

전신 기울기 운동 시 시각적 바이오피드백이 올바른 자세 유지 시간과 체간 근육의 근활성도에 미치는 영향

강민혁

인제대학교 대학원 물리치료학과

윤지연

인제대학교 해운대 백병원 동작분석실

양재락

(주)한메드

장준혁

해운대 자생한방병원 물리치료실

정도현

연세대학교 대학원 재활학과

오재섭

인제대학교 의생명공학대학 물리치료학과

Abstract

The Effect of Visual Biofeedback on EMG Activity of Trunk Muscles and Endurance Holding Time for Correct Position During Whole-Body Tilt Exercise

Min-hyeok Kang, B.H.Sc., P.T.

Dept. of Physical Therapy, The Graduate School, Inje University

Ji-yeon Yoon, M.Sc., P.T.

Motion Analysis Laboratory, Haeundae Paik Hospital, Inje University

Jae-lak Yang, B.H.Sc., P.T.

HANMED Co., Ltd.

Jun-hyeok Jang, M.Sc., P.T.

Dept. of Physical Therapy, Haeundae Jaseng Hospital of Oriental Medicine

Doh-heon Jung, B.H.Sc., P.T.

Dept. of Rehabilitation Therapy, The Graduate School, Yonsei University

Jae-seop Oh, Ph.D., P.T.

Dept. of Physical Therapy, College of Biomedical Science and Engineering, Inje University

The purpose of this study was to assess visual biofeedback's influence on trunk muscles' (EMG) activity and endurance holding time for correct position during whole-body tilt exercise. For the study, we recruited 14 volunteers who showed no symptom of lumbar disease during medical tests. We measured the EMG activity of their rectus abdominis, external abdominal oblique, internal abdominal oblique and erector spinae muscles, and their endurance holding time for correct position during 40° anterior and posterior whole-body tilt under two conditions: whole-body tilt with and without visual biofeedback. Resistance with

gravitational force on the trunk during whole-body tilt was applied by using a device that had a monitor on which the subjects could check their alignment and that sounded an alarm if a subject's alignment collapsed. The study showed an increase in the EMG activity of external abdominal oblique, internal abdominal oblique/rectus abdominis ratio and endurance holding time for correct position during both 40° anterior and posterior whole-body tilt with visual biofeedback compared with without visual biofeedback ($p < .05$). We suggest that the whole-body tilt exercise with visual biofeedback could be a beneficial strategy for selectively strengthening the internal abdominal oblique muscle and minimizing the rectus abdominis muscle's activity while maintaining correct alignment during whole-body tilt exercise.

Key Words: Electromyography; Endurance holding time; Trunk muscles; Visual biofeedback; Whole-body tilt.

I. 서론

요통은 세계에서 가장 흔한 임상적 질환 중 하나이고 (Tomita 등, 2010) 전 인구의 약 80%가 요통을 경험한 적이 있으며 요통 환자 중 약 80%는 확실한 임상적 진단을 내리기 어렵다(Grabiner 등, 1990). 요통에 대한 예방, 치료, 관리에 대한 운동은 지난 수 십 년간 연구되어 왔으며 전기치료(Koldaş Doğan 등, 2008), 견인치료(Unlu 등, 2008), 척추 안정화 운동(França 등, 2010) 등이 요통 감소를 위한 치료적 방법으로 사용되어 왔다. 이러한 치료방법들 중 척추 안정화 운동은 요통이 척추의 불안정에 의해서 기인하다는 연구를 바탕으로 최근 임상에서 많이 사용되고 있다(França 등, 2010; Panjabi, 1992).

척추의 안정성은 조절 하부시스템(control subsystem), 수동적 하부시스템(passive subsystem), 능동적 하부시스템(active subsystem)의 조화를 통해 이루어진다. 조절 하부시스템은 신경계의 조절을 의미하며 수동적 하부시스템은 척추, 관절면(facet), 추간판, 인대 등으로 구성된다. 마지막으로 능동적 하부시스템은 척추를 둘러싸고 있는 근육 및 힘줄을 포함하는 시스템이다(Panjabi, 1992). 이 중에서 능동적인 하부시스템을 구성하는 근육들은 대근육(global muscles)과 소근육(local muscles)(Bergmark, 1989), 혹은 안정성을 유지하는 근육(stabilizer)과 움직임을 유도하는 근육(mobilizer)(Richardson 등, 1992)으로 나누어 설명할 수 있다. 안정성을 유지하는 근육들은 항중력 작용을 통해 자세를 유지하는 역할을 하는 근육들로 배속빗근(internal abdominal oblique), 가로배근(transverse abdominis), 뭇갈래근(multifidus) 등이 있다. 그리고 움직임을 유도하는 근육들은 빠른 움직임이나 어떠한 동작을 할 때 쓰이는 근육들로 언급되며, 이러한 근육에는 배곧은근(rectus abdominis), 배마갈래근 외측 섬유(external abdominal oblique-lateral

fiber), 척추세움근(erector spinae) 등이 있다(Norris, 1999).

