

허리둘레변화 감지의 실시간 되먹임을 통한 의도적인 복근수축이 요추관 협착증 환자의 골반경사와 기능적 능력 그리고 신경근 조절에 미치는 영향

성재현¹, 김창범¹, 최종덕²

¹대전대학교 대학원 물리치료학과, ²대전대학교 보건의료과학대학 물리치료학과

The Effects of Intentional Abdominal Muscle Contraction Through Real-Time Feedback on Sensed Changes in Waist Circumference on Pain, Functional Capacity and Neuromuscular Control in Adults With Lumbar Spinal Stenosis

Jae-hyeon Seong¹, MSc, PT, Chang-beom Kim¹, PhD, PT, Jong-duk Choi², PhD, PT

¹Dept. of Physical Therapy, The Graduate School, Daejeon University

²Dept. of Physical Therapy, College of Health & Medical Science, Daejeon University

Abstract

Background: The continuous co-contraction of the trunk muscles through trunk stabilization exercises is important to patients with lumbar spinal stenosis (LSS). However, intentional abdominal muscle contraction (IAMC) for trunk stabilization has been used only for specific training in the treatment room.

Objects: The purpose of this study was to provide feedback to adults with LSS to enable IAMC during activities of daily living (ADLs).

Methods: The participants with spinal stenosis were divided into an experimental group of 15 adults and a control group of 16 adults. Electromyographic signals were measured while the subjects kept their both hands held up at 90°. The measured muscles were the rectus abdominis (RA), external oblique (EO), internal oblique (IO), and erector spinae (ES). Pelvic tilt was measured using a digital pelvic inclinometer. The degree of pain was measured using the visual analogue scale (VAS) and functional capacity was measured using the Korean version of the Oswestry disability index (KODI).

Results: While the experimental group showed statistically significantly higher activities in the RA, EO, and IO after the intervention compared with the control group. Pelvic tilt was significantly decreased only in the experimental group. Both the experimental and control groups exhibited statistically significant declines in the VAS and KODI ($p < .01$). In terms of the levels of changes, the experimental group exhibited a statistically significant larger decline only in the VAS and the pelvic tilt when compared with the control group ($p < .05$).

Conclusions: The subjects could stabilize their trunks, and relieve their pain and dysfunctions and reduce pelvic tilt by learning abdominal muscle contraction during ADLs. The combination of therapeutic exercises and IAMC may have greater effects on patients with LSS.

Key Words: ADLs; Lumbar spinal stenosis; Real-time feedback; Trunk muscles.

I. 서론

요추관 협착증은 요추의 퇴행성 변화로 인해 발생하는 질환으로 만성요통을 유발하는 원인 중 하나이다(Hootman 등, 2012). 요추관 협착증이란 관절이나 인대가 점차 비대해지고 가시뼈들이 자라나와 척추관을 누르는 것으로 신경학적 검사와 방사선학적 검사를 통해 진단되며 신경관과 신경근의 압박으로 인해 요통이나 하지의 통증이 나타난다(Binder 등, 2002). 요추관 협착증의 치료는 증상이 심할 경우 감압술 등의 수술로 통증과 기능을 개선하지만 중등도 이하의 경우 비수술적 치료를 통해 통증과 기능이 향상된다(Bodack 과 Monteiro, 2001). 수술 여부의 판단은 많은 어려움이 있으나 신경인성 파행이나 마비 그리고 대, 소변 장애 등의 신경증상으로 인해 일상생활의 제한이 있는 경우 실시한다. 또한 MRI에서 관찰되는 경막낭의 형태와 뇌척수액의 유무에 따라 7등급으로 분류하여 A1~4, B등급은 뇌척수액이 존재하며, C~D등급은 뇌척수액이 없는 단계로 수술이 필요한 과도한 협착으로 판단하였다(Schizas 등, 2010). 비수술적 치료에는 스테로이드 및 비스테로이드제 그리고 항염증제 등의 투여나 운동치료로 접근되고 있다(Farooque 등, 2017; Schneider 등, 2014).

운동치료의 방법으로 고정식 자전거, 부분적 체중부하 트레드밀 훈련, 수중치료, 몸통 굴곡운동과 도수치료 그리고 몸통 안정화 운동 등이 제시되었다(Pua 등, 2007; Sahin 등, 2009; Whitman 등, 2006). 일반적인 만성요통 환자의 운동치료와 유사하지만 체중 부하를 감소시키고, 몸통의 굴곡을 강조하였으며 이를 통해 신경관이나 신경근이 더 압박되지 않도록 하였다. 몸통 안정화 운동은 요추관 협착증이나 추간판탈출증을 포함한 대부분의 요통환자에게 운동치료로 제시되었다(Lee와 Lee, 2007). 몸통 안정화 운동은 국소근육(local muscles)과 대근육(global muscles)을 동시수축(co-activation)시켜 반복적인 손상이나 재발성 통증을 감소시킨다(Reeves와 Cholewicki, 2003). 몸통 안정성은 복부 근육의 동시수축을 통해 이루어지며, 국소근육은 몸의 중심을 잡아주고 근 골격구조를 적절히 유지시킨다(Kisner와 Colby, 2007). 복부 근육의 동시수축과 국소근육의 사용 저하는 몸통의 안정성을 감소시키는 결과를 초래한다.

몸통의 안정성을 위한 다양한 몸통 안정화 운동이 개발되었다. 주로 요추부의 굴곡근과 신전근의 동시수

축을 통해 복부내압을 상승시켜 몸통의 안정성을 증가시킨다(Arokoski 등, 2001). 몸통 안정화 운동 중에는 등척성운동(isometric exercise), 교각운동(bridging exercise), 배긴장 방법(abdominal bracing maneuver), 배꼽당기기 방법(abdominal hollowing maneuver) 등이 있다. 교각 운동은 배가로근이나 배곧은근과 같은 체간근육이 강화되며, 복압증가와 몸통 안정성 훈련으로 적당하다(Mew, 2009). 배긴장 방법은 배벽을 중심에서 바깥쪽으로 팽창하게 하는 방법으로 배근육을 활성화시킨다(Beith 등, 2001). 배꼽당기기 방법은 배꼽을 척추방향으로 당겨 국소근육을 활성화 시키는 방법이다(Urquhart 등, 2005).

