

만성요통환자의 복횡근 수축훈련을 위한 ADIM 적용사례

김한일

MPT체형교정학연구소

Case Study of Application on ADIM of Patient With Chronic Low Back Pain for Contraction Training of Transversus Abdominis

Han-il Kim

MPT Postural Control Institute

Key Words:

Chronic low back pain, Abdominal drawing-in maneuver, Transversus abdominis

ABSTRACT

Background: The purpose of this study was to identify the effects of the abdominal drawing-in maneuver (ADIM) for contraction training of transversus abdominis (TrA) to the patient with chronic low back pain (CLBP). **Methods:** A 37-year female patient with CLBP participated in study. This study was fix to method of ADIM that maintain to draw in lower abdomen in sitting position on chair and fix 1 time protocol that perform rest for 1-min and ADIM for 1-min during 10-min. Hereunder the subject performed 2 times protocol during 30-min. Measurement method were visual analogue scale (VAS), Korean version of Oswestry disability index (KODI) and using ultrasound imaging. **Results:** VAS was decreased 5cm to 1cm after intervention 3 weeks, KODI was decreased 22% to 9% after intervention 3 weeks and changes in thickness of the TrA were increased 32% to 68% during ADIM. **Conclusions:** These findings suggest that performed the ADIM took effect for decreased pain and functional disability level with increased changes in thickness of the TrA. Therefore, patients with CLBP should be use for training of deep abdominal muscles apply to the ADIM.

I. 서론

요통은 전체 인구의 80% 이상이 일생동안 한번은 경험하는 질환으로 요부의 통증이 12주 이상 지속적인 경우를 만성요통이라고 한다(Wheeler, 1995). 만성요통 환자들은 불규칙적으로 요통이 재발하여 반복적으로 병원을 방문하게 되고 이로 인해 만성통증관리에 대한 환자 본인뿐만 아니라 국가적인 의료비용 상승을 초래하게 된다. 또한 만성요통을 치료함에 있어서 통증을 일시적으로 해결하고자 하는 방법으로 진행되어지면 지속적인 요통관리가 어려워져 반복적인 요통의 발생으로 인해 직장, 일상생활 및 여가 등에 지장을 받을 수 있다. 이러한 상황은 만성요통환자의 경제적, 사회적으로

매우 중요한 문제일 뿐 아니라 국가적인 차원에서 경제와 노동력 상실의 주요 원인으로 많은 손실을 초래한다(Jorgensen, 2007; van Zundert와 van Kleef, 2005). 척추의 반복적인 손상은 척추주변의 근육 약화 및 심부근육의 위축을 초래하여 척추의 불안정성을 증가시키며 이것은 만성요통을 일으키는 원인이 된다(Long 등, 1996; O'Sullivan 등, 1997). 요부에 가해지는 반복적인 자극을 최소화하기 위해서는 척추가 안정적인 상태에서 기능적으로 작용하는 것이 필요한데 불안정상태에서는 적은 부하에서도 척추의 움직임이 증가하게 되고 움직임의 양과 질, 모든 면에서 변화를 보이게 된다(Norris, 1999). 복횡근은 가장 심부에 위치하여 복부의 외측부를 가로지르는 넓고 편평한 근육으로 흉요근막에 부착되어 복부내압을 증가시키고 요추부를 안정화시키는 일차적 기능을 한다(Neumann, 2002). 이러한 일차적인 기능이 정상적인 경우에는 상지나 하지의 빠른 움직임이 일어날 때 복횡근과 다열근의 선행 수축에 의해 요

교신저자: 김한일(MPT체형교정학연구소, han-il-112@hanmail.net)
논문접수일: 2011.11.08, 논문수정일: 2011.11.20,
개재확정일: 2011.11.26.

