

20대 연령에서 다양한 조건에 따른 슬관절의 고유수용성 감각 비교

한서대학교 재활치료학과

권오윤 · 최홍식

A Comparison of the Proprioception of the Knee Joint at Different Conditions in 20 Years of Age

Kwon, Oh Yun, M.P.H, R.P.T, Choi, Hong Sik, M.P.H, R.P.T

Dept. of Rehabilitation Therapy, Hanseo University

— ABSTRACT —

The purpose of this study to evaluate and compare the proprioception of the dominant knee joint at different conditions in normal 20 years of age. The proprioception was measured at sitting, supine, prone position with the eyes opened and the eyes closed. All were assessed with and without a knee brace around the knee by reproduction the position to which a joint has previously been placed.

In this study, 24 rehabilitation therapy major students were assessed at Hansoe University. In this study applied the paired t-test and 1-way ANOVA to determine the statistical significance of results at 0.05 level of significance.

The error average of proprioception was $4.65 \pm 2.95^\circ$ with the eyes closed and $4.08 \pm 1.14^\circ$ with the eyes opened in sitting position, $5.56 \pm 3.18^\circ$ with the eyes closed and $4.98 \pm 2.99^\circ$ with the eyes opened in supine position and $5.60 \pm 1.64^\circ$ with the eyes closed and $4.87 \pm 2.16^\circ$ with the eyes opened in prone position. There was no significantly difference the error average between the eyes opened group and the eyes closed group. There was no significantly difference the error average among the three positions. The error average decreased significantly in knee brace group at all conditions.

Key Words : Proprioception, Knee joint.

차 례

서 론

연구방법

연구대상 및 연구기간

측정방법

분석방법

연구결과

다양한 조건에서 측정된 슬관절의 고유수용성 감각 오차

다양한 조건에 따른 고유수용성 감각 오차 비교

고 찰

결 론

참고문헌

서 론

고유수용성 감각은 정상적인 운동조절에 매우 중요한 요소이며, 신경학적 손상 환자를 치료하는 접근법에 기본적으로 사용되는 신경생리학적 기전이다²⁶⁾. 고유수용성 감각기로부터 입력되는 정보는 말초로부터 척수의 상행로를 통해 동측 소뇌와 반대측 두정엽으로 정보를 투사하여 말초의 정보 되먹임(feedback)에도 중요한 역할을 담당하고 있다²⁸⁾.

고유수용성 감각은 외적으로 작용된 힘에 대하여 즉각적 반응으로 근육의 수축성을 변화시킬 수 있는 신체의 능력으로, 모든 손상된 관절의 기능적 불안정이나, 재손상을 감소시키는 데 중요한 요소이다⁶⁾. 손상 후 비정상 보행은 발, 무릎, 고관절 그리고 요통으로 인한 것이며, 급성 족관절 염좌의 33% 이상은 재활훈련이 끝난 후에도 장기간 후유증이 존재한다^{3, 9)}. 재활훈련이 끝난 후에도 기능적 불안정이 존재하는 것은 관절이나 사지, 신체의 고유수용성 감각이 회복되지 않았거나 기능을 상실해서 발생할 수 있다¹⁰⁾. 이처럼 고유수용성 감각은 재활치료 과정에 중요하기 때문에 고유수용성 감각 검사와 고유수용성 감각회복을 증진시키는

것은 중요시 생각되고 있고, 고유수용성 감각을 자극하여 신경근육을 촉진시키는 기법도 개발되었다¹⁸⁾.

고유수용성 감각(proprioception)은 propri(자기 자신)+ceptive(받아들이다)의 합성어로 고유수용성 감각은 여러 고유 수용성 기관에 의해 감지되는 감각이다²⁷⁾. 고유수용성 감각에 관련된 감각 기관으로는 근방추(muscle spindle), Golgi tendon organ, Joint receptor가 있다. 근방추는 근육의 진행방향과 평행하게 위치하여 근육의 길이와 관련된 속도변화를 감지하며¹⁶⁾, Golgi tendon organ은 근긴장 변화를 감지함으로써, 근긴장도 조절에 중요한 기능을 하고 있다¹⁷⁾. 또한 Joint receptor의 기능에 대해서는 생리학적으로 분명하지는 않지만 Type I, II, III, IV로 구분되며, I, II, III는 관절의 위치를 구별하고, 체중의 부하를 구별하며, 운동의 방향, 크기, 속도를 감지하며 Type IV는 통증을 감지한다⁹⁾.

