrack 등, 1984; Chu 등, 2002), 선행적으로 움직였던 관절위치를 다시 찾아가 재현하는 방법을 이용하여 할 수 있다(권오윤 등, 1998). 이 중 본 연구에서는 일반적으로 많이 사용되고 있는 선행적으로 움직였던 관절위치를 재현하는 방법을 이용하여 측정하였다. Stillman과 McMeeken(2001)은 정상 성인 20명을 대상으로 무릎관절의 고유수용성 위치감각을 비교하기 위하여 안정된 지지면에서 재현 오차각도를 측정할 결과 오차각도 값은 $1.3^{\circ} \pm 1.7^{\circ}$ 였다. 이는 안정한 지지면의 조건에서 실시한 본 연구결과와 비슷한 오차 정도였다. Horak과 Hlavacka(2001)의 서로 다른 지지면에서 균형감각을 측정하여 고유수용성감각의 정확성을 본 연구에서 불안정한 지지면에서 정확도가 떨어진 결과를 나타내었다. 이들 연구와 본 연구는 연구방법이나 조건이 서로 다르기 때문에 직접적으로 결과를 비교할 수는 없지만 안정한 지지면에서의 오차각도가 유사하고, 불안정한 지지면에서는 고유수용성 감각의 정확성을 감소시킨다는 결과를 지지할 수 있다.

Shumway Cook과 Woollacott(2001)는 안정성이 다른 지지면에서 균형감각을 측정하여 고유수용성 감각이 균형조절에 미치는 영향을 살펴본 연구에서 지지면이 불안정 할수록 균형능력이 유의하게 감소하였고, 그에 따른 위치감각 재현 능력도 감소하였다고 보고하였다. 본 연구에서도 안정성이 다른 세 지지면 위에서 무릎관절 위치 재현의 오차각도를 측정할 결과 안정한 지지면, 폭신한 지지면, 불안정한 지지면의 순서($1.3^{\circ} \pm 1.2^{\circ}$ 단단한 바닥, $2.1^{\circ} \pm 0.9^{\circ}$ TOGU, $4.4^{\circ} \pm 1.8^{\circ}$ seat fit)로 오차각도의 값이 유의하게 증가하였다($p < .05$). 이는 불안정한 지지면에서의 관절 위치 감각의 재현 시 고유수용성 감각이 상쇄되었기 때문인 것으로 사료된다. 또한 정상성인 남녀 각각 10명을 대상으로 위치감각 재현 오차각도를 측정할 본 연구에서 성별에 따른 오차각도에는 유의한 차이가 없어 Barrack 등(1984)의 연구와 같은 결과를 보였다.

Horak과 Hlavacka(2001)은 체성감각이 감소되었을 때 균형조절을 위한 감각작용의 변화를 알아보기 위해서 불안정한 지지면 위에서 정상성인과 당뇨병 환자 각각 8명을 대상으로 실험한 결과 안정된 지지면에서는 자세조절을 위해서 체성감각이 주로 작용하고, 불안정

한 지지면일 경우 전정계의 작용이 증가한다고 하였다. 인체의 균형조절은 전정계, 시각계, 고유수용성 감각의 적절한 상호작용으로 이루어진다(이한숙, 1996; Willemas 등, 2002). 이와 같은 균형조절은 체성감각에 대한 의존도가 가장 크며, 시각정보, 전정계 순으로 작용하고, 중추신경계에서 이들 감각정보를 비교, 분석하여 운동명령을 내린다(Shumway Cook과 Woollacott, 2001). 세 가지 감각정보 중 어느 한 정보가 부정확하거나 사용이 불가능하면, 나머지 감각의 의존율이 높아진다(Horak과 Hlavacka, 2001). Shumway Cook과 Horak(2006)은 지지면의 조건이 전정계, 시각계, 체성감각에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위한 연구를 한 결과 지지면이 불안정 할수록 체성감각의 작용이 감소하여 균형조절이 잘 되지 않았다고 하였다. 이러한 결과는 불안정 지지면 일수록 발에서 올라가는 고유수용성 감각이 지지면이 안정될 때보다 방해받아서 균형능력이 감소되어 나타난 것이다. 본 연구에서도 안정한 지지면인 바닥에서는 무릎관절의 위치 재현의 오차각도 값이 $1.3^{\circ} \pm 1.2^{\circ}$ 를 보였으나, seat fit의 불안정한 지지면에서는 고유수용성 관절 위치감각의 재현에 오차각도가 $4.4^{\circ} \pm 1.8^{\circ}$ 로 유의하게 증가하였다($p < .05$). 이는 안정한 지지면에서는 정상적인 체성감각 정보의 입력이 가능하지만 지지면의 안정성이 떨어지는 상황에서는 균형 능력의 상실을 예방하기 위한 전정계의 작용이 상대적으로 증가하기 때문에 올바른 체성감각 입력을 상쇄시켜 무릎관절의 위치재현 능력이 감소되었을 가능성이 있다. 또한 TOGU나 seat fit과 같이 지지면이 불안정한 경우 발바닥으로부터 입력되는 압박(pressure), 촉각(touch)과 같은 체성감각이 지속적으로 변화하여 체성감각 정보의 왜곡으로 오차각도가 유의하게 증가했을 가능성도 있다.

