

Original Article

Open Access

무릎 구부리고 누운 자세, 앉은 자세, 선 자세에서 복부 드로잉-인 방법을 수행하는 동안 배가로근의 수축비 비교

원종임†

전주대학교 의과대학 물리치료학과

Comparison of the Contraction Ratios of the Transversus Abdominis Muscle During the Abdominal Drawing-in Maneuver in the Hook-Lying, Sitting, and Standing Positions

Jong-Im Won, P.T., Ph.D.†

Dept. of Physical Therapy, College of Medical Science, Jeonju University

Received: July 1, 2021 / Revised: July 19, 2021 / Accepted: July 28, 2021

© 2021 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

| Abstract |

Purpose: This study aimed to compare the contraction ratios of the abdominal muscles and the preferential activation ratios of the transversus abdominis muscle (TrA) during the abdominal drawing-in maneuver (ADIM) in the hook-lying, sitting, and standing positions.

Methods: This study included 30 healthy participants. The thicknesses of the TrA, internal oblique muscle (IO), and external oblique muscle (EO) were measured at rest and during the ADIM in the hook-lying, sitting, and standing positions using B-mode ultrasound imaging. The contraction ratios of these muscles and the preferential activation ratios of the TrA were calculated for each position.

Results: The contraction ratio of the TrA and preferential activation ratio of the TrA during the ADIM in the hook-lying position were significantly higher than those in the sitting and standing positions ($p < 0.05$). The contraction ratio of the TrA during the ADIM in the sitting position was significantly higher than that in the standing position ($p < 0.05$).

Conclusion: The hook-lying position tended to facilitate TrA activity better than the sitting position. Furthermore, the sitting position tended to facilitate TrA activity better than the standing position. These findings suggest that the ADIM in the hook-lying position should be implemented before that in the sitting position and that the ADIM in the sitting position should be implemented before that in the standing position.

Key Words: Sitting positions, Standing positions, Transversus abdominis, Ultrasonography

†Corresponding Author : Jong-Im Won (ptwon@jj.ac.kr)

I. 서론

인체의 복벽(abdominal wall)은 복강(abdominal cavity)을 보호하고 지지하는 기능을 하며, 피부, 피하조직(subcutaneous tissue), 앞가쪽 배근육(anterolateral abdominal muscles) 등의 연부조직으로 구성되어 있다 (Pachera et al., 2016). 앞가쪽 배근육들은 갈비연골(costal cartilages)과 등허리근막(thoracolumbar fascia)을 경유해 허리뼈(lumbar spine), 엉덩뼈 능선(ilic crest), 두덩뼈(pubis)에 섬유골 연결부위(fibro-osseous attachments)를 가지고 있어, 허리뼈와 골반을 움직이거나 통제하는데 중요한 역할을 한다(Cholewicki et al., 1999; De Troyer et al., 1990). 앞가쪽 배근육들은 배가로근, 배속빋근, 배바깥빋근으로 구성되어 있는데, 이 중 배속빋근과 배바깥빋근은 인체의 여러 분절에 포괄적으로 걸쳐있는 걸근육들 중 하나이고(multisegmental global muscle), 배가로근은 각각의 분절에 국소적으로 부착되어 있는 속근육들 중 하나이다(Kinsner & Colby, 2012).

배가로근의 개별 영역은 특별한 기능을 수행하기 위해 독립적으로 활성화될 수 있다. 즉 상부 영역은 흉곽을 안정화시키고, 하부 영역은 엉치엉덩관절(sacroiliac joint)을 압박하며, 중간 영역은 등허리근막의 장력에 기여한다(Richardson et al., 2002). 배가로근의 전체 영역은 복부의 내용물을 지지하는 동안 복강내압(intra-abdominal pressure)을 증가시킨다. 증가된 복강내압은 압력이 배가로근을 바깥쪽으로 밀어내는 힘으로 작용하여 등허리근막의 장력을 증가시키고, 결과적으로 척추의 안정성을 증진시키며, 척추가 갑자기 휘거나 구부러지는 현상(buckling) 및 척추 주위 조직의 염좌를 예방한다(Cholewicki et al., 1999; Kinsner & Colby, 2012). 배가로근을 활성화시키기 위해서 많이 사용되는 운동이 복부 드로잉(abdominal drawing-in maneuver, ADIM) 운동이다. 이 운동은 하부 복벽(lower abdominal wall)을 척추를 향해 부드럽게 잡아당기는 방법으로 시행하며, 배바깥빋근이나 배곧은근 같은 표면 근육들의 수축을 최소화하고 배가로

근 같은 심부근육을 강조하기 위해 고안되었다 (Allison et al., 1998; Teyhen et al., 2005).

