

정상인에서 5가지 체간 안정화 운동자세가 초음파 영상을 이용한 복부근 두께에 미치는 영향

강정현¹, 심재훈², 천승철³

¹서울재활병원 물리치료실, ²백석대학교 보건학부 물리치료학과, ³건양대학교 의과대학 물리치료학과

Abstract

The Effect of Five Different Trunk Stabilization Exercise on Thickness of Abdominal Muscle Using an Ultrasonography Imaging in Normal People

Jung-hyun Kang¹, BHSc, PT, Jae-hun Shim², PhD, PT, Seung-chul Chon³, PhD, PT

¹Dept. of Physical Therapy, Seoul Rehabilitation Hospital,

²Dept. of Physical Therapy, College of Health Science, Baekseok University,

³Dept. of Physical Therapy, College of Medical Science, Konyang University

The aim of this study is to compare measurements of abdominal muscle thickness using ultrasonography imaging (USI) to those using a special transducer head device, during five different trunk stabilization exercises, ultimately to determine which exercise led to the greatest muscle thickness. Thirty eight healthy subjects participated in this cross-sectional study. The five types of trunk stabilization—i.e., a sit-up on the supine, an upper and lower extremity raise with quadruped on the prone, a leg raise in sitting on the ball, trunk rolling on the ball, and balance using sling on the prone position—were each performed with an abdominal draw. The thickness of the abdominal muscle—including the transverse abdominal (TrA), internal oblique (IO), and external oblique (EO)—was measured by USI with a special transducer head device, at rest and then at contraction in each position. Data were analyzed using one-way repeated ANOVA with the level of significance set at $\alpha=0.05$. The results were as follows: 1) the TrA thickness was statistically significant ($p<0.05$), whereas the IO and EO thicknesses were not ($p>0.05$); 2) among the five types of trunk stabilization, TrA thickness significantly increased with the balance using a sling in the prone position, ($p<0.05$), whereas no significant difference was noted for the four types of trunk stabilization ($p>0.05$); 3) reliability data showed that there was a high degree of consistency among the measurements taken using the special transducer head device ($ICC=0.92$). In conclusion, the balance using a sling in the prone position was more effective than any of the four other types of trunk stabilization in increasing TrA thickness in healthy subjects.

[Jung-hyun Kang, Jae-hun Shim, Seung-chul Chon. The Effect of Five Different Trunk Stabilization Exercise on Thickness of Abdominal Muscle Using an Ultrasonography Imaging in Normal People. Phys Ther Kor. 2012;19(3):1-10.]

Key Words: Sling; Transverse abdominis; Trunk stabilization; Ultrasonography imaging.

I. 서론

체간 안정화(trunk stabilization)는 자세변화와 부하

상태에 따라서 척추를 바르게 유지하고 사지의 움직임을 수행하기 위해서 선행되어야 하는 중요한 요소이다 (Willson 등, 2005). 체간 안정화는 요추부 근골격계 질

환의 원인으로 언급되고 있는 복부근과 체간 신전근의 불균형을 조절하여 요통의 치료 및 예방에 적용되고 있다(Panjabi, 2003). 체간 안정화에 기여하는 근육으로는 척추 앞쪽에 복횡근(transverse abdominal muscle), 뒤쪽에 다열근(multifidus muscle), 윗쪽에 횡격막(diaphragm) 그리고 아래쪽에 골반저근(pelvic floor muscle)이 원통모양(cylindrical shape)으로 이루어져 있다(Kisner와 Colby, 2002; Panjabi, 2003).

특히, 복횡근은 복부의 심부근육으로 백색선(linea alba)에서부터 흉요근막(thoracolumbar fascia)과 요추의 횡돌기(transverse process)까지 이어져 복부의 심부를 횡으로 둘러싸고 있으며(Loukas 등, 2008; Panjabi, 2003), 복횡근의 수축은 복부내압(intra-abdominal pressure)과 흉요근막의 장력(tension)을 증가시켜 다양한 자세와 방향에서 체간 안정화에 가장 중요한 근육으로 보고되고 있다(Cresswell 등, 1992; Loukas 등, 2008). 흉요근막의 장력 증가는 상지 움직임 시에 하지의 장딴지근(gastrocnemius)과 가자미근(soleus)의 근수축을 먼저 유발하여 상하지의 가교역할(bridge function)과 함께 체간의 안정화에 기여하게 된다(Hirashima 등, 2002; Loukas 등, 2008). 복횡근은 여러 가지 일상생활동작 중 미리 되먹임(feedforward) 작용으로 사지 근육 및 다른 체간 근육의 움직임보다 먼저 활성화되어 다양한 방향에서 체간의 불균형을 조절하게 된다(Hodges와 Richardson, 1997).

이러한 체간 안정화 방법은 복횡근을 효과적으로 활성화시키기 위하여 정상인 및 환자군을 대상으로 다양한 자세에서 공 또는 슬링과 같은 도구들을 이용하는 연구들이 시도되고 있다(김선엽과 백인협, 2003; 오재섭 등, 2003; Escamilla 등, 2010). 체간 안정화 운동 방법으로 누워서 윗몸 일으키기(Vera-Garcia 등, 2000), 네발 자세에서 상하지 들기(Queiroz 등, 2010), 공 위에 앉아서 다리 들기(Escamilla 등, 2010), 공 위에서 상체 굴리기(Escamilla 등, 2010) 및 엎드린 자세에서 슬링잡고 균형유지(김선엽과 백인협, 2003) 등의 방법들이 보고되었다. Hodges와 Richardson(1997)은 외부 저항이 제공되면서 체간의 움직임이 병행될 때 체간의 중립 자세를 유지하기 위하여 복횡근 수축이 가장 크게 활성화된다고 하였고, Ainscough-Potts 등(2006)은 편평한 의자보다 공 위에 앉아서 다리 들기 방법이 복횡근 강화에 더 효과적이라고 하였고, 김선엽과 백인협(2003)은 슬링을 이용한 체간 안정화 운동의 장점에 대해서 보고

하였다.

