

## 열린 사슬 운동과 닫힌 사슬 운동이 정적균형 능력에 미치는 영향

권유정 · 배성수<sup>1</sup> · 박수진<sup>2</sup>

세천년병원 물리치료실,<sup>1</sup>대구대학교 재활과학대학 물리치료학과, <sup>2</sup>대구대학교 재활과학대학 신경과학교실

### The Effect of Static Balance Recovery by Open Kinetic Chain and Closed Kinetic Chain Exercises

Yoo-jung Kwon, PT, Sung-soo Bae, PT, PhD<sup>1</sup>, Soo-jin Park, PT<sup>2</sup>

*New Millennium Hospital, Gyeong-Ju*

<sup>1</sup>*Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University*

<sup>2</sup>*Neurogeneration Laboratory, College of Rehabilitation Science, Daegu University*

#### <Abstract>

**Purpose** : This study was investigated the effect of static balance recovery during open kinetic chain exercise (OKC) and closed kinetic chain exercise(CKC).

**Methods** : The participants were consisted of forty-one, was perform 3 sets, 3 times per week for 6 weeks, balance was measured by GOOD BALANCE. Statistical analysis was used repeated measure two-way ANOVA and independent t-test.

**Results** : In CKC group, Center of pressure(COP) medial-lateral(ML) velocity was significantly increased post 6 week test than pre-test, post 2 week test. COP anterior-posterior(AP) velocity was significantly increased post 6 week test than pre-test ( $p<.05$ ).

**Conclusion** : It was found that both OKC and CKC was significantly increased balance recovery in normal young adults. In further study, it was suggested that was regard patient with muscle weakness.

---

**Key Words** : OKC, CKC, Balance recovery

#### I. 서 론

오늘날 과학의 발달로 육체적 노동에서 벗어나

기계화, 자동화로 앉아 있는 생활이 증가함으로 인해 신체활동의 감소로 체지방이 증가하고 기초대사율이 떨어져 노인은 물론 청소년 뿐만 아니라 성인

들이 잘못된 자세와 낙상 등으로 인한 근골격계 손상으로 병원을 찾는 경우가 증가하고 있다(김창환, 2006).

균형은 중력에 대항하여 자신의 체위를 유지할 수 있는 능력으로 정적 균형과 동적 균형으로 나눌 수 있다. 정적 균형은 자세를 유지할 때 체중심을 지지면 내에 두어 신체가 움직이지 않게 유지하는 것이고, 동적 균형은 신체가 움직일 때 균형을 유지하는 것으로 신체가 움직이는 동안 체중심을 지지면 내에 두어 원하는 자세를 유지하는 것이다(배성수 등, 1992). 인체는 정적균형 유지 시 각 관절과 근육의 작용으로 기저면에서 신체중심을 유지하기 하는데, 이러한 근골격계 손상은 일의 능률 뿐만 아니라 삶의 질의 결함을 야기시키게 된다(Salavati 등, 2009).

근력 강화 운동은 근 기능을 효율적으로 개선시킬 수 있는 운동 방법으로 자기 체중을 이용한 운동방법과 중력 및 중량기구를 이용한 운동방법을 통해 다양한 형태의 저항운동이 가능하다. Reid 등(2008)은 하지 근력이 움직임에 제한이 있는 노인의 기능적 활동에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 김한수 등(2002)은 65세이상 노인을 대상으로 하지 근력증진이 균형 및 보행능력 증진에 효과가 있는지 알아보기 위한 운동프로그램을 구성하였다. 김창국 등(2007)은 척추손상환자를 대상으로 체간과 상지근력강화 운동프로그램이 체중심의 최대이동속도를 증가시켜 정적균형조절 능력을 향상시킨다고 하였다.