부가 먼저 안정화된 후 상, 하지 주동근이 수축하게 된다(Hodges와 Richardson, 1997; Hodges와 Richardson, 1999). 하지만 만성요통환자에서는 상, 하지의 움직임 시 요부 심부근육들의 초기 활성화가 늦게 일어나거나, 근육의 약화 및 위축의 문제들을 동반하고 있다(Hodges 등, 2003; Silfies 등, 2009). Hides 등(1995)은 급성요통의 90%는 2~3주내에 자연적인 통증의 감소가 일어나지만, 이러한 환자들의 60~80%가 1년 이내에 요통이 재발한다고 하였고, 요통환자에게 심부 복부근의 약화는 자가적인 회복이 어려워서 요부 심부근의 수축을 유도 할 수 있는 근육 재훈련만이 정상적인 근육의 두께를 회복시키고 요통의 재발률을 유의하게 감소시킬 수 있다고 하였다. Ebenbichler 등(2001)과 Hodges와 Richardson(1996)은 많은 요부 안정화 프로그램의 초점이 심부의 국소적인 근육체계에 집중되어 있으며, 요부 안정화에 관한 연구와 임상적 문헌을 통해 요부 다열근과 더불어 복횡근을 요부 안정화를 위한 주요 근육으로 언급하였다. 다열근은 척추의 단분절 사이에서 위치하고 자세조절에 따른 척추의 내적인 움직임을 조절하여 척추의 안정성을 제공하며, 복횡근은 복부 주변을 둘러싼 수평적인 배열에 따른 역학적인 수축력이 복부내압을 증가시킴으로 요부의 안정성을 제공한다고 하였다(McGill, 1996). 이에 따라 요부 안정화를 언급한 여러 연구자들은 복횡근의 선택적인 수축을 유도하는 방법으로 복부 안으로 끌어당기기(abdominal drawing-in maneuver: ADIM)를 요부 안정화를 위한 기본적인 운동프로그램으로 제시하였고 요부 불안정성이 있는 요통환자에게 ADIM을 교육시켜야 한다고 하였다. ADIM의 시행방법은 척추나 골반의 움직임이 없이 하복부를 안으로 끌어당겨서 유지하는 것으로 ADIM을 정확하게 하기 위해서는 복횡근이 다른 표층의 근육 즉 복직근, 외복사근, 내복사근 보다 먼저 선택적으로 수축해야한다고 하였다(Allison 등, 1998; Richardson 등, 1999; Teyhen 등, 2005).

일반적으로 복부근의 활성도를 측정하는 방법으로 표면 근전도 측정을 주로 이용하고 있지만, 표면 근전도 측정은 표층 복부근의 활성을 최소화하고 간접적으로 복횡근을 정확히 측정하기에는 어렵다고 하였다(Stokes 등, 2003). 이에 Hodges와 Richardson(1996)은 재활 초음파 영상(rehabilitative ultrasound imaging: RUSI)을 이용하여 비침습적인 방법과 저비용으로 심부 복부근의 변화양상을 볼 수 있다고 하였고, Hides 등(1995)은 RUSI를 이용하여 선택적인 근육의 수축 시에 외형적인 변화의 측정이 가능하다고 하였으며, Hodges 등(2003)은 근전도와 RUSI를 비교하여 복부근의 휴식기

와 수축기에 대한 길이와 두께 변화를 확인하는데 초음파 진단방법이 유용하다고 하였다. Costa 등(2009)은 RUSI를 이용한 복부근 두께측정에 대한 신뢰도의 체계적 고찰을 통해 1회 두께측정에 대한 신뢰도가 매우 높고, 두께변화에 따른 측정의 신뢰도 역시 높은 수준이라고 하였다. McMeeken 등(2004)은 복횡근과 다열근의 두께변화에 따른 측정방법으로 RUSI와 근전도 측정을 비교하여 RUSI를 이용한 근육 두께측정에 대한 타당도를 제시하였고, Hides 등(2006)은 자기공명영상(magnetic resonance imaging: MRI)과 RUSI를 비교하여 복부근의 두께변화에 따른 측정방법으로 RUSI를 이용하는 것이 타당하다고 하였다.