의식적으로 관절의 움직임이나 관절의 위치를 인식하는 것은 관절²¹⁾과 근육에서 입력되는 감각 정보뿐만 아니라¹¹⁾ 표재감각(cutaneous sense)과²⁰⁾ 기억력도 관련이 되어있다¹¹⁾.

현재 고유수용성 감각중 위치감각을 검사하는 방법으로는 치료사가 표재감각을 최소화하기 위하여 관절 원위쪽을 잡고 10°/sec의 속도로 한쪽 관절을 수동적으로 천천히 움직인 후 반대쪽 사지로 동작을 복제하여 검사하는 방법이 있고¹⁾, Kinesthesiometer를 이용하거나²⁴⁾ 검사하고자 하는 관절의 외측을 잡고, 관절을 움직인 다음 2~4초 자세를 유지한 다음 검사하고자 하는 관절을 다시 시작자세로 위치시키고, 피검자에게 2~4초 머물렀던 자세를 복제하게 하여 검사하는 방법이 있다¹⁾. 운동감각 검사(movement sense)는 검사자가 피검자의 사지를 5°/sec의 속도로 천천히 위 아래로 움직일 때 피검자가 각 관절이 위로 또는 아래로 움직이는지를 대답하는 방법이 있다.

공통적으로 널리 사용되고 있는 관절위치 감각검사는 선행적으로 움직였던 관절위치를 다

시 복제하는 것과^{14,15)} 관절을 일정하게 천천히 움직일 때 움직임을 감지하는 역치를 이용하여 측정하는 방법이 있다¹³⁾. 또한 피검자가 실제 움직인 각도를 인지하고, 인지한 각도를 visual analogue를 통하여 측정하는 방법도 있다²⁾.

이처럼 고유수용성 감각을 검사하는 방법은 다양하지만 측정 자세에 따른 고유수용성 감각에 차이가 있는지에 대한 연구는 없었다. 또한 운동이나 관절 손상시 관절을 보호하기 위해 착용하는 보조기가 관절에 고유수용성 감각을 증진시키는지에 대한 연구가 없었다.

그래서 본 연구는 20대 정상인을 대상으로 검사 자세나 개안, 폐안시 그리고 보조기 착용시 슬관절의 고유수용성감각에 차이가 있는지를 알아봄으로써 임상에서 환자의 고유수용성감각 평가에 필요한 자료를 제공하고자 다음과 같은 세부 목적을 가지고 실시하였다.

본 연구의 세부 목적은 다음과 같다.

첫째, 개안시와 폐안시 각각의 검사자 자세에서 슬관절의 고유수용성 감각을 측정한다.

둘째, 개안시와 폐안시 슬관절의 고유수용성 감각을 비교한다.

셋째, 검사 자세에 따른 슬관절의 고유수용성 감각을 비교한다.

넷째, 보조기 착용시와 비착용시 슬관절 고유수용성 감각을 비교한다.

연구방법

연구대상 및 연구기간

본 연구의 대상은 한서대학교 재활치료학과에 재학중인 학생중 연구에 참여하겠다는 학생 가운데 과거에 신경학적 질병이나 슬관절에 어떠한 질병도 경험하지 않은 학생 24명을 대상으로 실시하였다. 연구 대상자 24명 중 남자는 9명(37.5%), 여자는 15명(62.5%)이었으며, 평균 연령은 20.13세이었다.

연구기간은 1996년 6월 10일부터 20일까지 5명을 대상으로 예비실험하였고, 동년 6월 20

일부터 8월 30일까지 연구 대상자 전원에게 본 실험을 실시하였다.