몸통 안정화 운동의 효과적인 수행을 위해 생체신호를 감지하여 스스로 움직임의 조절할 수 있는 다양한 생체되먹임훈련이 제시되었다. 생체되먹임을 이용한 훈련에는 근전도 신호를 이용하는 방법, 진동이나 소리를 이용한 방법, 압력계를 이용하는 방법 등 다양하게 접근하였다(Jung 등, 2014; Dozza 등, 2011; Nanhoe-Mahabier 등, 2012). 그리고 정확한 수행을 위해 실시간 초음파 영상(real-time ultrasound imaging)을 이용한 생체되먹임훈련을 제시하였다(Wong 등, 2013). 이러한 생체되먹임훈련은 만성요통 환자의 통증, 기능장애 우울증 감소에 효과적이다(Sielski 등, 2017). 그러나 임상에서의 사용은 많은 비용과 인원이 필요하고 치료실 이외의 공간에서는 적용하기 어렵다.

요통환자의 골반경사각은 전방으로 증가할수록 요통을 일으킬 위험이 더 높아진다(Lim 등, 2013). 요추관 협착증 환자의 전방골반경사는 요추의 전만도를 증가시키고 신경관의 공간을 좁힘으로써 통증을 유발시킨다(Chaléat-Valayer 등, 2011). 이러한 요추전만을 완화하기 위해 몸통 굴곡 운동과 능동적인 후방골반경사 운동이 필요하다. 몸통 안정화를 위한 복부 근육의 수축은 치료실 내에서 특정 훈련 시에만 사용될 수밖에 없는 환경적 제한 때문에 일상생활 중에는 적용하기 어렵다. 요추관 협착증이 있는 많은 사람들이 일상생활에서 적절한 복근 수축을 하기 위해선 수많은 오류의 감지를 통한 반복적 훈련이 필요하다. 이러한 반복적인 훈련을 통해 학습이 될 경우 자동적인 근활성 패턴이 나타날 수 있다(Dayan과 Cohen, 2011). 본 연구의 목적은 일상생활에서 중등도 이하의 요추관 협착증이 있는 환자에게 허리둘레변화 감지의 실시간 되먹임을 통한 의도적인 복근수축이 골반경사, 신경근 조절, 허리통증, 기능

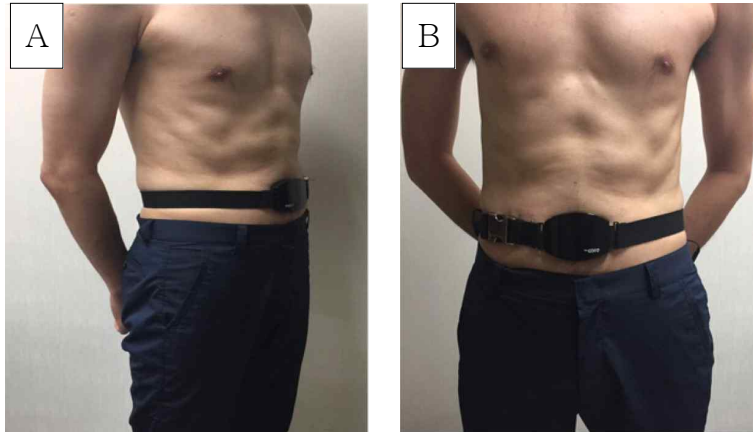


Figure 1. Picture of wearing a waist circumference sensor. The waist circumference sensor consisted of a main belt and a non-elastic band. The subjects attached the main belt 2 cm below the navel.

적 능력에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 D병원에서 외래 치료 중인 요추관 협착증 환자 31명을 대상으로 실시하였다. 선정기준은 이학적 검사 및 방사선적 검사상 수술이 필요하지 않다고 판단된 요추관 협착증으로 진단받은 성인을 대상으로 치료사의 지시내용을 이해하고 따를 수 있으며 본 연구의 참여에 동의한 자로 하였다. 제외기준은 경막낭 단면적 측정(dural sac cross-sectional area; DSCA) 상 C~D 등급인 성인, 심한 척추와 관련된 수술을 받은 성인, 복근수축이나 골반경사 움직임 시 통증이 있는 성인, 양하지의 정형외과적 수술이나 장애로 인해 보행이 어려운 성인, 1년 내 심장우회술이나 심장과 관련된 수술을 받은 성인, 임신이나 감염 등 관련 사항이 하나라도 있을 경우 제외하였다. 총 31명의 대상자를 무작위로 실시간 되먹임을 제공하는 군(15명)과 되먹임이 없는 대조군(16명)으로 배정하였다.

2. 평가 도구 및 측정방법

가. 실시간 되먹임 도구

실시간 되먹임을 제공하기 위하여 복부의 이완과 수축 시 허리둘레 길이의 변화를 이용하였다. 허리둘레의

길이 변화를 감지하기 위해 허리둘레 감지기를 사용하였다(Figure 1). 허리둘레 감지기(Keeping Core Band 17M1-03, TCC, Yongin, Korea)는 벨트 형태의 도구로 플라스틱 재질의 본체와 비탄력 밴드로 구성되어 있으며 본체 안에 길이감지 센서와 진동장치가 내장되어 있다. 허리둘레 감지기는 본체의 중심이 배꼽 2cm 아래에 오도록 착용하였다. 대상자는 약간의 후방경사를 포함한 배꼽당기기 기법으로 의도적인 복근수축을 유지한 상태에서 밴드의 길이를 조절하였다.