이에 본 연구는 만성요통 환자 1명에게 복횡근의 수축을 유도하는 ADIM을 적용하여 통증수준 및 기능장애수준의 변화와 초음파 영상을 이용한 복횡근의 두께변화를 확인 하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

실험에 참여한 환자는 37세의 여성으로 신장은 164cm, 체중은 58kg이었고 직업은 주부였다. 주된 증상은 앉아 있는 동안 양측 허리부위의 묵직하고 무리한 통증을 호소하였고, 지속적인 요통의 발병은 1년 전부터 시작되었다고 하였다. 통증의 양상은 하루 중 저녁시간에 통증이 더 증가한다고 하였고, 통증의 강도는 증가와 감소를 반복하는 형태로 나타난다고 하였다. 요통이 증가되는 경우에는 일반적인 물리치료와 한방치료를 병행하였고, 치료 받은 후에는 몇 일간의 통증 감소가 있었으나, 다시 비슷한 강도의 요통이 나타난다고 하였다. 운동치료의 경험은 없었으며, 통증조절을 위한 자가적인 운동프로그램은 없다고 하였다. 과거병력 사항으로 요부에 병리학적인 질환이나 외상, 수술의 병력은 없었고, 현재 복용하는 약은 없다고 하였다.

본 연구에 참여한 환자의 중재 전 기초선 측정결과는 시각상사척도(visual analogue scale: VAS) 5cm의 통증수준과 한국어판 오스웨스트리 장애지수(Korean version of Oswestry disability index: KODI) 22%의 기능장애수준을 가지고 있었으며, 복횡근의 수축 시 두께 변화 결과는 이완 시 3.82mm이었고 ADIM 시 5.03mm로 이에 따른 변화율은 32%였다. Collins 등(1997)은 VAS의 등급을 약한(mild) 통증 1~2, 중간정도(moderate) 통증 3~6, 심한(severe) 통증 7~10으로 분류하였고, Fairbank 등(1980)은 오스웨스트리 장애지수(Oswestry disability index: ODI)의 등급을 약함 0~20%, 중간정도

20~40%, 심함 40~60%, 60%이상을 아주 심한 경우로 분류하였다. 김한일(2011)은 중간등급의 통증수준과 기능장애수준을 가진 20대 요통군과 비요통군의 복횡근 평균 두께변화율은 각각 43%와 102%라고 제시하였다.

이러한 등급분류를 기준하여 이 환자를 중간등급의 통증수준과 기능장애 수준을 가진 만성요통 환자로 분류하였으며, 복횡근 두께변화율의 결과로 복횡근의 수축력 약화로 인한 요부의 불안정성 요소를 가진 환자로 평가하였다. 환자의 요추 관절가동범위는 모든 방향에서 제한이 없었고, 요추 전면과 측면의 방사선 촬영을 통해 척추의 구조적인 평가를 한 결과, 방사선 상에서 요추 및 골반부의 구조적인 문제는 발견되지 않았다. 이에 따라 이 환자의 만성적인 요통의 문제는 요부의 안정성에 영향을 미치는 복횡근 약화에 따른 것으로 최종 평가하여 중재프로그램을 진행하였다.

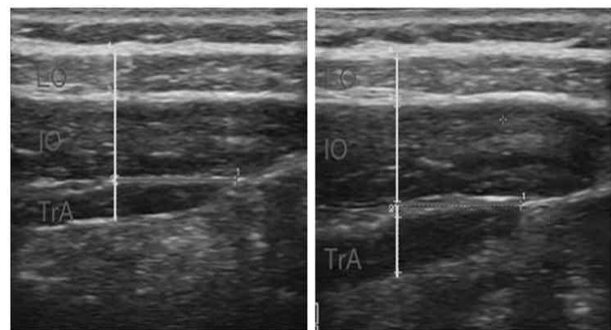
2. 실험도구 및 측정방법

통증수준의 평가는 VAS를 이용하여 평가하였으며, VAS는 환자가 느끼고 있는 통증의 수준을 시각적인 형태로 나타내는 방법으로, 환자 본인의 통증정도를 통증이 전혀 없는 상태인 0mm에서 참을 수 없을 정도의 매우 극심한 통증인 100mm까지 표현하였다(Keele, 1948; Scott와 Huskisson, 1979). VAS의 검사-재검사 신뢰도(r=.99)와 측정자간 신뢰도(r=1.00)는 매우 높은 것으로 보고되었다(Wagner 등, 2007).