그동안 임상적으로 ADIM을 수행하는 시작 자세로 네 가지 자세가 주로 사용되어져 왔다. 이 자세들은 무릎 구부리고 누운 자세(hook lying), 엎드린 자세(prone lying), 네발기기 자세(four-point kneeling), 그리고 벽에 기대어 선(wall support standing) 자세이다 (Norris, 1999; O'Sullivan, 2000; Richardson & Jull, 1995). Urquhart 등(2005)은 엎드려 누운 자세에 비해 무릎 구부리고 누운 자세에서 ADIM을 수행시 배가로근의 근활성도가 더 높았고, 무릎 구부리고 누운 자세에서 ADIM을 수행할 때 다른 복근에 비해 배가로근이 선택적으로 활성화될 수 있음을 보고하였다. 이는 임상에서 환자에게 ADIM을 가르칠 때 무릎 구부리고 누운 자세에서 가르치는 것이 가장 쉽게 배가로근을 활성화시킬 수 있으므로 앞의 네 가지 자세 중에서 무릎 구부리고 누운 자세를 가장 먼저 선택해야 하는 것을 의미한다. 그러나 일상생활에서 기능적인 동작이 많이 사용되는 자세는 앉은 자세나 선 자세이다. 이들 자세에서도 배가로근을 활성화시키기 위해서는 앉거나 선 자세에서 ADIM을 가르쳐야 한다. 일반적으로 앉은 자세와 선 자세는 무릎 구부리고 누운 자세에 비해 척추의 안정성을 확보하기 위해 그리고 똑바로 기립해서 균형을 유지하기 위해 추가적인 운동조절 시스템이 작동해야 한다. 더구나 이러한 운동조절은 지지면(base of support)의 크기, 무게중심(center of mass)의 높이, 들어올리는 부하 등에 의해 달라질 수 있다(Cholewicki et al., 1997; Crommert et al., 2011). Miura 등(2014)은 건강한 사람과 요통이 있는 사람을 대상으로 무릎 구부리고 누운 자세, 앉은 자세, 선 자세에서 배가로근의 두께변화를 연구하였으나, 근수축비를 산출할 때 각 자세의 휴식 상태가 아닌 무릎 구부리고 누운 자세의 휴식 상태를 기준으로 계산하여 각 자세마다 변화하는 배가로근의 휴식시 두께를 반영하지 못하였다. 따라서 무릎 구부리고 누운 자세 이외에 앉은 자세와 선 자세에서 ADIM을 수행할 때 각 자세의 휴식시 배가로근의 근두께를 반영한 배가로근의

근수축 비가 어떤 자세에서 더 높은지 비교할 필요가 있다.

ADIM을 수행하는 동안 복부근들의 근두께 변화를 측정하는 도구로 초음파 영상 방법이 있다. 초음파 영상 측정법은 성인들의 복부근육을 평가하는데 신뢰성있는 도구로 알려져 있다(Ferreira et al., 2011; Koppenhaver et al., 2009). 또한 초음파 영상으로 측정 한 복부근 두께 변화는 자기공명 영상(magnetic resonance imaging)과 근전도(electromyography)와 연관성이 높아 근활성도의 지표로 사용되고 있다(Fischer et al., 2000; Hides et al., 1995). 따라서 초음파 영상 측정법을 이용하여 무릎 구부리고 누운 자세, 앉은 자세, 선 자세에서 ADIM을 수행할 때 배가로근의 활성도를 비교할 필요가 있다. 따라서 본 연구의 목적은 무릎 구부리고 누운 자세, 앉은 자세, 선 자세의 휴식상태와 ADIM을 수행하는 동안 초음파 영상을 통해 배가로근, 배속빗근, 배바깥빗근의 두께를 확인 한 후 각 휴식상태에 대한 ADIM 수행시 이들 근육들의 수축비를 비교하는 것이다. 본 연구의 가설은 무릎 구부리고 누운 자세에서 ADIM시 배가로근의 수축 비는 앉은 자세와 선 자세에 비해 높을 것이다. 반면 모든 자세에서 ADIM시 배속빗근과 배바깥빗근의 수축 비는 차이가 없을 것이다.

