

스위스 볼(Swiss ball)을 이용한 6주간 등척성 운동이 허리 유연성, 근력 및 허리, 대퇴 둘레에 미치는 영향

국민체력센터
한상완 · 조성연 *
의정신성대학 물리치료과
김용수 · 이혜자 * · 오태영 **
의정부 보건소
공성아

The Effect of Isometric Exercise using Swiss Ball on the Flexibility, the Strength and the Waist and Hip Circumferences

Han, Sang Wan, P.T., M.P.E. · Cho, Seong Yeon, M.D., D.S.D.*
National Fitness Center

Kim, Young Soo, P.T., M.S. · Lee, Hea Ja, CT(IAC), Ph.D.* · Oh, Tae Young, P.T., M.S.**
Dept of physical therapy shin sung college

Kong, Sung Ah, M.P.E.
UIJONGBU Public Health Center

< Abstract >

In order to study the effect of the isometric exercises on the flexibility, the strength and the waist and hip circumferences, 10 female university students who aged 22.10 ± 1.10 years were measured by sit-up for strength, and trunk flexion test and trunk lifting for flexibility, and also measured by waist and hip circumferences before and during, and after the Swiss ball exercise program. Statistical analysis was performed using SPSS/PC WIN 7.0 version, and one-way repeated ANOVA Test,

The results of the test were as shown; We found that the number of performing sit-up was increased, and the trunk flexion test and trunk lifting was increased, and the waist and hip circumferences were increased after the 6 weeks Swiss ball exercise program.

These findings indicate that Isometric exercise using Swiss ball could be beneficial to the low back pain patients due to the effect of increasing strength and flexibility of the patients.

Key Words: Swiss Ball, Isometric exercise, flexibility, waist, hip circumferences

I. 서 론

운동은 근골격계 질환의 기능장애를 치료하는 과정 중에 중요한 일부를 차지하며, 심리적인 안정감 증대와 스트레스 및 피로의 감소를 가져다 준다(Walter 등, 1999). 요통환자들에게 통증없이 움직일 수 있고, 삶의 질을 향상시키기 위해 권장해야 한다. 환자들에게 운동을 권장할 때에는 운동의 중요성을 교육시켜야 하며, 척추에 대한 운동의 목적은 통증감소, 정상기능의 회복, 재발 방지이며(Basmajian과 Wolf, 1990). 물리치료사나 운동처방사가 직접 시범을 보여야 한다. 이러한 측면으로 볼 때 스위스 볼(Swiss Gym Ball: SGB)을 이용하면 더욱 큰 장점이 있다. 스위스 볼은 치료적 재활운동과 신경학적으로 운동신경을 재교육시키는데 아주 좋은 운동 도구이다. 스위스 볼은 척추 기능장애를 가지고 있는 환자들을 대상으로 재활에 많이 이용되고 있다. 이 운동은 요통 환자들의 몸통주위의 근육들을 재교육시키고, 요추 분절의 안정성을 제공할 수 있는 중요한 운동이다. 다열근(multifidus muscle: MFM)은 netural zone에서 요추 분절의 안정성을 제공하고 있다(Kader 등, 1999). 또한 고유수용기 자극 치료와 근력 강화 및 골반의 자세 인식을 제공한다(Shankar, 1999). 스위스 볼을 이용한 운동은 다른 운동기구보다 거부감 없이 비교적 친근하고 쉽게 적용할 수 있다고 할 수 있으며. 운동 효과가 몸에 충격을 주지 않는 저 충격 운동이라고 할 수 있다.

요통의 증상이 완화한 후 가정운동프로그램으로 가정에서 이용할 수 있는데, 스위스 볼의 독특한 모양과 운동은 우리들이 어린 시절부터 일찍이 경험하여 매우 친근하며, 성인은 운동패턴이 발달하는 동안 대부분의 사람들은 때때로 공 위에 앉거나 눕고, 공을 던지고 잡고, 뛰기거나 차는데, 이런 경험은 운동을 배우는데 필수적인 부분이라 할 수 있다. 또한 모든 연령의 환자들에게 일상 생활을 하는 동안 다양하게 즐길 수 있으며, 지루한 일과를 즐겁게 할 수 있는 요소로 소개되는 공은 환자가 그의 가정환경으로부터 정보를 가지도록 제공하고, 운동을 정확하게 실행하도록 돋는다. 이런 이유로 스위스 볼은 치료에 유익하며, 뇌졸중, 뇌성마비 환자들의 치료 개념으로 스위스 볼을 많이 이용하고 있다.