의도적인 복근수축을 할 때와 이완할 때의 차이를 알아보기 위해 20명의 예비조사를 실시하였다. 그 결과 의도적인 복근수축 시 평균 1.5%의 둘레 감소가 측정되었으며 이 값을 본체에 있는 길이감지 센서의 기준값으로 하였다. 의도적인 복근수축을 한 상태에서 착용 후 허리둘레의 길이가 기준값 이상 늘어나면 본체에 있는 길이감지 센서가 감지한다. 센서에서 감지한 즉시 본체에서 진동이 발생되어 대상자는 다시 복부수축을 하도록 되먹임 제공을 받는다. 이후 복부 근육이 수축되어 허리둘레 길이가 기준값 이하로 감소하면 진동은 멈추게 된다. 대상자마다 허리둘레의 변화가 차이가 있기 때문에 진동 되먹임이 길이변화에 너무 민감한 경우 밴드의 길이를 늘려 착용하였다. 이와 반대로 너무 둔감할 경우 밴드의 길이를 더 짧게 조정하여 대상자의 특성에 맞게 조절하였다.

나. 근활성도 검사

체간근의 활성도를 알아보기 위해 표면 근전도 장비

(WEMG-8 system, LXM 3208-RF, Laxtha, Daejeon, Korea)를 사용하였다. 수집된 표면 근전도 자료는 근전도 소프트웨어(Telescan 3.01, Laxtha Inc., Daejeon, Korea) 프로그램을 이용하였다. 근전도 신호의 표본추출률(sampling rate)은 1,024Hz로 설정하고, 주파수 대역폭(bandwidth)은 측정 주파수 대역인 20~500Hz를 사용하였다. 60Hz의 노치 필터(notch filter)를 이용하여 근육별 근전도 신호를 처리하고 분석하였다. 전극은 은/염화은(Ag/AgCl) 전극을 사용하였다.

다. 통증수준 검사

시각상사척도를 이용하여 허리 통증의 강도를 측정하였다. 시각상사척도는 0에서 10cm까지 눈금으로 되어 있으며 0은 통증이 없음을, 10은 가장 심한 통증상태를 의미한다. 검사-재검사 신뢰도는 .95로 매우 높다(Brokelman 등, 2012). VAS 점수가 3점 이하이면 가벼운 통증, 4~6점이면 중간 정도 통증, 7~10점이면 심한 통증으로 구분된다(Jensen 등, 2001).

라. 요통기능장애수준 검사

허리 통증으로 인한 장애수준을 알아보기 위해 한국 어판 오스웨스트리 장애수준 평가(Korean version of Oswestry Disability Index; KODI)를 이용하였다(Kim, 2005). 총 10개의 영역(통증정도, 개인위생, 물건들기, 걷기, 앉기, 서있기, 잠자기, 성생활, 사회생활, 그리고 여행)으로 구성되어 있다. 항목별 점수는 0점에서 5점이며 평가점수의 총점은 50점이다. 환자의 평가점수를 총점으로 나누고 백분율로 환산하여 표시하였다. 0~20%는 약간 장애, 21~40%는 중간 장애, 41~60%는 일상 생활에는 영향을 받지만 통증이 주요 문제다. 61~80%는 요통이 일상 전체에 영향을 주고 적극적인 중재가 요구되며, 81~100%는 침상생활만 가능한 것으로 해석된다. 검사-재검사(.93) 및 내적문항 합치도(.92)가 매우 높다(Brokelman 등, 2012).

마. 골반경사 검사

골반경사는 서있는 자세에서 실시하였으며 측정을 위해 디지털 골반 경사계(Performance Attainment Associates, St. Paul Minnesota, USA)를 사용하였다(Herrington, 2011). 디지털 골반 경사계는 두 개의 캘리퍼 암(calliper arms)과 경사계로 구성되어 있다. 두 개의 캘리퍼스 끝을 앞위엉덩뼈가시(anterior superior

iliac spine)와 뒤위엉덩뼈가시(posterior superior iliac spine)에 각각 위치하고 경사계에 표시된 각도를 측정한다. 골반 경사계의 검사-재검사 신뢰도는 .96~.99로 매우 높은 검사방법이다(Youdas 등, 2000; Krawiec 등, 2003).

3. 실험 방법

가. 실험 설계

연구대상자는 일반적 특성을 조사한 후 무작위로 실시간 되먹임을 동반한 실험군과 복근수축의 중요성을 교육받은 대조군으로 배정하였다. 중재를 하기 전 골반 경사 검사, 통증수준 검사, 요통기능장애수준 검사 그리고 체간근의 근활성도를 측정하였고, 중재 6주 후 같은 항목으로 재평가를 실시하였다. 실험군과 대조군 모두 일일 30분, 주 3회, 6주 동안 치료적 운동을 실시하였고, 추가적으로 실험군은 실시간 되먹임을 제공받았으며 대조군은 일상 과제 수행 중 복근수축을 하도록 치료적 운동 시마다 교육하였다. 두 군 모두 연구기간 중 통증 등으로 인해 연구진행이 불가능할 경우 중단할 수 있음을 설명하였다.

나. 실험 방법

본 연구에서 실험군은 일일 30분, 주 3회, 6주 동안 운동치료를 받았다. 또한 일상생활 동안 산책이나 청소 그리고 설거지 등과 같은 선 자세에서 과제 수행 중 허리둘레 감지기를 착용하였으며 6주간, 주 5회, 일일 30분 적용하였다. 허리둘레 감지기는 허리를 감싸는 벨트 형태의 장비이다. 실험군의 대상자에게 약간의 후방 골반경사를 포함한 배꼽당기기 훈련을 실시한 후 장비를 착용하도록 하였다. 대상자가 배꼽당기기 동작이 어려울 경우 쉬운 자세인 누운 자세나 앉은 자세부터 선 자세까지 스스로 할 수 있도록 충분히 연습하였다. 연구자는 허리둘레 감지기의 착용 전 대상자에게 '배꼽을 척추쪽으로 1~2cm 당기도록 배에 힘을 줄 것'을 요구하였다. 그리고 대상자는 이 상태에서 벨트의 길이를 조절하여 착용하도록 교육받았다. 대상자가 숨을 참거나 복부에 과도한 힘이 들어가지 않게 저장도 수축을 유도하였다. 허리둘레 감지기를 착용 후 대상자가 복부에 힘을 빼 허리둘레가 증가할 경우 장비에 설치된 센서를 통해 진동이 발생함으로써 되먹임을 제공하였다. 이러한 되먹임은 대상자가 복근을 저장도 그리고 지속

적으로 수축하도록 하였다. 대조군도 일일 30분, 주 3회, 6주 동안 운동치료를 제공받았으며 일상생활 중 복근수축의 중요성을 반복적으로 교육하였다.

