

지지면에 따른 안정화 운동이 근수행력에 미치는 영향

■ 박재철, 한종만¹, 김용성², 김용남²

남부대학교 대학원 물리치료학과, ¹전남과학대학교 물리치료과, ²남부대학교 물리치료학과

The Effects of Stabilization Exercise on Muscle Performance according to Bearing Surface

Jae-Cheol Park, PT, MS; Jong-Man Han, PT, PhD¹; Yong-Seong Kim, PT, PhD²; Yong-Nam Kim, PT, PhD²

Department of Physical Therapy, Graduate School, Nambu University; ¹Department of Physical Therapy, Chunnam Techno University; ²Department of Physical Therapy, Nambu University

Purpose : This study purposed to analyze how dynamic stabilization exercise on an unstable surface, and static stabilization exercise on muscle strength and endurance.

Methods : For this study we sampled 9 people for the unstable surface dynamic stabilization exercise group, 9 for the stable surface static stabilization exercise group, and 9 for the control group. In order to examine muscle strength and endurance, we measured changes in the maximal voluntary isometric contraction (MVIC) using a dynamometer before, 3 weeks after, and 6 weeks after the experiment.

Results : First, with regard to change in muscle strength, flexion strength showed a significant change in interaction by time ($p<0.05$). Extension strength showed a significant change in interaction by time ($p<0.05$). Second, with regard to change in endurance, flexion endurance showed a significant change in interaction by time ($p<0.05$). Extension endurance showed a significant change in interaction by time ($p<0.05$).

Conclusion : In conclusion, this study confirmed significant changes in interaction between the groups and by time with regard to changes in muscle strength and endurance. These results suggest the potential of surface dynamic stabilization exercise as a clinical intervention.

Key words : Dynamic stabilization exercise, Endurance, Muscle strength, Maximal voluntary isometric contraction (MVIC)

논문접수일 : 2012년 5월 22일

수정접수일 : 2012년 5월 29일

게재승인일 : 2012년 5월 30일

교신저자 : 김용남, kyn0231@nambu.ac.kr

1. 서론

다양한 기능적 일을 수행하는 동안 몸통의 안정성은 조직의 과부하 또는 손상에 대한 위험성을 줄이는데 필요하다.¹ 몸통 안정화를 유지하기 위해서 수동 서브시스템, 능동 서브시스템, 신경 서브시스템, 사이의 상호작용에 의해 영향을 받게 된다.²

수동 서브시스템은 척추, 추간판, 추간관절, 관절낭, 인대 등이 관절가동범위의 마지막 범위에서 제안하여 안정성을 제공한다.³ 능동 서브시스템은 척추를 둘러싸면서 작용하는 근육과 건에 의해

제공되는 능동적이고 역동적인 지지를 담당하여 관절에 가해지는 부하를 감소시키고, 광역근육과 척추에 직접 부착된 국소근육들이 중립 범위 내에서 분절의 안정성을 유지하는데 가장 큰 역할을 수행하며,³ 광역근육계인 다분절성 근육으로 배곧은근, 배바깥근, 배속빗근, 척추세움근 등으로 구성된다.⁴ 또한, 큰 회전력을 발생시키고, 척추에 직접적으로 부착되지 않고 몸에 가해지는 중력을 이겨내는 작용을 하며, 전반적인 체간의 안정성을 제공한다. 마지막으로 신경 서브시스템은 고유수용성 감각기관들과 중추신경계로 구성되는 신경적 안정화이다.⁴

이 세 가지 조직의 상호작용에서 중요한 점은 안정성을 제공하는 하나의 조직에 장애가 발생하면 다른 두 조직이 이를 보상한다는 것인데, 예를 들면 수동조직의 이상이 발생하면 수동조직에 스트레스를 최소화하기 위해 부하분배를 통해 능동조직에 부하율을 증가시킨다.⁵ 그러므로 몸통의 안정화 운동을 통해 수동 서브시스템에 부하율을 낮추어 몸통의 안정성을 제공할 수 있다고 생각된다. 근수행력은 일을 할 수 있는 근육의 능력을 말하며, 구성요소는 근력·지구력·일물이고, 이러한 요소들 중의 하나 또는 그 이상에 문제가 발생하면 기능적 제한과 기능장애 또는 기능부전의 위험이 증가하며 손상, 질병 또는 비활동성과 같은 인자들은 근수행력을 저하시켜 근약화와 근위축을 유발한다.⁶

