

## 팔굽관절에서 측정방법에 따른 고유수용성감각 차이

이정아, 김덕화, 신화경  
연세대학교 대학원 재활학과

최규환

안산1대학 물리치료과

권오윤

연세대학교 보건과학대학 물리치료학과, 보건환경대학원 인간공학치료학과  
보건과학연구소

### Abstract

#### Difference of Proprioceptive Sense at Elbow Joint According to Measurement Methods

**Lee Jung-ah, B.H.Sc., P.T.**

**Kim Duk-hwa, B.H.Sc., P.T.**

**Shin Hwa-kyung, M.Sc., P.T.**

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

**Choi Kyu-hwan, M.P.H., P.T.**

Dept. of Physical Therapy, Ansan 1 College

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

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

Dept. of Ergotherapy, The Graduate school of Health and Environment, Yonsei University

Institute of Health Science, Yonsei University

The purpose of this study was to compare the difference of joint position sense between measurements. Fourteen healthy male subjects were recruited for this study. The elbow joint position senses were measured using angle reproduction test. The elbow joint position sense was assessed with three experimental conditions: ipsilateral reproduction test in open-chain condition, contralateral reproduction test in open-chain condition, ipsilateral reproduction test with weight in open-chain condition and ipsilateral reproduction test in closed-chain condition. The angular difference between stimulus position and the reproduced position (angular error) was calculated in all testing conditions to examine the accuracy of the joint position sense. One way ANOVA was used to compare the error angles in all experimental conditions.

---

본 연구는 과학기술부, 한국과학재단 지정 연세대학교 의용계측 및 재활공학 연구센터의 지원에 의한 것임.

통신저자: 이정아 leejungah@hotmail.com

The error angles between measurements were significantly different in elbow joint. The error angles was smallest in ipsilateral reproduction test with weight in open-chain condition and was greatest in the contralateral reproduction test in open-chain condition. Findings of this study indicate that testing methods, types of task, existence of resistance should be considered in clinical assessment for the joint position sense.

**Key Words:** Elbow joint; Error angle; Measurement methods; Motion analysis; Proprioception.

## I. 서론

시각, 전정감각, 체성감각은 공간에서의 움직임에 대한 사지와 몸통의 움직임, 힘, 압력, 장력, 운동조절에 필요한 정보를 전달한다. 체성감각 중 관절위치의 인식(awareness)에 대한 인지(perception)를 고유수용성감각(proprioception)이라 한다.(Kavounoudias 등, 2001; Lephart 등, 1998). 고유수용성감각 수용기에는 근육에 있는 근육방추(muscle spindle), 관절낭, 인대, 반월판에 있는 관절 수용기(joint receptor), 근건 단위(musculotendinous unit) 부위에 있는 골지건 기관(golgi tendon organ)과 같은 기계적 수용기(mechanoreceptor)가 있다.

고유수용성감각의 손상은 연령 증가, 인대 손상, 말초 신경염, 다발성경화증, 골관절염과 관련이 있다. 고유수용성감각은 많은 수용기로부터 감각 입력의 통합을 필요로 하는 복잡한 시스템이기 때문에 질병의 진행 초기에 손상 받을 가능성이 가장 크다(Ashton-Miller 등, 2001). 고유수용성감각을 객관적으로 양적화(quantification)하는 것은 고유수용성감각이 손실되는 것을 초기에 알 수 있을 뿐만 아니라 연령 증가에 따른 이러한 손실을 양적화하는데 도움을 줄 수 있다. 재활프로그램은 고유수용성감각의 개선을 중요시하지만 아직까지 고유수용성감각이 운동에 의해서 개선되어질 수 있다는 증거는 미약하다. 또한 고유수용성감각을 양적화할 수 있는 신뢰성 있고 유효한 방법이 부족하기 때문에

최소한의 변화(alteration)를 감지하는 것은 어려운 실정이다.

현재 고유수용성감각의 측정을 위해서는 운동감각(kinesthesia)과 관절위치감각(joint position sense)을 측정하는 방법이 주로 사용된다. 운동감각을 평가하는 방법은 주로 느린 수동적 움직임(slow passive movement)에 대한 인지(perception)의 역치(threshold)를 측정하는 것이다. 관절 위치감각은 관절각도의 능동 또는 수동적 재현(reproduction)과 연관된 오차 결정에 의해 평가될 수 있다. 근건 수용기는 관절위치를 인지하는데 중요한 역할을 하게 된다. 그러나 움직임의 인식과 재현에 관한 연구는 드물다.