본 연구의 결과, 무릎 손상 후 초기 재활단계의 환자에게는 다른 정보의 입력이나 방해가 없는 순수한 위치감각의 제공으로 혼란 없이 감각증진을 성취할 수 있는 안정한 지지면에서의 고유수용성 감각 증진 운동이 효과적일 것으로 판단된다. 안정한 지지면에서 위치감각 훈련이 잘 완료되면 불안정한 지지면에서 균형 및 위치감각 훈련을 실시하여 일상생활에서 일어날 수 있는 모든 상황에 대처할 수 있는 단계로의 점진적인 훈련 프로그램이 필요할 것이다(Liebenson, 2001).

본 연구는 신체 건강한 정상 성인을 대상으로 실시하였으므로 환자를 대상으로 일반화하기에는 제한점이 있다. 또한 측정된 지지면에 따른 관절위치감각의 재현은

일정 기간 훈련 없이 일회성으로 측정하였으므로 고유수용성 감각 증진 훈련 프로그램으로써의 효과를 알 수는 없었다. 또한 고유수용성 감각은 운동 속도에 민감하기 때문에 운동 속도를 통제하지 못했다는 제한점도 가지고 있다. 향후 연구에서는 이러한 점을 보완하여 고유수용성 감각 증진을 위한 훈련 프로그램에 유용한 뒷받침이 되는 결과를 얻을 수 있을 것이다.

V. 결론

본 연구는 안정성이 다른 세 지지면에서 고유수용성 감각의 관절 위치감각 재현의 각도 차이를 알아보기 위하여 실시하였다. 연구 대상자는 건강한 성인 남녀 각각 10명을 대상으로 하였으며 무릎관절 위치 재현 시 삼차원 동작분석 시스템인 CMS-HS를 이용하여 오차각도 값을 구하였다. 안정성이 다른 세 지지면은 단단한 바닥(안정한 지지면), TOGU(폭신한 지지면), seat fit(불안정한 지지면)으로 하였으며 무릎관절의 각도가 30°~45° 사이인 한 지점에서 위치를 인지시키고 재현을 실시하였다. 연구결과는 다음과 같다.

무릎관절의 위치각도 재현 시 오차각도는 단단한 바닥 1.3°±1.2°, TOGU 2.1°±9°, seat fit 4.4°±1.8°로 오차각도의 값이 유의하게 증가하였다(p<.05).

이상의 결과로 관절의 위치감각 재현 시 지지면의 안정성이 떨어지면 무릎관절의 위치감각 재현 능력이 떨어진다는 것을 알 수 있었다. 무릎관절 손상 후 고유수용성 감각 평가나 치료 시 지지면의 안정성 정도가 고려되어야 할 것이다.

인용문헌

권오윤, 박동식. 근 피로가 슬관절 고유수용성감각에 미치는 영향. 대한재활의학회지. 1998;22(4):960-965.
김도균, 고은혜, 이강성 등. 시각적 정보와 내측 책기 인솔의 높이 차이가 정상 성인의 슬관절 고유수용성 감각에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2005;12(1):22-27.
이정아, 김덕화, 신화경 등. 팔굽관절에서 측정방법에 따른 고유수용성감각 차이. 한국전문물리치료학회지. 2003;10(3):63-70.