이러한 저항운동은 신체정렬에 따라 크게 열린사슬운동과 닫힌 사슬운동으로 나눌 수 있는데 열린사슬운동은 열린 사슬 운동은 사지의 원위부에서 자유롭게 움직이고 근위부에서는 고정된 상태에서 운동을 시행하는 방법으로 관절가동범위가 제한된 환자의 근력강화를 위해 중요한 역할을 할 뿐만 아니라(김연주, 2007; 장재원, 2003), 관절의 움직임이 독립적인 열린 사슬 운동은 구심성 근 수축이 우세하여 더 많은 견인력과 회전력을 발생시키고, 안정성이 외부 수단에 의해 제공된다(권순복과 이현옥, 2005). 반면, 닫힌 사슬 운동은 사지의 원위부는 고정되어 있는 상태에서 근위부에서 일어나는 운동으

로, 동적인 근육의 안정성을 위한 동시 수축으로 원심성 수축이 우세하며, 관절 압박력으로 진단력을 감소시켜 관절의 안정성을 주고, 기계적 수용기는 관절낭의 압력 변화에 민감하게 반응하여 고유수용성 감각을 촉진한다. 또한 닫힌 사슬 운동은 근력강화의 주요 프로그램으로 길항근이 서로 원심성으로 작용하여 손상된 관절의 안정성에 많은 영향을 준다(Iwasaki 등, 2006). 본 연구에서는 열린 사슬 운동과 닫힌 사슬 운동을 통한 저항운동이 정적 균형조절 능력에 미치는 영향에 대해 알아보려고 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상 및 기간

본 연구는 포항 소재 S대학 학생을 대상으로 심혈관계와 정형외과적 질환이 없고 신경학적 질환이 없으며, 전정계 손상이나 시력장애로 인한 균형의 문제가 없는 자, 현재 특별한 운동을 하지 않고 일상생활을 수행할 수 있는 정상 성인 41명을 열린 사슬운동 군과 닫힌 사슬운동 군으로 나누어 주3회 6주간 실시하였다.

2008년 3월 3일부터 2008년 3월 8일까지 예비실험을 실시하였고 2008년 3월 11일부터 2008년 6월 12일까지 본 실험을 실시하였고, 대상자들에게 실험 과정에 대한 충분한 설명을 하였고 실험 전 자발적인 참여 의사를 표시하는 동의서를 받았다.

### 2. 연구 도구 및 측정방법

열린 사슬 운동 그룹은 공압식 knee extensor(HUR, Filand)에 앉아 knee flexion 90도를 시작점으로 하여 신전하였고, 닫힌 사슬 운동은 shuttle 2000-1 (Contemporary Design Company, USA) 을 이용하여 knee 90도에서 신전하였다(그림 1).

저항량은 Holten(1994; 배성수, 1998a, 1998b에서 재인용)이 Droese(1977)의 연구를 근거로 하여 구심성 저항시 운동반복횟수를 계산하여 곡선과 도표를 만들어 놓고 이는 최대 저항 양의 80% 저항으로



Fig 1. Open kinetic chain exercise and closed kinetic chain exercise

30회 반복운동을 했을 때 근육내 혈류량이 증가한다는 근거를 바탕으로 1RM에 80%를 결정하는데 임의의 무게를 주고 피로하다고 호소, 통증을 호소, 협응능력이 감소 현상이 일어나면 운동을 중지하고 그때까지의 반복횟수를 같은 방법으로 3번 측정 후 평균을 내어 Holten이 제시한 곡선과 도표를 참고하여 저항량을 구한다. 이러한 정해진 저항량으로 다시 3번 반복 운동하여 평균으로 대상자 개인의 반복횟수를 정한다(배성수, 1998a, 1998b)(그림 2). 정해진 저항량과 반복횟수로 3set를 실시하고 근 피로를 방지하기 위해 각 set당 2분씩 휴식하고(Usha 등, 2006), 주3회 6주간 실시하였다.