측정방법

측정자세는 앉은 자세, 누운 자세, 엎드린 자세에서 개안시(슬관절을 직접 보지 않는 조건)와 폐안시 슬관절의 고유수용성 감각을 측정하였고, 각 자세에서 슬관절에 보조기(neoprene knee support)(그림 1)를 착용·비착용시 고유수용성 감각을 측정하였다.

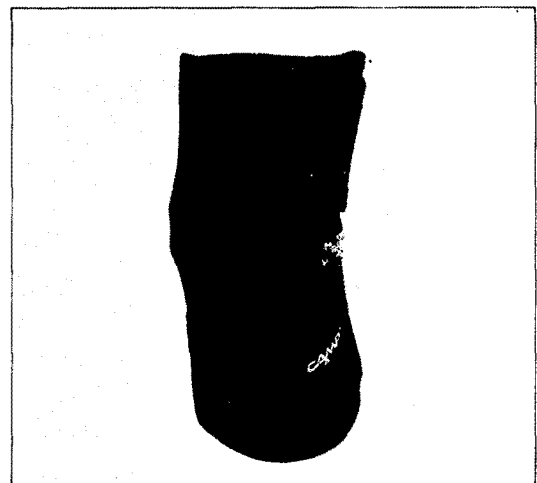


그림 1. 슬관절 보조기

측정도구로는 그림 2-1과 같이 앉은 자세에서는 편안하게 피검사자를 슬관절이 침대의 모서리로부터 2~4cm 나오게 앉히고, 무릎을 벨트로 고정시킨 다음 슬관절 중심으로부터 내과까지의 길이를 측정하였다. 그리고 족관절의 운동을 제한시키기 위하여 ankle air splint를 이용하여 일정한 압력으로 발목관절을 90°로 유지하게 하였다. ankle air splint 앞끝은 구멍을 뚫어서 실을 달아매고 실끝에는 무게를 감지할 수 없을 정도의 작은 단추를 달아 무게에 의해 줄이 내려지도록 하였다.

처음 대상자는 눈을 뜨고 자신의 하지를 보지 않게 하고 정면을 주시하게 한다. 검사자는

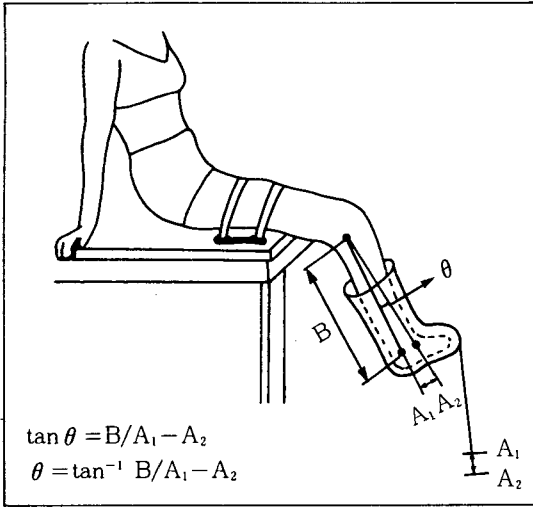


그림 2-1. 앉은 자세에서의 측정

편안하게 다리를 내리고 있는 피검사자의 다리를 10°/sec속도로 수동적으로 10~25° 신전 자세로 천천히 올린 다음 2~4초 동안 한 지점에서 자세를 유지하게 하고 그 자세를 기억하게 한다. 이때 추의 위치를 패널에 점(A₁)을 찍어 표시한다. 이 과정 중에서 피검자가 능동운동을 못하게 하며 검사자가 능동운동을 느끼면 재검사를 실시하였다. 2~4초 동안 자세를 기억하게 한 후 시작자세로 다리를 내리고 피검자가 기억했던 자세로 능동적으로 슬관절을 신전시킨다. 피검자가 인식했던 자세를 취하게한 후 피검사자가 자세를 완료했다고 인정할 때 추의 위치 점(A₂)을 표시한다.

A₁과 A₂ 사이의 차이 길이를 구하고, 그 길이와 B의 길이가 이루는 tan θ 값으로 오차각도를 구하였다. 같은 방법으로 폐안시, 보조기 착용시 오차각도를 측정하였다. 각각의 자세마다 5회 측정하여 평균값을 측정값으로 사용하였다.