근수행력을 강화하기 위해 여러 방법이 연구되고 있는데, Oh 등⁷은 불안정한 지지면에서의 운동은 근육의 활동성을 증진하게 시키고, 안정성에 관여하는 여러 근육을 강화시키는 역동적인 운동이라 하였으며, Lee 등⁸은 불안정 지지면 운동이 안정적 지지면보다 근력과 협응력, 그리고 신체의 각 수준 등을 종합적으로 발달시키는 효과가 있으므로 재활 및 다양한 분야에서 활용되고 있다고 하였다. 이와 같이 안정적면보다 불안정면의 운동이 근력과 지구력 강화에 효과적이라고 보고되었다.

동적 안정화 운동은 척추 안정화근의 동시 수축 능력과 근력을 증진시키고 큰 복부 내압과 체간 강화를 만들어 내어 기능적인 일을 하는 척추를 크게 보호하며,⁹ 척추 중립자세를 유지하도록 안정성 유지의 3대 체계인 능동·수동·신경조절조직의 조화로운 작용을 가르치는 치료라고 할 수 있다.¹⁰ 이처럼 정적인 운동보다 동적인 운동이 근력강화에 더 큰 이득이 있어, 근·골격계 환자뿐만 아니라 운동선수와 일반인에게도 많이 적용되고 있다.¹¹

근육근의 기능을 평가하는 방법으로 등속성 운동장치와 동력계가 있으며, 동력계는 근육의 그룹단위의 근력을 평가할 수 있는 도구로 압박력과 신장력을 측정할 수 있다.¹² Kim¹³은 동력계를 이용하여 최대 수의적 등척성 수축력(maximal voluntary isometric contraction, MVIC)과 지구력을 측정하였으며, 이에 다양한 측정 장비가 개발되면서 이 관련 연구들이 활성화되었다. Freilich 등¹⁴은 대퇴부 중앙부위의 두께와 근력간의 상관성을 보기 위해 대퇴사두근의 최대 수의적 등척성 수축력을 동력계를 이용하였다.

불안정한 면과 안정한 면에서 안정화 운동의 재활치료에 대한 임상보고는 많으나, 불안정한 지지면에서 팔과 다리를 사각형을 그리면서 동적으로 움직이는 안정화 운동을 적용하여 실험 전, 3주 후, 6주 후의 근육의 기능적 변화와 관련된 연구는 부족한 실정이다.

이에 본 연구는 지지면 적용 여부에 따른 동적·정적 안정화 운동

이 몸통 굽힘근과 몸통 펴는 근육의 기능적 변화를 동력계로 분석하고 연구함으로써 상해방지와 질병예방에 도움을 주며 재활프로그램 연구에 기초자료로 활용하는데 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구에 참여한 대상자는 모두 27명으로 본격적인 실험 하기 전 대상자에게 충분한 설명을 한 뒤, 실험참여의 동의를 받은 후에 실험을 실시하였다. 대상자의 선정기준은 내·외과적 질환 및 근·골격계 질환이 없는 자, 연구 참여 외의 다른 운동을 하지 않는 자로 무작위 선정하였다. 불안정 지지면의 동적 안정화 운동군 9명, 안정적 지지면의 정적 안정화 운동군 9명, 대조군 9명으로 정하였으며, 대상자들의 일반적인 특성은 다음과 같다(표 1).