임상 현장이나 문헌에서 운동은 흔히 열린 고리 또는 닫힌고리 운동역학(open or closed kinetic chain), 다른 용어로는 열린고리 또는 닫힌고리 운동형상학(open or closed kinematic chain)으로 분류되어진다. 열린고리 운동은 말단 분절(distal segment)이 공간에서 자유롭게, 움직임이 관절의 말단부분에서 일어난다. 전형적으로 열린고리 자세는 체중지지를 하지 않는 자세에서 수행되어진다(Davies 등, 2000; Fitzgerald, 1997). 열린고리 자세에서 저항이 가해지면 저항에 대하여서 주동근과 길항근을 조절을 하면서 말단 부분을 움직이게 된다. 닫힌고리 자세에서의 운동은 몸의 말단 부분이 고정되거나 지지면에 안정화(stabilization)된 상태에서 움직임을 포함하며 체중지지 훈련이 그 예이다

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

(N=14)

일반적 특성	평균±표준편차	범위
나이(세)	23.5±2.2	21~28
키(cm)	171.4±3.1	168~176
체중(kg)	67.8±4.6	60~76

(Ellenbecker 등, 2000). 관절 움직임의 의식적인 인식은 훈련 초기에 기능적 동작의 신경근육 조절을 필요로 하는 운동학습의 기초 중 하나이다.

관절위치감각을 재는 방법으로는 다양한 방법이 있다. 측정방법은 관절 부하에 따라 즉 전체적인 체중지지나 부분 체중지지나에 따라 달라지고, 관절이 기준 각도에 처음으로 움직일 때 수동적이거나 능동적이거나에 따라 달라지고, 피검자가 위치를 아는데 있어 동측 관절 또는 반대쪽 관절의 재위치를 인식하는 것에 달라지고, 관절의 재위치가 수동적 또는 능동적으로 일어나는지에 따라 달라진다. 이러한 변수들 각각은 피검자가 공간에서 관절 위치에 대한 판단을 할 때 제공되는 구심성 입력(afferent input)의 정도에 영향을 준다. 그러나 관절위치감각을 재는 방법은 여러 가지가 있으나 어떤 방법이 고유수용성감각을 재는데 적당한지에 대한 증거는 거의 없다.

따라서 본 연구의 목적은 팔굽관절에서 고유수용성감각의 측정을 서로 다른 4가지 방법으로 측정하여 측정방법에 따른 고유수용성감각 차이가 있는지 알아보려고 하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구의 대상자는 연세대학교 원주캠퍼스에 재학 중인 신체 건강한 성인 남자 14명의 대학생들을 대상으로 하였다. 연구대상자 선정기준은 신체건강한 성인 남자, 감각손실이나 신경계 질환이 없는 자로 하였다. 실험

을 실시하기 전에 연구 목적과 방법에 대하여 대상자에게 충분히 설명한 후 자발적인 동의를 얻었다. 연구대상자의 평균연령은 23.5세이었으며, 평균신장은 171.4 cm, 평균체중은 67.8 kg이었다(표 1).

### 2. 실험기기 및 도구

#### 가. 동작분석 시스템

팔굽관절 고유수용성 감각에 대한 위치의 각도차를 알아보기 위하여 실시간 삼차원 동작분석 시스템인 CMS-HS<sup>1)</sup>를 사용하였다. 모든 각도의 변화는 CMS-HS를 통해 15 Hz의 표본수집률(sampling rate)로 측정되었다. 윈도용 WinData 2.19 프로그램<sup>2)</sup>을 이용하여 측정 장비인 단일 표식자(single marker)와 삼중 표식자(triple marker)를 이용하여 각 표식자의 정보를 삼차원상 좌표로 전환하여 주관절의 움직임 각도차이를 측정하였다.

#### 나. 도구

무게를 들고 있을 때 팔굽관절 고유수용성 감각에 대한 위치의 각도 차를 측정하기 위하여 2 kg 아령(dumbbell)을 사용하였다.