선행 연구에 의하면, 스위스 볼을 이용한 운동은 재활 치료에 도움을 주며 상체 발달뿐 아니라 요통과 좌골신경통 환자에게도 효과가 있다고 증명되었고, 척추의 안

정성 제공과 스위스 볼 운동 프로그램은 좌골신경통과 연관통 환자에게 도움을 줄 수 있으며(Saal과 Saal, 1989), 디스크 제거 수술을 실패한 환자도 물리치료나 다른 운동 이상으로 스위스 볼 운동은 환자에게 많은 도움을 준다(Timm, 1994). 결국 스위스 볼 운동을 통해서 요추부위의 근력과 지구력을 증가시켜 안정성을 제공하며 상체 발달과, 하체에서는 요통과 좌골신경통 환자에서 통증 경감을 주게 된다.

스위스 볼을 이용한 운동 치료의 목표 중 근력 발달과 유연성 증가 및 협응력 향상이 동시에 기대되고, 일상생활에서 쉽게 접할 수 있어 우리에게 친근함을 줄뿐 아니라 재미와 흥미 면에서도 뛰어난 운동이다. 스위스 볼과 관련된 연구 논문은 Kader등(1999)의 연구에서 나이 21-51세의 건강한 남, 여를 대상으로 스위스 볼 운동을 10분 동안 시행 한 직후 요추 L4/5수준에서 paraspinals 근육과 복직근을 활영한 후 스위스 볼 운동하기 전과 후를 MRI를 통해 다열근의 두께변화를 연구한 논문과 Sutera 등(1998)은 스위스 볼을 이용해 나이 22-55세의 건강한 남, 여 31명을 대상으로 의자에 앉은 자세와 스위스 볼 위에서 Forward reaching을 시행할 때 paraspinals 근육과 대퇴사두근의 근전도 변화를 비교 연구하였다. 스위스 볼에 대한 효과에 대해서는 많은 문헌들에서 제시하고 있으나, 임상에 직접 적용 연구한 사전 논문은 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 스위스 볼을 이용한 등척성 운동이 허리 유연성 및 근력과 허리 및 양쪽 대퇴둘레 수치에 영향을 주는지 알아보기 위해 훈련 전, 중 후 값을 측정 비교 연구하여 요통학교(Back School), 물리치료실 등 임상에서 요통 환자들을 대상으로 스위스 볼 운동을 시행했을 때의 기본적인 자료를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 S대학 재학중인 건강한 여학생 중 10명을 대상으로 6주 동안 주 5회 운동을 실시하였으며, 사전에 모든 연구 대상자에게 본 연구의 목적과 의의를 설명하고 동의를 얻은 후 연구에 참여하였으며, 최근 만성적인 요통을 가지고 있는 사람은 사전 조사에서 제외시켰다. 연구대상자의 일반적인 특성을 <표 1>과 같다.

표1. 연구대상자의 일반적인 특성

Subject	Age(yrs)	Height(cm)	Weight(kg)
Female(n=10)	22.10±1.10	161.9±4.5	52.4±5.8

2. 연구방법

측정에 앞서 연구자들은 검사 대상자에게 연구 목적과 방법, 주의사항에 대해 충분히 설명하였고, 측정의 정확성을 위해 측정항목마다 동일인이 측정하도록 하였다. 우선 실험실시 전 연구 대상자의 일반적인 특성을 알아보기 위해 신장과 체중을 측정하였다.

스위스 볼(Thera-band, USA.)크기 선택은 스위스 볼 가이드에서 제시한 <표2>에 따라 선택하였다. 그러나 연구 대상자의 신체구조가 특별히 긴 다리나 뚱뚱한 사람은 기준에 맞는 공보다 한 단계 큰공을 사용했으며, 공 위에 앉았을 때 엉덩이와 무릎의 각도가 90°를 이루는 것을 선택했다.

표 2. 신장에 따른 앉은 자세에 맞는 공의 사용

Height (cm/inch)	Ball Size (cm/inch)	Ball Color
140~150 / 55~60	45 / 17.7	yellow
155~165 / 61/ 66	55 / 21.6	red
170~180 / 67~71	65 / 25.6	green
183~190 / 72~75	75 / 29.5	blue
190 이상 / 75 이상	85 / 33.5	white

연구 대상자의 허리 유연성 및 근력과 허리 및 양쪽 대퇴돌레를 측정하였으며, 각각의 측정 항목들의 측정방법은 다음과 같다.

1) 근력은 윗몸 일으키기(Sit- Up)를 1분 동안 실시하여 그 횟수를 측정하였다.

2) 유연성은 상체 들어올리기(Trunk Extension)와 체간 굴곡(Sit-and-Reach) 검사 두 가지로 측정하였다.