누운 자세에서 측정은 그림 2-2와 같이 상체를 침대 위에 눕히고 앉은 자세에서와 같이 동일한 방법으로 실시하였다. 엎드린 자세에서의 측정은 그림 2-3과 같은 자세에서 실시하였으며, 측정시 시작자세는 슬관절을 완전히

신전시킨 자세에서 수동적으로 40~50° 굴곡시킨 자세로 2~4초 슬관절을 유지하고 피검자에게 자세를 인식하게 하였다. 슬관절 자세 인식이 완료되었을 때 수동적으로 슬관절을 완전히 신전시킨 후 피검자가 능동적으로 인식한 자세를 취하게 한 후 차이 각도를 측정하였다.

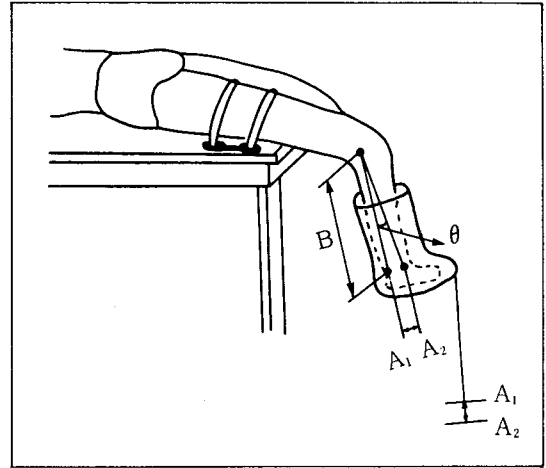


그림 2-2. 누운 자세에서의 측정

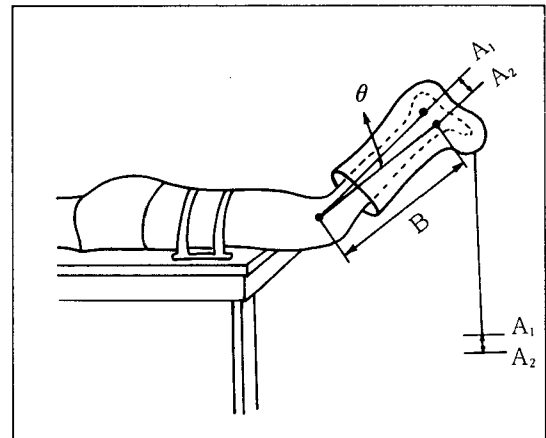


그림 2-3. 엎드린 자세에서의 측정

분석방법

분석은 각 항목의 결과를 부호화 하여 SPSS

/PC+를 이용하여 통계처리 하였다. 각각의 자세에서 개안과 폐안시 그리고 보조기 착용시와 비착용시 고유수용성 감각 오차에 차이가 있는지 알아보기 위하여 paired t-test를 실시하였고, 각각의 자세에 따른 고유수용성 감각 오차를 비교하기 위하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였다. 통계학적 유의성을 검증하기 위하여 유의수준은 0.05로 정하였다.

연구결과

다양한 조건에서 측정된 슬관절 고유수용성 감각 오차

다양한 조건하에서 슬관절의 고유수용성 감각 오차를 측정된 결과 앉은 자세에서 폐안시 슬관절에 보조기를 착용하지 않고 측정된 평균 오차는 4.65°이었고, 보조기를 착용하고 측정했을시는 2.64°의 평균 오차를 보였다. 또한 앉은 자세에서 개안시 보조기를 착용하지 않고 고유수용성 감각을 측정했을 때 평균 오차는 4.08°이었고, 보조기를 착용했을시는 2.40°이었다.