- 1) Zebris Medizintechnik, GmbH. Isny. Germany.
- 2) Zebris Medizintechnik, GmbH. Isny. Germany.

### 3. 실험방법

고유수용성감각 측정 시 피부를 통한 표제 입력(cutaneous input)을 최소화하기 위하여 팔굽관절 위까지 오는 짧은 티셔츠를 입게 한 후 측정하였다. 팔굽관절 고유수용성감각의 측정자세는 열린고리 자세와 닫힌고리 자세를 구분하여 열린고리 자세 3가지 방법과 닫힌고리 자세 1가지 방법으로 위치감각을 4가지 방법으로 선택하였다. 관절위치감각 검사는 오차 각도로 측정하였다. 대상자가 자극 지점에 대하여 감각위치를 기억하게 하고 수동적으로 팔굽관절을 시작 자세로 원 위치시킨 다음, 피검자가 동일한 관절을 능동적으로 움직여 기억하고 있던 자극지점까지 자세를 복제했을 때, 자극 시 관절각도와 재현 시 관절 각도간의 발생한 오차각도를 측정하였다. 각 방법에 대해 같은 방법으로 3회씩 반복 측정하였으며 평균값을 자료 분석에 사용하였다.

관절위치감각의 측정은 관절을 수동적으로 천천히 움직여 팔굽관절의 45°로 자극지점에서 5초간 자세를 유지하는 동안, 대상자가 자극지점에 대하여 자세 위치를 기억하게 하고, 수동적으로 팔굽관절을 시작 자세로 원 위치시킨 다음, 3초간 유지한 후 다시 원래 위치로 돌아간 후에, 대상자에게 자신이 기억했던

자극지점까지 능동적으로 팔굽관절을 굴곡했다고 인지하면 검사자에게 보고하게 하였다. 검사자는 자극지점 시 측정해 놓은 각도에서 벗어난 오차각도를 삼차원 동작분석 시스템으로 측정하였다.

열린고리 동측 재현검사는 앉은 자세에서 오른쪽 팔굽관절을 수평면(horizontal plane)으로 검사자가 수동적으로 45° 움직이게 하여 5초간 유지하는 동안 자극지점을 기억하게 한 후, 원 위치시킨 다음, 3초간 유지하고 동일한 방법으로 대상자가 같은 팔로 따라하게 했다. 열린고리 반대측 재현검사는 동일한 방법으로 오른쪽 팔굽관절을 수평면으로 45° 움직이게 했고 반대측 왼쪽 팔굽관절을 재현하게 했다. 저항이 있는 동측 열린고리 검사는 아령(2 kg)을 들고 선 자세에서 시상면으로 45° 굴곡시키고 재현했을 때는 자극지점 시 측정해 놓은 각도에서 벗어난 오차각도를 측정하였다. 닫힌고리 자세에서의 검사로서 팔굽혀펴기 자세는 양손을 70 cm 높이의 책상 위에 무게를 지탱하고 오른쪽 팔을 수평면으로 45° 구부린 자세를 유지하게 한다. 재현했을 때 그 지점을 따라가게 한다. 측정방법은 자극지점과 재현한 지점 간에 발생한 오차각도를 측정하였다. 측정은 4가지 방법으로 아래와 같다(표 2).

표 2. 위치감각 측정방법 및 자세

측정방법	자극 관절	재현 관절
OIRT	오른쪽 팔굽관절	오른쪽 팔굽관절
OCRT	오른쪽 팔굽관절	왼쪽 팔굽관절
OWRT	아령을 든 상태에서의 오른쪽 팔굽관절	아령을 든 상태에서의 오른쪽 팔굽관절
CRT	체중지지 상태에서의 오른쪽 팔굽관절	체중지지 상태에서의 오른쪽 팔굽관절

OIRT: open-chain, ipsilateral reproduction test  
 OCRT: open-chain, contralateral reproduction test  
 OWRT: open-chain, with weight reproduction test  
 CRT: close-chain, reproduction test

4. 분석방법

자료의 통계처리를 위해 윈도우용 SPSS (statistical package for the social sciences) version 11.0 프로그램을 사용하였다. 측정방법간 오차각도의 차이를 알아보기 위하여 일원분산분석을 실시하였다. 분석 시 유의수준  $\alpha$ 는 .05로 정하였다

III. 결과

처음에 인식된 정적위치에 대한 관절위치

감각의 전이 정도를 알아보기 위해 우세손인 오른쪽 팔굽관절에 4가지 측정방법으로 각도 재현검사(angle reproduction test)를 실시한 후 오차각도를 비교하였다.