실험 전과 후 체간근 활성화도와 골반경사 검사, 통증 정도 검사, 요통기능장애수준 검사를 실시하였다.

체간근 활성화도는 양 손에 0.5kg의 덤벨을 들고 90°를 올린 상태에서 측정하였다. 표면 근전도 측정 시 피부 저항을 최소화하기 위해 전극 부착 부위에 털을 제거하고 알코올 솜을 이용하여 깨끗이 하였다. 전극간 거리는 2cm로 하였으며 근섬유 방향과 평행하게 부착하였다. 모든 전극은 우세측에 부착하였으며 접지전극은 우세측 앞위엉덩뼈가시에 부착하였다. 배곧은근의 전극은 배꼽 가쪽 3cm, 배바깥근은 앞위엉덩뼈가시의 위, 배꼽으로부터 15cm에 부착하였다. 배속빗근은 앞위엉덩뼈가시의 2cm 안쪽, 척추세움근은 3번째 허리뼈 가시돌기 가쪽 3cm에 부착하였다(Imai 등, 2010; Queiroz 등, 2010).

배곧은근, 배바깥근, 배속빗근, 척추세움근의 근 활성도를 측정하기 위해 각 근육의 전극을 부착하였다. 대상자는 양 손에 0.5kg의 덤벨을 잡고 팔꿈치를 편 상태에서 팔을 90° 올려 5초간 유지하였다. 처음과 마지막 1초씩을 제외한 3초 동안 측정된 자료를 분석에 사용하였다. 3회 반복하여 평균값을 사용하였다. 근전도 신호를 표준화하기 위해 최대 수의적 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction; MVIC)을 실시하여 근활성도를 측정하였다. 배곧은근의 MVIC는 무릎을 구부린 자세에서 양 팔을 가슴 앞쪽에 놓고, 몸통을 45° 구부린 상태에서 최대저항 시 측정하였다. 배속빗근과 배바깥근의 MVIC는 무릎을 구부린 자세에서 양팔을 가슴 앞에 놓고 우세측 어깨를 반대쪽 골반을 향해 윗몸을 일으키는 동작에 대한 최대저항 시 측정하였다. 척추세움근은 엎드려 누운 자세에서 양 손을 머리 뒤에 놓고 몸통을 펴는 동작에 대한 최대저항 시 측정하였다. 통증이 있는 경우 통증 없는 범위에서 최대저항 시 측정하였다. 모든 MVIC는 5초간 3회 반복 실시하였으며, 처음과 마지막 1초씩을 제외한 3초 동안

측정된 자료를 분석에 사용하였다.

골반경사는 대상자가 서있는 자세에서 근전도 검사와 동일하게 양 손에 0.5kg의 덤벨을 들고 팔을 90° 올린 상태에서 측정하였다. 연구자는 대상자의 앞위엉덩뼈가시와 뒤위엉덩뼈가시를 측정하고 표시점을 측정 전에 부착하였다. 이후 대상자가 팔을 90° 올린 상태에서 연구자가 캘리퍼스의 끝을 각각의 표시점에 위치하면 보조연구자가 경사계의 각도를 읽고 기록하였다. 3회 반복 측정하여 평균화하였다. 검사-재검사 신뢰도는 .96~.99로 매우 높은 검사방법이다(Krawiec 등, 2003; Youdas 등, 2000).

4. 분석 방법

본 연구에서 측정된 자료는 윈도우용 SPSS ver. 21.0을 이용하여 분석하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술통계를 이용하여 평균과 표준편차를 계산하고, 정규성 검정을 위해 Shapiro-Wilk test를 이용하였다. 허리둘레 감지기 유무에 따른 중재 전·후의 시점 변화양상을 비교하기 위하여 대응표본 t검정을 실시하였다. 두 군에서 측정시점 간의 차이와 변화량을 알아보기 위해 독립표본 t검정을 사용하였다. 모든 통계학적 유의수준은 .05로 하였다.

III. 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

본 연구에서 참여한 실험군(n₁=15)과 대조군(n₂=16)의 평균연령과 평균신장, 평균체중, 통증기간은 Table 1에 제시하였다.

2. 중재 전, 후의 체간근 근활성도의 비교

허리둘레 감지기의 적용 유무에 따라 팔 올리기 과제 수행 시 체간근의 근활성도에 미치는 영향을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다(Table 2). 진동감각 되

(N=31)

Table 1. General characteristics of subjects

Variables (unit)	Experimental group (n ₁ =15)	Control group (n ₂ =16)
Gender (male/female)	6/9	5/11
Age (year)	55.8±5.5 ^a	57.0±6.3
Height (cm)	165.3±8.6	165.0±8.5
Weight (kg)	70.6±11.4	66.0±11.3
Pain duration (month)	6.4±3.2	7.8±4.5

^amean±standard deviations.