체간 안정화 운동방법은 외부에서 주어지는 힘에 대하여 척추의 중립자세(neutral position)를 유지하기 위하여 복부 심부 근육인 복횡근과 내복사근의 수축을 강화시키고 표면 근육인 복직근의 수축을 최소화시키기 위하여 골반경사운동, 누운 자세, 옆으로 누운 자세 및 엎드린 자세 등과 같은 다양한 자세에서 실시되고 있다(Escamilla 등, 2010; Hodges와 Richardson, 1997). 이러한 체간 안정화 운동의 강도는 지지면의 크기, 불안정성의 정도, 운동 횟수 및 저항의 크기에 따라 조절될 수 있으며 이와 관련된 연구결과들이 다양하게 보고되고 있다(Ainscough-Potts 등, 2006; Hodge 등, 2003; Hodges와 Richardson, 1997). Hayden 등(2005)은 균형 판이나 불안정한 지지면에서의 시행하는 체간 안정화 운동의 비효율성에 대해서 발표하였고, 오재섭 등(2003)은 슬링 운동의 체간 안정화 운동 효과에 대한 객관적인 연구 결과의 부족함을 보고하였다.

복횡근과 같은 복부 심부 근육을 측정하기 위해서는 침습적인(invasive) 근전도(electromyography) 기기 및 초음파 영상 장비가 필요하다. 초음파 영상 장비는 비침습적인(non-invasive) 방법으로 복근의 두께 및 면적을 측정하기에 용이하여 체간 안정화 운동방법의 연구에 자주 사용되고 있다(Hodges 등, 2003; Rankin 등, 2006; Whittaker, 2008). 그러나 이러한 이점에도 불구하고 초음파 영상 장비는 대상자가 동적인 동작을 실시할 때는 탐촉자(transducer)를 고정시키기 어려워 정확한 측정이 어렵기 때문에 이를 보완하기 위해서 동일한 측정 부위에 탐촉자를 고정시킬 수 있는 방법을 사용하여 비교적 정확한 측정이 가능하다고 하였다(Bunce 등, 2004).

체간 안정화 운동은 근골격계 질환, 신경계 질환 및 스포츠 의학 분야에 이르기까지 다양한 대상자에게 여러 가지 방법으로 적용되고 있다(Hodge 등, 2003; Hodges와 Richardson, 1997). 그러나 이러한 여러 가지 방법 중 어떠한 체간 안정화 운동방법이 복횡근 수축에 가장 효과적인지에 대해서는 여전히 밝혀지지 않았다. 최근 정적인 자세에서의 체간 안정화 운동 방법보다 동적이고 기능적인 동작과 결합된 체간 안정화 운동이 복횡근 수축과 운동조절에 더 효과적이라는 연구들이 지속적으로 보고되고 있다(Ainscough-Potts 등, 2006; Escamilla 등, 2010; Queiroz 등, 2010). 그러나 이러한 연구들에도 불구하고 체간 안정화 운동방법 중 복횡근

의 변화를 초음파 영상을 이용하여 실시간으로 측정하는 연구는 매우 부족한 실정이다.

체간 안정화 운동에 관한 연구는 복부근의 변화를 측정하기 위해서 다양한 자세에서 초음파 영상 기기를 사용하였으나, 초음파 영상 기기의 탐촉자를 측정자가 직접 손으로 체간 근육에 위치시켜 측정하였다. 그러나 본 연구에서는 여러 가지 체간 안정화 자세에서의 객관적인 측정을 위하여 Bunce 등(2004)이 고안한 초음파 측정방법을 바탕으로 복부근의 두께 측정을 위하여 탐촉자를 고정시켜 측정하였다. 따라서 본 연구에서는 서로 다른 자세에서 실시되는 5가지 체간 안정화 운동을 정상인에게 적용하여 초음파 탐촉자를 고정시켜 복부근의 두께를 비교해 보고자 하였다. 본 연구에서는 매트에서 실시한 체간 안정화 운동, 공을 이용한 체간 안정화 운동 및 슬링을 이용한 체간 안정화 운동이 복부근 두께 변화에 서로 다른 차이를 보이고, 복횡근과 내복사근의 두께 증가와 외복사근의 두께 감소에 미치는 영향이 서로 다를 것이라고 가설을 설정하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 실험 전에 본 연구의 목적과 방법에 대하여 충분히 설명하고 실험에 참여하기로 동의한 신체 건강한 대학생 38명이 참여하였고 성공적으로 측정되었다. 선정 과정은 실험 참가 전 최소 3개월 전에 척추에 구조적 이상이 없는 자, 요통과 같은 척추의 통증이 없는 자, 약물 복용을 하지 않은 자, 물리치료 경험 및 신경학적 질환이 없는 자, 실험 전 술을 마시지 않은 자, 과체중이 아닌 자 및 복부근육의 역학적 구조에 영향을 미칠 수 있는 웨이트 트레이닝을 하는 자는 제외하였다. 실험 전에 이완 시 복부근의 두께를 측정하기 위하여 대상자의 자세는 Whittaker(2008)가 발표한 방법으

로 테이블에 바르게 누워서 실시하였고, 초음파 사용 및 측정은 Mannion 등(2008)이 발표한 방법으로 복부근의 두께를 측정하였다. 연구대상자의 특성은 표 1과 같다.