열린고리 동측 재생검사, 열린고리 반대쪽 재생검사, 저항이 있는 열린고리 재생검사, 닫힌고리 검사에서 실시된 오차각도는 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 저항이 있는 열린고리 운동에서 오차 각도가 가장 적었으며, 열린고리 자세의 반대쪽으로서의 재생검사에서 오차 각도가 가장 크게 나타났다(표 3)(그림 1).

표 3. 측정방법에 따른 각도 재현 시 오차각도

측정방법	OICT	OCRT	OWRT	CRT	F
오차각도	2.82±1.07 <sup>a</sup>	3.03±1.66	1.65±.63	2.09±.59	4.87*

OIRT: open-chain, ipsilateral reproduction test  
OCRT: open-chain, contralateral reproduction test  
OWRT: open-chain, with weight reproduction test  
CRT : close-chain, reproduction test

<sup>a</sup>평균±표준편차

\* $p < .05$

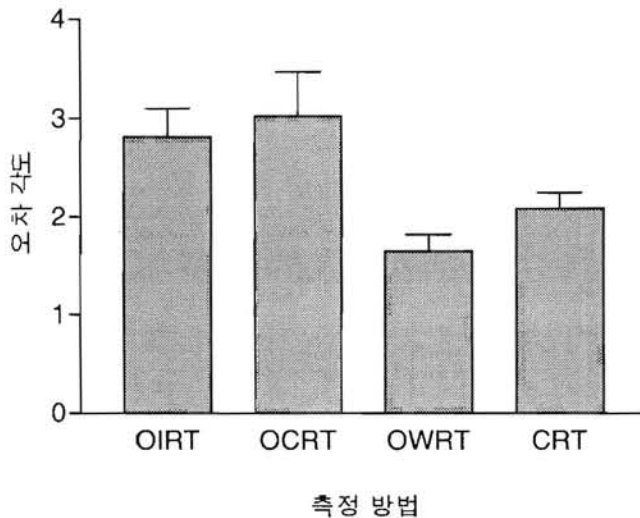


그림 1. 측정방법에 따른 고유수용성각각 차이

#### IV. 고찰

고유수용성감각은 신경근조절, 균형조절 그리고 관절의 안정성을 확보하고 유지하는데 중요한 되먹임(feedback)의 요소이다(Voight 등, 1996). 관절위치나 움직임의 의식적인 인지는 기능적 움직임의 신경근조절을 위한 훈련 초기의 운동학습의 요건 중의 하나이다. 연부조직이나 관절의 손상 후, 고유수용성감각과 운동감각(kinesthesia)은 손상되거나 신경근조절을 변화시킬 수 있다. 고유수용성감각은 관절의 기능적 불안정이나 재손상을 감소시키는데 있어서 중요한 역할을 하기 때문에 손상 후 재활훈련 시 고유수용성감각의 재교육은 강조되고 있으며 많은 연구들이 고유수용성감각이나 운동감각은 재활 후에 개선된다고 보고되었다(Granger, 1990).

닫힌고리 훈련은 열린고리 훈련보다 고유수용성 및 운동감각 되먹임을 제공한다(Lephart 등, 1997). 이론적으로 여러 관절을 가로지르는 근육군은 닫힌고리 훈련 동안 더욱 활성화되기 때문에, 운동조절을 위해서 근육들이나 관절 내 및 관절 외 구조에서 더 많은 감각수용기를 조절하는 것은 열린고리 운동에서 보다 닫힌고리 운동에서 하기 때문이다. 체중지지적 요소(weight bearing element)는 관절 압박(joint approximation)을 일으키고 이것은 움직임의 조절을 위한 감각 입력을 강화시키기 위해 근육이나 관절 내 및 주위의 근육들에 있는 기계적 수용기(mechanoreceptor)를 자극하게 된다(Heiderscheid 등, 2000). 관절위치(position sense)나 운동감각(movement sense)이 열린고리 조건보다 닫힌고리 조건에서 더 크게 강화된다는 가정에도 불구하고 이에 대한 증거는 혼합되어 있다. 한 연구의 결과는 불안정한 어깨관절의 운동감각을 가진 환자에서 열린고리만 실시한 경우와 비교해서 열린고리와 닫힌고리를