상체 들어올리기는 연구 대상자가 딱딱한 침대 위에서 옆드린 자세로 양손을 허리 위에 뒷짐을 지고, 검사자가 골반을 고정 시켜준 상태에서 연구 대상자는 최대한으로 상체를 들어 올렸을 때 다른 검사자가 침대 바닥에서부터 들어올린 턱까지의 높이를 측정하였으며, 체간 굴곡 검사는 의자 위에 신발을 벗고 기립한 자세에서 어깨와 주관절을 신전 시킨 상태로, 슬관절은 굴곡 시키지 않으면서 체간을 최대로 굴곡 시켰을 때, 양손의 중

지가 의자 가장자리에서 바닥으로 최대한 내려간 곳까지 측정하였다.

3) 허리 돌레는 기립한 자세에서 제와(배꼽)를 기준으로 하여 그 돌레를 측정하였다.

4) 양쪽 대퇴돌레는 기립자세에서 대퇴부의 가장 두꺼운 곳을 측정하였다.

스위스 볼을 이용한 운동은 각 동작 당 10초 유지하고 1회 1세트를 실시하였으며, 세트간 휴식시간은 10초를 주었다. 6주 동안 1주일에 5일 총 30일간 실시하였다. 스위스 볼을 이용한 훈련은 총 11가지 운동으로 요통환자들에게 스위스 볼 운동처방으로 일반적으로 이용되는 프로토콜로써 각각의 운동방법은 <그림 1>과 같다.

운동의 순서는 연구 대상자들을 무작위 순으로, 운동의 난이도에 따라 쉬운 동작에서 어려운 동작으로 실시하였다.