표 1. 대상자의 일반적 특성

(n=27)

특성	집단 1(n=9)	집단 2(n=9)	집단 3(n=9)
나이(세)	21.7±1.7	22.6±3.0	23.4±3.7
신장(cm)	166.0±6.7	166.6±6.5	167.1±10.0
몸무게(kg)	60.0±6.9	60.1±8.0	60.8±10.4

평균±표준편차

집단 1: 불안정 지지면 동적 안정화 운동군

집단 2: 안정적 지지면 정적 안정화 운동군

집단 3: 대조군

2. 실험방법

1) 운동방법

본 연구는 McGill과 Karpowicz¹⁵의 Bridging exercise, Dead bug exercise, Side·bridge exercise, Bird dog exercise를 바탕으로 재구성하여 실시하였다. 본 연구 대상자들을 지지면 적용 여부에 따른 동적·정적 안정화 운동으로 나누어 운동을 수행하도록 하였으며, 정적 안정화 운동 시에는 등척성 수축만 하게 하여 자세를 유지하는 방법으로 실시하였다. 동적 안정화 운동군과 정적 안정화 운동군은 6주간 주 3회, 1일 30분씩 중재하였으며, 대조군은 운동을 적용하지 않았다.

2) 측정방법

(1) 근력 측정

몸통굽힘근과 몸통펴는 근육의 최대 수의적 등척성 수축력(MVIC)을 측정하기 위해 McGill 등¹⁶이 고안한 방법을 변형시켜 제작한 삼각

형 경사대와 동력계(MP150, Biopac system, 미국)를 사용 하였다.

배곧은근의 최대 수직적 등척성 수축력을 측정하기 위해 정삼각형 경사대를 침대 위에 올려놓고 단단하게 고정한 후에 대상자를 테이블 위에 올려져 있는 정삼각형 경사대 앞에 앉아 기대어서 안정적인 자세를 취하게 하였다. 대상자의 골반과 넓적다리는 고정하고, 몸통은 X반도로 고정한 후 동력계와 연결하여 최대 몸통 굽힘 운동을 실시하도록 하였다.

척추세움근을 측정할 때에는 대상자를 의자에 앉은 후 골반을 고정하고 침대 위에 올려져 있는 구조물에 숙이게 하여 동력계와 연결된 커프를 몸통 X반도와 연결하여 최대 몸통 펴운동을 시행하도록 하였다.

(2) 지구력 측정

Jeong¹²이 이용한 방법으로 배곧은근과 척추세움근의 지구력 시간(Endurance time)을 측정하였다. 근력(Strength) 측정 시와 같은 자세에서 최대 수직적 등척성 수축력의 최초 값이 50% 이하 수준으로 떨어지는 시점까지 MP150 프로그램에 내장된 초시계로 시간을 측정하였다. 측정하는 동안 검사자는 대상자가 최대 수축력을 유지할 수 있도록 큰 소리로 독려하였다.

3. 연구 설계

모든 자료는 SPSS 12.0 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다. Kolmogorov-Smirnov검정을 통해 연구대상자들의 정규분포가 인정되었으며, 각각의 측정항목에서의 시기에 따른 변화와 집단 간 차이를 알아보기 위해 반복측정분산분석(repeated ANOVA)을 실시하였다. 사후분석은 Duncan 검정을 통해 시행하였고, 통계학적 유의성을 검증하기 위해 유의수준 α 는 0.05로 하였다.

III. 결과

1. 굽힘근력의 변화

불안정 지지면에서 동적 안정화 운동군은 실험 전 53.90±15.70, 3주 후 71.80±17.57, 6주 후 90.48±15.12로 증가 하였으며, 안정적 지지면 정적 안정화 운동군은 실험 전 53.52±18.06, 3주 후 62.24±17.75, 6주 후 75.97±17.45로 증가하였으며, 대조군은 실험 전 54.94±17.06, 3주 후 54.91±12.82, 6주 후 53.66±14.71로 기간에 따른 변화가 나타나지 않았다(표 2).

굽힘근력에 대한 반복측정 분산분석의 결과 시기별로 유의한 차이가 나타났으며(p<0.05), 시기와 군 간 상호작용도 유의한 차이가

나타났다(p<0.05). 그러나 집단 간 변화에서 통계학적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(표 2).