누운 자세에서 폐안시 보조기를 착용하지 않고 고유수용성 감각을 측정하였을시 평균 오차

표 1. 다양한 조건에서 측정된 슬관절 고유수용성 감각 오차
단위 : 도

자 세	시 각	보조기 착용	평균±표준편차
앉은 자세	폐 안	무	4.65±2.95
		유	2.64±1.14
	개 안	무	4.08±2.92
		유	2.40±1.53
누운 자세	폐 안	무	5.56±3.18
		유	3.19±2.68
	개 안	무	4.98±2.99
		유	2.98±1.37
엎드린 자세	폐 안	무	5.60±1.64
		유	3.15±1.61
	개 안	무	4.87±2.16
		유	2.77±1.64

는 5.56°이었고, 보조기를 착용했을시는 3.19°이었다. 또한 개안시 보조기를 착용하지 않고 측정했을시 평균 오차는 4.98°이었고, 보조기를 착용했을시에는 2.98°이었다.

엎드린 자세에서 개안시 보조기를 착용하지 않고 고유수용성 감각을 측정된 결과 평균 오차는 5.60°이었고, 보조기를 착용했을 때 평균 오차는 3.15°이었다. 또한 엎드린 자세에서 폐안시 보조기 착용하지 않았을시 측정된 고유수용성 감각의 오차는 4.87°이었고, 착용했을 경우에는 2.77°이었다(표 1).

다양한 조건에 따른 고유 수용성 감각 오차 비교 폐안과 개안시 측정된 고유수용성 감각 오차 비교

각각의 자세에서 보조기를 착용·비착용한 상태에서 폐안과 개안시 고유수용성 감각 오차에 차이가 있는지 비교한 결과 95% 유의수준에서 유의한 차이가 없었다(표 2).

표 2. 폐안과 개안시 측정된 고유수용성 감각 오차 비교
단위 : 도

조 건	시 각	평균±표준편차	t-값
앉은 자세, 보조기 비착용	폐안	4.65±2.95	1.11
	개안	4.08±2.92	
앉은 자세, 보조기 착용	폐안	2.64±1.14	1.22
	개안	2.40±1.53	
누운 자세, 보조기 비착용	폐안	5.56±3.18	1.23
	개안	4.98±2.99	
누운 자세, 보조기 착용	폐안	3.19±2.68	0.38
	개안	2.98±1.37	
엎드린 자세, 보조기 비착용	폐안	5.60±1.64	1.78
	개안	4.87±2.16	
엎드린 자세, 보조기 착용	폐안	3.15±1.61	1.23
	개안	2.77±1.64	

보조기 착용·비착용시 측정된 슬관절 고유수용성 감각 오차 비교

각각의 자세와 개안·폐안시 슬관절에 보조

기를 착용하고 측정했을 때와 착용하지 않았을 때 고유수용성 감각 오차를 비교한 결과 측정 자세, 폐안·개안시 모든 조건에서 보조기를 착용했을시 고유수용성 감각 오차는 95% 유의수준에서 유의하게 감소하였다(표 3).

표 3. 보조기 착용·비착용시 측정된 슬관절 고유수용성 감각 오차 비교 단위:도

조 건	보조기	평균±표준편차	t-값
앉은 자세, 폐안	비착용	4.65±2.95	3.94*
	착용	2.64±1.14	
앉은 자세, 개안	비착용	4.08±2.29	3.46*
	착용	2.40±1.53	
누운 자세, 폐안	비착용	5.56±1.64	6.08*
	착용	3.19±2.68	
누운 자세, 개안	비착용	4.90±2.99	3.94*
	착용	2.98±1.37	
엎드린 자세, 폐안	비착용	5.60±1.64	5.52*
	착용	3.15±1.61	
엎드린 자세, 개안	비착용	4.87±2.16	5.47*
	착용	2.77±1.64	

*p<0.05

측정자세에 따른 슬관절 고유수용성 감각 오차 비교

각각의 측정 자세에 따른 슬관절 고유수용성

표 4. 측정자세에 따른 슬관절 고유수용성 감각 오차 비교 단위:도

조 건	자 세	평균±표준편차	F-값	
폐안, 보조기	앉은 자세	4.65±2.95	0.98	
	비착용	누운 자세		5.56±3.18
	비착용	엎드린 자세		5.60±1.64
폐안, 보조기	앉은 자세	2.64±1.14	0.61	
	착용	누운 자세		3.19±2.68
	착용	엎드린 자세		3.15±1.61
개안, 보조기	앉은 자세	4.08±2.92	0.77	
	비착용	누운 자세		4.98±2.99
	비착용	엎드린 자세		4.87±2.16
개안, 보조기	앉은 자세	2.40±1.53	0.11	
	착용	누운 자세		2.98±1.37
	착용	엎드린 자세		2.77±1.64

감각을 비교한 결과 폐안·개안, 보조기 착용·비착용시 모든 조건에서 자세 변화에 따라 측정된 슬관절 고유수용성 감각 오차에는 95% 유의수준에서 유의한 차이가 없었다(표 4).