Table 2. Electromyographic activity normalized as a percentage of maximal voluntary contraction (%MVC) for each muscles during the task

Variables		Experimental group (n ₁ =15)	Control group (n ₂ =16)	t
RA ^a	pre	7.30±3.37 ^b	5.89±1.31	1.55
	post	8.21±3.44	5.74±1.19	2.70*
	t	3.19**	-2.04	
EO ^c	pre	16.39±5.89	14.87±3.41	.88
	post	19.95±6.32	14.35±3.05	3.17**
	t	4.67**	-1.95	
IO ^d	pre	20.89±8.30	22.33±8.59	-.47
	post	31.64±8.95	22.17±7.61	3.18**
	t	6.32**	-.21	
ES ^e	pre	28.18±15.90	24.81±10.35	.70
	post	30.20±15.54	24.76±10.52	1.14
	t	1.75	-.20	

^arectus abdominis, ^bvalues are mean and standard deviation, ^cexternal oblique, ^dinternal oblique, ^eerector spinae, *p<.05, **p<.01.

먹임을 적용한 실험군에서 중재 전후 각 근육들의 근활성도는 배곧은근, 배바깥근, 배속빗근에서 유의하게 증가되었다(p<.01). 척추세움근은 근활성도가 증가되었지만 유의한 차이는 없었다. 대조군에서 각 근육들의 근활성도는 배곧은근, 배바깥근, 배속빗근, 척추세움근 모두 중재 전후 유의한 차이가 없었다.

사전 평가에서 두 군간의 근활성도는 배곧은근, 배바깥근, 배속빗근, 척추세움근 모두에서 유의한 차이가 없었다. 사후 평가에서 근활성도는 배곧은근, 배바깥근, 배속빗근에서 두 군간의 유의하게 증가되었다(p<.05). 하지만 척추세움근의 근활성도는 두 군간의 유의한 차이가 없었다.

3. 중재 전, 후의 통증수준, 요통기능장애와 골반경사의 비교

허리둘레 감지기의 적용 유무에 따라 통증과 요통기능장애, 골반경사에 미치는 영향을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다(Table 3).

시각상사척도 점수는 중재 전후 실험군과 대조군 모두 유의하게 감소되었다(p<.01). 또한 두 군간의 변화율은 실험군이 대조군보다 유의하게 감소되었다(p<.05). KODI 점수는 중재 전후 실험군과 대조군 모두 유의하게 감소되었다(p<.01). 하지만 두 군간의 변화율은 중재 후 유의한 차이가 없었다. 골반경사 검사는 중재 전

후 실험군에서 전방골반경사가 유의하게 감소하였으나 대조군은 유의한 차이가 없었다(p<.01). 또한 두 군간 변화율은 중재 후 유의한 차이가 있었다(p<.01).

IV. 고찰

요추관 협착증을 포함한 만성요통환자는 몸통 근육들의 부적절한 근활성과 골반의 비정상적 배열을 가지고 있다(Yoo, 2014). 건강한 사람은 과제 수행 시 국소근육이 먼저 활성화되지만 요통이 있는 환자의 경우 국소근육의 활성이 지연되며 대근육을 대신 사용하게 된다(Ferreira 등, 2006; Thompson 등, 2006). 국소근육의 활성을 증가시키기 위해 선택적 운동조절과 특별한 훈련 방법이 필요하다. 몸통 근육들은 척추안정성에 영향을 주며, 요추부의 굴곡근과 신전근의 협응수축은 복강내압 상승을 통해 요추의 안정성을 증가시킨다. 또한 골반의 과도한 전방골반경사는 요통을 증가시키며 전방골반경사의 감소를 통해 요통을 감소시킬 수 있다(Lim 등, 2013). 따라서 본 연구는 요추관 협착증이 있는 성인에게 일상생활동안 실시간 되먹임을 제공하여 의도적인 복부근육의 수축을 유발시켜 신경근 조절, 통증, 기능장애수준 그리고 골반경사의 변화를 알아보았다.

중재 방법으로 약간의 후방 골반경사를 동반한 배꼽

Table 3. Comparison of VAS, KODI scores and PTA between experimental group and control group

Variables		Experimental group (n ₁ =15)	Control group (n ₂ =16)	t
VAS ^a	pre	5.33±.97 ^b	4.87±1.02	1.27
	post	3.10±1.28	3.5±1.09	-.93
	t	-9.57**	-5.36**	
	change rate(%)	-42.95	-27.40	-2.12*
KODI ^c	pre	50.26±13.01	44.50±11.86	1.28
	post	37.86±14.94	36.36±12.14	.31
	t	-7.75**	-4.15**	
	change rate(%)	-26.39	-17.67	-1.46
PTA(°) ^d	pre	12.68±2.85	11.01±2.12	1.85
	post	10.69±2.83	10.79±2.39	-.10
	t	-7.79**	-1.14	
	change rate(%)	-20.44	-3.35	-4.10**

^avisual analogue scale, ^bvalues are mean and standard deviation, ^cKorean version of Oswestry disability index, ^dpelvic tilt angle. *p<.05, **p<.01.

당기기 훈련을 실시하였다. 하지만 후방 골반경사와 배꼽당기기 동작은 학습하기 어려운 동작이다. 이에 연구자들은 대상자들의 수준에 따라 누운 자세부터 앉은 자세 그리고 선 자세로 변경하여 연습하였고 보행과 같은 일상생활에도 이러한 동작을 실시하도록 교육하였다. 하지만 복근수축 시 통증이 증가하거나 골반 움직임의 과도한 제한이 있는 경우 제외되었다. 또한 숨을 참거나 고관절 굴곡 등의 과도한 복근수축을 하지 않도록 교육하였다.