요통으로 인한 기능장애 수준의 평가는 KODI를 이용하여 평가하였으며, KODI의 평가항목에는 통증 정도, 개인 위생, 물건 들기, 보행, 앉아 있기, 서 있기, 잠자기, 사회활동, 그리고 여행 및 이동 등의 총 9개 항목이 포함되어 있고 각각 6점 척도로 되어 있다. KODI의 범위는 최소 0점에서 최대 45점이며 환자의 평가 점수를 총점(45점)으로 나눈 후 백분율로 환산한다. KODI 점수가 높을수록 요통으로 인한 기능장애 정도가 더 심한 것으로 판단할 수 있다(김진택 등, 2009). KODI의 검사-재검사 신뢰도(r=.92)는 높은 수준이라고 보고되고 있다(Jeon 등, 2006).

복횡근의 두께변화 평가를 위해 초음파기기(SONOACE 8000, Medison, Korea)를 이용하였고, 선형 탐촉자(linear probe)는 7.8MHz를 이용하였으며, 영상은 B모드로 영상의 깊이는 4cm로 설정하여 사용하였다. Hodges와 Richardson(1997)은 복횡근의 영상관찰을 위한 방법으로 탐촉자를 장골능과 늑골 가장자리 사이의 중간부분에서 전내측 방향으로 위치하여 관찰하는 것으로 제시하여 본 연구에서도 동일하게 적용하였으며, 복부근 양측의 두께에는 차이가 없다고 제시한 Beith 등(2001)

의 연구결과를 근거로 하여 오른쪽 복횡근만을 확인하였다. 초음파 영상에서 복부근 두께측정은 Reeve와 Dilley(2009)가 제시한 측정방법으로 외측복근(lateral abdominal)과 연결된 후복직근초(posterior rectus sheath)와 복횡근의 근막부착점에서 15mm 수평선을 그은 후 그 지점에서 수직선을 그어 복횡근의 두께를 측정하였다. 측정자세는 앉은 자세에서 시행하였으며, 측정 횟수는 복횡근의 10초간의 이완과 10초간의 ADIM을 1분간 3회 반복 수행하는 동안 각 시기마다 호기시에 측정하였고, 3회 측정된 값의 평균값을 사용하였다(Fig 1). 각각의 검사는 중재전과 중재 1주 후, 2주 후, 3주 후에 재검사하여 결과를 분석하였다.



(A) (B)
Fig 1. Ultrasound image of abdominal muscles and measurement of thickness. (A) during rest, (B) during ADIM.

3. 중재방법

복횡근 수축훈련을 위한 중재프로그램은 3주 동안 주 3회(월, 수, 금)로 시행하였고 횟수로는 9회였다. 1회 중재프로그램의 전체 소요시간은 30분으로 10분의 ADIM 프로토콜을 수행하고 10분의 휴식을 가진 후 다시 10분의 ADIM 프로토콜을 수행하는 방법으로 진행하였다. 10분의 ADIM 프로토콜은 1분간의 이완과 1분간의 ADIM을 5회 반복하는 방법으로 설정하였다(Hodges 등, 2003). ADIM의 적용자세는 등받이가 없는 의자 위에서 체간을 곧게 펴고 앉은 자세로 진행하였으며(Reeve와 Dilley, 2009), 적용방법은 Koppenhaver 등(2009)이 제시한 것으로 척추나 골반의 움직임이 없이 하복부를 안으로 끌어당겨서 유지하는 방법으로 ADIM을 시행하였다(Fig 2).

Ⅲ. 결 과

1. ADIM 적용에 따른 측정시점별 변화 결과

ADIM의 적용에 따른 측정시점별 변화를 확인한 결과, VAS는 1주 후 5cm이었고 2주 후 3cm이었으며, 3주 후는 1cm으로 감소하였다. KODI는 1주 후 22%였고 2주 후 18%였으며, 3주 후는 9%로 감소하였다. 복횡근의 두께변화율은 1주 후 46%였고 2주 후 61%였으며, 3주 후는 68%로 증가하였다(Table 1).