함께 실시한 프로그램이 보다 큰 효과를 보였다. 이와 반대로 닫힌고리와 열린고리 조건에서 무릎 관절위치감각 능력의 비교는 유의한 차이가 없다고 보고되었다(Taylor, 1998). 닫힌고리 저항운동 동안에는 여러 관절이 움직이는 것(multiple moving joint)보다는 단일관절움직임(single moving joint)에서 운동조절이 더욱 잘 될 가능성이 높다.

지금까지의 연구에서는 관절위치감각을 측정하기 위하여 단지 한 가지의 방법이 평가되어져왔으나 본 연구에서는 4가지 측정방법으로 관절위치감각을 비교하여 보고자 하였다.

연구결과 4가지 측정방법간에 오차각도는 유의한 차이가 있었으며, 이는 각 측정방법이 관절위치감각의 다른 측면을 측정하는 검사라고 볼 수가 있다. 사후검정 결과 열린고리의 동측 및 반대쪽 재생검사는 오차각도가 비교적 큰 같은 그룹이라고 볼 수 있었으며, 열린고리 저항운동과 닫힌고리가 오차각도가 비교적 작으며 같은 그룹으로서 볼 수 있었다. 열린고리 저항운동에서 오차각도가 가장 적었으며, 열린고리 자세의 반대쪽으로서의 재생검사에서 오차각도가 가장 크게 나타났다. 이와 같이 오차각도가 큰 원인은 동측 재생검사보다 복잡한 인지 변환(mental transformation)을 요구하므로 문제해결 단계에서 특정한 요구를 하게 되어 오차각도가 큰 것으로 볼 수 있다.

관절위치감각을 평가하는데 다양한 방법이 있으며 이러한 방법은 관절 부하의 정도 또는 체중지지 유무에 따라 다르다. 본 연구에서 열린고리 상태에서 아령을 들고 각도를 재현할 때 가장 오차각도가 적었고, 그 다음으로는 체중지지를 한 상태에서 오차각도가 적었다. 아령 없이 열린고리 운동을 하면서 측정할 때보다 아령을 들고 했을 때 오차각도가 적은 것은 외적으로 부과된 무게에 대한 근방추나 관절수용기가 동시에 자극을 더

받을 수 있고 또한 손에 부과된 무게에 대한 느낌으로 관절 각도에 대한 인식을 할 수 있었기 때문에 각도의 오차가 적었던 것으로 생각된다. 또한 체중지지 상태에서 측정했을 때 오차각도가 적은 것은 손바닥을 통하여 입력되는 압력감각(pressure sense)과 관절이 압박을 당하면서 관절 수용기(joint receptor)들이 동시에 작용하여 열린고리 상태에서 측정된 각도오차보다 적었던 것으로 판단된다.

상지에서의 기능적인 활동은 원위 지절의 움직임과 매우 관련이 있다. 그러나 닫힌고리도 또한 침대를 밀거나, 스스로 의자에서 밀어올리기를 하거나 유모차를 미는 것과 같이 상지에서도 닫힌 고리 운동이 요구된다. 유사하게 하지의 많은 기능적인 작업들은 걷기, 계단 오르기, 차에 타기 등과 같이 열린고리와 닫힌고리의 결합으로 구성되어 있다. 과제 지향 훈련(task specific training) 이론과 일관되게 운동은 지향하는 기능을 자극하는 재활프로그램과 통합되어야 하고 기능적인 작업을 위해 환자를 준비시켜야 한다. 예를 들어 서기에서 쪼그려 앉기(squatting)는 열린고리의 동속성 무릎 신전운동보다는 효과적으로 뛰는(jumping) 자세의 수행능력을 강화시킨다고 보고 되었다(Davies, 2000). 그러므로 운동성(mobility)을 요구하는 운동에서는 열린고리 자세에서, 안정성(stability)를 요구하는 운동과 관련된 고유수용성감각을 평가할 때 닫힌고리 자세에서 각각의 위치감각을 측정하여야 하며, 운동조절이나 운동학습의 목적이라면 저항이 있는 열린고리 자세에서 운동하는 것이 효과적일 것이다.