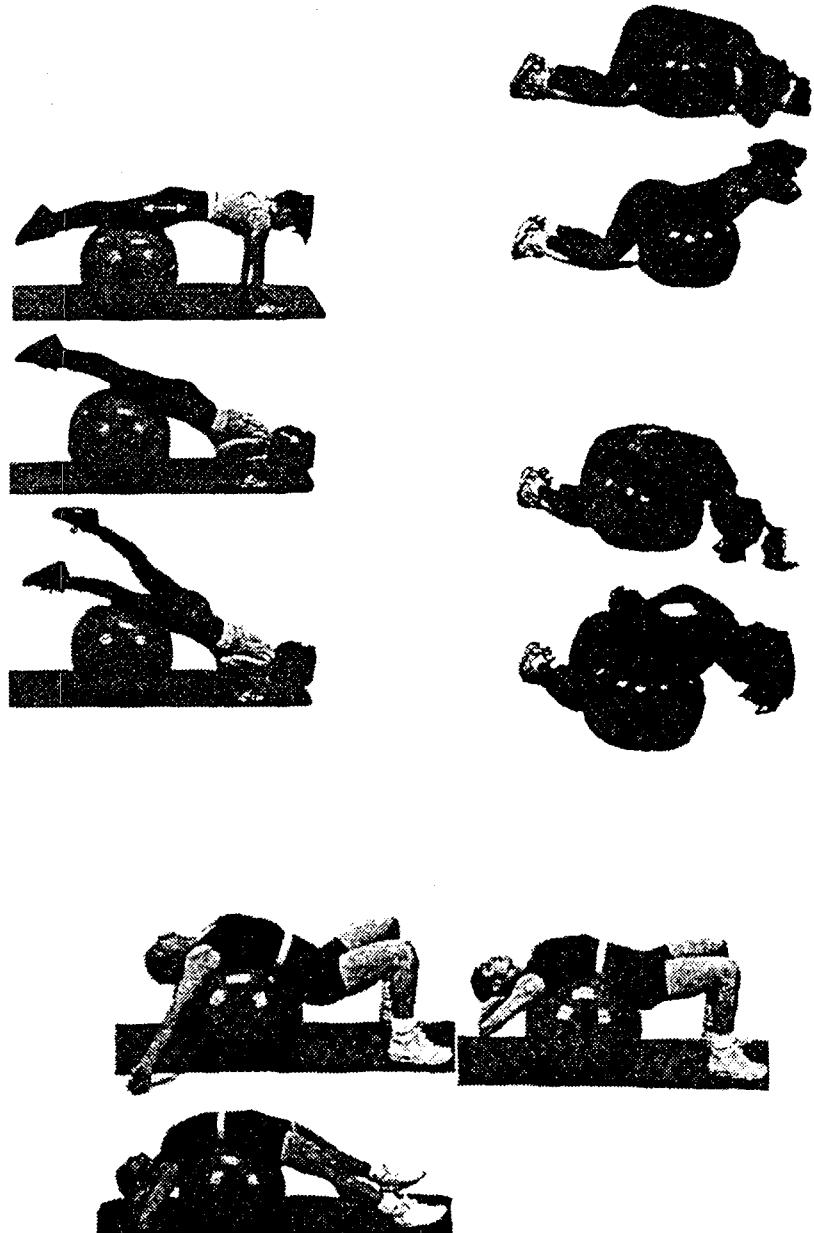


그림 1. 스위스 볼 운동 프로그램

3. 자료분석 및 통계처리

본 연구의 자료는 SPSS/PC WIN 7.0 통계 Package를 이용하여 처리하였으며, 각 항목별 평균 및 표준편차를 산출하였고, 사전, 중간, 사후 각 변인의 변화를 비교하기 위하여 one-way repeated ANOVA Test를 이용하였으며, 사후검증은 Duncan을 이용하였다. 이 실험 결과에 대한 유의수준은 0.05로 하였다.

III. 연구결과

대학생 10명을 대상으로 스위스 볼 운동이 허리 유연성 및 근력과 허리 및 양쪽 대퇴 둘레에 어떤 영향을 주는지 사전, 중간(3주), 사후(6주)에 측정한 결과는 <표 3>과 같다.

표 3. 스위스 볼 운동에 따른 허리 근력 및 유연성과 허리 및 양쪽 대퇴 둘레 측정결과

		사 전	중 간	사 후
근력(회)		28. 7±5.98	29.0 ±7.36	31.8 ±5.99
유연성(cm)	상체들어올리기	26. 9±6.60	29.0 ±6.63	33.15±8.18
	체간굴곡	4.58±7.55	7.20±6.09	10.77±7.61
허리둘레(inch)		28.94±1.79	28.76±1.49	28.64±1.78
대퇴둘레 (inch)	오른쪽	20.93±1.59	20.70±1.29	20.65±1.47
	왼쪽	20.69±1.63	20.68±1.65	20.50±1.38

1. 윗몸일으키기(Sit- Up)

윗몸일으키기(Sit- Up)은 운동 전에는 28.7회, 2주 후는 29.0회, 사후에서는 31.8회로 나타나 시간이 경과

할수록 근력의 증가가 나타났다. 그러나 통계적으로는 유의한 차이가 없었으며, 스위스 볼 운동이 허리 근력에 영향을 미치는 결과는 <표 4>와 <그림 2>와 같다.

표 4. 근력차이에 대한 일원분산분석

Source	DF	SS	MS	F	Sig.
Between group	2	58.467	29.233	0.696	0.507
within group	27	1133.700	41.989		

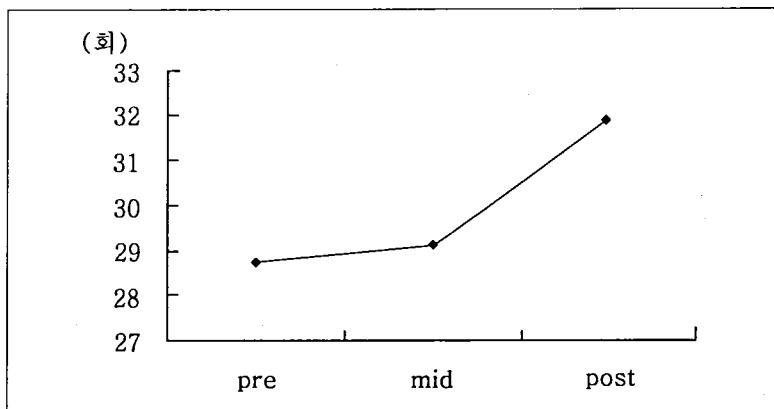


그림 2. 스위스 볼 운동 전, 중(3주), 후의(6주) 윗몸일으키기(Sit- Up) 검사 결과

2. 유연성

1) 상체 들어올리기(Trunk Extension)

유연성을 상체 들어올리기(Trunk Extension)로 측정한 결과 운동 전에는 26.95cm, 2주 후는 29.00cm,

사후에서는 33.15cm로 나타나 시간이 경과할수록 유연성의 증가가 나타났다. 그러나 통계적으로는 유의한 차이가 없었으며, 스위스 볼 운동이 허리 유연성에 미치는 결과는 <표 5>와 <그림 3>과 같다.