균형조절 측정은 Good Balance System Ver. 3.06 (METITUR, USA)을 사용하였다. 이 기계는 기울임이 불가능한 발판이 있으며 발뒤꿈치에 수직으로 작용하는 힘을 측정 할 수 있다. 정적 균형능력은

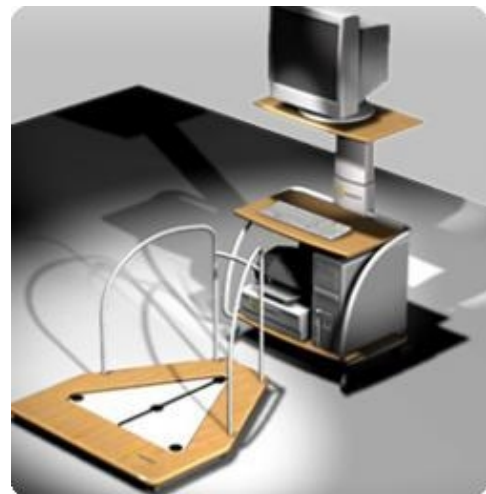


Fig 3. GOOD BALANCE SYSTEM

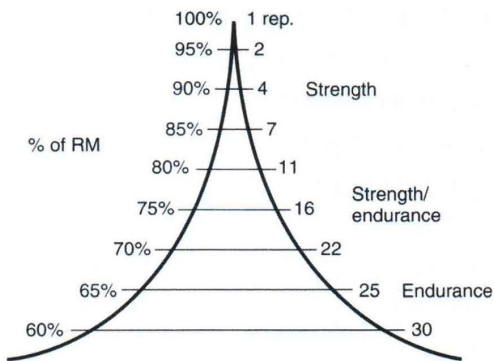


Fig 2. Modified Oddvar Holten diagram

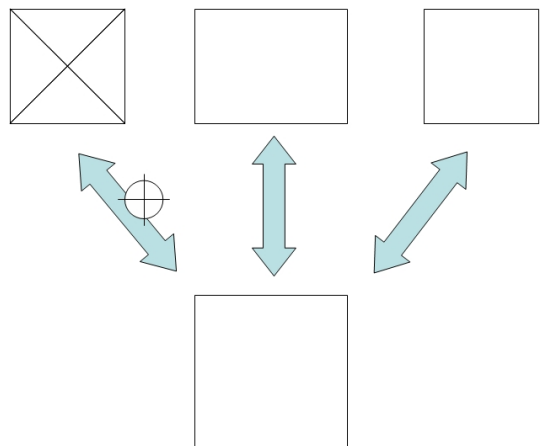


Fig 4. Measure of dynamic balance

정적인 자세에서 두 발을 모으고 COP(center of pressure)을 측정하는 방법이고 동적 균형 능력은 컴퓨터 화면 경로를 따라 COP를 정확한 순서로 도달하게 하여 측정하였다(그림 3)(그림 4).

### 3. 통계처리

실험 결과는 SPSS 12.0 for window를 이용하여 통계처리 하였고, 연구결과에 대한 분석은 열린 사슬 운동군과 닫힌 사슬 운동군의 치료전과 치료 2주, 4주, 6주후의 균형의 변화와 근 활성 변화에 대해 알아보기 위해 반복측정을 이용하였고, 두 군간 비교를 위해 독립 표본검정을 실시하여 통계처리하였고 유의수준은 .05로 하였다.

## III. 연구 결과

### 1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 대상자는 S대학에 재학중인 젊은 성인 41명으로, 남자 12명 여자 29명이었고 열린 사슬운동군 21명과 닫힌 사슬운동군 20명 무작

위로 나누었다. 평균 연령은 22.6세, 평균 신장은 161.92cm, 평균 체중은 58.21kg이었고 각 군별 특성은 열린 사슬 운동군의 평균 연령은 23.10세, 평균 신장은 159.19cm, 평균 체중은 60.10kg이었고, 닫힌 사슬 운동군의 평균 연령은 22세, 평균 신장은 164.80cm, 평균 체중은 56kg로 나타났으며 열린 사슬 운동군과 닫힌 사슬 운동군의 동질성 검정에서 통계학적으로 유의한 차이는 없었다( $p>.05$ )(표 1).