II. 연구 방법

1. 연구대상자

대상자의 선정 조건은 안정시 허리와 목에 통증이 없고, 일상생활을 수행할 때 허리와 목의 가동범위에 제한이 없는 사람이었다. 대상자 배제 조건은 현재 목과 허리에 통증이 있는 사람, 이전에 목뼈와 허리에 외상이 있었거나 수술을 받은 사람, 전신적 신경학적 장애(systematic neurologic disorder)가 있는 사람이었다. 연구대상자는 대학에 재학 중인 학생 30명이었으며, 본 연구를 시작하기 전에 대상자들로부터 문서로

된 대상자 동의를 받은 다음 진행되었다. 연구대상자들 중 남자는 16명, 여자는 14명이었고, 평균 나이는 21.1세 였으며, 신체질량지수는 평균 23.4였다. 그 외 일반적 특성은 다음과 같았다(Table 1).

Table 1. Demographic characteristics of the subjects (N=30)

Characteristics	Descriptive statistics quantity
Age (year)	21.07±1.36 ^a
Height (cm)	167.40±8.22
Weight (kg)	65.73±11.59
BMI ^b	23.38±3.33
Sex (male/female)	16/14

^aMean±SD, ^bbody mass index.

2. 측정도구 및 측정방법

1) ADIM 운동 방법

대상자들은 가장 먼저 무릎 구부리고 누운 자세에서 ADIM 훈련을 하였다. 그 다음, 앉거나 선 자세에서 훈련하였는데, 앉거나 선 자세의 순서는 제비 뽑기를 통해 무작위로 정해졌다. ADIM 훈련은 각 자세에서 3~5회씩 반복하였다. ADIM 훈련 방법은 초음파 이미지를 보면서 배가로근이 두꺼워지게 피드백을 주는 방식이었다. 이 때 골반의 움직임이 일어나지 않고, 발과 다리에 체중지지(weight bearing)가 증가되는 즉 보상(substitution) 현상이 발생하지 않도록 하였다(Henry & Westervelt, 2005). 각 자세에서 보상 현상 없이 ADIM을 수행하면 초음파 영상을 정지하고 저장 하였다.

ADIM 방법을 훈련할 때, “숨을 깊이 들이쉬고, 숨을 10초간 천천히 내실 겁니다” “숨을 내 쉴 때, 아래 복부가 움푹 들어가도록 배꼽을 머리 위쪽과 등쪽의 대각선 방향으로 당기시오”라고 요청하고, 이러한 과정은 부드럽고 점진적으로 시행하도록 하였다. 이 때 숨을 내쉬면서 동시에 ADIM 시작한 3초 후에 영상을 정지하고 저장하였다. 각 자세에서 ADIM을 수행한

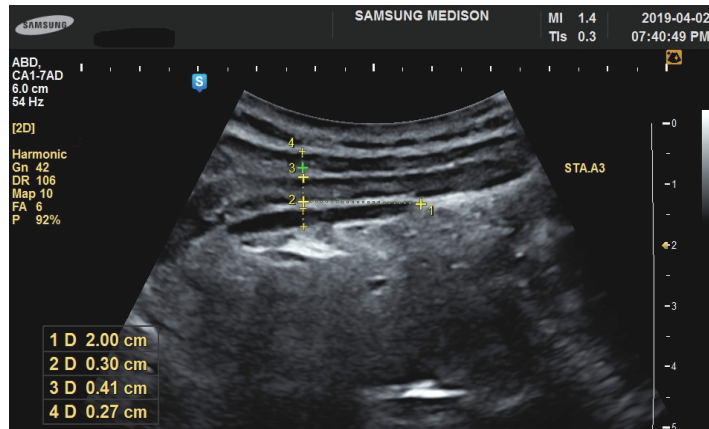


Fig. 1. Measurement of abdominal muscles' thickness (1D: distance from medial edge of transverse abdominal muscle-tendon junction to point of measurement, 2D: thickness of transverse abdominal muscle, 3D: thickness of internal oblique muscle, 4D: thickness of external oblique muscle).

후 다른 자세로 변경하기 전 약 30초의 휴식시간을 주었다. 이렇게 하여 각 대상자가 모든 실험을 수행하는데 약 20분의 시간이 소요 되었다.