표 5. 상체 들어올리기(Trunk Extension) 차이에 대한 일원분산분석

Source	DF	SS	MS	F	Sig.
Between group	2	199.550	99.775	2.123	0.139
Within group	27	1268.750	46.991		

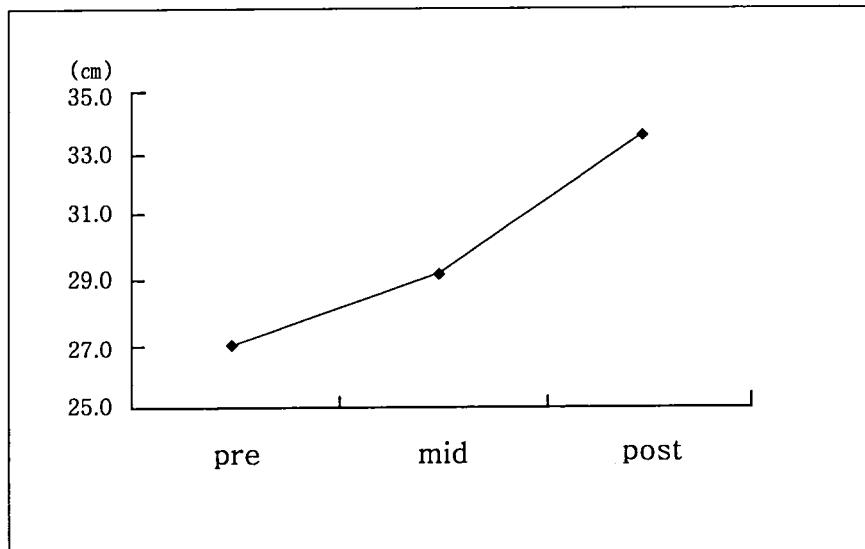


그림 3. 스위스 볼 운동 전, 중(3주), 후의(6주, 후의 6주) 상체 들어올리기(Trunk Extension) 검사 결과

2) 체간 굴곡(Sit-and-Reach)

유연성을 체간 굴곡(Sit-and-Reach)으로 측정한 결과 운동 전에는 4.58cm, 2주 후는 7.20cm, 사후에서는

10.77cm로 나타나 시간이 경과할수록 유연성의 증가가 나타났다. 그러나 통계적으로는 유의한 차이가 없었다. 스위스 볼 운동이 허리 유연성(체간 굴곡)에 영향을 미치는 결과는 <표 6>와 <그림 4>와 같다.

표 6. 체간굴곡(Sit-and-Reach) 차이에 대한 일원분산분석

Source	DF	SS	MS	F	Sig.
Between group	2	193.085	96.542	2.472	0.103
Within group	27	1054.437	39.053		

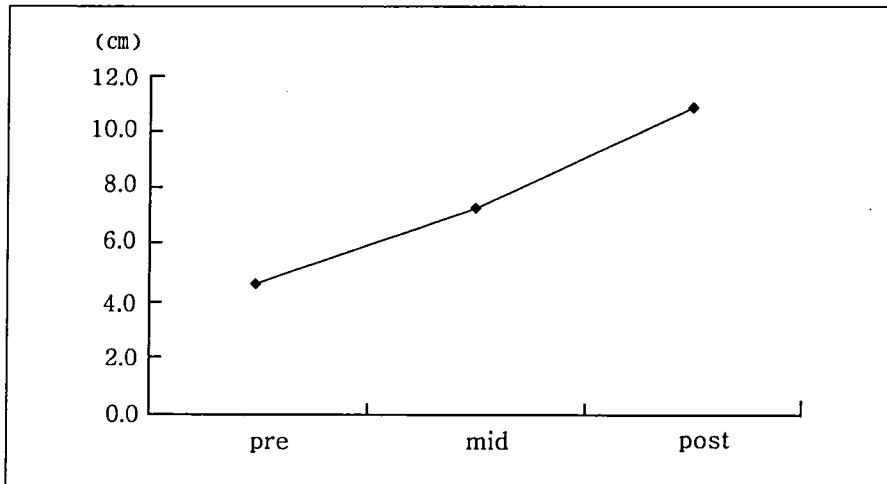


그림 4. 스위스 볼 운동 전, 중(3주), 후(6주, 후의 체간 굴곡(Sit-and-Reach)검사 결과

3. 허리둘레

허리둘레를 측정한 결과 운동 전에는 28.94 inch, 2 주 후는 28.76 inch, 사후에서는 28.64 inch로 나타나

시간이 경과할수록 허리둘레의 증가가 나타났다. 그러나 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 스위스 볼 운동이 허리 둘레에 영향을 미치는 결과는 <표 7>과 <그림 5>와 같다.