2. 측정도구 및 실험방법

진단용 초음파 영상장치 LOGIQ P6 PRO¹⁾장비와 10MHz 선형 탐촉자(linear transducer)를 사용하였다. 초음파 영상은 B-모드 스캔을 적용하여 복횡근의 두께를 측정하였다. 검사는 초음파 영상 측정에 숙달된 물리치료사 2명이 해부학적 지식에 근거하여 초음파 젤(gel)을 탐촉자와 피부 사이에 바르고 우측 체간 측면의 액와선(axillary line)을 중심으로 12번째 갈비뼈와 장골능(iliac crest) 중간 지점에서 전방으로 2.5cm 부위에 탐촉자의 중앙이 닿도록 위치시켰다(Mannion 등, 2008). 초음파 영상 화면에서 복횡근, 내복사근 및 외복사근의 두께 측정은 복횡근과 흉요근막이 만나는 근막 접합부위(muscle fascia-junction)로부터 2.5cm 떨어진 지점에서 수직선을 그어 각각 측정하였다(Mannion 등, 2008). 대상자는 편안한 호흡을 실시하도록 하였고 1회 호흡량(tidal volume)의 호기(expiration)시점에서 실시하였다(Whittaker, 2008). 측정은 이완된 자세(resting position)와 체간 안정화 운동을 실시할 때 복부근이 수축(contraction position)하는 시점에서 각각 측정하여 백분율로 환산하였다(Koppenhaver 등, 2009).

$$\text{변화율} = (\text{수축 시 두께} - \text{이완 시 두께} / \text{이완 시 두께}) \times 100$$

본 연구에서 사용한 초음파 탐촉자 고정 장치는 Bunce 등(2004)의 연구에서 사용한 초음파 탐촉자 고정 방법을 착안하여 탐촉자의 외부를 스티로폼(styrofoam) 소재로 감싼 후 외부를 구부러지지 않는 두꺼운 종이로 탐촉자의 크기와 높이가 일정하게 제작하여 고무밴드로 부착시킨 후 탐촉자의 앞부분이 피부에 접촉 시 피부

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

(N=38)

성별	연령(세)	신장(cm)	체중(kg)	이완 시 복부근 두께(cm)		
				복횡근	내복사근	외복사근
남: 28	23.1±2.2 ^a	171.8±7.2	63.0±9.5	.38±.06	.61±.21	.39±.10
여: 10						

^a평균±표준편차.

1) LOGIQ P6 PRO, GE Inc., Wisconsin, U.S.A.

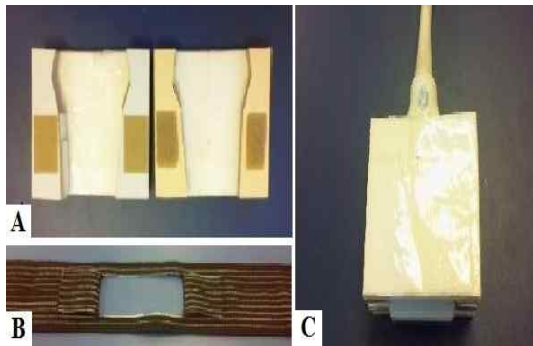


그림 1. 초음파 탐촉자 고정 장치(A: 탐촉자 양쪽 외부, B: H 모양 구멍의 허리벨트, C: 외부로 돌출된 고정용 탐촉자).

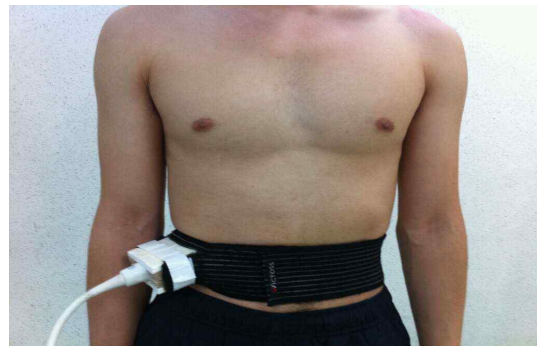


그림 2. 초음파 탐촉자 고정방법.

안쪽으로 들어가 일정한 압력이 지속될 수 있도록 탐촉자의 앞부분이 스티로폼과 두꺼운 종이 길이보다 2 cm 밖으로 돌출되도록 제작하였다(그림 1). 그리고 탐촉자 고정 장치를 복부에 고정시키기 위하여 탄성 신축성 소재의 허리벨트²⁾ 2개를 재봉질로 결합시켜 신축성을 증가시킨 후 탐촉자가 피부에 닿을 수 있도록 탐촉자 접촉면과 동일한 크기의 H 모양 구멍을 만들었다(그림 1). 이후 탐촉자와 허리벨트를 고정시키기 위하여 탈부착이 가능한 벨크로(velcro)를 탐촉자의 외부에 부착하여 연결한 후 더욱 견고히 하기 위해서 탐촉자 외부와 벨크로 위를 부착 테이프로 한번 더 고정시켰다(그림 2).