표 2. 굽힘근력의 변화

(단위: Kg)

	실험 전	4주 후	6주 후	F		
				시간	그룹	시간X그룹
집단 1	53.90±15.70	71.80±17.57	90.48±15.12			
집단 2	53.52±18.06	62.24±17.75	75.97±17.45	100.029*	2.775	33.183*
집단 3	54.94±17.06	54.91±12.82	53.66±14.71			

*p<0.05

집단 1: 불안정 지지면에서의 동적 안정화 운동군

집단 2: 안정적 지지면에서의 정적 안정화 운동군

집단 3: 대조군

2. 펴기근력의 변화

불안정 지지면에서 동적 안정화 운동군은 실험 전 73.36±17.86, 3주 후 85.14±22.48, 6주 후 94.94±16.52로 증가 하였으며, 안정적 지지면 정적 안정화 운동군은 실험 전 71.77±14.94, 3주 후 79.86±17.54, 6주 후 87.95±17.24로 증가하였으며, 대조군은 실험 전 73.20±21.97, 3주 후 68.60±19.29, 6주 후 68.11±19.53으로 기간에 따른 변화가 나타나지 않았다(표 3).

펴기근력의 변화에 대한 반복측정 분산분석의 결과 시기별에서 유의한 차이가 나타났으며(p<0.05), 시기와 군 간 상호작용도 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며(p<0.05). 그러나 집단 간 변화에서 통계학적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으며(표 3).

표 3. 펴기근력의 변화

(단위: Kg)

	실험 전	4주 후	6주 후	F		
				시간	그룹	시간X그룹
집단 1	73.36±17.86	85.14±22.48	94.94±16.52			
집단 2	71.77±14.94	79.86±17.54	87.95±17.24	22.182*	1.511	12.583*
집단 3	73.20±21.97	68.60±19.29	68.11±19.53			

*p<0.05

집단 1: 불안정 지지면에서의 동적 안정화 운동군

집단 2: 안정적 지지면에서의 정적 안정화 운동군

집단 3: 대조군

3. 굽힘지구력의 변화

불안정 지지면에서 동적 안정화 운동군은 실험 전 10.19±4.00, 3주 후 12.11±3.17, 6주 후 17.31±7.61로 증가 하였으며, 안정적

지지면 정적 안정화 운동군은 실험 전 9.95±3.99, 3주 후 11.30±6.65, 6주 후 15.54±7.06로 증가하였으며, 대조군은 실험 전 10.76±3.53, 3주 후 9.73±3.84, 6주 후 9.80±4.22로 기간에 따른 변화가 나타나지 않았다(표 4).

굽힘지구력의 변화에 대한 반복측정 분산분석의 결과 시기별에서 유의한 차이가 나타났으며(p<0.05), 시기와 군 간 상호작용은 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.05). 그러나 집단 간 변화에서 통계학적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(표 4).

표 4. 굽힘지구력의 변화

(단위: Kg)

	실험 전	4주 후	6주 후	F		
				시간	그룹	시간X그룹
집단 1	10.19±4.00	12.11±3.17	17.31±7.61			
집단 2	9.95±3.99	11.30±6.65	15.54±7.06	7.263*	1.437	2.641*
집단 3	10.76±3.53	9.73±3.84	9.80±4.22			

*p<0.05

집단 1: 불안정 지지면에서의 동적 안정화 운동군

집단 2: 안정적 지지면에서의 정적 안정화 운동군

집단 3: 대조군

4. 폼지구력의 변화

폼지구력에 대한 반복측정 분산분석의 결과, 시기와 그룹 간의 상호작용에서 유의한 차이가 나타났다(F=2.697, p<0.05). 불안정한 지지면에서의 동적 안정화 운동군은 실험 전에는 13.62±4.70kg, 3주 후에는 15.89±7.31kg, 6주 후에는 22.49±9.18kg으로 증가하였으며, 안정적인 지지면에서의 정적 안정화 운동군은 실험 전에는 14.37±5.90kg, 3주 후에는 16.09±6.39kg, 6주 후에는 19.85±8.24kg으로 증가하였다. 대조군은 실험 전에는 14.00±5.60kg, 3주 후에는 12.52±8.24kg, 6주 후에는 11.89±5.79kg으로 기간에 따른 변화가 나타나지 않았다(그림 4).