이러한 체간 근육들 중에서 척추의 안정성을 위해 어느 특정한 하나의 근육이 다른 근육들보다 더 중요하다는 생각은 잘못된 것이고, 소근육들과 대근육들의 알맞은 조화가 중요하다(Cholewicki와 VanVliet, 2002; Stevens 등, 2006). 최근에는 안정화 운동 동안에 소근육들과 대근육들의 동시활성화에 대한 이해를 돕기 위해서 배곧은근에 대한 배속빗근 활성도의 상대적 비율이 연구되고 있다(Marshall와 Murphy, 2006; Stevens 등, 2006).

척추의 안정성에 기여하는 체간 근육을 강화시키는 여러 가지 운동 중 하나가 중력을 저항으로 이용한 등척성 운동이다(Anders 등, 2008; Ng 등, 1997). Ng 등(1997)은 체간지지 테스트(trunk holding test)에서 뭇갈래근의 근활성도가 허리장골늑골근(iliocostalis lumborum)의 근활성도보다 높았고 이를 통해 시상면에서 발생하는 대응력(counteracting force)은 뭇갈래근이 허리장골늑골근보다 더 크다는 사실을 뒷받침 하였으며, 등근육들(back muscles)이 외력에 대항하여 수축을 할 때 서로 다른 작용을 한다는 사실을 보여줬다. 최근에는 신체를 원하는 각도로 기울일 수 있는 3차원 특수운동장비를 통해 다양한 각도에서 중력을 저항으로 이용한 연구들이 보고되고 있다(김대훈과 김성수, 2009; 김성호 등, 2010; Anders 등, 2008). 중력은 항상 수직 방향을 향하기 때문에 기립자세를 유지할 때는 아무런 토크가 적용되지 않지만, 90° 경사를 이루었을 때 중력에 의한 토크는 100%로 증가한다(Anders 등, 2008). Anders 등(2008)은 신체를 5°, 10°, 20°, 30°, 45°, 60°, 90°로 기울인 상태에서 체간 근육의 근활성도를 측정하여 근전도-힘 관계(EMG-force relationship)를 연구하였는데, 이러한 각도에서 측정하였을 때 중력에 의한 상대적 토크는 각각 약 9%, 17%, 34%, 50%, 71%, 87%, 100% 정도가 신체에 적

용된다. 위 연구에서 다양한 각도에 따른 체간 근육들의 근활성도 증가는 확인할 수 있었지만 근육의 기능에 따른 명확한 근전도-힘 관계를 규명해내지는 못 하였고 신체의 기울기에 따른 소근육과 대근육의 근활성도에 대한 직접적인 비교도 보여주지 못했다. 다른 연구에서는 최소침습 현미경 수핵 제거술을 받은 사람들을 대상으로 선정하여 3차원 특수운동장비를 이용한 요부 안정화 운동이 요부 근력의 향상과 요부 통증에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 알아보았는데 요부 근력 향상과 요부 통증 감소에 모두 유의한 결과를 보였다(김대훈과 김성수, 2009). 위 연구에서 3차원 특수운동장비를 사용할 때 대상자에게 전체적인 척추 중립자세를 유지하라고 구두 지침만 있었을 뿐 정확한 통제가 이루어지지 못했다. 하지만 요통을 가진 환자들은 근방추 손상 및 고유수용감각이 저하되어 올바른 위치감각을 받아들이기 어렵기 때문에 이를 보완할 방법이 추가적으로 필요하다(김대훈과 김성수, 2009; Brumagne 등, 2000; O'Sullivan 등, 2003).

시각적 바이오피드백은 전정, 체성 감각으로부터 들어오는 구심성 정보와 통합을 이루어 자세 조절에 기여하며, 자세 동요(postural sway)를 감소시키는데 도움을 줌으로써 자세 조절 능력을 향상시킬 수 있다(Loughlin과 Redfern, 2001; Uchiyama와 Demura, 2008). Uchiyama와 Demura(2008)는 시각적 피드백을 주었을 때 전-후의 압력중심점(center of pressure) 이동이 시각적 바이오피드백을 주지 않았을 때보다 줄어드는 결과를 보여줬다. 뿐만 아니라 시각적 바이오피드백은 과제 정확도를 높여주며, 그에 따라 선택적인 근활성도 증가를 가져올 수 있다(Madhavan와 Shields, 2009).