3. 적용방법 및 절차

체간 안정화 운동 적용 및 초음파 영상 측정의 오류를 감소시키기 위하여 실험 전 1주일간 하루 1시간씩 연습을 사전에 시행하였다. 5가지 체간 안정화 운동의 적용순서는 무작위(random)로 실시하였으며, 각각의 운동은 10분씩 휴식시간을 취한 후 실시하였다. 5가지 체간 안정화 운동을 실시하는 동안 모든 대상자는 복부당

기기 방법(abdominal drawing-in maneuver)을 함께 사용하도록 하였다. 복부당기기 방법은 체간 굴곡근의 최대 등척성 근력(maximal voluntary isometric contraction)의 30% 힘으로 5초간 배꼽을 서서히 당기도록 하였고, 일호흡 용적(tidal volume) 내에서 실시하였다. 모든 운동은 최소한 3초 이상 유지해야 완성한 것으로 간주하였고, 완성한 5회의 평균값을 계산하였다. 5가지 체간 안정화 운동은 누워서 윗몸 일으키기, 네발자세에서 상하지 들기, 공 위에 앉아서 다리 들기, 공 위에서 상체 굴리기 및 엎드린 자세에서 슬링을 잡고 균형 유지하기를 시행하였다.

가. 누워서 윗몸 일으키기

바르게 누운 상태에서 고관절 30도 및 슬관절을 90도로 굴곡하고 양쪽 발은 서로 붙지 않도록 편안하게 벌리고 양쪽 손은 반대쪽 어깨 전면에 교차하여 위치시키고 양쪽 견갑골 하각이 지면에서 떨어지도록 체간을 굴곡시켰다. 이때 경추부 굴곡으로 인한 보상작용을 배제하기 위하여 시선은 천정을 보도록 하였다 (Vera-Garcia 등, 2000)(그림 3A).

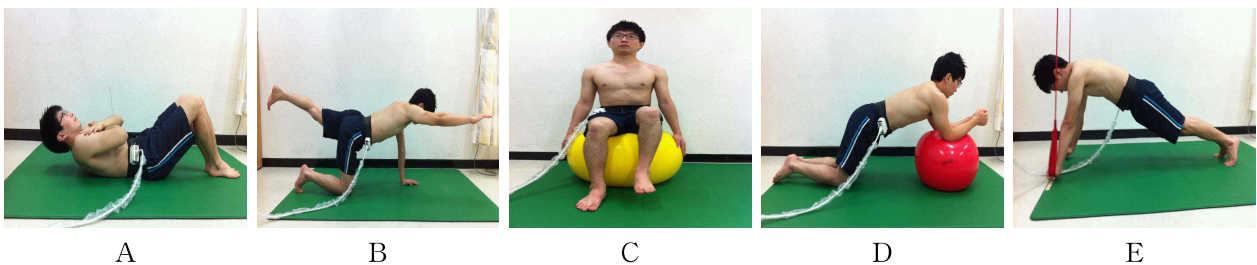


그림 3. 5가지 체간 안정화 운동 방법(A: 누워서 윗몸 일으키기, B: 네발자세에서 상하지 들기, C: 공 위에 앉아서 다리 들기, D: 공 위에서 상체 굴리기, E: 엎드린 자세에서 슬링을 잡고 균형유지).

2) 다용도 보호밴드, (주)빅토스, 김포시, 한국.

나. 네발자세에서 상하지 들기

네발자세로 엎드린 상태에서 지면에 지지하는 상하지는 수직으로 위치시키고 척추는 중앙선(midline)에 바르게 놓이도록 하여 체중지지가 한쪽으로 기울어지지 않도록 하였다. 상하지는 교차로 들도록 하였고 체간과 들어 올린 상하지는 지면과 수평이 되도록 하였다. 이때 경추부 신전으로 인한 체간 신전보상작용을 배제하기 위하여 시선은 바닥을 보도록 하였다(Queiroz 등, 2010)(그림 3B).

다. 공 위에 앉아서 다리 들기

양쪽 발을 어깨 넓이로 편안하게 위치시키고 공 위에서 자연스런 척추 만곡이 유지될 수 있도록 시선은 전방을 향하고 체간은 수직이 되도록 하였다. 양쪽 손은 편안하게 공 위에 놓이도록 하였고 앉은 상태에서 다리를 지면으로부터 10 cm 이상 들도록 하였다(Escamilla 등, 2010)(그림 3C).

라. 공 위에서 상체 굴리기

견관절과 주관절 90도, 고관절 30도 및 슬관절을 60도로 굴곡시키고 체간이 공 위에 동일선 상에 놓이도록 주관절을 어깨 넓이로 벌린 후 체중을 지지하도록 하였다. 이때 경추 신전이 일어나지 않도록 하고 체간 근육을 사용하여 균형을 유지하면서 공을 좌우로 굴리도록 하였다(Escamilla 등, 2010)(그림 3D).

마. 엎드린 자세에서 슬링을 잡고 균형유지

엎드린 자세에서 양쪽 발이 닿지 않도록 간격을 유지하고 경추, 체간 및 하지가 모두 일직선이 되도록 하였다. 견관절은 90도 굴곡시키고 주관절을 완전 신전시킨 상태에서 양쪽 손으로 슬링을 잡고 어깨넓이 간격을 유지하면서 지면으로부터 떨어지도록 하였다(김선엽과 백인협, 2003)(그림 3E).