표 5. 폼지구력의 변화

(단위: 초)

	실험 전	4주 후	6주 후	F		
				시간	그룹	시간X그룹
집단 1	13.62±4.70	15.89±7.31	22.49±9.18			
집단 2	14.37±5.90	16.09±6.39	19.85±8.24	4.614*	1.724	2.697*
집단 3	14.00±5.60	12.52±8.24	11.89±5.79			

*p<0.05

집단 1: 불안정 지지면에서의 동적 안정화 운동군

집단 2: 안정적 지지면에서의 정적 안정화 운동군

집단 3: 대조군

IV. 고찰

동적 안정화 운동은 관절의 무리가 없는 범위에서 근육과 관절막, 인대, 및 건의 움직임 조절능력을 회복시키는데 목적이 있으며, 현재는 근·골격계 질환, 수술 후 재활치료에 필수적인 접근방법이 되었다. 몸통의 안정성에 밀접한 영향을 미치는 대근육과 소근육은 신체동작이 일어나거나 부하가 적용될 때 척추의 안정성을 위해 동시에 작용하며,¹⁷ 몸통 분절근육들의 활동증가에 의해 유지되고 활동을 하는 동안 큰 몸통근육들과 작은 내재근 사이의 조화로운 근육동원을 위한 운동조절로서 안정성이 유지된다.¹⁸

그러나 척추의 불안정성은 몸통 안정화 근육의 불충분한 근력과 지구력, 몸통과 배근육의 부적절한 동원에 의해 발생하여,¹⁹ 몸통근육들의 구조적 변형을 일으키게 된다.²⁰ 그 결과 배근육들과 척추세움근의 근력이 약해져서 근·골격계 질환으로 진행되며 일상 생활에 영향을 미치게 된다.²¹ 척추분절의 불안정성 해결을 위해 척추분절의 동적인 안정성 제공에 중요한 역할을 하는 체간주위에 위치한 근육들의 불균형을 해소시키는 것이 중요하다.²²

이러한 원인을 규명하고 중재하기 위해 대근육을 이용한 동적 안정화 운동의 연구가 다양하게 진행되고 있으며, Saal 등²³은 협착증이 없는 추간판탈출증 환자를 동적 안정화 운동 치료법으로 치료하여 96%가 양호하거나 우수한 치료결과를 보였고, 완전히 실험을 마친 환자의 83%가 직장으로 복귀하였으며 85%가 전에 가졌던 직업으로 복귀하였다고 보고하였다. 또한, 다른 연구에서도 추간판탈출증 증세가 있는 52명 환자에게 동적 안정화 훈련을 시킨 결과 87%의 치료 성공률을 얻었고 전체 환자의 92%가 직장으로 복귀하는 결과를 얻었다.²⁴

Lee²⁵는 안정면에서 네발기자세를 적용하여 자세변화에 따른 체간 근활성도를 연구하였는데 팔과 다리를 함께 들었을 때 배곧은근의 근활성도가 유의한 차이가 있었다고 하였고, Kim²⁶은 원형 폼롤에서 누어 다리를 들었을 때 다리를 들어 올린 측의 배바깥빗근과 지지면에 있는 다리 측에 배곧은근의 근활성도가 안정적 지지면 보다 유의하게 증가하였다고 보고하였다.

허리뼈와 골반의 운동학적 측면에서 배곧은근과 척추세움근의 근활성도 연구²⁷에서 빠른 동작을 할 때 이러한 근육들의 근활성도가 증가하였다고 보고하였다.