고 찰

본 연구는 정상적인 20대 연령에서 측정자세, 시각 유·무, 보조기 착용, 비착용에 따른 슬관절의 고유수용성 감각에 차이가 있는지 알아보기 위하여 실시하였다. 해부학적 연구에서 관절낭과 관절낭 주위에 다양하고 많은 기계적 수용기(mechanoreceptor)가 존재한다는 것이 입증되었고, 이러한 수용기는 관절낭^{4, 25)}, 내측측부인대²²⁾, 십자인대, 반월판²³⁾ 그리고 관절을 지나가는 근육과 인대에 있다는 것이 밝혀졌다¹²⁾. 그러나 어떤 수용기가 관절의 운동이나 위치에 대한 감각을 의식적으로 인지하는지에 대해서는 논란이 되고 있다¹⁾.

고유수용성 감각을 평가하는 방법도 다양하지만 이 연구에서는 가장 공통적으로 사용하고 있는 방법 중에 하나인 자세복제능력 방법을 이용하여 측정하였다.

Barrack¹⁾ 등은 본 연구에서 사용한 측정방법과 동일한 방법으로 앉은 자세에서 일반학생과 발레선수들 간의 자세복제능력 오차를 측정 비교한 결과 발레 선수군은 4.8±2.8°였으며, 일반 학생의 경우에는 2.6±1.0°이었다. 본 연구에서 폐안시 고유수용성 감각오차는 4.65±2.95°로 발레 선수군과는 비슷한 결과를 보였지만 일반 학생의 평균오차와는 차이가 있었다.

Barrett²⁾는 정상인 85명, 관절염 환자 45명, 그리고 슬관절 전치술환자 11명을 대상으로 Visual analogue 방법으로 고유수용성 감각을 측정하여 비교한 결과 관절염 환자에서 고유수용성감각이 유의하게 감소되었고, 슬관절 전치술을 한 환자는 관절염환자 보다 고유수용성감각이 증가하였다고 하였다. 또한 슬관절에 탄력붕대를 착용했을 경우 정상인에서는 고유수용성 감각의 정확성에 증가가 없었지만 관절염 환자에서는 고유수용성 감각의 정확도가 증가하였다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 각각

의 검사자세나 폐안·개안 조건하에서 보조기를 착용했을시 고유수용성감각의 정확성이 증가되었다. Moberg²⁰⁾는 고유수용성 감각을 인지하는데 있어서 표재감각(cutaneous sense)이 관련 있다고 하였다. 피부에는 온감수용기(thermoreceptor), 유해수용기(nociceptor) 그리고 기계적 수용기(mechanoreceptor)를 포함하여 세가지 수용기가 있다¹⁹⁾. 기계적 수용기는 고유수용성 감각정보를 전달하여 운동조절에 중요한 역할을 하며⁹⁾, 발이나 발바닥으로부터 감지된 압박감은 균형유지에 사용된다⁷⁾.

이러한 측면에서 볼 때 보조기가 슬관절의 안정성을 증가시켜서 고유수용성 감각을 증가시킬 수도 있지만, 보조기를 착용함으로써 슬관절 주위의 표재감각 인지능력을 증가시켜 결국 고유수용성 감각의 정확성을 높일 수 있었던 것으로 사료된다.