### 2. 운동 기간에 따른 체 중심점 좌우 이동속도 비교

운동 기간에 따른 체 중심점 좌우 이동속도를 비교한 결과, 열린 사슬 운동군은 운동 전 12.57±1.01 mm/s에서 2, 4, 6주 후 각각 12.51±1.08mm/s, 12.71±1.05mm/s, 13.12±1.00mm/s로 나타났으며, 운동 후 2주 후 다소 감소하였고 다시 6주차까지 증가하였으나 유의하지 않았다( $p>.05$ ). 닫힌 사슬 운동군은 운동 전 12.62±0.61mm/s에서 2, 4, 6주 후 각각 13.85±0.70mm/s, 13.95±0.74mm/s, 15.84±0.66mm/s 로 나타났으며, 운동 6주 후 유의하게 증가하였다( $p<.05$ ) (표 2)(표 4)(그림 5).

Table 1. General characteristics of subjects

Variable	Group	OKC group(n=21)	CKC group(n=20)	Total	p
Age(year)		23.10±0.72	22.0±0.69	22.60±3.22	.281
Height(cm)		159.19±33.47	164.80±7.78	162.0±24.4	.470
Weight(kg)		60.09±11.33	56.25±7.81	58.3±10.1	.213

Table 2. Comparison of M-L velocity in static balance within intervention period

Groups	Weeks	(mm/s)			
		0	2	4	6
OKC		12.57±1.01	12.51±1.08	12.71±1.05	13.12±1.00
CKC		12.62±0.61	13.85±0.70	13.95±0.74	15.84±0.66

Table 3. Results of within-subjects effects for M-L velocity in static balance

	Type III SS	df	MS	F	p
Period	69.51	3.00	23.17	4.42	.01*
Period * GROUP	33.08	3.00	11.03	2.10	.10
Error(period)	550.15	105.00	5.24		

Table 4. Test of within-groups contrasts of intervention time on each group

	(I) Period	(J) Period	Mean Difference (I-J)	Std. Error	p
OKC	pretest	2weeks	0.06	0.65	.93
		4weeks	-0.14	0.85	.87
		6weeks	-0.56	0.80	.49
	2weeks	4weeks	-0.20	0.88	.82
		6weeks	-0.62	0.87	.49
		4weeks	6weeks	-0.42	0.85
CKC	pretest	2weeks	-1.23	0.91	.19
		4weeks	-1.34	0.86	.14
		6weeks	-3.23	0.64	.00*
	2weeks	4weeks	-0.11	0.57	.86
		6weeks	-1.99	0.57	.00*
		4weeks	6weeks	-1.89	0.43

개체-내 효과 검정을 본 결과 운동기간에 따른 체중심점 좌-우 이동속도를 비교한 결과 유의한 차이가 있었고(p<.05)(표 3), 두 군간 체중심점 좌-우

이동속도는 운동 6주 후 측정 결과 유의한 차이가 있었다(p<.05)(그림 6).