Hyoung²⁸은 만성요통을 가진 여성노인에게 8주간의 요부 강화운동을 실시하게 하고 배곧은근과 척추세움근에서 근전도로 근력의 변화를 측정하고 결과 배곧은근과 척추세움근의 근력이 유의하게 증가하였다고 보고하였고, Marshall와 Murphy²⁹는 만성요통환자 20명을 대상으로 스위스 볼을 이용한 안정화 운동을 12주간 실시

하여, 몸통의 근지구력이 증가 되었다고 하였다. Kim³⁰은 요통환자 53명을 대상으로 6주 동안 주 5회 매트와 볼을 적용 몸통 안정화 운동을 하였고, 배근력을 측정한 결과 근력이 유의한 증가를 보고하였다.

본 연구에서는 근력과 지구력 변화는 시기별과 시기와 상호작용에서는 유의한 차이가 나타났지만 집단 간에서는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났는데, 이는 선행연구에서 8주, 12주이라는 긴 기간에 운동을 적용하여 근력과 지구력이 유의한 차이가 있었지만, 본 운동은 6주라는 짧은 기간 때문에 집단 간에서 유의한 증가를 보이지 않은 것으로 생각하며, 시기별로 증가하는 폭을 보고 향후 결과 수치를 예상하면 적용기간을 증가한다면 집단 간에서도 충분히 유의한 증가를 나타낼 수 있을 것이라 생각된다.

본 연구는 건강한 성인을 대상으로 불안정 지지면을 이용해 동적 안정화 운동과 안정적 지지면에서 정적 안정화 운동을 적용하였다. 운동기간이 선행연구보다 연구 대상자의 수가 적고 연구기간이 짧고 운동량도 적었지만, 불안정 지지면에서의 동적 안정화 운동으로 인해 나타난 변화는 긍정적으로 생각되며, 추후 운동량의 변화와 운동적용기간을 조절하여 더 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

이 연구의 결과를 종합해 보면 불안정 지지면을 이용한 동적 안정화 운동방법이 배곧은근과 척추세움근의 근력과 지구력에서 유의한 차이가 나타나 근·골격계 질환의 예방 및 임상에서 적용 가능성을 제시하며 향후 연구에 기초자료로 활용되고 많은 연구가 지속하였으면 하는 바람이다.

V. 결론

본 연구에서는 지지면 적용 여부에 따라 불안정 지지면에서의 동적 안정화 운동과 안정적 지지면에서의 정적 안정화 운동이 근수행력에 미치는 영향을 알아보기 위해 동력계를 이용하여 근력과 지구력을 알아보았다. 그 결과, 불안정 지지면을 이용한 동적 안정화 운동방법이 몸통굽힘근과 몸통뺨근의 근력과 지구력에서 일부 유의한 차이가 나타났다. 이는 근·골격계 질환의 예방 및 임상에서 적용 가능성을 제시할 수 있으며, 향후 이와 유사한 연구에 기초자료로 활용될 수 있을 것이라고 생각된다.

Acknowledgement

본 논문은 박재철의 석사학위 논문으로 수행되었음.

참고문헌

1. Ferreira PH, Ferreira ML, Hodges PW. Changes in recruitment of the abdominal muscles in people with low back pain:Ultrasound measurement of muscle activity. *Spine*. 2004;29(22):2560-6.
2. Panjabi MM. The stabilizing system of spine:Part 1. Function dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord*. 1992;5(4):383-9.
3. Crisco JJ, Panjabi MM. Euler stability of the human ligamentous lumbar spine. *Theory Clinical Biomechanics*. 1992;7(1):19-26.
4. Norris CM. An exercise programme to enhance lumbar stabilization. *Physiotherapy*. 1995;81(3):138-45.
5. Norris CM. Function load abdominal training:Part 1. *J Bodywork, and movement therapies*. 1999;3(3):150-8.
6. Kisner C, Colby LA. *Therapeutic exercise foundations and techniques*. 5th ed. Philadelphia, F.A. Davis company, 2007:147-8.
7. Oh JS, Park JS, Kim SY et al. Comparison of muscle activity during a push-up on a suspension sling and a fixed support. *Journal of the Korean Academy of University Trained Physical Therapists*. 2003;10(3):29-40.
8. Lee EY, Bang YS, Ko JK. Effect of therapeutic gymnastic ball exercise in patients with chronic low back pain. *Journal of the Korean Academy of University Trained Physical Therapists*. 2003;10(3):109-26.
9. Shields RK, Heiss DG. An electromyographic comparison of abdominal muscle synergies during curl and double straight leg lowering exercise with control of the pelvic position. *Spine*, 1997;22(16):1873-9.
10. Kim JS. The effect of dynamic lumbar stabilization exercise on low back pain patients. Daegu University. *Dissertation of Master's Degree*. 2001.
11. Barr KP, Griggs M, Cadby T. Lumbar

