

닫힌사슬과 열린사슬 운동을 통한 무릎관절의 위치 감각훈련이 노인의 고유 수용성 감각 및 균형능력에 미치는 영향

박종목¹, 이상호^{*2}

¹근로복지공단 대전병원 재활센터, ^{*2}선문대학교 물리치료학과

The Effect of Knee Joint Position Sense Through Close and Open Kinetic Chain Exercise On The Proprioception and Balance Ability of Elderly People

Jong-Mok Park¹, Sang-Ho Lee^{*2}

¹Daejeon Hospital Rehabilitation Center of Korean Worker's Compensation & Welfare Service

^{*2}Department of Physical Therapy, Sunmoo University

Purpose The Purpose of this study was to investigate the effects of the knee position sense training through closed and open kinetic chain of four week on the elderly's proprioception and balance ability. **Methods** The subjects of this study were 30 elderly people with an average age of 77, divided into the CKC(Close Kinetic Chain)group (n = 15) and the OKC(Open Kinetic Chain)group (n = 15). The two groups exercised their position sense training in closed chain and open chain environment three times a week, once a day for 4 weeks. All subjects were assessed by pre and post exercise knee proprioceptive sense and balance ability tests. **Results** The effect of the results exercise was significant in both the proprioceptive sense and the balance ability tests in the CKC group and only in the Side hops test in the OKC group. **Conclusion** It is concluded that knee position training through closed chains is a useful exercise program that affects the improvement of the elderly's inherent proprioception.

Key words Elderly People, Close Kinetic Chain, Proprioception, Knee joint, Joint position sense

Corresponding author Sang-Ho Lee (fedor07@hanmail.net)

Received date 30 April 2018

Revised date 25 June 2018

Accepted date 26 June 2018

1. 서론

노화가 진행되면서 노인들은 하지의 고유수용성 감각이 감소함에 따라¹⁾ 균형능력의 결손이 오게 되고, 신경근 조절능력, 운동의 협응능력이 감소하면서 낙상 위험성이 증가 한다.²⁾ 노인은 낙상으로 인한 신체적인 손상으로부터 회복이 어렵고, 젊은 사람들에 비해 합병증이 심해 사망에까지 이를 수 있기 때문에 심각한 문제로 인식되고 있다.³⁾

노인들에게 균형능력의 감소와 함께 나타나게 되는 문제 중 하나는 몸통과 사지의 위치감각능력인 고유수용성 감각의 저하를 들 수 있다.⁴⁾ 고유수용성 감각은 신체의 움직임에 대하여 모든 관절의 각도 및 각속도, 움직임의 비율에 대한 정보를 중추신경계로 전달하고, 똑바로 서있는 동안 균형을 유지하기 위한 감각 피드백의 중요한 요소이다.⁵⁾ 노인들에게 있어 균형을 조절 하는 것은 고유수용성 피드백에 대한 섬세한 조절이

가장 큰 바탕이 된다.⁶⁾ Ribeiro와 Oliveira는⁵⁾ 노인과 젊은 성인의 고유수용성 감각을 비교한 결과, 나이가 많아짐에 따라 무릎관절의 고유수용성 감각능력이 저하된다고 증명 하였는데, 이처럼 노인의 고유수용성 감각의 저하는 신경근 조절 능력을 감소시키고 기능적 불안정의 원인이 된다.⁷⁾

정상 환경에서 균형을 유지하기 위하여 사용되는 감각으로는 고유수용성 감각, 전정감각, 시각이 있으며, 시각 또는 전정감각보다 고유수용성 감각의 정보에 비중을 많이 둔다.⁸⁾ 즉, 고유수용성 운동조절은 관절의 위치를 유지하는 것과 관련된 근육의 길이에 대한 정보를 제공하기 때문에 시각 및 전정감각과 함께 균형을 유지하는데 있어 매우 중요한 요인이 된다.⁹⁾