따라서 본 연구의 목적은 신체 기울기 운동 시 시각적 바이오피드백의 적용이 올바른 자세유지 시간과 체간 근육의 근활성도에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구를 위해서 인제대학교에 재학 중이며 실험 참여에 동의한 건강한 성인 남성 14명을 대상으로 선정하였다(표 1). 대상자 선정 과정에서 척추의 구조적 이상, 염증성 질환, 신경기능 압박 여부를 알아보기 위해 부산 백병원 재활의학과에서 방사선 검사, 혈액 검사, 근전도 검사를 실시하였고 이상이 있는 대상자는 연구에서 제외하였다.

2. 실험기기 및 도구

가. 근전도

표면 근전도 자료 수집을 위해 Delsys-Trigno Wireless EMG system을 이용하였고 표면 근전도의 전극은 Trigno EMG Sensor¹⁾를 사용하였다. 각 근육에서 수집된 4개 채널의 표면 근전도 아날로그 신호는 디지털 신호로 전환되어 개인용 컴퓨터에서 DELSYS EMG Works Aquisition을 통해 자료를 수집 처리하였다.

근전도 신호의 표본추출률(sampling rate)은 2,000 Hz로 설정하였고, 주파수 대역폭(bandwidth)은 20~450 Hz를 사용하였다. 그리고 각 근육별 근전도 신호는 RMS(root mean square) 처리하여 분석하였다.

나. 3차원-뉴턴(3D-NEWTON)

신체를 원하는 각도로 기울이기 위해 3차원-뉴턴(3D-NEWTON)²⁾(그림 1)을 사용하였다. 이 장비는 0~90° 전·후방 경사, 0~360° 회전이 가능하며 실험자가 원하는 각도를 자유롭게 선택하여 사용할 수 있다. 이 장비에는 전·후 거리 센서와 좌·우 거리 센서가 부착되어 있어서 대상자의 정렬이 흐트러지면 자동으로 벨이 울리도록 설

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

(N=14)

일반적 특성	평균±표준편차	범위
나이(세)	23.3±1.6	19~26
신장(cm)	173.9±4.2	168~181
체중(kg)	68.3±4.9	58~77

1) Trigno EMG Sensor, Delsys Inc., Boston, MA, U.S.A.

2) 3D-NEWTON, HANMED Co., Ltd., Korea.

정되어 있고, 대상자는 전방에 부착된 모니터(그림 2)를 통해 실시간으로 자신의 정렬 상태를 확인할 수 있다.

3. 실험방법

가. 근전도 부착 및 자발적 기준 수축백분율(%reference voluntary contraction; %RVC) 측정

본 연구에서 근전도 전극의 부착 부위로 오른쪽 척주세움근(요추 4, 5번의 극돌기의 오른쪽 3 cm 지점)(Marshall과 Murphy, 2005; Reeves 등, 2008), 배곧은근(배꼽에서 오른쪽으로 3 cm 지점)(Stevens 등, 2006), 배바깥빗근(배꼽 외측과 위앞엉덩이뼈가시 위를 만나는 지점)(Marshall과 Murphy, 2006), 배속빗근(위앞엉덩이뼈가시와 두덩결합 사이의 중간에서 서혜인대 위)(Stevens 등, 2006)을 선택하였다. 표면 근전도 신호에 대한 피부저항을 감소시키기 위해 부착 부위를 체모한 후, 사포로 3~4회 문질러 피부 각질층을 제거하고 소독용 알코올로 잘 닦고 충분히 말려 준 다음 근육의 근섬유 방향과 평행하게 전극을 부착하였다.

근전도 부착 후, 본 실험에 앞서 근전도 값의 정규화(normalization) 과정을 위해 자발적 기준 수축백분율 방법을 사용하였다. 본 연구에서는 배곧은근, 배속빗근, 배바깥빗근의 자발적 기준 수축백분율을 구하기 위해 대상자가 모니터를 통해 자신의 신체 정렬을 바르게 한 뒤, 60° 후방으로 기울이고 5초 동안의 근전도 값을 2회 수집하였다. 척주세움근의 자발적 기준 수축백분율은 신체를 60° 전방으로 기울인 후 위와 같은 방법으로 측정하였다. 5초 동안 수집한 근전도 값 중 중간 3초의 2회 평균값을 자발적 기준 수축백분율로 이용하였다.

나. 실험설계

대상자는 대퇴와 엉덩이를 고정시키고 양 팔은 가슴에 놓았으며 체간은 아무런 고정도 하지 않은 기립자세를 취하게 하였다. 실험자는 대상자의 정렬 및 자세를 교정해 주었고 대상자에게 모니터를 통해 올바른 자세를 유지할 수 있도록 교육을 실시한 후, 대상자의 신체를 전방과 후방으로 각각 40° 기울였다(그림 3)(그림 4). 실험 순서는 모니터를 이용하여 시각적 바이오피드



그림 1. 3차원-뉴튼(3D-NEWTON).