시력은 공간에서 신체나 물체의 위치에 대한 정보를 전달하여 운동체계에 영향을 미치고 시각적 암시(visual cue)는 숙련된 운동이나 균형, 보행에 영향을 미친다⁵⁾. 본 연구에서 시각을 차단한 경우와 슬관절에 시각적 암시를 하지 않는 상태에서 개안을 했을시 측정된 고유수용성 감각의 정확도는 폐안시와 비교하여 통계학적으로 유의한 차이는 없었지만 각각의 조건에서 증가되었다.

신경학자들 중에서 머리의 움직임이나 방향을 의식적으로 감지하는 역할을 하기 때문에 전정기관을 고유수용성감각에 포함시킨다²⁷⁾. 또한 전정기관은 머리의 위치나 운동을 감지하면서 목 뿐만 아니라 신체의 다른 부분으로부터 오는 고유수용감각 정보를 통합한다⁹⁾. 본 연구에서 머리의 자세에 따라 슬관절 고유수용성 감각의 정확도에 차이가 있는지 알아보기 위하여, 앉은 자세, 누운 자세, 엎드린 자세에서 고유수용성 감각을 측정하였으나 자세에 따른 고유수용성감각의 정확도에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 본 연구 결과 시력을 폐안·개안을 한 경우, 자세에 따른 고유수용성 감각의 정확도에는 유의한 차이가 없었고, 슬관절에 보조기를 착용했을시에 비착용시 보다 고유수용성 감각의 정확성이 유의하게 증가하

였다.

결 론

본 연구는 한서대학교 재활치료학과에 재학 중인 학생 24명을 대상으로 다양한 자세와 조건에 따른 슬관절의 고유수용성 감각의 정확성에 차이가 있는지 알아보기 위하여, 1996년 10월부터 8월 30일까지 연구를 실시하였다.

결과는 다음과 같다.

1. 앉은 자세에서 폐안시 오차평균은 $4.65 \pm 2.95^\circ$ 이었고, 개안시는 $4.08 \pm 2.92^\circ$ 이었으며, 보조기 착용시에는 폐안시 $2.64 \pm 1.14^\circ$ 이었고, 개안시는 $2.40 \pm 1.53^\circ$ 이었다.
2. 누운 자세에서 폐안시 오차평균은 $5.56 \pm 3.18^\circ$ 이었고, 개안시는 $4.98 \pm 2.99^\circ$ 이었으며, 보조기 착용시에는 폐안시 $3.19 \pm 2.68^\circ$ 이었고, 개안시는 $2.98 \pm 1.37^\circ$ 이었다.
3. 엎드린 자세에서 폐안시 오차평균은 $5.60 \pm 1.64^\circ$ 이었고, 개안시는 $4.87 \pm 2.16^\circ$ 이었으며, 보조기 착용시에는 폐안시 $3.15 \pm 1.61^\circ$ 이었고, 개안시에는 $2.77 \pm 1.64^\circ$ 이었다.
4. 폐안과 개안시 슬관절의 고유수용성 감각 오차 평균에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$).
5. 자세에 따른 슬관절의 고유수용성 감각 오차평균에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$).
6. 보조기 착용시와 비착용시 고유수용성 감각 오차평균에는 유의한 차이가 있었고 보조기를 착용했을시 고유수용성 감각의 정확도는 증가하였다($P < 0.05$).

이러한 결과로 볼 때 슬관절의 손상이나 슬관절이 불안정한 환자에게 관절을 보호하거나 슬관절 손상 후 재활훈련과정 또는 운동선수가 운동시 손상을 방지하기 위하여 고유수용성 감각을 증진시킬 수 있는 슬관절 보조기를 착용하는 것이 필요하다 하겠다.