열린사슬 운동은 근육의 기시부에서 움직임이 자유롭게 움직이는 운동으로 가속력을 증가시키거나, 기능적 행위의 발달에 도움을 주는 운동으로 알려져 있다.¹⁰⁾ 하지만 무릎관절은 대부분 닫힌사슬의 위치에서 기능적으로 움직이기 때문에 닫힌사슬에서의 운동은 재활에서 자주 사용된다. 고유수용성 감각

doi : <http://dx.doi.org/10.17817/2018.06.25.111264>

은 닫힌사슬 운동에서 재활성화 되며 재활훈련을 하는 동안 고유수용체는 중추 신경계에 자극을 지속적으로 전달하면서 서서히 적응한다.¹¹⁾ 또한 무릎관절에서 닫힌사슬에서의 운동은 열린사슬 운동보다 근육의 동원 속도를 증가시킴으로써 무릎의 안정성을 증가시키며,¹²⁾ 닫힌사슬에서의 운동은 고유수용기를 자극함으로써 동적 안정성에 효과적이다.¹³⁾

닫힌사슬 운동과 열린사슬 운동 모두 관절의 위치감각을 향상시키는 데에 효과적 이지만,¹⁴⁾ 고유수용성 감각을 재교육하기 위해서 체중 지지 자세인 닫힌사슬 운동의 필요성이 제기되고 있다.¹⁵⁾ 고유수용성 감각의 효과를 입증하기 위한 많은 연구가 있지만 관절의 위치감각 훈련을 통한 연구는 많이 이루어지지 않고 있으며, 건강한 노인의 고유수용성 감각을 훈련시킴으로써 균형능력과의 연관성을 확인하는 연구 또한 많이 이루어지지 않았다. 선행 연구에서 운동선수의 고유수용성 감각의 훈련이 무릎관절의 위치감각 향상에 도움이 된다고 보고하였다.¹⁶⁾ 이를 바탕으로 본 연구에서 닫힌사슬 운동을 이용한 무릎관절의 위치감각 훈련이 노인의 고유수용성 감각과 균형능력 향상에 미치는 효과를 알아보고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상 및 연구기간

전라북도 남원시 소재 00요양원에 내원 중인 낙상경험이 있는 노인 30명을 대상으로 열린사슬 운동군 15명, 닫힌사슬 운동군 15명으로 제비뽑기를 통해 무작위 분배 하였다. 연구기간은 2016년 12월 26일부터 2017년 1월 20일 까지 하였고 1일 1회, 주 3회, 4주간 중재하였다. 사전, 사후 평가를 하였으며 고유수용성 감각 검사와 균형 검사를 실시하였다.

측정 전 실험에 대한 충분한 설명을 한 후 자발적인 참여에 대한 동의서를 받았다. 대상자들은 60세이상 80세 이하의 노인, 도움을 받지 않고 10m 보행이 가능한 자, 근골격계 질환이나 변형이 없는 자, 운동에 지장을 주는 신경계통 질환이 없는 자, 의사소통이 가능하여 설문에 응할 수 있으며 연구의 목적을 이해하고 참여에 동의한 자를 대상으로 하였다.

2. 측정방법

모든 평가는 숙련된 2명의 치료사가 중재시작 전후에 측정하였고, 관절위치감각 검사, Side hops 검사, 한발서기 검사, 롬버그 검사 순으로 진행되었다. 각 테스트 간에 충분한 휴식시간을 주었으며, 측정 결과에 따른 점수는 대상자에게 공지하지 않았다. 전후 평가는 모두 같은 치료사가 측정하였다. 중재동안 결과에 미칠 수 있는 외부적인 조건의 차단을 위하여 조용한 독립공간에서 중재를 실시하였으며, 정확한 적용을 위하여 대

상자의 중재 순서는 치료사가 무작위로 중재를 실시 하였다.