- stabilization:Core concepts and current literature, part 1. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2005;84(6):473-80.
12. Jeong JG. Quantitative evaluation of normal skeletal muscle using ultrasound image and surface electromyography. Dongshin University. Dissertation of Doctorate Degree. 2005.
 13. Kim YN. The analysis of rectus femoris muscle fatigue patterns according to sex using dynamometer and semg during isometric contraction to normal subjects. *The Journal of Korean Society of Physical Therapy*. 2007;19(3):11-7.
 14. Freilich RJ, Kirsner RLG, Byrne E. Isometric strength and thickness relationship in human quadriceps muscle. *Neuromuse Disorder*. 1995;5(5):415-22.
 15. McGill SM, Karpowicz A. Exercise for spine stabilization motion/motor patterns, stability progression, and clinical technique. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009;90(1):118-26.
 16. Mchill SM, Childs A, Liedenson C. Endurance times for low back stabilization exercises:clinical targets for testing and training from a normal database. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999;80(8):941-4.
 17. Cholewicki J, McGill SM. Mechanical stability of the in vivo lumbar spine : Implications for injury and chronic low back pain. *Clinical Biome Chanics*. 1996;11(1):1-15.
 18. Behm DG, Anderson K, Curnew RS. Muscle force and activation under stable and unstable condition. *Journal of Strenght and Conditioning Rese Arch*. 2002;16(416-422).
 19. Vezina MJ, Hubley-Kozey CL. Muscle activation in therapeutic exercises to improve trunk stability. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000;81(10):1370-9.
 20. Newcomer KL, Laskowski ER, Yu B et al. Differences in repositioning error among patients with low back pain compard control with subjects. *Spine*. 2000;25(19):2488-93.
 21. Hodge PW, Richardson CA. Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Exp Brain Res*. 1997;114(2):362-70.
 22. Panjabi MM. Clinical spinal instability and low back pain. *J of Electromy and Kinesiology*. 2003;13(4):371-9.
 23. Saal JA, Sall JS. Nonoperative treatment of herniated lumbar intervertebral disc with radicul-pathy. *Spine*. 1989;14(4):431-7.
 24. Sall JA. Dynamic muscular stabilization in the nonoperative treatment of lumbar pain syn-drome. *Orthop REV*. 1990;19(8):691-700.
 25. Lee HO. Activation of trunk muscles during stabilization exercises in four-point kneeling. *The Journal of Korean Society of Physical Therapy*. 2010;22(5):33-8.
 26. Kim SJ. Comparison of abdominal muscle activity during unilateral leg raising on floor and foam roll. Yonsei University. Dissertation of Master's Degree. 2007.
 27. Saunders SW, Raht D, Hodges PW. Postural and respiratory activation of the trunk muscles changes with mode and speed of locomotion. *Gait Posture*. 2004;20(3):280-90.
 28. Hyoung HK. Effects of a strengthening program for lower back in older women with chronic low back pain. *Journal of Korean Academy of Nursing*. 2008;38(6):902-13.
 29. Marshall P, Murphy B. Changes in muscle activity and perceived exertion during exercises performed on a swiss ball. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2006;31(4):374-83.
 30. Kim HS. The effects of trunk stabilization exercise on the postural control in chronic low back pain. Daegu University. Dissertation of Doctorate Degree. 2008.