4. 신뢰도검사

고정 장치를 사용한 초음파 영상 진단장비의 신뢰도는 실험 전에 측정자 2명이 대상자 4명을 상대로 복횡근의 두께를 측정된 값에 대하여 급간내 상관계수(intraclass correlation coefficients; ICC)를 이차원 무작위 모형(two-way random model)에서 계산하였다. 대상자들의 올바른 체간 안정화 운동 방법과 측정방법을 위해서 초음파 측정과 대상자 교육에 대해서 반복 설명하였

다. 2명의 측정자는 각 대상자에게 초음파 측정 교육을 충분히 실시하고 1일 간격으로 복횡근의 두께를 측정하였다. 그리고 반복 측정된 차이 값에 대한 일치율(agreement)을 볼 수 있도록 Bland and Altman 표를 제시하였다.

5. 분석방법

연구 대상자의 일반적 특징은 기술통계학 방법을 사용하였다. 5가지 체간 안정화 운동 방법에 따른 복부근의 두께 변화량을 보기 위하여 일요인 반복측정 분석(one-way repeated ANOVA)방법을 사용하였고, 본폐로니 수정법(bonferroni's correction)을 사용하여 사후검정을 실시하였으며, 유의수준은 $\alpha=.01$ 로 하였다. 통계처리는 SPSS ver. 12.0 프로그램을 사용하였고, 통계적 유의수준은 유의성을 검정하기 위해 유의수준 $\alpha=.05$ 로 하였다. 또한, 고정용 탐촉자를 이용한 초음파 영상 측정값에 대한 신뢰도를 알아보기 위하여 급간내 상관계수(ICC)를 구하고, 2명의 측정자에 의해 구해진 값의 차이가 있는지에 대해 시각적으로 알기 쉽게 표현한 Bland and altman plot을 제시하기 위하여 MedCalc ver. 10.0 프로그램을 사용하였다.

III. 결과

1. 5가지 체간 안정화 운동

5가지 체간 안정화 운동은 누워서 윗몸 일으키기, 네발자세에서 상하지 들기, 공 위에 앉아서 다리 들기, 공 위에서 상체 굴리기 및 엎드린 자세에서 슬링 잡고 균형 유지하기다. 각 체간 안정화 운동에 따른 복부근의 수축 시 두께 및 두께 변화율은 복횡근에서 유의한 차이를 보였고($p<.05$), 내복사근과 외복사근에서는 유의한 차이가 없었다($p>.05$)(표 2). 사후검정 결과, 복횡근의 수축 시 두께는 엎드린 자세에서 슬링을 이용하여 균형 유지하기 방법이 누워서 윗몸 일으키기($p<.001$), 네발자세에서 상하지 들기($p=.000$), 공 위에 앉아서 다리 들기($p=.002$) 및 공 위에서 상체 굴리기($p<.001$)보다 유의하게 증가하였다. 복횡근의 수축 시 두께 변화율은 엎드린 자세에서 슬링을 이용하여 균형 유지하기 방법이 누워서 윗몸 일으키기($p<.001$), 네발자세에서 상하지 들기($p<.001$), 공 위에 앉아서 다리 들기($p=.001$) 및 공 위에서 상체 굴리기($p<.001$)보다 유의하게 증가하였다(그림 4).

표 2. 5가지 체간 안정화 운동방법에 따른 복부근의 두께 비교

(N=38)

	윗몸 일으키기	네발자세에서 상하지 들기	공 위에 앉아서 다리들기	공 위에서 상체 굴리기	엎드린 자세에서 슬링잡고 균형 유지하기	F	p
복횡근							
수축 시(cm)	.70±.20 ^a	.71±.18	.73±.26	.75±.19	.91±.26	10.42	.001
변화율(%)	84.79±49.03	86.53±45.45	90.46±61.72	97.07±47.34	139.47±56.81	12.53	.001
내복사근							
수축 시(cm)	.75±.17	.76±.19	.76±.17	.76±.17	.82±.20	2.21	.088
변화율(%)	34.24±48.95	36.71±51.64	38.17±49.27	38.19±59.38	50.42±68.20	2.54	.057
외복사근							
수축 시(cm)	.44±.12	.41±.12	.41±.11	.39±.12	.38±.10	2.42	.067
변화율(%)	16.83±31.74	11.21±44.12	10.05±38.06	6.63±40.97	3.36±34.35	1.85	.141

^a평균±표준편차.

2. 초음파 신뢰도

탐촉자 고정 장치를 이용한 초음파 영상 신뢰도에 대한 ICC(2,1)는 .92, 95% 신뢰구간은 .75~.97로 높은 신뢰도를 보였고(p<.001), Bland and Altman에 의한 반복 측정 간 차이 값에 대한 평균은 .004 cm, 표준편차는 .012 cm이며, 95% 일치율의 한계는 .004±.022 cm 으로 나타났다(그림 5).

IV. 고찰

체간 안정화 운동 효과에 대한 연구는 재활, 스포츠 및 물리치료 분야에서 많은 관심을 받고 있으며 관련된 연구가 다양하게 이루어지고 있다. 대부분의 연구 초점은 체간 안정화에 가장 중요한 역할을 하는 복횡근의 단면적 및 두께 증가에 맞추어져 있으나, 어떠한 체간 안정화 자세에서 복횡근이 가장 크게 증가하는지에 관한 연구는 여전히 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 보편적으로 자주 사용하는 5가지 체간 안정화 운동 중 복횡근의 두께를 가장 크게 증가시키는 운동 방법을 알아보려고 하였다. 그 결과 엎드린 자세에서 슬링을 잡고 균형을 유지하는 방법이 복횡근의 두께를 가장 크게 증가시켰다.