선행 연구자들은 효과적인 복근 수축과 훈련을 위해 초음파나 근전도검사 그리고 동작센서 등의 생체피드백을 이용하였지만(Kent 등, 2015) 임상에서의 사용은 시공간 및 고가의 장비로 제한적이다. 일반적으로 치료사들은 요추관 협착증과 같은 요통이 있는 환자에게 다양한 몸통 안정화 운동과 교육을 제공한다(Arab과 Chehrehrazi, 2011; Bjerkefors 등, 2010). 그러나 환자들은 복근 수축의 중요성을 알고 있음에도 불구하고 치료적 운동을 하는 경우를 제외한 일상생활 중에는 지속적인 복근수축을 하지 않는다. 따라서 일상생활 중 복근수축을 유도하는 피드백이 필요하였으며 본 연구에서 일상생활 중 복근수축을 유도하는 허리둘레 감지기를 이용하였다. 일반 성인을 대상으로 실시한 예비조사에서 의도적인 복근수축을 할 경우 허리둘레가 평균 1.5% 감소하는 것을 측정하였다. 이를 허리둘레 감지기의 기준값으로 설정하였으며 복부가 이완되어 기준값보

다 허리둘레가 더 늘어날 경우 본체에 있는 길이 변화 센서가 감지하여 진동이 발생된다. 다시 복근을 수축하여 허리둘레가 감소하면 진동은 없어진다. 대상자는 복근 수축을 위한 생체피드백을 기존과 다르게 일상생활 중 쉽고 다양한 환경에서 제공받도록 하였다.

본 연구는 상지 들어올리기 과제 수행 시 몸통 안정화에 기여하는 근육의 활성도를 평가하기 위해 근전도 검사를 실시하였다. 허리둘레변화 감지의 실시간 피드백을 제공한 실험군에서 배곧은근, 배바깥빗근, 배속빗근의 근활성도가 유의하게 증가하였다. 특히 배바깥빗근과 배속빗근의 근활성도가 배곧은근에 비해 크게 증가하는 양상을 보였다. 이는 상지 들어올리기 과제를 수행하는 동안 배바깥빗근과 배속빗근이 골반의 전방회전을 막아주는 역할을 하였기 때문으로 생각된다. Souza 등(2001)은 팔과 다리 움직임 시 배바깥빗근과 배속빗근이 배곧은근에 비해 더 활성화가 되었으며 이는 골반의 안정근(stabilizer)으로 작용하였다고 보고하였다. 이러한 결과는 본 연구와 유사하다고 할 수 있다. Chanthapetch 등(2009)은 서있는 자세에서 배꼽당기기 기법을 실시할 경우 배곧은근과 배바깥빗근의 근활성도, 배가로근/배속빗근 비가 증가되었으며 동시수축을 통해 몸통 안정화를 이루었다고 보고하였다. 그중 배곧은근의 근활성도가 가장 낮게 나타나 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

기존의 연구에서는 대상자에게 배꼽당기기 기법만

제공하였으나 본 연구에서는 약간의 후방 골반경사를 포함한 배꼽당기기 기법을 실시하였다. 골반의 후방경사는 복부 근육의 수축을 유도하고 척추세움근은 이완시키기 때문에 다른 근육과는 달리 척추세움근은 중재 전후 유의한 차이를 보이지 못한 것으로 생각된다. 통계적으로 척추세움근이 유의한 차이가 없었지만 중재 전보다 근활성도가 증가하였다. 척추세움근의 증가된 근활성도는 과제 수행 시 복부근육과 협응수축을 통해 복강내 압력을 상승시켜 몸통 안정화가 증가되는 것을 의미한다.

요추관 협착증으로 인해 요통이 있는 성인의 통증과 기능적 능력을 평가하기 위해 시각상사척도와 KODI를 실시하였다. 시각상사척도와 KODI에서 중재 전후 실험군과 대조군 모두 유의하게 감소된 것을 보였다. Akyol 등(2009)은 요추관 협착증환자를 41명을 대상으로 심부 및 표층열치료, 전기치료, 운동치료를 포함한 물리치료 프로그램군과 순수 운동치료군을 나누어 중재한 결과 두 군 모두에서 통증과 ODI 점수가 감소되는 결과를 보였다. 본 연구에서도 감각되먹임을 제외한 두 군 모두 6주 동안 운동치료를 받았기 때문에 통증과 장애점수가 감소된 것으로 생각된다. 하지만 중재 후 두 군간의 시각상사척도 변화율에서 실험군이 대조군보다 유의하게 감소되었다. 이러한 결과는 운동치료와 일상생활 동안 지속적인 복근수축 훈련이 함께 적용 시 통증감소에 더 효과적임을 보여준다. 중재 후 두 군간의 KODI 변화율에서 유의한 차이는 없었으나 실험군이 대조군보다 큰 폭으로 감소하였다. Koc 등(2009)의 연구에서 요추관 협착증 환자에게 운동치료 프로그램을 제공 후 통증과 기능적 능력을 평가한 결과 두 항목 모두에서 유의한 개선을 보였다. Whitman 등(2006)은 요추관 협착증 환자 58명을 대상으로 6주간 운동치료가 통증과 기능적 능력에 유의하게 개선되었음을 보여주었다. 이러한 결과는 본 연구결과와 유사하였다.

요추관 협착증 환자에서 전방골반경사의 증가는 요추전만이 증가되고 신경관을 좁혀 통증을 유발시킨다(Chaléat-Valayer 등, 2011). Lim 등(2013)은 건강한 사람과 요통환자의 골반경사각을 측정된 결과 요통환자에서 전방골반경사가 증가된다고 보고하였다. 또한 Youdas 등(2000)은 골반경사각과 ODI 점수가 유의한 상관관계가 있음을 보고하였다. 본 연구에서 실험군이 대조군보다 전방골반경사각이 더 유의하게 감소하였으며 통증과 KODI 또한 실험군에서 더 크게 감소하였으며 이는 기

존 연구와 유사한 결과이다. 증가된 전방골반경사가 허리 통증과 상관관계가 있는지 여부는 분명하지 않다(Chaléat-Valayer 등, 2011). 하지만 과도한 전방골반경사를 감소시키기 위해 신장운동, 치료적 마사지, 복부근력운동 등의 다양한 중재가 접근되었다(Cottingham 등, 1988; Muyor 등, 2012). Levine 등(1997)은 8주 동안 후방골반경사 운동을 포함한 운동프로그램을 실시한 결과 골반 기울기에 유의한 차이를 보이지 않았으며 본 연구와 다른 결과를 보였다. 선행 연구에서는 중재가 치료 중에만 적용되었지만 본 연구에서는 중재가 일상생활 동안 적용되어 결과의 차이가 있었던 것으로 생각된다. DiBenedetto 등(2005)의 연구에서 몸통 안정화 운동이 포함된 요가 운동프로그램이 전방골반경사각을 유의하게 감소시켜 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