참 고 문 헌

1. Barrack R, Skinner HB, Cook SD. Proprioception of the knee joint : paradoxical effect of training. *Am J Phys Med* 63(4) : 175-181, 1984.
2. Barrett DS. Joint proprioception in normal, osteoarthritic and replaced knees. *J Bone Joint Surg(Br)* 73 : 53-56, 1991.
3. Bosien WR, Staples DS, Russell SW. Residual disability following acute ankle sprains. *J Bone Joint Surg(Am)* 37 : 1237-1243, 1955.
4. Boyd LA. The histological structure of the receptors in the knee joint of the cat correlated with their physiological response. *J. Physiol* 122 : 38-58, 1953.
5. Cordo PJ, Flanders M. Sensory control of target acquisition. *Trends Neurosci* 12 : 110, 1989.
6. Day RW, Wildermuth BP. Proprioceptive training in the rehabilitation of lower extremity injuries. *Adv Sports Med Fitness* 1 : 241-258, 1988.
7. Do MC, Bussel B, Breniere Y. Influence of plantar cutaneous afferents on early compensatory reactions to forward fall. *Exp Brain Res* 79 : 319, 1990.
8. Evans GA, Harcastle P, Frenyo AD. Acute rupture of the lateral ligament of the ankle. *J Bone Joint Surg(Br)* 66 : 209-212, 1984.
9. Frederricks CM, Saladin LK. Pathophysiology of the Motor systems. Principles and clinical presentations. Seoul : Yeong Mun Publishing Co. p.101, 1996.
10. Freeman MAR, Dean MRE, Hanham IWF. The etiology and prevention of functional instability of the foot. *J Bone Joint Surg (Br)* 47 : 678-685, 1965.
11. Gandevia SC, Burke D, McKeon B. The projection of muscle afferents from the hand to cerebral cortex in man. *Brain* 107 : 1-13, 1984.
12. Goodwin GM, McCloskey DI, Mathews PBC. The contribution of muscle afferents to kinaesthesia shown by vibration induced illusions of movement and by the effects of paralysing joint afferents. *Brain* 95 : 705-748, 1972.
13. Grigg P, Finerman GA, Riley LH. Joint position sense after total hip replacement. *J Bone and Joint Surg* 56 : 1016-1025, 1973.
14. Horch KW, Clark FJ, Burgess PRA. Awareness of knee joint angle under static conditions. *J Neurophysiol* 38 : 1436-1447, 1957.
15. Howse AJG. Orthopaedists aid ballet. *Clin. Orthop. and Rel. Res* 89 : 52-63, 1972.
16. Hunt, CC. Mammalian muscle spindle : Pheripheral Mechanism. *Physiol Rev* 70 : 643, 1990.
17. Jami L. Golgi tendon organs in mamalian skeletal muscle. Functional properties and centarl actions. *Physiol Rev* 72(3) : 623, 1992.
18. Knott M, Voss DE : Proprioceptive neuromuscular facilitation. New York : Harper & Row, 1968.
19. Light AR, Perl ER. Peripheral sensory system. Chapter 8. In : Dyck PJ, Thomas PK. *Peripheral neuropathy*, Philadelphia : WB Saunder, 1993.
20. Moberg E. The cutaneous afferents in position sense, kinaesthesia and motor function of the hand. *Brain* 106 : 1-19, 1983.
21. Newton RA. Joint receptor contributions to reflexive and kinesthetic responses. *Phys. Ther* 62(1) : 22-29, 1982.
22. O'Connor BL, Gonzales J. Mechanoreceptors of the medial collateral ligament of the cat knee joint. *J. Anatomy* 129 : 719-729, 1979.
23. O'Connor BL, McConnaughey JS. The

- structure and innervation of cat knee menisci and their relation to a "sensory hypothesis" of meniscal function. *Am. J. Anat* 153 : 431–442, 1978.
24. Opila–Lehman, Short MA, Trombly CA. Kineesthtic recall of children with athetoid and spastic cerebral palsy and of nonhandicapped children. *Dev. Med. Child Neurol* 27 : 223–230, 1985.
25. Polacek P. Differences in the structure and variability of encapsulated nerve ending in the joints of some species of mammals. *Acta Anat* 47 : 112–124, 1961.
26. Scholz JP, Campbell SK. Muscle spindles and the regulation of movement. *Phys Ther* 60(11):1416–1423, 1980.
27. Smith LK, Weiss EL, Lehmkuhl LD. *Brunnstrom's Clinical kinesiology*. F. A. Davis Co., Philadelphia, 5th ed, p.113, 1996.
28. Umphred DA. *Neurological rehabilitation*. The C.V. Mosby Co, St. Louis, 2nd ed, p.113, 1990.