복부 심부 근육을 측정하기 위해서는 침습적인 근전도 기기 및 비침습적인 초음파 영상 장비를 사용해야 한다. 그러나 침습적인 근전도는 실질적으로 비현실적

이며(Hodges 등, 2003), 초음파 영상은 측정자가 탐촉자에 가하는 손의 압력 및 방향과 같은 변수들과 엎드린 자세와 같은 대상자 자세에 따라서 측정 시 많은 어려움이 따르게 된다. 이에 본 연구에서는 초음파 영상 장비의 탐촉자를 측정자가 직접 손을 이용하여 측정하는 방법이 아닌 대상자의 신체 부위에 부착시킬 수 있도록 특수한 고정 장치를 고안하게 되었다. 이러한 방법은 Bunce 등(2004)의 초음파 영상 장비 사용방법을 기반으로 하였다. 따라서 본 연구는 초음파 영상 장비를 대상자의 정적인 자세뿐만 아니라 다양한 동적인 자세에서도 초음파 탐촉자에 동일한 압력과 방향이 유지될 수 있도록 정확하게 측정할 수 있도록 하였다. 이러한 새로운 시도는 아직까지 매우 미흡한 것으로 사료된다.

체간 안정화 방법을 위하여 적용되고 있는 원리는 크게 복부 당기기 방법, 복부 팽창 방법(abdominal bracing) 및 골반 후반 경사 방법이 주로 사용되고 있다(Hodges, 1999; Kisner와 Colby, 2002; Panjabi, 2003). 복부 당기기 방법은 복횡근과 내복사근을 가장 크게 활성화시키는 방법으로 증명되었기 때문에(Panjabi, 2003; Richardson 등, 1999) 본 연구에서는 5가지 체간 안정화 방법을 복부 당기기 방법과 결합하여 실시하였다. Hodges와 Richardson 등(1999)은 요통 및 체간의 안정성이 결여된 많은 대상자들을 통하여 복횡근의 임상적 중요성을 보고하였으며 정적인 자세보다 동적이고 기능적인 동작을 운동조절(motor control)과 결합하여 훈련할 것을 추천하였다. 따라서 본 연구에서

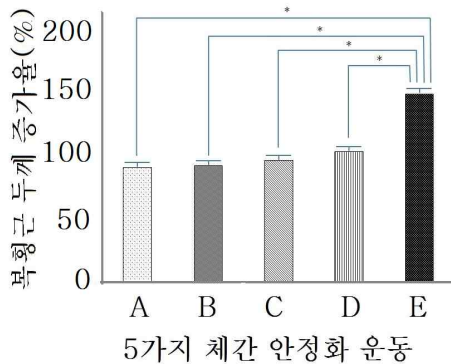


그림 4. 체간 안정화 운동방법에 따른 복횡근 두께 비교(A: 윗몸 일으키기, B: 네발 자세에서 상하지 들기, C: 공 위에 앉아서 다리 들기, D: 공 위에서 상체 굴리기, E: 엎드린 자세에서 슬링잡고 균형유지).

는 복횡근의 최대 수축을 유도하기 위하여 복부 당기기 방법과 결합하여 체간 안정화 운동을 실시하였고 동적인 자세에서 복횡근을 측정하기 위하여 초음파 영상 장비를 대상자에 고정시켜 알아보았다.

본 실험에서 엎드린 자세에서 슬링을 잡고 균형을 유지하는 방법의 복횡근 두께 변화율은 139% 상승한 반면에, 누워서 윗몸 일으키기는 84%, 네발자세에서 상하지 들기는 86%, 공 위에 앉아서 다리 들기는 90% 및 공 위에서 상체 굴리기는 97% 상승하였다. Saliba 등(2010)은 바르게 누운 자세에서 슬링을 이용한 교각운동의 복횡근의 변화율((수축 시 두께/이완 시 두께)×100)은 160% 상승하며 보편적인 교각운동의 복횡근의 수축율은 120% 상승하였다고 하였다. 본 연구에서 사용한 변화율은 ((수축 시 두께-이완 시 두께)/이완 시 두께)×100) 임을 고려하였을 때 유사한 결과임을 알 수 있었다. 이러한 결과는 슬링을 이용한 체간 안정화 운동 방법이 더 효과적임을 의미하며, 운동역학적인 관점에서 슬링을 이용한 체간 안정화 운동은 단한 사슬 운동 방법에 해당되며(Richardson 등, 2004), 누워서 윗몸 일으키기, 네발자세에서 사지 들기 및 공 위에 앉아서 다리 들기는 열린 사슬 운동 방법으로 간주할 수 있을 것이다. de Araújo(2009)는 단한 사슬 운동 방법은 열린 사슬 운동보다 더 많은 협력수축(cocontraction)과 신경근 조절(neuromuscular control)을 통하여 근력증가에 효과적이라고 하였고, 김선엽과 백인협(2003)은 슬링운동은 단한 사슬 운동과 열린 사슬 운동 방법의 효과를 동시에 얻을 수 있다고 하였고, 오재섭 등(2003)은 팔굽혀펴기를 슬링과 고정된 지지면에서 수행하였을 때

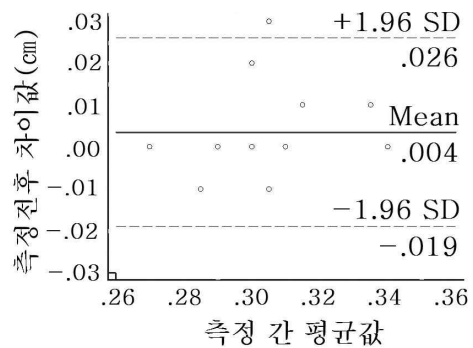


그림 5. Bland and Altman.