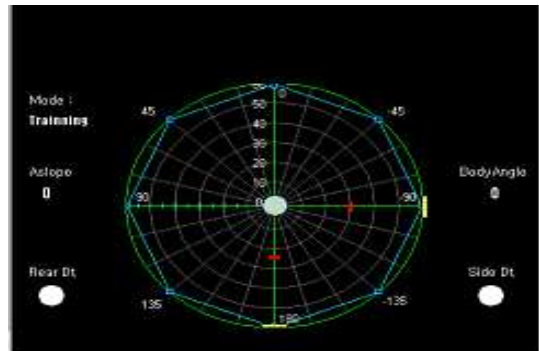


그림 2. 대상자가 운동 중 신체 정렬을 스스로 확인할 수 있는 3차원-뉴튼 모니터.



그림 3. 대상자의 신체가 전방으로 기울어진 모습.



그림 4. 대상자의 신체가 후방으로 기울어진 모습.

백을 주었을 때와 모니터 화면은 끄고 시각적 바이오피드백을 차단하였을 때, 2가지 조건을 무작위로 실시하였다. 대상자의 근육 피로도 및 학습 효과를 최소화하기 위하여 각 운동마다 5분간의 휴식시간을 가졌다.

대상자가 실험 중 올바른 자세를 유지하지 못하여 벨이 울리게 되면 그 시점을 기준으로 벨이 울리기 직전 10초간의 근전도 데이터를 RMS 처리한 후 평균값을 체간 근육의 근활성도 비교를 위해 이용하였다. 그리고 자세 유지 시간을 비교하기 위해서 시각적 바이오피드백을 주었을 때와 주지 않았을 때의 벨이 울리는 시간을 기록하였다.

4. 자료분석

시각적 바이오피드백에 따른 체간 근육의 근활성도와 자세 유지 시간을 알아보기 위해 짝비교 t-검정 (paired t-test)을 실시하였다. 통계분석 프로그램은 윈도우용 SPSS 18.0 프로그램을 이용하여 분석하였고 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 하였다.

III. 결과

1. 시각적 바이오피드백 적용에 따른 체간 근육의 근활성도

벨이 울리기 직전 10초 동안 시각적 바이오피드백 적용에 따른 척추세움근, 배곧은근, 배바깥빗근, 배속빗근을 비교하기 위하여 신체를 전방으로 40° 기울였을 경우와 신체를 후방으로 40° 기울였을 경우 각각 짝비교 t-검정을 실시한 결과 두 경우 모두에서 척추세움근, 배곧은근, 배속빗근은 시각적 바이오피드백에 따른

근활성도의 유의한 차이가 없었다. 하지만 배바깥빗근의 근활성도는 시각적 바이오피드백을 적용하였을 때가 시각적 바이오피드백을 주지 않았을 때보다 유의하게 증가하였다($p<.05$)(표 2).

2. 시각적 바이오피드백 적용에 따른 배속빗근/배곧은근의 근활성도 비(%RVC)

벨이 울리기 직전 10초 동안 시각적 바이오피드백 적용에 따른 배속빗근/배곧은근 근활성도(%RVC)의 비를 비교하기 위하여 신체를 전방으로 40° 기울였을 경우와 신체를 후방으로 40° 기울였을 경우 각각 짝비교 t-검정을 실시한 결과, 두 경우 모두 시각적 바이오피드백을 적용했을 때 배속빗근/배곧은근 근활성도(%RVC)의 비가 시각적 바이오피드백을 주지 않았을 때보다 유의하게 증가하였다($p<.05$)(표 3).

3. 시각적 바이오피드백 적용에 따른 자세 유지 시간

시각적 바이오피드백 적용에 따른 자세 유지 시간을 비교하기 위해 신체를 전방으로 40° 기울였을 경우와 신체를 후방으로 40° 기울였을 경우 각각 짝비교 t-검정을 실시한 결과, 두 경우 모두 시각적 바이오피드백을 주었을 때의 시간이 시각적 바이오피드백을 주지 않았을 때의 시간보다 유의하게 증가하였다($p<.05$)(표 4).