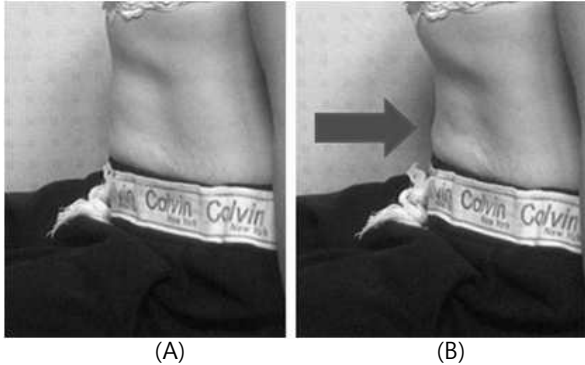


Fig 2. Method of ADIM. (A) during rest, (B) during ADIM.

Table 1. Results of changes for application of ADIM

Variables	Baseline	After 1week	After 2weeks	After 3weeks
VAS(cm)	5	5	3	1
KODI(%)	22	22	18	9
TrA(%)	32	46	61	68

VAS: visual analogue scale

KODI: Korean version of Oswestry disability index

TrA: transversus abdominis

2. 중재 전 결과 대비 측정시점별 변화율 결과

중재 전 결과를 기준으로 하여 측정시점별의 변화율을 확인한 결과, VAS는 1주 후에 변화가 없었고 2주 후 -40%였으며, 3주 후는 -80%로 감소하였다. KODI는 1주 후에 변화가 없었고 2주 후 -18%였으며, 3주 후는 -59%로 감소하였다. 복횡근의 두께변화율은 1주 후 44%였고 2주 후 91%였으며, 3주 후는 113%로 증가하였다. VAS의 최소 임상적 중요 차이(minimal clinically important difference: MCID)를 23%의 감소율로 설정하였을 때 중재 2주 후부터 임상적인 통증감소 효과가 있었으며, ODI의 MCID를 51%의 감소율로 설정하였을 때 중재 3주 후부터 임상적인 기능장애수준의 감소 효과가 있었다(Fig 3).

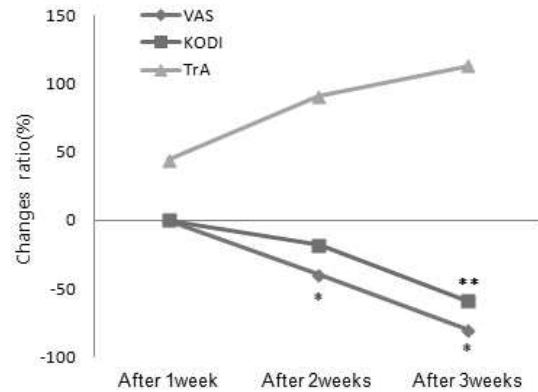


Fig 3. Results of changes ratio for application of ADIM. *VAS MCID 23%, **ODI MCID 51%.

IV. 고 찰

본 연구에서 중간 등급의 통증 수준과 기능장애 수준을 가진 만성요통환자에게 ADIM 적용에 따른 VAS와 KODI의 수준변화를 비교한 결과는 중재 전 VAS 5cm에서 3주 후 1cm으로 감소하였고, 중재 전 KODI 22%수준에서 3주 후 9%수준으로 감소하였다. 이에 따라 중재 전 대비 변화율을 보게 되면, VAS의 통증수준은 3주 후 80%의 감소율을 보였고 KODI의 기능장애 수준은 3주 후 59%의 감소율을 보였다. 이는 만성요통 환자에게 ADIM의 적용이 통증수준과 기능장애 수준을 감소시킬 수 있는 가능성을 확인 한 연구결과로 Franca 등(2010)이 중간등급의 만성요통 환자들을 대상으로 ADIM을 포함한 요부안정화 운동프로그램을 적용한 연구에서 VAS의 통증수준이 99%의 감소율을 보였고, ODI의 기능장애 수준은 90%의 감소율이 나타났다고 한 연구결과와 O'Brien 등(2006)이 중간등급의 요통 환자들을 대상으로 ADIM을 포함한 요부안정화 운동프로그램을 적용한 연구에서 통증수준인 VAS 67%의 감소율과 기능장애 수준인 로랜드 모리스 설문지(Roland-Morris questionnaire: RMQ) 79%의 감소율을 보인 연구결과를 비교하여 ADIM의 적용에 따른 통증수준과 기능장애 수준의 감소 효과에 대해 유사한 연구결과를 보였다. 연구자마다 통증수준과 기능장애 수준의 감소율이 다른 것은 중재기간과 중재방법의 차이에 따른 것으로 생각되어지며, 본 연구에서는 중재횟수를 9회로 하여 ADIM만을 중재프로그램으로 설정한 반면 Franca 등(2010)의 연구는 중재횟수를 12회로, O'Brien 등(2006)은 중재횟수를 8회로 하여 ADIM을 포함한 다른 운동프로그램을 함께 적용한 중재방법으로 시행하였다.