슬링을 적용한 팔굽혀펴기 동작 시에 내복사근과 같은 복부 심부 근육이 더 크게 활성화된다고 보고하였다.

슬링을 이용한 체간 안정화 운동은 열린과 닫힌 사슬 운동방법 및 지지면의 안정성과 불안정성 외에도 슬링을 잡은 손의 위치 및 현수점(hanging point)의 변화에 따른 지렛팔(lever arm)의 원리 및 신경근 조절(sensorimotor control) 등에 대한 이해가 선행되어야 한다(Kirkesola, 2005). 최희수 등(2005)은 엎드린 자세에서 슬링을 이용한 체간 안정화 운동이 매트에서 체간 안정화 운동보다 내복사근의 근활성도가 증가된다고 보고하였고, Hodges와 Richardson(1996)은 신경근 조절능력을 학습하기 위해서는 협력수축에 의한 관절의 동적 안정성(dynamic stabilization), 불안정한 지지면 제공에 의한 신경근 조절 및 관절에 체중부하와 동시에 근력을 증가시킬 수 있는 기능적 운동(functional movement)이 필요하다고 발표하였다. 즉, 슬링을 이용한 체간 안정화 운동 방법은 다른 운동방법들과 비교해서 보다 기능적인 운동방법으로 불안정한 지지면에서 요추-골반-고관절 복합체(lumbo-pelvic-hip complex)에 더 많은 체중부하와 협력수축을 다면적(multidimensional)으로 유도함으로써 긴장성 안정근육(tonic stabilizing muscle)인 복횡근을 크게 활성화시킨 것으로 사료된다.

비록 본 연구에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았지만, 슬링을 이용한 체간 안정화 운동에서 내복사근의 변화율은 가장 크게 증가하는 경향을 보였고 외복사근의 변화율은 가장 크게 감소하는 경향을 보여 오재섭 등(2003)과 최희수 등(2005)의 연구결과와 유사하게 나타났다. 또한 공을 이용한 엎드린 자세와 상체 굴리기 방법은 윗몸 일으키기와 같은 운동보다 복횡근 강화에 더 효과적인 체간 안정화 운동이라고 발표하였

고(Escamilla 등, 2010), McGill(1998)은 네발기기 자세는 복부 장기들의 하중이 심부 복부근의 근방추(muscle spindle)를 자극하여 복횡근의 운동신경성을 증가시킨다고 하였다. 그러나 Queiroz 등(2010)은 네발기기 자세에서의 체간 안정화 운동방법은 요통 환자 또는 관절에 문제가 있는 대상자에게는 적합하지 않다고 하였고, Vera-Garcia 등(2000)은 윗몸 일으키기 방법은 복직근(rectus abdominal muscle) 강화에만 효과적이며 척추 안정성도 부족하여 체간 안정화 운동으로는 적합하지 않다고 하였다. 또한, 실험 전에 충분한 사전교육과 연습에도 불구하고, 슬링을 이용한 체간 안정화 운동을 복부 당기기 방법과 병행하면서 정확한 자세를 유지하는 것이 어려웠다. 이러한 이유는 슬링을 잡고 엎드린 자세에서의 체간 안정화 운동방법이 견갑골 안정화에 무의식적으로 더 많은 기여를 하게 되면서 정확한 자세를 유지하기 어려웠던 것으로 추측된다.

본 연구에서 새롭게 적용한 탐촉자 고정 장치의 신뢰도는 급간내 상관관계수(ICC=.92, $p < .001$)와 측정 간 차이 값에 대한 평균값과 분포도를 보기 쉽게 표현한 Bland and Altman 표를 통하여 높게 측정되어 선행연구들에서 발표한 초음파 영상의 높은 신뢰도와 일치하였다. Bunce 등(2004)이 처음으로 동적 자세에서 탐촉자의 고정 장치를 사용한 방법은 측정자가 손을 직접 사용하지 않고도 초음파 측정의 가능성을 보여주었으나 고정 장치를 부착 테이프만 사용하여 고정 장치 설명에 대한 내용은 미흡하였다. 본 연구에서 사용한 탐촉자 특수 고정 장치는 높은 신뢰도와 함께 대상자 자세의 다양성 및 측정의 용이성과 정확성이 가능함을 보여주며, 개발 및 고안 방법에 대한 구체적 서술이 명시되어 향후 임상에서 충분히 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

그러나 본 연구는 몇가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 여러 가지 체간 안정화 운동방법이 있음에도 불구하고 5가지 체간 안정화 운동들만을 비교하였기 때문에 슬링을 이용한 체간 안정화 운동방법이 가장 효과적이라고 일반화시킬 수 없다. 둘째, 단편(cross-sectional)연구로써 체간 안정화 운동의 즉각적인 효과(immediate effect)만을 측정하여 일시적인 변화를 기록하였다. 셋째, 요통 환자 및 복횡근에 문제를 보이는 환자군을 대상으로 실시하지 못하였다. 따라서 향후에는 환자군을 대상으로 여러 가지 체간 안정화 운동을

적용하여 오랜 시간동안 적용한 훈련효과를 연구해 볼 것을 제안한다.