이한숙, 최홍식, 권오윤. 균형조절 요인에 관한 고찰. 한국전문물리치료학회지. 1996;3(3):82-91.
Ashton-Miller JA, Wojtys EM, Huston LJ, et al. Can proprioception really be improved by exercise? Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2001;9(3):128-136.
Barrack RL, Skinner HB, Buckley SL. Proprioception in the anterior cruciate deficient knee. Am J Sports Med. 1989;17:1-6.
Barrack RL, Skinner HB, Cook SD. Proprioception of the knee joint. Paradoxical effect of training. Am J Phys Med. 1984;63(4):175-181.
Blackburn JT, Riemann BL, Myers JB, et al. Kinematic analysis of the hip and trunk during bilateral stance on firm, foam, and multiaxial support surfaces. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2003;18(7):655-661.
Chu JC, Kane EJ, Arnold BL, et al. The Effect of a neoprene shoulder stabilizer on active joint-Reposition Sense in Subjects With Stable and Unstable Shoulders. J Athl Train. 2002;37:141-145.
Cohen H, Blatchly CA, Gombash LL. A study of the clinical test of sensory interaction and balance. Phys Ther. 1993;73(6):346-354.
Day BL, Steiger MJ, Thompson PD, et al. Effect of vision and stance width on human body motion when standing: Implications for afferent control of lateral sway. J Physiol. 1993;469:479-499.
Dover G, Powers ME. Reliability of joint position sense and force-reproduction measures during internal and external rotation of the shoulder. J Athl Train. 2003;38(4):304-310.
Fitzgerald GK. Open versus closed kinetic chain exercise: Issues in rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstructive surgery. Phys Ther. 1997;77(12):1747-1754.
Hassan BS, Mockett S, Doherty M. Influence of elastic bandage on knee pain, proprioception and postural sway in subjects with knee osteoarthritis. Ann Rheum Dis. 2002;61(1):24-28.
Horak FB, Hlavacka F. Somatosensory loss increases vestibulospinal sensitivity. J Neurophysiol.

2001;86:575-585.

Kavounoudias A, Roll R, Roll JP. Foot sole and ankle inputs contribute jointly to human erect posture regulation. *J Physiol.* 2001;532(pt3):869-878.

Leardini A, Chiari L, Della Croce U, et al. Human movement analysis using stereophotogrammetry. Part 3. Soft tissue artifact assessment and compensation. *Gait Posture.* 2005;21(2):212-225.

Liebenson C. Sensory-motor training, part I. *Dynamic Chiropractic.* 2001;19(9):28-32.

Lord SR, Clark RD, Webster IW. Postural stability and associated physiological factors in a population of aged persons. *J Gerontol.* 1991;46(3):69-76.

Marks R. Effect of exercise-induced fatigue on position sense of the knee. *Aust J Physiother.* 1994;40(3):175-181.

Matthews PB. Where does Sherrington's "muscular sense" originate? Muscles, joints, corollary discharges? *Ann Revi Neurosci.* 1982;5:189-218.

Riemann BL, Lephart SM. The Sensorimotor System, Part II: The Role of Proprioception in Motor Control and Functional Joint Stability. *J Athl Train.* 2002;37(1):80-84.

Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor Control: Translating research into clinical practice.* 3rd ed. Baltimore, Lippincott Williams and Wilkins, 2006.

Stillman BC, McMeeken JM. The role of weightbearing in the clinical assessment of knee joint position sense. *Aust J Physiother.* 2001;47(4):247-253.

Thomas WK, David HP. Effect of prophylactic knee bracing on balance and joint position sense. *Athl Train.* 1996;31(2):131-136.

Verhagen E, van der Beek A, Twisk J, et al. The effect of a proprioceptive balance board training program for the prevention of ankle sprains: A prospective controlled trial. *Am J Sports Med.* 2004;32(6):1385-1393.

Waddington GS, Adams RD. The effect of a 5-week wobble-board exercise intervention on ability to discriminate different degrees of ankle inversion, barefoot and wearing shoes: A study in health elderly. *J Am Geriatr Soc.* 2004;52(4):573-576.

Willems T, Witvrouw E, Verstuyft J, et al. Proprioception and muscle strength in subjects with a history of ankle sprains and chronic instability. *J Athl Train.* 2002;37(4):487-493.

논문접수일	2007년 5월 7일
논문게재승인일	2007년 8월 9일