실험에 참여한 환자의 이완 시와 ADIM 시 복횡근의 두께변화율을 비교 한 결과는 중재 전 32%였으며, 이는 김한일(2011)의 요통군과 비요통군 간에 ADIM 시 복부근 두께변화의 연구에서 정상군의 복횡근 평균 두께변화율은 102%였다고 한 결과와 비교하면 이 환자는 정상군에 비해 약 30% 수준의 복횡근 두께변화율을 가지고 있는 것으로 보여진다. 이러한 결과는 Beazell 등(2006)과 Mannion 등(2008)이 요통군과 정상군 간의 복부근 두께변화를 알아 본 연구에서 ADIM 시 요통군과 정상군 간에 두께변화에 대한 유의한 차이가 있었으며, 요통군이 정상군에 비해 내복사근과 복횡근의 두께 증가가 적다고 한 연구결과와 일치하였다. 3주 동안 주 3회로 진행된 ADIM 적용에 따른 복횡근의 두께변화율을 비교 한 결과는 중재 전 32%에서 중재 3주 후 68%로 증가하였으며, 이에 따른 중재 전 대비 변화율을 보게 되면 3주 후 113%의 증가율을 보였다. 이는 Teyhen 등(2005)이 요통군을 대상으로 한 연구에서 ADIM 시 외복사근의 두께변화는 없었고, 내복사근과 복횡근의 두께가 이완 시 보다 증가한다고 한 결과와 일치하였고, Koppenhaver 등(2009)이 복부근에 대한 ADIM 적용 시 내복사근과 복횡근의 두께가 이완 시 보다 유의하게 증가하였다고 한 결과와 일치하였다. MCID는 임상적으로 의미 있는 최소한의 변화 점수로 정의되고 있으며(Wells 등, 2011), Todd와 Funk(1996)는 VAS의 MCID에 대한 범위를 18mm 이상 감소 혹은 23%의 감소율을 제시하였고 Lauridsen 등(2006)은 ODI의 MCID에 대한 범위를 51%의 감소율로 제시하였다. 이에 따라 본 연구에서 중재 전 결과를 기준으로 하여 측정시점별 변화율을 보게 되면, VAS는 중재 2주 후에 40%의 감소율을 보이므로 중재 2주 후부터 실제적인 통증 감소 효과가 있다는 것을 알 수 있었으며, KODI는 중재 3주 후에 59%의 감소율을 보이므로 중재 3주 후부터 실제적인 기능장애수준의 감소 효과가 있다는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 환자의 1차적인 치료기간 설정에 대한 기초자료가 될 것으로 사료되어지며, 이 환자의 통증수준 MCID와 기능장애 수준 MCID를 모두 충족하는 기간이 중재 3주후이므로 이 환자의 치료효과를 검증하기 위한 1차적인 치료기간은 주 3회로 진행된 3주 중재프로그램으로 설정하면 되리라 사료된다. Franca 등(2010)은 6주 동안 주 2회로 진행된 12회의 중재적용으로, O'Brien 등(2006)은 4주 동안 주 2회로 진행된 8회의 중재적용으로 통증수준과 기능장애 수준의 유의한 감소 효과를 보였다.