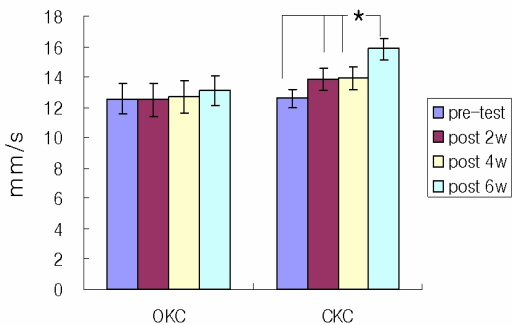


Fig. 5. Variation of M-L velocity static balance

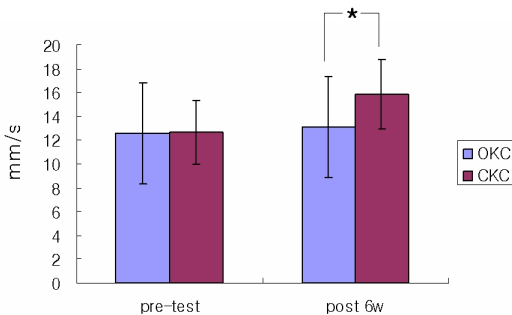


Fig. 6. Compare of M-L velocity in static balance

## 2. 운동 기간에 따른 전-후 이동속도 비교

운동 기간에 따른 체 중심점 전-후 이동속도를 비교한 결과, 열린 사슬 운동군은 운동 전 10.68±0.71 mm/s에서 2, 4, 6주 후 각각 10.85±0.63mm/s, 10.84 ±0.79mm/s, 10.78±0.79mm/s로 나타났으며, 닫힌 사슬 운동군은 운동 전 10.73±0.61mm/s에서 2, 4, 6주 후 각각 10.64±0.62mm/s, 10.91±0.44mm/s, 11.70±0.42mm/s로 나타났으며, 두 군 모두 운동 6주 후 전-후 이동속도가 증가하였고, 열린 사슬 운동군은 유의하지 않았고(p>.05), 닫힌 사슬 운동군은 운동 6

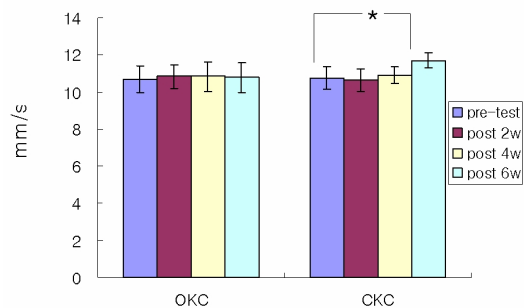


Fig. 7. Variation of A-P velocity static balance

Table 5. Comparison of A-P velocity within intervention period

Groups	Weeks	(mm/s)			
		0	2	4	6
OKC		10.68±0.71	10.85±0.63	10.84±0.79	10.78±0.79
CKC		10.73±0.61	10.64±0.62	10.91±0.44	11.70±0.42

Table 6. Test of within-groups contrasts of intervention time on each group

	Type III SS	df	MS	F	p
Group	1.608	1	1.608	.076	.785
Error	741.253	35	21.179		

Table 7. Results of between-subjects effects for A-P velocity static balance

	(I) Period	(J) Period	Mean Difference (I-J)	Std. Error	p
OKC	pretest	2weeks	-0.17	0.55	0.76
		4weeks	-0.16	0.61	0.80
		6weeks	-0.09	0.50	0.85
	2weeks	4weeks	0.01	0.61	0.99
		6weeks	0.07	0.52	0.89
		4weeks	6weeks	0.06	0.41
CKC	pretest	2weeks	0.09	0.78	0.91
		4weeks	-0.18	0.65	0.79
		6weeks	-0.97	0.67	0.16
	2weeks	4weeks	-0.27	0.46	0.56
		6weeks	-1.06	0.50	0.05
		4weeks	6weeks	-0.79	0.18

주 후 유의하게 증가하였다(표 5)(표 7)(그림 7).

운동기간에 따른 전-후 이동속도의 다변량 검정 결과 운동기간에 따른 전-후 이동속도가 유의한 차이가 없었고(p>.05)(표 6), 각 군 간의 체 중심점 전-후 이동속도 또한 유의한 차이는 없었다(p>.05).

#### IV. 고 찰

근육불균형으로 인한 근육의 긴장이나 근력 약화로 인해 축삭이 허혈 되거나, 역학적 부하에 의해 신경을 둘러싼 결합조직들이 과긴장이 유발되어 근 수축력의 약화를 초래한다(배성수 등, 2005). 특히, 하지 근육의 크기와 근력의 감소는 특히 기능적인 활동이 위태로운 노인의 활동에 장애를 준다(Reid, 2008).