(1) 관절 위치감각 검사(Position sense Test)

고유수용성 감각의 측정을 위해 각도기(HSK블루버드 디지털 각도기 BD-DR200)를 이용하여 무릎관절의 위치감각을 측정하는 방법을 사용하였다. 관절의 위치감각은 관절각도의 능동 또는 수동적 재현과 그에 따른 오차 결정에 의해 평가될 수 있다.¹⁷⁾ 측정은 앉은 자세에서 측정자의 눈을 가린 후 각도계를 사용하여 45°로 펴 시킨 후 5초 동안 유지하면서 대상자가 그 위치를 기억하도록 명령한다. 무릎관절을 편하게 늘어뜨리게 시킨 후 15초가 지난 다음 측정자가 기억한 각도만큼 능동적으로 무릎관절을 펴 하도록 하여 그 각도를 측정하였다. 양쪽 무릎관절 각도의 오차를 측정하고 3회 측정 후 평균값을 사용한다.¹⁸⁾ 검사하는 다리는 우세측 발을 사용하였다.

(2) Side Hops Test

동적 균형능력을 측정하기 위해 Side hops 검사를 사용하였다. 검사는 바로 선 자세에서 발을 모으고 시작하며, 발 옆에 일자로 된 줄을 세로로 놓아둔 뒤 줄을 기준으로 발을 모은 상태로 좌우로 점프해서 이동하는 횟수를 센다. 측정자의 “시작” 소리와 함께 좌우로 이동하는 횟수를 새어 기록하는데, 자세가 무너지거나 세로로 놓은 줄을 밟으면 카운트에서 제외시킨다. 본 연구에서는 총 3회 측정하여 평균값을 기록하였으며, 대상자의 신체적 특성을 고려하여 중간에 충분한 휴식시간을 부여 하였다.

(3) 한발서기 검사(One Leg Standing Test, OLST)

대상자의 선 자세에서의 정적 균형능력을 측정하기 위해 한발서기 검사를 사용하였다. 바로선 자세에서 정적 균형능력을 측정하는 도구로서, 측정 방법은 편평한 바닥 위에 서서, 양 팔을 허리 위에 올린 상태에서 눈을 뜬 상태로 측정자의 “시작” 소리와 함께 한 쪽 엉덩관절을 90° 굽힘하고, 무릎관절은 자연스럽게 떨어지도록 하였다. 우세측 발을 이용하여 한발서기를 하며, 다리를 들어 올림과 동시에 시간을 초시계(HS-3, CASIO, Japan)를 이용하여 바닥에 닿을 때까지의 시간을 측정한다.¹⁹⁾ 본 연구에서는 총 3회 측정하여 평균값을 기록하였다.

(4) 롬버그 검사(Romberg's Test)

대상자의 정적 균형능력을 측정하기 위해 롬버그 검사를 사용하였다. 바로 선 자세에서 정적 균형능력을 측정하는 도구로서, 편평한 바닥 위에 서서 측정자의 “시작” 소리와 함께 한쪽 발 뒤꿈치를 반대쪽 발에 일직선으로 붙이는 자세를 취하도록 하였다. 양 발이 일자로 위치함과 동시에 시간을 초시계(HS-3, CASIO, Japan)로 발의 위치가 흐트러질 때까지의 시간을 측정한다.²⁰⁾

본 연구에서는 총 3회 측정하여 평균값을 기록하였다.

3. 중재방법

닫힌사슬 운동은 바로 선 자세(Standing position)에서 시행하였으며, 노인의 신체적 특성 상 안전을 고려하여 벽에 기대어 자세를 통해 운동하였다. 1/3스쿼트(One-third squat, 30°), 1/4스쿼트(Quarter squat, 45°), 1/2스쿼트(Half squat, 90°) 3가지의 자세를 이용하여 측정자는 정확한 자세를 각도기(Goniometer)를 통해 만들어 준 후 5초동안 유지하게 한다. 유지 후 대상자를 일어난 상태로 5초간 쉬게 하였다. 곧바로 대상자에게 전과 같은 자세를 취하도록 지시하고 치료사는 구두로 오차를 알려주어 스스로 교정하도록 하였다. 오차가 ±5° 이내로 좁혀지면 의자에 앉아 10초의 휴식시간을 부여하였다. 각 자세당 10회 반복하였으며, 총 30회 실시하였다. 각각의 자세 사이에는 충분한 휴식시간(30초)을 부여하였다. 열린사슬에서의 운동은 앉은 자세(Sitting position)에서 시행하였으며, 대상자는 앉은 자세에서 무릎관절을 45°, 30°, 0°로 스스로 펴 하도록 하였다. 중재의 패턴은 위와 동일하게 실시하였다. 모든 지시는 치료사가 구두로 지시하였다.