이러한 결과를 통해 중간등급의 만성요통 환자에게 복횡근의 수축을 유도하는 ADIM의 적용이 통증수준과

기능장애수준을 감소시키며, 약화 된 복횡근의 수축력을 증가 시킬 수 있는 가능성이 있음을 확인하였다. 이에 따라 만성요통환자들에게 복횡근의 수축을 유도하는 ADIM의 적용이 필요하리라 사료된다.

본 연구의 제한점은 중간 등급의 통증수준과 기능장애 수준을 가진 만성요통 환자의 단일사례 연구결과로 이 연구만으로 모든 요통군을 일반화하여 연구 결과를 적용하기에는 어려운 점이 있다. 따라서 향후 연구에서는 실험대상자의 인원 증가와 함께 다양한 통증수준과 기능장애 수준을 가진 요통환자들을 대상으로 한 연구가 필요하리라 사료 된다.

V. 결론

본 연구는 중간등급의 통증수준과 기능장애 수준을 가진 만성요통 환자 1명을 대상으로 복횡근의 수축훈련을 위한 ADIM의 적용에 따른 효과를 알아보기 위해 주 3회로 3주간 실시하였고 중재 전과 중재 1주 후, 2주 후, 3주 후에 평가하여 비교하였다. 그에 따른 결과는 다음과 같다.

1. ADIM의 적용에 따른 VAS와 KODI 수준의 변화를 비교한 결과, 중재 전에 비해 중재 3주 후 통증수준과 기능장애 수준이 감소하였다.
2. ADIM의 적용에 따른 복횡근의 두께변화율을 비교한 결과, 중재 전에 비해 중재 3주 후의 두께변화율이 증가하였다.

본 연구의 결과로 중간등급의 만성요통 환자에게 복횡근의 수축을 유도하는 ADIM의 적용이 통증수준과 기능장애수준을 감소시키며, 약화 된 복횡근의 수축력을 증가 시킬 수 있는 가능성이 있음을 확인하였다. 따라서 임상적으로 만성요통환자의 물리치료적인 접근에서 복횡근의 수축을 유도하는 ADIM을 포함한 요부안정화 운동프로그램의 적용이 필요하리라 사료된다.

참고문헌

김진택, 김선엽, 오덕원. 요통환자에서 나타나는 공포-회피 반응과 기능 수행 수준의 관계: 단면연구. 한국전문물리치료학회지. 2009;16(1):52-60.
 김한일. 요통군과 비요통군 간에 복부 안으로 끌어당기기 시 복부근 두께변화 비교. 대전대학교 보건스포트대학원, 석사학위논문. 2011.