IV. 고찰

본 연구는 중력을 저항으로 이용한 등척성 운동 시, 시각적 바이오피드백의 효과를 알아보기 위해 신체를

표 2. 시각적 바이오피드백 적용에 따른 체간 근육의 근활성도(%RVC) (N=14)

	시각적 바이오피드백 적용	시각적 바이오피드백 차단	t	p	
전방 40°	척추세움근	79.15±9.68 ^a	80.30±8.42	-.542	.579
	배곧은근	28.66±18.43	25.83±14.87	1.738	.106
	배바깥빗근	16.22±9.39	11.31±6.38	3.343	.005*
	배속빗근	26.86±14.74	22.03±21.49	1.241	.237
후방 40°	척추세움근	27.18±11.72	26.08±13.77	.410	.689
	배곧은근	106.86±25.67	107.39±28.15	-.085	.934
	배바깥빗근	131.71±26.16	116.43±25.79	2.562	.024*
	배속빗근	169.34±89.76	148.14±70.78	2.083	.058

^a평균±표준편차, * $p<.05$.

표 3. 시각적 바이오피드백 적용에 따른 배속빗근/배곧은근 근활성도(%RVC)의 비 (N=14)

		시각적 바이오피드백 적용	시각적 바이오피드백 차단	t	p
전방 40°	배속빗근/배곧은근	121.39±77.32 ^a	81.11±51.97	2.509	.026*
후방 40°	배속빗근/배곧은근	167.64±89.64	143.88±75.19	2.457	.029*

^a평균±표준편차, *p<.05.

표 4. 시각적 바이오피드백 따른 자세 유지 시간(초) (N=14)

		시각적 바이오피드백 적용	시각적 바이오피드백 차단	t	p
전방 40°	자세 유지 시간	295.64±129.89 ^a	156.78±60.67	3.993	.002*
후방 40°	자세 유지 시간	138.50±60.66	96.42±41.78	3.245	.006*

^a평균±표준편차, *p<.05.

전방과 후방으로 기울인 후 체간의 근활성도와 자세 유지 시간을 알아보았다. 신체의 전·후방 경사에 따른 체간 근육의 근활성도를 살펴본 결과, 시각적 바이오피드백을 적용하였을 때 배마갈빗근이 유의한 증가를 보였다. Comerford와 Mottram(2001)은 대근육을 움직임에 관여하는 대근육(global mobilizing)과 안정화에 관여하는 대근육(global stabilizing)으로 분류하였다. 이 중 배곧은근과 척주세움근은 움직임에 관여하는 대근육, 배속빗근과 배마갈빗근은 안정화에 관여하는 대근육에 포함된다(Comerford와 Mottram, 2001; Gibbons 등, 2001). 또한 Norris(1999)는 척주세움근과 배곧은근은 단순히 움직임에만 관여하는 근육으로 분류하였고, 배속빗근과 안쪽배마갈빗근을 움직임에 관여를 하는 동시에 안정성에 관여하는 근육으로 분류하였다.

위 연구들을 비추어 볼 때, 본 연구에서는 움직임 뿐만 아니라 안정성에도 기여하는 배마갈빗근의 근활성도만이 시각적 바이오피드백에 따른 유의한 증가를 보였다. 배마갈빗근은 다른 복부 근육들과 함께 등척성 지지를 제공하고 몸통의 회전을 조절하여 요추의 운동을 제한한다(Sahrmann, 2002). 이러한 배마갈빗근은 골반의 후방경사 시 근활성도가 증가하므로 전방경사를 조절 또는 방지할 뿐만 아니라 앞뜯니근(serratus anterior), 넓은등근(latissimus dorsi)과 기시점이 서로 맞물려 있어서 앞뜯니근과 넓은등근의 활동이 요구되는 팔굽혀펴기 자세와 같은 등척성 운동을 할 때 활동성이 증가한다(Juker 등, 1998; Queiroz 등, 2010; Sahrmann, 2002). 본 연구에서 신체를 후방으로 기울였을 경우 시각적 바이오피드백을 제공 했을 때가 시각적 바이오피드백을 차단했을 때에 비해 신체의 정렬을 올바르게 유지할 수 있었고 이 과정에서 중력에 따른 골반의 전방경사를 조절하기 위해 배마갈

빗근의 근활성도가 유의하게 증가된 것으로 사료된다.