4. 분석방법

본 연구는 SPSS windows version 22.0을 사용하였다. 두 군의 정규성을 확인하기 위해 Shapiro-Wilk test를 이용하였다. 닫힌사슬 운동군과 열린사슬 운동군 각각 평균과 표준편차를 제시하고 각 검사의 중재 전후 비교는 Wilcoxon U test를 사용하였으며, 중재후의 결과값 비교를 위하여 Mann-Whitney U test를 이용하였다. 통계학적 유의수준은(α) .05로 설정하였다.

III. 결과

1. 연구대상자의일반적인특성

본 연구에 참여한 대상자는 총30명으로 닫힌 사슬운동군(CKC)15명, 열린사슬 운동군(OKC)15명이다. 닫힌사슬 운동군은 남자2명, 여자13명이며 평균 연령은 77.06±5.71 세이며, 열린사슬 운동군은 남자3명, 여자12명이며 평균 연령은 78.33±5.63 세이다(Table 1).

2. 연구결과

1) 4주간 관절의 위치감각 훈련방법에 따른 각 그룹별 고유수용성 감각 비교

연구결과 Table 2에서 각 그룹 별 관절 위치감각 검사를 통한 고유수용성 감각의 차이를 살펴보면 닫힌사슬 운동군(CKC)은 운동 전 10.03±4.91°에서 운동 후 5.64± 2.68°로 나타났으며, 통계학적으로 유의한 차이가 보였다($p < 0.05$). 한편 열린사슬 운동군(OKC)은 운동 전 10.02±5.96°에서 운동 후 7.54±4.02°로 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 두 운동 후의 고유수용성 감각의 차이는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).

2) 4주간 관절의 위치감각 훈련방법에 따른 각 그룹별 동적 균형 비교

연구결과 Table 3에서 각 그룹별 Side Hops Test를 통한 동적 균형의 차이를 살펴보면 닫힌사슬 운동군은 운동 전 23.23±1.97s에서 운동 후 21.87±1.98 s으로 통계학적으로 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$), 열린사슬 운동군 또한 운동 전 24.29±4.66 s에서 운동 후 25.17±3.91s로 통계학적으로 유의한 차이가 보였음을 알 수 있었다. 두 운동 후 동적 균형의 차이는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).

Table 1. General characteristics between groups

Characteristics	Close Kinetic Chain(n=15)	Open Kinetic Chain (n=15)	ρ
Age(year)	77.06±5.71	78.33±5.63	.545
Length(cm)	155.40±5.82	155.13±8.39	.057
Weight(kg)	57.50±7.64	59.81±8.89	.850

Table 2. Comparison of proprioception in each group

Group	Pre	Post	Z	ρ
CKC(n=15)	10.03±4.91	5.64±2.68	-3.03	.002*
OKC(n=15)	10.02±5.96	7.54±4.02	-1.36	.173
Z		-3.278		
ρ		.001*		

CKC: Close Kinetic Chain. OKC: Open Kinetic Chain. * : $p < .05$

Table 3. Comparison of active balance in each group

(unit : sec)

Group	Pre	Post	Z	ρ
CKC(n=15)	23.23±1.97	21.87±1.98	-2.78	.005*
OKC(n=15)	24.29±4.66	25.17±3.91	-1.96	.05*
Z		-2.966		
ρ		.002*		

CKC: Close Kinetic Chain. OKC: Open Kinetic Chain. * : $p < .05$

Table 4. Comparison of static balance in each group

(unit : sec)