본 연구에서 근전도 측정은 상지 들어올리기 시 실시하였다. 실험군이 대조군보다 근활성도가 증가된 이유는 대상자가 다양한 과제 수행 중 복근수축을 반복함으로써 학습이 된 것으로 생각된다. 이러한 결과가 평상시에도 근육이 활성화됨을 의미하지 않는다. 그러나 요추관 협착증환자에게 과제 수행 시 몸통 안정화를 먼저 하도록 학습하는데 큰 의미가 있을 것이다. 배꼽 당기기 기법과 골반의 후방경사는 배우는데 많은 제한점이 있었다. 특히 나이가 많거나 복부 비만 등으로 인해 복부 근육의 수축과 골반 움직임이 적은 경우 적용하기 어려웠다. 추후 연구에서는 골반움직임의 정도나 비만 혹은 몸통 안정화 기법에 따라 세분화하여 적용하기 어려운 환자에게도 중재가 가능하도록 해야 할 것이다. 또한 근전도와 골반경사의 변화뿐만 아니라 동작분석을 통해 운동역학적으로 분석하는 추가적인 연구가 필요할 것이다.

V. 결론

허리둘레변화 감지의 실시간 되먹임을 통한 의도적인 복근수축이 몸통 안정화 근육들의 조절 능력을 향상시키고 통증감소와 기능적 능력을 향상시켰다. 일상에서 다양한 과제 수행 중 복근의 부정확한 사용을 인식하고 수정하는 과정이 몸통 안정화의 자동적 운동조절 패턴을 만든 것으로 생각된다. 따라서 치료적 운동과 함께 일상생활 동안 의도적인 복근수축 훈련이 제공된다면, 요추관 협착증 환자의 몸통 안정화 근육을 촉진

하고 요추전만의 감소와 통증 및 기능장애 완화에 효과적일 것이다.

References

- Akyol Y, Durmus D, Alayli G, et al. Effectiveness of physical therapy agents in patients with lumbar spinal stenosis. *Turkish J Phys Med Rehabil.* 2009;55(4):141-146.
- Arab AM, Chehrehrazi M. Ultrasound measurement of abdominal muscles activity during abdominal hollowing and bracing in women with and without stress urinary incontinence. *Man Ther.* 2011;16(6):596-601. <https://doi.org/10.1016/j.math.2011.06.002>
- Arokoski JP, Valta T, Airaksinen O, et al. Back and abdominal muscle function during stabilization exercises. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(8):1089-1098.
- Beith ID, Synnott RE, Newman SA. Abdominal muscle activity during the abdominal hollowing manoeuvre in the four point kneeling and prone positions. *Man Ther.* 2001;6(2):82-87.
- Binder DK, Schmidt MH, Weinstein PR. Lumbar spinal stenosis. *Semin Neurol.* 2002;22(2):157-166.
- Bjerkfors A, Ekblom MM, Josefsson K, et al. Deep and superficial abdominal muscle activation during trunk stabilization exercises with and without instruction to hollow. *Man Ther.* 2010;15:502-507. <https://doi.org/10.1016/j.math.2010.05.006>
- Bohack MP, Monteiro M. Therapeutic exercise in the treatment of patients with lumbar spinal stenosis. *Clin Orthop Related Res.* 2001;384:144-152.
- Brokelman RB, Haverkamp D, van Loon C, et al. The validation of the visual analogue scale for patient satisfaction after total hip arthroplasty. *Eur Orthop Traumatol.* 2012;3(2):101-105.
- Chaléat-Valayer E, Mac-Thiong JM, Paquet J, et al. Sagittal spino-pelvic alignment in chronic low back pain. *Eur Spine J.* 2011;20(suppl5):634-640. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-1931-2>
- Chanthapetch P, Kanlayanaphotporn R, Gaogasigam C, et al. Abdominal muscle activity during abdominal hollowing in four starting positions. *Man Ther.* 2009;14(6):642-646. <https://doi.org/10.1016/j.math.2008.12.009>
- Cottingham JT, Porges SW, Richmond K. Shifts in pelvic inclination angle and parasympathetic tone produced by rolfing soft tissue manipulation. *Phys Ther.* 1988;68(9):1364-1370.
- Jung DE, Kim K, Lee SK. Comparison of muscle activities using a pressure biofeedback unit during abdominal muscle training performed by normal adults in the standing and supine positions. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(2):191-193.
- Dayan E, Cohen LG. Neuroplasticity subserving motor skill learning. *Neuron.* 2011;72(3):443-454. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2011.10.008>
- DiBenedetto M, Innes KE, Taylor AG, et al. Effect of a gentle iyengar yoga program on gait in the elderly: An exploratory study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(9):1830-1837.
- Kim DY, Lee SM, Lee HY, et al. Validation of the korean version of the Oswestry disability index. *Spine(Phila Pa 1976).* 2005;30(5):E123-127.
- Dozza M, Chiari L, Peterka RJ, et al. What is the most effective type of audio-biofeedback for postural motor learning? *Gait Posture.* 2011;34(3):313-319. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.05.016>
- Farooque M, Salzman MM, Ye Z. Effectiveness of bilateral transforaminal epidural steroid injections in degenerative lumbar spinal stenosis patients with neurogenic claudication: A case series. *PM R.* 2017;9(1):26-31. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2016.06.002>
- Ferreira PH, Ferreira ML, Maher CG, et al. Specific stabilisation exercise for spinal and pelvic pain: A systematic review. *Aust J Physiother.* 2006;52(2):79-88.
- Herrington L. Assessment of the degree of pelvic tilt within a normal asymptomatic population. *Man Ther.* 2011;16(6):646-648. <https://doi.org/10.1016/j.math.2011.04.006>