Reeves(2008) 등은 다양한 외력에 따른 등척성 체간 신전 동안에 척추의 움직임을 제한하기 위해서 배마갈빗근과 배속빗근의 근활성도가 증가하였다고 설명하였는데 그 이유는 근섬유 방향이 비스듬한 배마갈빗근과 배속빗근이 근섬유 방향이 종적인 배곧은근에 비해 척추의 움직임을 제한하는데 있어서 역학적으로 더 유용하기 때문이라고 하였다. 하지만 배마갈빗근은 배속빗근에 비해 더 높은 근피로도나 압박력이 요구되는 상황에서 가장 크게 작용되었다(Gardner-Morse와 Stokes, 1998). 또한 O'Sullivan 등(2006)은 어깨뼈(scapula)를 약간 뒤당김(retraction)한 흉추 곧은 앉기(thoracic upright sitting)와 중립 척추앞굽음(neutral lordosis)에서 흉추를 편안하게 둔 요추-골반 곧은 앉기(lumbo-pelvic upright sitting)를 비교한 결과, 흉추 곧은 앉기에서 골반의 전방경사와 배속빗근의 근활성도가 감소하고, 배마갈빗근의 근활성도가 증가하였다고 보고하였다. 이러한 결과들을 비추어 볼 때, 신체를 전방으로 기울였을 경우 지속적인 등척성 수축이 근피로도나 연관되어 배마갈빗근의 근활성도에 영향을 미쳤을 뿐만 아니라 시각적 바이오피드백이 흉추의 올바른 자세를 지속적으로 유지시켜 시각적 바이오피드백을 차단했을 때에 비해 골반의 전방경사를 감소시켰고 이로 인해 배마갈빗근의 근활성도가 증가되었다고 사료된다. 하지만 본 연구에서는 근피로도나 골반의 운동형상학을 비교해보지 않았기 때문에 이 후의 연구에서는 이러한 연구들이 추가적으로 필요할 것이다.

본 연구의 결과에서 배속빗근/배곧은근의 비율이 시각적 바이오피드백을 적용하였을 때 유의한 증가를 보였다. 소근육과 안정성에 관여하는 근육들은 요추의 안정성에 직접적 혹은 간접적으로 영향을 미치기 때문에

이러한 근육들의 근활성도를 증가시키는 운동, 특히 배곧은근과 같은 대근육에 비해 상대적인 근활성도를 증가시키기 위한 많은 연구들이 보고되었다(Marshall과 Murphy, 2006; Stevens 등, 2006). Marshall과 Murphy(2006)는 안정화 운동 동안에 다른 모든 요추골반 부위의 근육들과 비교하여 배곧은근의 활성화를 최소로 하는 것이 체간 안정화를 위해서 필요하다고 하였고, Stevens(2006) 등은 근육들의 시스템에 대한 이해를 제공하기 위해 단순한 근활성도의 비교보다는 상대적인 근활성도 비율이 중요하다고 하였다. 이렇게 근육들의 균형이 중요한 이유는 빠른 움직임이나 더 큰 저항에 대하여 작용을 할 때 배곧은근과 같은 움직임을 유도하는 근육들의 과도한 동원을 배속뱃근과 같은 근육들이 제한해 줄 수 있기 때문이다(Norris, 1999). Cholewicki와 VanVliet(2002)는 역학적인 안정성을 위해 운동 조절의 중요성을 강조했다. 올바른 운동 조절을 위해서는 적절한 감각 바이오피드백이 주어져야하며(Desmurget와 Grafton, 2000) 이 중, 시각적 바이오피드백은 운동 조절을 변화시켜 선택적인 근활성도 강화에 도움이 된다고 보고되었다(Madhavan과 Shields, 2009). 본 연구에서도 시각적 바이오피드백을 이용하여 올바른 신체의 정렬을 유지하는 동안 배곧은근의 근활성도에 비해 상대적으로 배속뱃근의 근활성도는 선택적으로 증가하였기 때문에 중력을 이용한 전신 기울기 운동 시 거리 센서를 이용하여 올바른 신체의 정렬 정보를 제공하는 방법이 효과적이라고 사료된다.

본 연구의 결과 시각적 바이오피드백을 이용하여 전신 기울기 운동 시 올바른 자세 유지 시간이 유의하게 증가하였다. 이는 중력을 이용한 전신 기울기 운동 시 거리 센서를 통한 시각적 바이오피드백이 제공되지 못한다면 비정상적인 정렬을 유지한 채 중력에 대하여 운동하는 것이기 때문에 체간 근육의 선택적인 근수축을 유도할 수 없을 뿐만 아니라 치료가 원하지 않는 불필요한 근육들의 수축을 유도하게 되므로 거리 센서를 이용한 시각적 바이오피드백 적용이 올바른 자세 유지 시간을 증가시킬 수 있다고 사료된다.

본 연구에서 자발적 기준 수축백분율 측정을 위해 신체를 60° 전·후방 기울여 근 활성도를 확인하였고, 40°에서 측정한 근전도 값을 자발적 기준 수축백분율로 정규화 시켰다. Anders 등(2007)은 요통 환자들에게서 올바른 최대 수의적 수축백분율(%maximal voluntary contraction; %MVC)을 측정하기 어려울 수 있으므로