- Allison GT, Kendle K, Roll S, et al. The role of the diaphragm during abdominal hollowing exercises. *Aust J Physiother.* 1998;44(2):95-102.
- Beazell JR, Grindstaff TL, Magnmi EM, et al. Comparison of clinical test and realtime ultrasound evaluation of muscle contraction in normals and patients with low back pain. *J Man Manip Ther.* 2006;14(3):168-169.
- 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.
- Collins SL, Moore RA, Quay HJ. The visual analogue pain intensity scale: What is moderate pain in millimetres? *Pain.* 1997;72(1-2):95-97.
- Costa LO, Maher CG, Latimer J, et al. Reproducibility of rehabilitative ultrasound imaging for the measurement of abdominal muscle activity: A systematic review. *Phys Ther.* 2009;89(8):756-769.
- Ebenbichler GR, Oddsson LI, Kollmitzer J, et al. Sensory-motor control of the lower back: Implications for rehabilitation. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(11):1889-1898.
- Fairbank JC, Couper J, Davis JB, et al. The Oswestry low back pain disability questionnaire. *Physiotherapy.* 1980;66(8):271-273.
- Franca 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.
- Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Magnetic resonance imaging and ultrasonography of the lumbar multifidus muscle-comparison of two different modalities. *Spine.* 1995;20(1):54-58.
- Hides JA, Jull GA, Richardson CA. Long-term effects of specific stabilizing exercises for first-episode low back pain. *Spine.* 2001;26(11):243-248.
- Hides JA, Wilson S, Stanton W, et al. An MRI investigation into the function of the transversus abdominis muscle during "drawing-in" of the abdominal wall. *Spine.* 2006;31(6):175-178.
- Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain: A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine.* 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.
- Hodges PW, Richardson CA. Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80(9):1005-1012.
- Hodges PW, Moseley GL, Gabrielsson A, et al. Experimental muscle pain changes feedforward postural responses of the trunk muscles. *Exp Brain Res.* 2003;151(2):262-271.
- Jeon CH, Kim DJ, Kim SK, et al. Validation in the cross-cultural adaptation of the Korean version of the Oswestry Disability Index. *J Korean Med Sci.* 2006;21(6):1092-1097.
- Jorgensen DJ. Fiscal analysis of emergency admissions for chronic back pain: A pilot study from a Maine hospital. *Pain Med.* 2007;8(4):354-358.
- Keele KD. The pain chart. *Lancet.* 1948;2(6514):6-8.
- 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.
- Lauridsen HH, Hartvigsen J, Manniche C, et al. Responsiveness and minimal clinically important difference for pain and disability instruments in low back pain patients. *BMC Musculoskelet Disord.* 2006;7:82.
- Long DM, Bendebba M, Torgerson WS, et al. Persistent back pain and sciatica in the United States: Patient characteristics. *J Spinal Disord.* 1996;9(1):40-58.
- 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. A revised anatomical model of the abdominal musculature for torso flexion efforts. *J Biomech.* 1996;29(7):973-977.
- McMeeken JM, Beith ID, Newham DJ, et al. The relationship between EMG and change in thickness of transversus abdominis. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2004;19(4):337-342.

- Neumann DA. *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundation for Physical Rehabilitation*. Mosby. 2002.
- Norris C. Function load abdominal training: Part 2. *J Bodywork and movement therapies*. 1999;3(4):208-214.
- O'Brien N, Hanlon M, Meldrum D. Randomized, controlled trial comparing physiotherapy and Pilates in the treatment of ordinary low back pain. *Phys Ther Rev*. 2006;11(3):224-225.
- O'Sullivan PB, Phytty GD, Twomey LT, et al. Evaluation of specific stabilizing exercise in the treatment of chronic low back pain with radiologic diagnosis of spondylolysis or spondylolisthesis. *Spine*. 1997;22(24):2959-2967.
- Reeve A, Dilley A. Effects of posture on the thickness of transversus abdominis in pain-free subjects. *Man Ther*. 2009;14(6):679-684.
- Richardson C, Jull G, Hodges P, et al. *Therapeutic Exercise for Spinal Stabilization: Scientific Basis and Practical Techniques*. Churchill Livingstone, 1999.
- Scott J, Huskisson EC. Vertical or horizontal visual analogue scales. *Ann Rheum Dis*. 1979;38(6):560.
- Silfies SP, Mehta R, Smith SS, et al. Differences in feedforward trunk muscle activity in subgroups of patients with mechanical low back pain. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009;90(7):1159-1169.
- Stokes IA, Henry SM, Single RM. Surface EMG electrodes do not accurately record from lumbar multifidus muscles. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2003;18(1):9-13.
- Teyhen DS, Miltenberger CE, Deiters HM, et al. The use of ultrasound imaging of the abdominal drawing-in maneuver in subjects with low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2005;35(6):346-355.
- Todd KH, Funk JP. The minimum clinically important difference in physician-assigned visual analog pain scores. *Acad Emerg Med*. 1996;3(2):142-146.
- van Zundert J, van Kleef M. Low back pain: From algorithm to cost-effectiveness. *Pain Pract*. 2005;5(3):179-189.
- Wagner DR, Tatsugawa K, Parker D, et al. Reliability and utility of a visual analog scale for the assessment of acute mountain sickness. *High Alt Med Biol*. 2007;8(1):27-31.
- Wells G, Beaton D, Shea B, et al. Minimal clinically important differences: Review of methods. *J Rheumatol*. 2001;28(2):406-412.
- Wheeler AH. Diagnosis and management of low back pain and sciatica. *Am Fam Physician*. 1995;52(5):1333-1341.