골격근은 강한 운동 자극으로 근비대와 근력강화가 일어난다. 일반적으로 저항운동은 1RM의 80%에서 최적의 근비대와 근력강화가 이루어진다(McDonagh와 Davis, 1984; Tanimoto와 Ishii, 2006). 따라서 본 연구에서는 Holten(1994; 배성수, 1998a, 1998b에서 재인용)의 연구를 바탕으로 각각 개인의 1RM의 80%에 해당하는 저항량과 반복횟수를 정하여 주 3회 6주간 실시하였다.

근력은 근육이 발휘할 수 있는 최대의 힘이며 근력강화는 기능적인 향상을 의미한다(Enoka, 1988). Häkkinen 등(2001)은 초기의 근력증가는 신경훈련 기전이 원인으로 운동단위 동원능력의 향상으로 인해 근활성도가 증가하고 그 후 근 비대에 의해 근력증가가 이루어진다고 하였다. 근력은 근육이 발휘

할 수 있는 최대의 힘이며 근력강화는 기능적인 향상을 의미한다(Enoka, 1988). Häkkinen 등(2001)은 초기의 근력증가는 신경훈련 기전이 원인으로 운동 단위 동원능력의 향상으로 인해 근활성도가 증가하고 그 후 근 비대에 의해 근력증가가 이루어진다고 하였다.

저항운동은 근력을 증가시키고 적극적인 기능을 할 수 있게 하여 삶의 질을 향상시켜 정적균형 조절능력이 증가되어 낙상의 원인이 감소된다(배성수, 1992). 그래서 정적 균형조절 능력을 향상시키기 위한 저항운동으로 열린 사슬 운동과 닫힌 사슬 운동을 실시하여 그 효과를 비교하였다.

열린 사슬 운동과 닫힌 사슬 운동을 이용한 하지 근력 강화 운동이 정상 성인의 정적 균형 조절 능력에 미치는 영향에 대해 알아보고자 치료 중재 전과 치료 중재 2주, 4주, 6주 후에 각각 체중심의 전-후 이동속도와 좌-우 이동속도를 측정된 결과 열린 사슬 운동군과 닫힌 사슬 운동군 모두 운동 기간에 따른 체 중심점 좌-우 이동속도가 증가하였으나 닫힌 사슬 운동군에서 운동 6주후 유의하게 증가하였다. 또한 두 군 간의 비교에서도 운동 6주후 닫힌 사슬 운동군이 더 유의하게 증가하는 것으로 나타났다.

이 결과는 하지길이가 다른 성인 20명을 대상으로 근력강화 프로그램인 PNF의 수축-이완 기법을 실시하여 균형조절 능력의 변화를 알아보기 위하여 체중심점 이동 최대속도를 측정된 결과에서 운동 기간에 따라 운동기간에 따라 유의한 차이가 있었고( $p < .05$ ), 특히, 체중심 이동거리와 체중심 최대 속도에서 운동전과 운동 종료 2주 후, 운동 후와 운동 종료 2주 후에서 유의한 차이가 나타났다는 공원태(2007)의 연구와 비슷한 연구 결과를 보였다. 또한, Hertel 등(2007)이 만성 족관절 손상 환자와 대조군을 대상으로 한 다리로 서서 균형을 유지하는 운동을 실시한 후 좌-우 이동속도와 전-후 이동속도를 측정된 결과 전-후 이동속도에서 두 군간 유의하게 차이가 나타났다.