재활 또는 훈련의 목적을 가지고 있을 때는 자발적 기준 수축백분율이 최대 수의적 수축백분율보다 효율적일 수 있다고 하였다. 본 연구에서 정규화 값이 척추세움근을 제외하고서는 모두 100%가 넘는 결과를 보였다. Ng 등(1997)은 하지와 골반만 테이블에 고정을 하고 중력에 대하여 체간을 유지하는 체간 지지 테스트를 60초가 실시한 결과 최대 수의적 수축백분율 정규화 값이 100% 이상 증가하는 결과를 보였으며, 이러한 결과는 지속적으로 중력과 같은 외력에 대하여 운동단위의 발화 빈도(firing frequency)가 증가했기 때문이라고 하였다. 따라서 본 연구에서는 자발적 기준 수축백분율 측정을 위해 60° 후방 경사에서는 5초만 측정할 반면, 40° 후방 경사에서는 모든 대상자들이 최소 30초 이상 오랜 시간 자세를 유지하였기 때문에 오랜 시간 자세 유지에 의한 신체에 적용되는 외력이 증가하였으며 이에 대하여 위하여 더 많은 운동단위가 동원되었고, 그에 따라 100% 이상의 정규화 값이 나온 것으로 고려된다.

본 연구에서 몇 가지 제한점이 있다. 첫째로, 신체의 기울기를 다양한 각도에서 적용하지 않았다는 점이다. 중력은 항상 수직 방향을 향하기 때문에 신체를 어느 방향, 어느 정도의 각도로 기울이는지에 따라서 근육의 근활성도 패턴이 다양하게 나타날 수 있다(Anders 등, 2008). 하지만 본 연구에서는 시각적 바이오피드백의 효과를 알아보기 위해서 한 가지 각도로 제한하여 실험을 하였기 때문에 각도에 따른 근육의 작용을 살펴볼 수 없었다. 두 번째는 시각적 바이오피드백을 적용했을 경우 유의한 근활성도 증가를 보이는 근육이 배마뱃근 뿐이기 때문에 시각적 바이오피드백이 척추의 안정화에 관여하는 모든 근육에 긍정적인 효과를 보인다고 하기에는 제한적이다. 향후 시각적 바이오피드백 적용이 체간 근육의 근활성도에 미치는 영향에 대하여 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 마지막으로 본 연구의 대상자가 건강한 성인에만 한정되어 연구 결과를 일반화하기 어렵다는 점이다. 향후 연구에서는 요통 환자를 대상으로 한 임상 연구가 진행되어야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 요통이나 허리에 역학적 문제점이 없는 일반인을 대상으로 전신을 전·후방으로 기울여서 중력을

저항으로 이용한 등척성 운동을 시행하였을 때, 체간 근육의 근활성도와 체간의 올바른 자세 유지 시간에 미치는 시각적 바이오피드백의 효과에 대해서 알아보았다.

실험 결과 시각적 바이오피드백을 적용하였을 경우 안정성에 기여하는 배마갈빗근의 근활성도만이 유의한 증가를 보였다($p < .05$). 배곧은근, 배마갈빗근, 척추세움근의 단순한 근활성도 증가에는 유의한 효과가 없었지만, 움직임 기여하는 배곧은근에 비해 안정성에 중요한 역할을 하는 배속빗근의 상대적 근활성도는 증가하였다($p < .05$). 또한 시각적 바이오피드백을 적용하였을 때 올바른 자세 유지 시간이 유의하게 증가하였는데($p < .05$) 이러한 결과를 통해 중력을 이용한 신체 기울기 운동 시 거리센서를 통한 시각적 바이오피드백의 제공이 기존의 신체 기울기 운동 방법보다 효과적이라고 사료된다.

따라서 본 연구 결과를 바탕으로 중력을 이용한 체간 안정화 운동을 시행할 경우 배마갈빗근의 근활성도와 배속빗근의 상대적 근활성도를 효율적 증가시키고 올바른 자세를 유지하기 위해서는 시각적 바이오피드백을 적용하는 것이 중요하다고 제안할 수 있다.

인용문헌

김대훈, 김성수. 요추추간관탈출증 환자의 최소침습 현미경수술 후 조기의 3차원 요부 안정화 운동의 단기 효과 연구. 대한스포츠의학회지. 2009;27(1):47-52.

김성호, 유병규, 이완희. 척추안정화 운동이 요통 환자의 요추부 심부근육의 근단면적, 요부근력, 주관적 통증지수에 미치는 영향. 한국사회재육학회지. 2010; 40(2):527-536.

Anders C, Brose G, Hofmann GO, et al. Evaluation of the EMG-force relationship of trunk muscles during whole body tilt. J Biomech. 2008;41(2):333-339.

Anders C, Brose G, Hofmann GO, et al. Gender specific activation patterns of trunk muscles during whole body tilt. Eur J Appl Physiol. 2007;101(2):195-205.

Bergmark A. Stability of the lumbar spine: A study in mechanical engineering. Acta Orthop Scand Suppl. 1989;230:1-54.