Group	Pre	Post	Z	ρ	
OLST	CKC(n=15)	5.25±2.02	6.92±2.17	-.909	.363
	OKC(n=15)	5.65±1.79	5.33±1.51	-3.41	.001*
	Z		-2.240		
ρ		.023*			
Romberg	CKC(n=15)	4.68±1.96	6.31±1.82	-3.41	.001*
	OKC(n=15)	4.39±1.20	4.77±1.61	-6.25	.532
	Z		-2.302		
ρ		.021*			

CKC: Close Kinetic Chain. OKC: Open Kinetic Chain.

OLST: One Leg Standing Test

* : $p < .05$

3) 4주간 관절의 위치감각 훈련방법에 따른 각 그룹별 정적 균형 능력 비교

연구결과 Table 4에서 각 그룹별 한발서기검사를 통한 정적 균형의 차이를 살펴보면 닫힌사슬 운동군 에서는 운동 전 5.25±2.02 s에서 운동 후 6.92±2.17 s로 나타났으며, 통계학 적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$). 반면 열린사슬 운동군 에서는 운동 전 5.65±1.79 s에서 운동 후 5.33±1.51 s으로 나타났으며, 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. 두 운동 후 한발서기 검사를 통한 균형의 차이는 통계학 적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).

롬버그 검사를 통한 정적 균형능력의 차이를 살펴보면 닫힌사슬 운동군 에서는 운동 전 4.68±1.96 s에서 운동 후 6.31±1.82 s로 나타났으며, 통계학적으로 유의한 차이를 보 였다($p < 0.05$). 반면 열린사슬 운동군에서는 운동 전 4.39±1.20 s 에서 운동 후 4.77±1.61 s 으로 나타났으며, 통계학적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 두 운동 후 롬버그 검사를 통 한 균형의 차이는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).

IV. 고찰

본 연구는 열린사슬 운동과 닫힌사슬 운동을 노인에게 적용하 여 노인의 고유수용성 감각과 균형능력에 어떠한 운동이 효과 적인지를 알아보고자 하였다. Hay등²¹⁾은 노인들에게 있어 균형을 조절하는 것은 고유수용성 피드백에 대한 섬세한 조절이 가장 큰 바탕이 된다고 하였기 때문에 고유수용성 감각과 균형을 동시에 알아보았다. 고유수용성 감각을 측정하는 방법으로 관절의 위치감각(position sense)과 수동적 운동을 감지할 수 있는 역치(Threshold to detection of passive motion)등을 이용할 수 있다. 여러 연구에서 고유수용성 감각을 측정하기 위한 여러가지 복잡한 방법이 소개되고 있지만,^{22,23)} 실제 완벽하게 측정할 수 있는 방법은 없다. 저자들이 사용한 관절의 위치감각검사는 완벽하게 정확하지는 않지만 관절 위치감각, 동적 균형, 정적 균형을 종합적으로 측정함으로써 고유수용성 감각의 기능을 측정할 수 있는 방법으로 사료된다.²⁴⁾

열린사슬 운동과 닫힌사슬 운동을 각각 적용한 후 고유수용성 감각을 측정하기 위한 목적으로 관절의 위치감각검사(Position sense Test)를 측정 하였다. 본 연구 결과 열린사슬 운동 후에는 관절위치감각이 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만 닫힌사슬 운동 후에는 유의한 차이를 보였음을 알 수 있었다. 이러한 결과를 미루어 볼 때 강동훈 등²⁵⁾이

제시한 닫힌사슬 운동이 무릎관절의 위치감각 향상에 도움이 된다는 연구와 유사하였으며, Ian M. Rodol 등¹⁴⁾이 제시한 고유수용성 감각의 재활은 관절의 위치감각을 향상시킨다는 연구와도 유사하였다.