표 7. 허리둘레 차이에 대한 일원분산분석

Source	DF	SS	MS	F	Sig.
Between group	2	0.456	0.228	0.079	0.924
Within group	27	77.992			

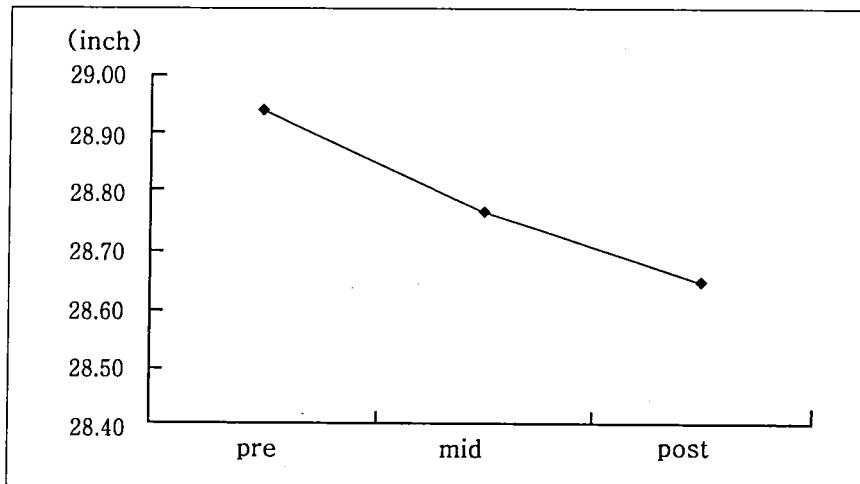


그림 5. 스위스 볼 운동 전, 중(3주), 후(6주)의 허리둘레검사 결과

4. 대퇴둘레

오른쪽 대퇴둘레를 측정한 결과 운동 전에는 20.93 inch, 2주 후는 20.70 inch, 사후에서는 20.65 inch로 나타나 시간이 경과할수록 대퇴둘레의 증가가 나타났으나, 통계적으로는 유의한 차이가 없었으며, 왼쪽 대퇴둘

레를 측정한 결과 운동 전에는 20.69 inch, 2주 후에는 20.68 inch, 사후에는 20.50 inch로 나타나 시간이 경과할수록 대퇴둘레의 증가가 나타났으나, 통계적으로는 유의한 차이가 없었다. 스위스 볼 운동이 대퇴둘레에 영향을 미치는 결과는 <표 8>과 <그림 6>

표 8. 대퇴둘레 차이에 대한 일원분산분석

Side	Source	DF	SS	MS	F	Sig.
Right	Between group	2	0.456	0.228	0.079	0.924
	Within group	27	77.992			
Left	Between group	2	0.456	0.228	0.079	0.924
	Within group	27	77.992			

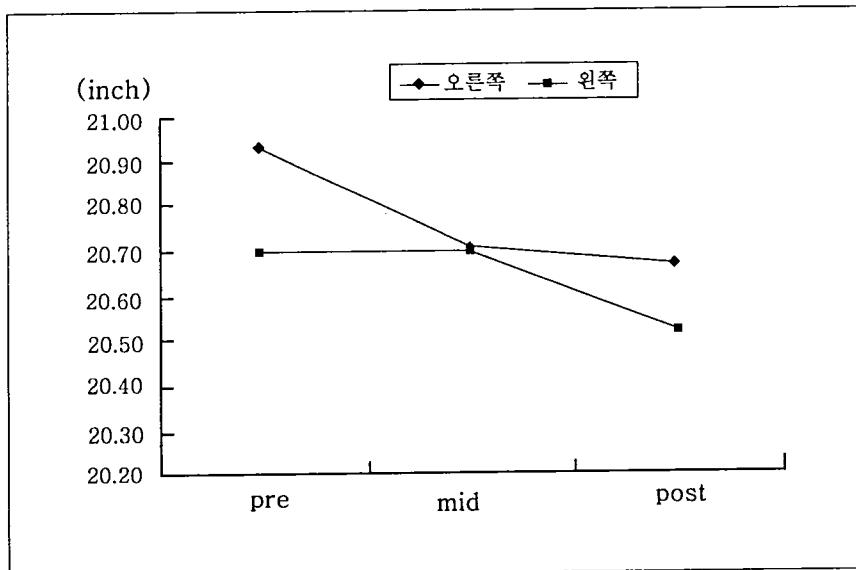


그림 6. 스위스 볼 운동 전, 중(3주), 후(6주, 후의 대퇴둘레검사 결과

IV. 고 찰

본 연구는 20대 여성 10명을 대상으로 스위스 볼을 이용한 등척성 운동을 6주간 실시한 후 허리 유연성 및 근력과 양쪽 하지 대퇴둘레에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