Brumagne S, Cordo P, Lysens R, et al. The role of paraspinal muscle spindles in lumbosacral position sense in individuals with and without low back

pain. Spine (Phila Pa 1976). 2000;25(8):989-994.

Cholewicki J, VanVliet JJ. Relative contribution of trunk muscles to the stability of the lumbar spine during isometric exertions. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2002;17(2):99-105.

Comerford MJ, Mottram SL. Movement and stability dysfunction-contemporary developments. Man Ther. 2001;6(1):15-26.

Desmurget M, Grafton S. Forward modeling allows feedback control for fast reaching movements. Trends Cogn Sci. 2000;4(11):423-431.

França FR, Burke TN, Hanada ES, et al. Segmental stabilization and muscular strengthening in chronic low back pain: A comparative study. Clinics (Sao Paulo). 2010;65(10):1013-1017.

Gardner-Morse MG, Stokes IA. The effects of abdominal muscle coactivation on lumbar spine stability. Spine (Phila Pa 1976). 1998;23(1):86-91.

Gibbons SG, Comerford MJ. Strength versus stability -part 1 concept and terms. Orthopaedic Division Review. 2001:21-27.

Grabiner MD, Jeziorowski JJ, Divekar AD. Isokinetic measurements of trunk extension and flexion performance collected with the biodex clinical data station. J Orthop Sports Phys Ther. 1990;11(12):590-598.

Juker D, McGill S, Kropf P, et al. Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during a wide variety of tasks. Med Sci Sports Exerc. 1998;30(2):301-310.

Koldaş Doğan S, Sonel Tur B, Kurtaiş Y, et al. Comparison of three different approaches in the treatment of chronic low back pain. Clin Rheumatol. 2008;27(7):873-881.

Loughlin PJ, Redfern MS. Spectral characteristics of visually induced postural sway in healthy elderly and healthy young subjects. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng. 2001;9(1):24-30.

Madhavan S, Shields RK. Movement accuracy changes muscle-activation strategies in female subjects during a novel single-leg weight-bearing-

- ing task. *PM R.* 2009;1(4):319-328.
- Marshall P, Murphy B. Changes in muscle activity and perceived exertion during exercises performed on a swiss ball. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2006 Aug;31(4):376-83.
- Marshall PW, Murphy BA. Core stability exercises on and off a Swiss ball. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(2):242-249.
- Ng JK, Richardson CA, Jull GA. Electromyographic amplitude and frequency changes in the iliocostalis lumborum and multifidus muscles during a trunk holding test. *Phys Ther.* 1997;77(9):954-961.
- Norris CM. Functional load abdominal training: Part 1. *J Bodyw Mov Ther.* 1999;3(3):150-158.
- O'Sullivan PB, Burnett A, Floyd AN, et al. Lumbar repositioning deficit in a specific low back pain population. *Spine (Phila Pa 1976).* 2003;28(10):1074-1079.
- O'Sullivan PB, Dankaerts W, Burnett AF, et al. Effect of different upright sitting postures on spinal-pelvic curvature and trunk muscle activation in a pain-free population. *Spine (Phila Pa 1976).* 2006;31(19):E707-712
- Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord.* 1992;5(4):383-389; discussion 397.
- Queiroz BC, Cagliari MF, Amorim CF, et al. Muscle activation during four Pilates core stability exercises in quadruped position. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010;91(1):86-92.
- Reeves NP, Cholewicki J, Milner T, et al. Trunk antagonist co-activation is associated with impaired neuromuscular performance. *Exp Brain Res.* 2008;188(3):457-463.
- Richardson C, Jull G, Toppenburg R, et al. Techniques for active lumbar stabilisation for spinal protection: A pilot study. *Aust J Physiother.* 1992;38(2):105-112.
- Sahrmann SA. *Diagnosis and Treatment of Movement Impairment Syndromes.* Mosby. 2002:69-71.
- Stevens VK, Bouche KG, Mahieu NN, et al. Trunk muscle activity in healthy subjects during bridging stabilization exercises. *BMC Musculoskelet Disord.* 2006;7:75.
- Tomita S, Arphorn S, Muto T, et al. Prevalence and risk factors of low back pain among Thai and Myanmar migrant seafood processing factory workers in Samut Sakorn Province, Thailand. *Ind Health.* 2010;48(3):283-291.
- Uchiyama M, Demura S. Low visual acuity is associated with the decrease in postural sway. *Tohoku J Exp Med.* 2008;216(3):277-285.
- Unlu Z, Tasci S, Tarhan S, et al. Comparison of 3 physical therapy modalities for acute pain in lumbar disc herniation measured by clinical evaluation and magnetic resonance imaging. *J Manipulative Physiol Ther.* 2008;31(3):191-198.

논문 접수일	2010년 12월 17일
논문게재승인일	2011년 1월 15일