## V. 결 론

본 연구는 열린 사슬 운동과 닫힌 사슬 운동이

균형조절 능력과 근활성도에 미치는 영향과 효과성을 알아보기 위하여 포항에 소재한 S대학에 재학 중인 정상 성인을 대상으로 실험하였다. 대상자 선정 기준은 심혈관계와 정형외과적 질환이 없고 신경학적 질환이 없으며, 전정계 손상이나 시력장애로 인한 균형의 문제가 없는 자, 현재 특별한 운동을 하지 않고 일상생활을 수행할 수 있는 자로 하였으며, 총 41명을 열린 사슬 운동 군(21명)과 닫힌 사슬 운동 군(20명)으로 무작위로 나누어 주3회 6주간 실시하였다. 운동 기간에 따른 체 중심점 좌-우 이동속도를 비교한 결과, 열린 사슬 운동군은 운동 후 2주 후 다소 감소하는 경향이 나타났고, 닫힌 사슬 운동군은 운동 6주 후 유의하게 증가하였다. 체 중심점 전-후 이동속도는 닫힌 사슬 운동군에서 운동 6주 후 유의하게 증가하였다. 따라서 적절한 시기에 따른 개인에 맞는 정확한 운동량으로 이러한 운동을 실시함으로써 균형조절 능력 향상을 위한 각 근육의 선택적 치료로 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- 공원태. PNF의 수축-이완 기법과 천장관절 가동술이 기능적 하지길이에 미치는 영향. 대구대학교 대학원. 박사학위논문. 2007.
- 권순복, 이현옥. 십자인대 재건술 후 닫힌 사슬운동과 열린 사슬운동의 효과. 대한물리치료학회지. 2005;17(3):297-310.
- 김연주. 닫힌 사슬운동이 전십자인대 재건술 환자의 슬관절 안정성에 미치는 영향. 대구대학교 대학원. 석사학위논문. 2007.
- 김창국, 김경숙, 정일규 등. 근력강화 운동이 척수손상 장애인의 균형능력에 미치는 영향. 한국사회체육학회지. 2007;30:835-43.
- 김창환. 8주간의 하지강화 운동이 중년여성의 하지 근력과 신체조성에 미치는 영향. 한국스포츠리서치. 2006;17(5):783-90.
- 김한수, 김상수, 이동호. 근력강화 운동프로그램이 노인의 균형증진에 미치는 영향. 대한물리치료학회지. 2002;14(3):149-62.
- 배성수. 저항운동치료 처방 프로그램 개발. 특수교

- 육 재활과학 테크노파크 사업단. 1998.
- 배성수. 저항운동치료 처방 프로그램 매뉴얼. 특수 교육 재활과학 테크노파크 사업단. 1998.
- 배성수, 김한수, 이현욱 등. 인체의 운동. 현문사. 1992.
- 배성수, 구봉오, 권용현 등. 물리치료학개론. 대학서림. 2005.
- 장재원. 개방역학운동과 폐쇄역학운동 시 대퇴사두근의 근활성도 변화. 고려대학교 대학원. 석사학위논문. 2003.
- Enoka RM. Muscle strength and its development. New perspectives. *Sports Med.* 1988;6(3):146-68.
- Häkkinen K, Pakarinen A, Kraemer WJ. Selective muscle hypertrophy, changes in EMG and force, and serum hormones during strength training in older women. *J Appl Physiol.* 2001;91(2):569-80.
- Hertel J, Olmsted-Kramer LC. Deficits in time-to-boundary measures of postural control with chronic ankle instability. *Gait Posture.* 2007;25(1):33-9.
- Iwasaki T, Shiba N, Matsuse H et al. Improvement in knee extension strength through training by means of combined electrical stimulation and voluntary muscle contraction. *Tohoku J Exp Med.* 2006;209(1):33-40.
- Usha K, Philip P, Jeremy R et al. Strength and muscle coactivation in older adults after lower limb strength training. *International Journal of Industrial Ergonomics.* 2006;36:761-766.
- McDonagh MJ, Davies CT. Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1984; 52(2):139-55.
- Reid KF, Naumova EN, Carabello RJ et al. Lower extremity muscle mass predicts functional performance in mobility-limited elders. *J Nutr Health Aging.* 2008;12(7):493-498.
- Salavati M, Hadian MR, Mazaheri M et al. Test-retest reliability of center of pressure measures of postural stability during quiet standing in a group with musculoskeletal disorders consisting of low back pain, anterior cruciate ligament injury and functional ankle instability. *Gait Posture.* 2009; 22.
- Tanimoto M, Ishii N. Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men. *J Appl Physiol.* 2006 ;100(4):1150-1157.