척추에 대해 명확한 의료 장비를 이용하여 척추의 문

제를 진단함에도 불구하고 척추의 문제에 대한 치료적 접근은 수술과 보존적 치료가 있다. 보존적 치료는 물리 치료와 운동으로 특히, 척추 주변 근육의 균형 강화운동이 기본이었다. 균형 강화운동은 매우 다양한 방법이 개발되고 있으며, 스위스 볼 운동도 강화운동 방법 중 하나이다. 스위스 볼은 1960년대 스위스의 바젤(Basel)에 있는 Kantonsspital대학의 물리치료사인 Frau

Susanne가 처음으로 비닐에 공기를 집어넣어 뇌성마비 환자의 균형과 평형반응을 촉진하고자 이용하였으며, 신경학적 문제를 가진 환자와 정형외과적 질환을 가진 환자들을 대상으로 치료도구로 이용하였다. 그 후 유럽에서는 물리치료파에서 “재활동 운동(reactive exercise)”의 개념으로 모든 학생들에게 가르쳤으며, 스위스의 물리치료사인 Isabelle에 의해 기능적 운동으로 스위스 볼을 이용하는 치료가 유럽에서 많이 이용되었다 (Creager, 1994).

운동치료의 세부적인 목표는 근력 · 지구력 · 협응력 증진과 가동성 · 유연성 증가 및 관절가동범위(ROM)의 유지 · 증진 등이 있다 (Knapik 등, 1983), 이 중 스위스 볼을 이용한 운동이 허리 주변 근육의 근력 발달, 허리 유연성 증가, 협응력 향상, 허리 지구력 증가, 고유수용기 촉진, 심혈관계의 운동효과 등을 기대할 수 있다고 알려져 있으며(Creager, 1994), 스위스 볼을 지속적으로 시행했을 때 척추의 안정성을 제공한다(Liebenson, 1996). 스위스 볼을 이용한 운동의 효과에 대한 사전 연구가 드물다. 스위스 볼 운동을 이용한 사전 연구는 Kader 등(1999)의 연구에서 나이 21-51세의 건강한 남, 여를 대상으로 요추 L4/5수준에서 paraspinal 근육과 복직근을 촬영한 후 스위스 볼 운동하기 전과 후를 MRI를 통해 다열근(multifidus muscle: MFM)의 두께변화를 연구하였다. 스위스 볼 운동 후 양쪽 다열근 (multifidus muscle: MFM)의 두께가 21명에서 증가하고, 3명의 남자에서만 한쪽의 다열근(multifidus muscle: MFM)만 증가한 것이 보였다. 스위스 볼 운동은 다열근(multifidus muscle: MFM)의 재교육에 필요하며, 척추의 기능장애를 가지고 있는 환자들에게 재활운동을 성공을 할 수 있도록 할 수 있는 중요한 요인 중 하나라고 제시하였다. 본 연구에서도 스위스 볼을 이용한 등척성 운동 6주간의 훈련 동안 훈련 전, 중, 후 각 항목에 대한 측정을 하여 비교 · 분석한 결과, 사전, 중간, 사후의 측정값은 통계학적으로 유의한 차이는 없었지만 윗몸 일으키기 반복회수가 증가되었고, 유연성에서 상체 들어올리기와 체간 굴곡 측정은 사전과 사후를 비교한 결과 증가하였으며, 허리 및 대퇴둘레는 증가를 보여 선행 연구한 같은 결과를 얻었다. 스위스 볼 운동을 6주간 시행했을 때 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않은 이유는 운동 강도를 6주간 일정한 강도로 시행해서 운동의 점증성을 적용하지 못했기 때문일 것으로 사료되며, 사후 연구에서는 운동강도의 점증성을 적용하여

만성 요통환자나 또는 일반 피검자들을 대상으로 운동의 효과를 연구할 필요성이 있다.

Sutera 등(1998)은 스위스 볼을 이용해 나이 22-55세의 건강한 남, 여 31명을 대상으로 의자에 앉은 자세와 스위스 볼 위에서 Forward reaching을 시행할 때 paraspinals 근육과 대퇴사두근의 근전도 변화를 비교 연구하였는데 의자에 앉은 자세에서 Forward reaching 할 때 보다 스위스 볼 위에서 Forward reaching 할 때가 대퇴사두근에서 근전도 활동이 유의하게 높았으나, paraspinals 근육에서는 근전도 활동이 유의한 차이가 보이지 않았다고 보고했다. 이들은 물리치료사가 치료의 목적으로 스위스 볼 운동을 환자에게 이용했을 때 척추의 안정성과 균형 반응의 촉진, 자세 조절 훈련에 도움이 된다고 보고했다. 본 연구에서도 허리의 유연성과 근력 및 대퇴둘레가 증가한 것으로 보아 요통환자에게 스위스 볼 운동을 적용했을 때 유연성의 증가, 허리 주변근육의 근력강화 등이 나타날 것으로 사료된다.