- Hootman JM, Helmick CG, Brady TJ. A public health approach to addressing arthritis in older adults: The most common cause of disability. *Am J Public Health*. 2012;102(3):426-433. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2011.300423>
- Imai A, Kaneoka K, Okubo Y, et al. Trunk muscle activity during lumbar stabilization exercises on both a stable and unstable surface. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010;40(6):369-375. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3211>
- Jensen MP, Smith DG, Ehde DM, et al. Pain site and the effects of amputation pain: Further clarification of the meaning of mild, moderate, and severe pain. *Pain*. 2001;91(3):317-322.
- Kent P, Laird R, Haines T. The effect of changing movement and posture using motion-sensor biofeedback, versus guidelines-based care, on the clinical outcomes of people with sub-acute or chronic low back pain—a multicentre, cluster-randomised, placebo-controlled, pilot trial. *BMC Musculoskelet Disord*. 2015;16:131.
- Kisner C, Colby LA. *Therapeutic Exercise: Foundation and techniques*, 5th ed. Philadelphia, F.A. Davis. 2007:392.
- Koc Z, Ozcakir S, Sivrioglu K, et al. Effectiveness of physical therapy and epidural steroid injections in lumbar spinal stenosis. *Spine(Phila Pa 1976)*. 2009;34(10):985-989. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31819c0a6b>
- Krawiec CJ, Denegar CR, Hertel J, et al. Static innominate asymmetry and leg length discrepancy in asymptomatic collegiate athletes. *Man Ther*. 2003;8(4):207-213.
- Lee SC, Lee DT. Effects of exercise therapy on lower back pain patients. *Health and Sports Medicine*. 2007;9(2):69-78.
- Levine D, Walker JR, Tillman L. The effect of abdominal muscle strengthening on pelvic tilt and lumbar lordosis. *Physiother Theory Pract*. 1997; 13(3):217-226.
- Lim HS, Roh SY, Lee SM. The relationship between pelvic tilt angle and disability associated with low back pain. *J Phys Ther Sci*. 2013;25(1): 65-68.
- Mew R. Comparison of changes in abdominal muscle thickness between standing and crook lying during active abdominal hollowing using ultrasound imaging. *Man Ther*. 2009;14(6):690-695. <https://doi.org/10.1016/j.math.2009.05.003>
- Muyor JM, López-Miñarro PA, Casimiro AJ. Effect of stretching program in an industrial workplace on hamstring flexibility and sagittal spinal posture of adult women workers: A randomized controlled trial. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2012;25(3):161-169. <https://doi.org/10.3233/BMR-2012-0323>
- Nanhoe-Mahabier W, Allum JH, Pasman EP, et al. The effects of vibrotactile biofeedback training on trunk sway in parkinson's disease patients. *Parkinsonism Relat Disord*. 2012;18(9):1017-1021. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2012.05.018>
- Pua YH, Cai CC, Lim KC. Treadmill walking with body weight support is no more effective than cycling when added to an exercise program for lumbar spinal stenosis: A randomised controlled trial. *Aust J Physiother*. 2007;53(2):83-89.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2009.09.016>
- Reeves NP, Cholewicki J. Modeling the human lumbar spine for assessing spinal loads, stability, and risk of injury. *Crit Rev Biomed Eng*. 2003;31(1-2):73-139.
- Sahin F, Yilmaz F, Kotevoglou N, et al. The efficacy of physical therapy and physical therapy plus calcitonin in the treatment of lumbar spinal stenosis. *Yonsei Med J*. 2009;50(5):683-688. <https://doi.org/10.3349/ymj.2009.50.5.683>
- Schizas C, Theumann N, Burn A, et al. Qualitative grading of severity of lumbar spinal stenosis based on the morphology of the dural sac on magnetic resonance images. *Spine (Phila Pa 1976)*.

- 2010;35(21):1919-1924. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181d359bd>
- Schneider M, Ammendolia C, Murphy D, et al. Comparison of non-surgical treatment methods for patients with lumbar spinal stenosis: Protocol for a randomized controlled trial. *Chiropr Man Ther.* 2014;22:19. <https://doi.org/10.1186/2045-709X-22-19>
- Sielski R, Ridf W, Glombiewski JA. Efficacy of bio-feedback in chronic back pain: A meta-analysis. *Int J Behav Med.* 2017;24(1):25-41.
- Souza GM, Baker LL, Powers CM. Electromyographic activity of selected trunk muscles during dynamic spine stabilization exercises. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(11):1551-1557.
- Thompson JA, O'Sullivan PB, Briffa NK, et al. Altered muscle activation patterns in symptomatic women during pelvic floor muscle contraction and valsalva manouevre. *Neurorol Urodyn.* 2006;25(3):268-276. <https://doi.org/10.1002/nau.20183>
- Urquhart DM, Hodges PW, Allen TJ, et al. Abdominal muscle recruitment during a range of voluntary exercises. *Man Ther.* 2005;10(2):144-153.
- Whitman JM, Flynn TW, Childs JD, et al. A comparison between two physical therapy treatment programs for patients with lumbar spinal stenosis: A randomized clinical trial. *Spine(Phila Pa 1976).* 2006;31(22):2541-2549.
- Wong AY, Parent EC, Kawchuk GN. Reliability of 2 ultrasonic imaging analysis methods in quantifying lumbar multifidus thickness. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2013;43(4):251-262. <https://doi.org/10.2519/jospt.2013.4478>
- Yoo WG. Effect of the individual strengthening exercises for posterior pelvic tilt muscles on back pain, pelvic angle, and lumbar ROM of a LBP patient with excessive lordosis: A case study. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(2):319-312. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.319>
- Youdas JW, Garrett TR, Egan KS, et al. Lumbar lordosis and pelvic inclination in adults with chronic low back pain. *Phys Ther.* 2000;80(3):261-275.

This article was received August 18, 2017, was reviewed August 18, 2017, and was accepted September 27, 2017.