V. 결론

본 연구의 목적은 5가지 체간 안정화 운동 중 효율성 측면에서 복횡근의 두께를 가장 크게 증가시키는 효과적인 운동 방법을 알아보고자 하였다. 그 결과 슬링을 이용하여 엎드린 자세에서 균형잡기 방법이 가장 효과적인 방법으로 나타났다. 또한 Bunce 등(2004)의 초음파 사용방법을 기반으로 초음파 탐촉자를 대상자의 신체에 부착시킬 수 있는 특수 고정 장치를 고안하여 대상자가 동적인 움직임을 시행하는 동안에도 초음파 탐촉자에 동일한 압력과 방향이 유지될 수 있도록 하였다. 이러한 결과는 체간 안정화 운동방법 중 단편사슬 운동방법이 열린사슬 운동방법보다 복횡근을 더욱 강화시킬 수 있음을 암시하며 동적 자세에서 초음파 영상 진단기의 사용 가능성을 제시하고 있다.

인용문헌

- 김선엽, 백인협. 복횡근 강화운동이 체간 신전-굴곡시 척추 분절 운동에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2003;10(1):63-76.
- 오재섭, 박준상, 김선엽 등. 슬링(sling)과 고정된 지지면에서의 팔 굽혀 펴기 동작시 근 활성도 비교. 한국전문물리치료학회지. 2003;10(3):29-40.
- 최희수, 권오윤, 이충휘 등. 요부 안정화 운동에 따른 몸통근육들의 근활성도 비교. 한국전문물리치료학회지. 2005;12(1):1-10.
- Ainscough-Potts AM, Morrissey MC, Critchley D. The response of the transverse abdominis and internal oblique muscles to different postures. Man Ther. 2006;11(1):54-60.
- Bunce SM, Hough AD, Moore AP. Measurement of abdominal muscle thickness using M-mode ultrasound imaging during functional activities. Man Ther. 2004;9(1):41-44.
- Cresswell AG, Grundström H, Thorstensson A. Observations on intra-abdominal pressure and

- patterns of abdominal intra-muscular activity in man. *Acta Physiol Scand.* 1992;144(4):409-418.
- de Araújo RC, Tucci HT, de Andrade R, et al. Reliability of electromyographic amplitude values of the upper limb muscles during closed kinetic chain exercises with stable and unstable surfaces. *J Electromyogr Kinesiol.* 2009;19(4):685-694.
- Escamilla RF, Lewis C, Bell D, et al. Core muscle activation during Swiss ball and traditional abdominal exercises. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(5):265-276.
- Hayden JA, van Tulder MW, Malmivaara AV, et al. Meta-analysis: Exercise therapy for nonspecific low back pain. *Ann Intern Med.* 2005;142(9):765-775.
- Hirashima M, Kadota H, Sakurai S, et al. Sequential muscle activity and its functional role in the upper extremity and trunk during overarm throwing. *J Sports Sci.* 2002;20(4):301-310.
- Hodges PW. Is there a role for transversus abdominis in lumbo-pelvic stability? *Man Ther.* 1999;4(2):74-86.
- Hodges PW, Pengel LH, Herbert RD, et al. Measurement of muscle contraction with ultrasound imaging. *Muscle Nerve.* 2003;27(6):682-692.
- Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1996;21(22):2640-2650.
- Hodges PW, Richardson CA. Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Exp Brain Res.* 1997;114(2):362-370.
- Kirkesola G. S-E-T advanced level 1-U. The upper body. Seminar workbook. S-E-T Kompetanse AS. Norway, 2005.
- Kisner C, Colby LA. *Therapeutic Exercise: Foundation and techniques.* 4th ed. Philadelphia, F.A. Davis, 2002:451-456.
- Koppenhaver SL, Hebert JJ, Fritz JM, et al. Reliability of rehabilitative ultrasound imaging of the transversus abdominis and lumbar multifidus muscles. *Arch Phys Med Rehabil.* 2009;90(1):87-94.
- Loukas M, Shoja MM, Thurston T, et al. Anatomy and biomechanics of the vertebral aponeurosis part of the posterior layer of the thoracolumbar fascia. *Surg Radiol Anat.* 2008;30(2):125-129.
- Mannion AF, Pulkovski N, Gubler D, et al. Muscle thickness changes during abdominal hollowing: An assessment of between-day measurement error in controls and patients with chronic low back pain. *Eur Spine J.* 2008;17(4):494-501.
- McGill SM. Low back exercises: Evidence for improving exercise regimens. *Phys Ther.* 1998;78(7):754-765.
- Panjabi MM. Clinical spinal instability and low back pain. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003;13(4):371-379.
- 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.
- Rankin G, Strokes M, Newham DJ. Abdominal muscle size and symmetry in normal subjects. *Muscle Nerve.* 2006;34(3):320-326.
- Richardson CA, Jull G, Hodges P, et al. Treatment of motor control problems. In: *Therapeutic exercise for spinal segmental stabilization in low back pain-scientific basis and clinical approach.* London, Churchill Livingstone, 1999.
- Saliba SA, Croy T, Guthrie R, et al. Differences in transverse abdominis activation with stable and unstable bridging exercises in individuals with low back pain. *N Am J Sports Phys Ther.* 2010;5(2):63-73.
- Vera-Garcia FJ, Grenier SG, McGill SM. Abdominal muscle response during curl-ups on both stable and labile surfaces. *Phys Ther.* 2000;80(6):564-569.
- Whittaker JL. Ultrasound imaging of the lateral abdominal wall muscles in individuals with lumbo-pelvic pain and signs concurrent hypocapnia.

Man Ther. 2008;13(5):404-410.

Willson JD, Dougherty CP, Ireland ML, et al. Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. J Am Acad Orthop Surg. 2005;13(5):316-325.

논문접수일	2012년 4월 30일
논문심사일	2012년 4월 30일
논문게재승인일	2012년 7월 3일