두 운동을 적용한 후 정적 균형과 동적 균형을 비교하여 측정한 결과 Side Hops 검사를 통한 동적 균형검사에서 닫힌사슬 운동군과 열린사슬 운동군 모두 운동 전후 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 또한 롬버그 검사를 통한 정적 균형검사에서 열린사슬 운동 후 유의한 차이를 보이지 않았지만, 닫힌사슬 운동 후에는 유의한 차이가 있었다. 이는 관절의 위치감각검사를 통한 관절의 고유수용성 감각을 증진 시킨 데 있어서 권유정 등²⁶⁾의 성인을 대상으로 열린사슬 운동과 닫힌사슬 운동의 비교연구에서 닫힌사슬 운동군에서 정적 균형의 향상이 있었다는 연구와 유사하며, 열린사슬 보다 닫힌사슬에서의 위치감각 운동이 무릎의 기계수용기를 자극 함으로써 고유수용성 감각을 향상시킴에 있어 더 효과적임을 알 수 있었다. 즉 고유수용성 감각의 증진운동이 균형능력에도 영향을 미친다는 연구²⁷⁾와도 연관이 있음을 알 수 있었다. 본 연구 결과에서 한발서기 검사에서는 닫힌사슬 운동의 효과가 증명되지 않았는데, 노인들에게 있어 한발로 서는 자세 자체가 무릎에 과한 압박을 주게 되면서 무릎에 대한 불안함을 증가시켰기 때문으로 사료된다.

이처럼 닫힌사슬에서 무릎의 위치감각 훈련은 자세 유지근을 활발하게 사용함으로써 근육의 반사적인 수축을 유도하고, 무릎의 고유수용성 감각을 민감하게 만듦으로써 운동 출력을 개선시켰기 때문에 균형능력의 향상에도 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점은 연구의 대상자수가 적어 연구결과를 일반화하기 어려움이 있고, 개개인의 능력차를 배제하지 못했다는 점이다. 관절 위치감각운동, 고유수용성 감각평가 또한 수치화할 수 있는 기구를 이용한 정확한 운동과 평가가 이루어지지 않고 치료사가 직접 각도계를 통해 운동과 평가를 했다는 점에서 검사의 신뢰도가 떨어진다는 것이다. 이에 향후 연구에서는 이러한 제한점을 보완하여 노인의 무릎관절의 고유수용성 감각에 관한 많은 연구를 시행해야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 노인을 대상으로 열린사슬 운동과 닫힌사슬 운동을 통한 관절의 위치감각 훈련이 고유수용성 감각과 정적, 동적 균형에서 어떠한 영향을 미치는지를 알아보려고 실험하였다. 본 연구의 결과, 닫힌사슬 운동을 통한 관절의 위치감각 훈련 시에 고유수용성 감각, 동적 균형, 일부 정적균형이 향상하는

것으로 나타났다($p < .05$). 그러므로 노인을 대상으로 한 임상중재 과정에서 관절의 안정성에 영향을 미치는 고유수용성 감각의 저하를 예방하거나, 향상시키고자 할 경우에 열린사슬 운동보다 닫힌사슬 운동을 통한 운동을 제안하고자 하며, 고유수용성 감각의 많은 감소가 나타나는 노인들에게 닫힌사슬 운동을 통하여 고유수용성 감각의 향상을 위한 관리와 임상적 중재 프로그램을 시행하여 고유수용성 감각을 향상시킴으로써 낙상을 예방해야 할 것으로 사료된다.