본 연구에서는 1회 측정 시 측정방법에 따른 관절위치감각의 차이에 대하여 알아보았으나 후속 연구에서 일정 기간 훈련 후 관절 위치감각의 변화에 관하여 알아본다면 더욱 자세한 정보를 얻을 수 있을 것이라고 본다.

## V. 결론

본 연구는 측정방법에 따른 관절위치감각의 차이를 알아보기 위하여 실시되었다. 건강한 성인 남자 14명을 대상으로 4가지 자세(동측 열린고리 자세, 반대쪽 열린고리 자세, 저항이 있는 열린고리 자세, 닫힌고리 자세)에서 팔굽관절을 45°에서 각도 재생검사를 실시한 후, 자극지점과 재현한 지점 간에 발생한 오차각도를 구하였다. 측정방법에 따른 관절위치감각에는 유의한 차이가 있었으며, 열린고리 저항운동에서 오차각도가 가장 적었다. 그리고 반대쪽 열린고리 자세의 재생 검사에서 오차각도가 가장 크게 나타났다. 본 연구의 결과로서 동일 관절의 관절위치감각 검사 시 측정방법에 따라 오차각도에 유의한 차이가 있으므로 평가하려는 동작의 종류나 치료 목적에 맞는 검사가 선택되어야 함을 알 수 있다.

## 인용문헌

- Ashton-Miller JA, Wojtys EM, Huston LF, et al. Can proprioception really be improved by exercise? *Knee surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2001;9:128-136.
- Clark FJ, Horch KW. Kinesthesia. In: Boff KR, Kaufman L, Thomas JP. *Sensory Processes and Perception (Handbook of perception and human performance)*. New York, Wiley, 1986.
- Davies GJ, et al. The scientific and clinical rationale for the integrated approach to open and closed kinetic chain rehabilitation. *Orthop Phys Ther Clin North Am.* 2000;247:9.
- Ellenbecker TS, Cappel K. Clinical application of closed kinetic chain exercises in the upper extremities. *Orthop Phys*

- Ther Clin North Am. 2000;231:9.
- Fitzgerald GK. Open versus closed kinetic chain exercise: Issues in rehabilitation after anterior cruciate ligament surgery. *Phys Ther.* 1997;77:1747.
- Granger CV. Health accounting—functional assessment of long-term patient. In: Kottke FJ, Lehmann JF, eds. *Krusen's Handbook of Physical Medicine and Rehabilitation*, 4th ed. Philadelphia, WB Saunders, 1990:270-367.
- Heiderscheit BC, Rucinski TJ. Biomechanical and physiologic basis of closed kinetic chain exercise in the upper extremities. *Orthop Phys Ther Clin North Am.* 2000;9:209.
- Helms Tillery SI, Flanders M, Soechting JF. A coordinate system for the synthesis of visual and kinesthetic information. *J Neurosci.* 1991;11:770-778.
- 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.
- Kavounoudias A, Roll R, Roll JP. Foot sole and ankle inputs contribute joint to human erect posture regulation. *J Physiol.* 2001;532:869-878.
- Lephart SM, et al. The role of proprioception in rehabilitation of athletic injuries. *Am J Sports Med.* 1997; 25:130.
- Lephart SM, Pincivero DM, Rozzi SL. Proprioception of the ankle and knee. *Sports Med.* 1998;25:149-55.
- McChesney JW, Woollacott MH. The effect of age-related declines in proprioception and total knee replacement on postural control. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2000;55:M658-666.
- Soechting JF. Does position sense at the elbow reflect a sense of elbow joint angle or one of limb orientation? *Brain Res.* 1982;248:392-395.
- Taylor RA, et al. Knee position error detection in closed and open kinetic chain tasks during concurrent cognitive distraction. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998;28:81.
- Voight ML, Hardin JA, Blackburn TA, et al. The effects of muscle fatigue on the relationship of arm dominance to shoulder proprioception. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1996;23:348-352.
- Wall PD. The sensory and motor role of impulses traveling in the dorsal columns towards cerebral cortex. *Brain* 1970;93:505-524.