근력 증가, 근 지구력, 근 비대 등에서 등장성 운동보다 등척성 운동이 더욱 효과적이며(Rose 등, 1982), 근력증진을 위한 단기간의 등척성 운동은 특히 정적인 운동에서 효과가 있었다는(신상용 등, 1999) 사전 연구와 본 연구의 결과와 같은 결과를 얻을 수 있었다. 이와 같이 등척성 운동이 근력증가에 효과가 있으며, 스위스 볼을 이용한 등척성 운동은 요추 주변 근육의 증가 및 유연성이 증가되기 때문에 요통의 재발 방지 및 요통학교 (Back school)와 운동치료실에서 요통환자들을 대상으로 집단으로 치료가 가능하며, 가정 운동 프로그램으로 권장할 수 있을 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 S대학 여학생 10명을 대상으로 스위스 볼을 이용한 6주간의 등척성 운동이 허리 유연성, 근력 및 허리, 대퇴둘레에 미치는 영향을 연구하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 스위스 볼을 이용한 등척성 운동으로 허리근력이 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다.
2. 스위스 볼을 이용한 등척성 운동으로 상체 들어올리기(Trunk Extension) 및 체간 굴곡(Sit-and-Reach) 검사에서 유연성이 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

3. 스위스 볼을 이용한 등척성 운동으로 허리둘레가 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

4. 스위스 볼을 이용한 등척성 운동으로 왼쪽 및 오른쪽 대퇴둘레가 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

이상의 연구 결과를 종합하면 스위스 볼 운동은 요추 주변 근육의 증가 및 유연성, 하지 근력이 증가되기 때문에 요통의 재발 방지 및 요통학교(Back school)와 운동치료실에서 요통환자들을 대상으로 집단으로 치료가 가능하며, 가정 운동 프로그램으로 권장할 수 있을 것으로 사료된다. 본 연구의 제한은 모든 변인은 증가했으나, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않은 것은 운동 강도를 6주간 일정하게 시행해서 운동의 점증성을 적용하지 않았기 때문에 사후 연구에서는 일정기간마다 운동강도를 증가시키는 운동의 점증성을 고려해야 할 것으로 생각된다.

〈 참고 문헌 〉

신상용, 정유희, 이국행, 강정구 : 단기간의 등척성 운동과 등장성 운동후 근력의 변화, 대한물리치료사학회지, 6(4), 23-27, 1999.

Creager CC : Therapeutic exercise using the Swiss ball, Executive physical Therapy, Colorado, 1994.

Liebenson C : REHABILITATION OF SPINE : A PRACTITIONER' S MANUAL, ed 1, pennsylvania, Williams & Wilkins, 1996, 293-317.

Basmajian JV Wolf SL : Therapeutic Exercise, ed5, Baltimore, Williams & Wilkins, 1990.

Kader DF, Stocker M, Smith LD et al : Society for Back, Pain Research: Cardiff - November, 11-12, 1999.

Knapik JJ, Wright JE, Hawdsley RH, Braun J : Isometric, Isotonic, and Isokinetic Torque variation in four muscle groups through range of joint motion, Physical Therapy, 63, 938-947, 1983.

Liebenson Craig : Rehabilitation of the Spine a practitioner's manual, 1996.

Rose SJ, Rothstein JM : Muscle Mutability : Part I, General concepts and adaptations to altered pattern of use, Physical Therapy, 62, 1773.

Saal JA, Saal JS : Nonoperative treatment of herniated lumbar intervertebral disc with radiculopathy spine, 14,431-437, 1989.

Shankar K : Exercise Prescription, philadelphia, HANLEY & BELFUS, INC, 1999.

Sutera J, Zaiff C, Nelson AJ, Rothman J : The effect of a therapeutic ball on the quadriceps and lumbar paraspinals during a forward reaching task, JOSPT, 27(1), 82, 1998.

Thera-BandTM, Exercise Ball Guide, Ohio, Thera-Band

Timm KE : "A randomized-control study of active and passive treatments for chronic low back pain following L5 laminectomy, JOSPT 20, 276-286, 1994.

Walter RF, David MD, David MS : Exercise in rehabilitation medicine. ed 1, Champaign, IL, 1999.