References

1. Verschueren SM, Brumagne S, Swinnen SS, et al. The effect of aging on dynamic position sense at the ankle. *Behav Brain Res.* 2002;136(2): 593-603.
2. Kim SN. Development and evaluation of multifactorial fall prevention program for community dwelling low-income elderly people. Korean University. 2011.
3. Rubenstein LW, Josephson KR, True blood PR, et al. Effects of a group exercise program on strength, mobility, and falls among fall-prone elderly men. *J Gerontol Am Bio Sci Med.* 2000;55(6):317-21.
4. Maki BE, Holliday PJ, Topper AK. Fear of falling and postural performance in the elderly. *J Gerontol.* 1999;46(4):123-31.
5. Ribeiro F, Oliveira J. Effect of physical exercise and age on knee joint position sense. *Arch Gerontol Geriatr.* 2010;51(1):64-7.
6. Docherty CL, Arnold BL, Zinder SM, et al. Relationship between two proprioceptive measures and stiffness at the ankle. *J Electromyogr Kinesiol.* 2004;14(3):317-24.
7. Teasdale N, Simoneau M. Attentional demands for postural control: the effects of aging and sensory reintegration. *Gait Posture.* 2001;203-10.
8. Shumsway CA, Woollacott MH. Motor control: translating research into clinical practice, 3rd ed. Philadelphia: Lippincott. Williams & Wilkins. 2007:3-83.
9. Adler SS, Beckers D, Buck M. PNF in Practice: An illustrated guide. 2nd ed. Berlin. Springer. 2000:1-16.
10. Lephart SM, Henry TJ. The physiological basis for open and closed kinetic chain rehabilitation for the upper extremity. *JSR.* 1996;5(1):71-87.
11. Bunton EE, A Pitney WA, Kane AW, et al. The role of limb torque, Muscle action during close kinetic chain rehabilitation of the lower extremity. 1993;28(1):10-20.
12. Kwon SB. Effect of closed and open kinetic chain exercise

- after cruciate ligament reconstruction. *J Korean Soc Phy Ther.* 2005;17:297-310.
13. Kisner C, Colby LA. *Therapeutic exercise.* Philadelphia: F.A. Davis. 2007.
 14. Rodol IM, Ernst G, Perrin DH. Open and close kinetic exercises improve shoulder joint reposition sense equally in healthy subjects. *J Athletic Training.* 1998; 33(4):315-8.
 15. Park JS. *Effects of closed and open kinetic chain exercise on thicknesses, strength, endurance of neck muscle in normal adults.* Daegu university. 2015.
 16. Pánics G, Tállay A, Pavlik A, et al. Effect of proprioception training on knee joint position sense in female team handball players. *Br J Sports Med.* 2008;42:472-6.
 17. Lee GY. *The effects of knee reposition training using closed kinetic and open kinetic chain on proprioception, strength and balance in chronic stroke patients.* Daejeon University. 2015.
 18. Yoon YD, Seo BD, Lee SB. The effect of static and dynamic proprioception on resistance exercise with elastic band. *J PhyvTher Sci.* 2008;15(2):33-40.
 19. Bohannon RW, Larkin PA. Lower extremity weight bearing under various standing conditions in independently ambulatory patient with hemiparesis. *Phys Ther.* 1985;65:1323-5.
 20. Khasnis A, Gokula RM. Romberg's test. *J postgraduate medicine.* 2003;49(2):169-72.
 21. Hay L, Bard C, Fleury M, et al. Availability of visual and proprioceptive afferent messages and postural control in elderly adults. *Exp Brain Res.* 1996;108:129-39.
 22. Barrack RL, Skinner HB, Buckley SL. Proprioception in the anterior cruciate deficient knee. *Am J Sports Med.* 1989;17:16.
 23. Ochi M, Iwasa J, Uchio Y, et al. The regeneration of sensory neurones in the reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Br.* 1999;81:902-6.
 24. Kim JS, Lee DY, Hong JH, et al. The effect of hold and relax technique on knee joint position sense in normal adults. *KSIS.* 2014;2(2):939-41.
 25. Kang DH, Yoo IY, LEE GC. The effects of knee extensor, flexor muscle strength and joint position sense in squat exercise on variety surface. *J KSIM.* 2013;1(2):47-57.
 26. Gowan YG, Bae SS, Park SJ. The effect of static balance recovery by open kinetic chain and closed kinetic chain exercises. *K Soci Phy Med.* 2009;4(1):22-30.
 27. Song HS, Park HR, Bae SJ, et al. The effects of proprioceptive exercises on balance ability after stroke. *KPNF Assoc.* 2010;8(2):1-8.