2) 초음파 영상 측정 과정

초음파 영상 측정을 위해, B mode의 디지털 컬러 초음파 장비(UGEO H60, Samsung Medison CO. LTD., Korea)를 사용하였다. 이 때 사용한 탐촉자는 80mm 길이의, 1~7Hz 주파수를 가진 구형 탐촉자(convex probe)이었다. 대상자가 누운 자세에서 초음파 영상을 측정할 때, 무릎 구부려 누운 자세(hook lying)에서 고관절 45° 무릎관절 90° 굴곡하고 팔은 몸통 옆에 나란히 둔 자세를 취하였다. 이 자세에서 복부를 노출하고 초음파 젤을 바른 후 초음파 탐촉자를 통해 복부근육 영상을 확인하였다. 탐촉자의 위치는 비우세측 12번째 갈비 아래에서 같은쪽 골반의 엉덩뼈 능선(iliac crest) 사이의 앞겨드랑선(anterior axillary line)을 따라 가로로 위치시켰다(Rasouli et al., 2011; Reeve & Dilley, 2009). 이 때 초음파 영상에서 인체의 표면에서부터 심부쪽 방향으로 각각 배바깥근, 배속근, 배가로근을 확인하고, 배가로근의 근-힘줄 연결지점의 안쪽

가장자리(medial edge)를 확인하였다. 이 영상이 보이는 복부 지점을 유성펜으로 표시한 후 이 지점에 다시 위치시켜 휴식 상태와 ADIM 상태에서 각각 3회씩 영상을 저장하였다. 앉은 자세와 선 자세에서도 이와 같은 방법으로 유성펜이 표시된 지점에 초음파 탐촉자를 위치시키되 자세에 따라 피부의 위치가 달라질 수 있어 영상을 확인할 때는 탐촉자를 약간 움직이며 무릎 구부리고 누운 자세와 동일한 영상을 얻도록 하였다.

근육 횡단면의 근두께 측정은 저장되었던 영상을 보았을 때, 배가로근의 근-힘줄 연결지점의 안쪽 가장자리에서 바깥쪽으로 2cm 떨어진 지점에서 배가로근, 배속근, 배바깥근의 두께를 측정하였다(Costa et al., 2009; Miura, et al., 2014). 이 때, 각 근육의 경계지점에 있는 흰색의 근막을 제외하고 그 안쪽 지점까지 컴퓨터 스크린에 있는 측정도구(callipers)를 사용해 근두께를 측정하였다(Fig. 1).

3. 분석방법

본 연구에서 수집된 자료를 통계처리하기 위해, SPSS ver. 25.0 프로그램(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)

을 사용하였다. 대상자들의 나이, 신장, 체중, BMI의 평균과 표준편차를 확인하기 위해, 서술통계를 이용하였다. 또한 세 번씩 측정된 각 근육 두께에 대한 신뢰도를 확인하기 위해 ICC (3,1)를 이용하였다. 근육의 수축 비(contraction ratio)와 배가로근의 선택적 근육활동률(preferential activation ratio)을 확인하기 위해 선행 연구들(Linek et al., 2015; Mannion et al., 2008; Teyhen et al., 2005)에 따라 다음과 같은 식을 이용하였다; (1) 수축 비 = ADIM 동안의 근두께 ÷ 휴식 시 근두께, (2) 배가로근의 선택적 근육활동률 = [ADIM 동안의 배가로근 두께 ÷ (ADIM 동안의 배바깥근 두께 + 배속빗근 두께 + 배가로근 두께)] - [휴식시의 배가로근 두께 ÷ (휴식시의 배바깥근 두께 + 배속빗근 두께 + 배가로근 두께)]. 이 계산식에서 휴식시 근두께는 각 무릎 구부리고 누운 자세, 앉은 자세, 선 자세의 휴식시 자세의 근두께였다. 각 복부근의 수축비와 배가로근의 선택적 근육활동률의 정규분포 여부를 확인하기 위해 콜모고로프-스미르노프(Kolmogorov-Smirnov) 검정을 실시하였다. 각 복부근의 수축 비와 배가로근의 선택적 근육활동률이 무릎 구부리고 누운 자세, 앉은 자세, 선 자세 간에 차이가 있는지 확인하기 위해, 반복측정된 일요인분산분석(one-way repeated measures ANOVA)을 실시하였고, 사후검정으로는 본 페로니 검정(Bonferroni correction)을 사용하였다. 통계학적 유의수준은 $\alpha = 0.05$ 로 정하였다.

III. 연구 결과

세 번 반복하여 측정한 근육두께에 대한 측정자내

신뢰도 검사 결과, 배가로근은 무릎 구부리고 누운 자세의 휴식 상태에서 ICC 0.87, ADIM시 ICC 0.85이었고, 앉은 자세의 휴식 상태에서 ICC 0.85, ADIM시 ICC 0.85이였으며, 선 자세의 휴식 상태에서 ICC 0.83, ADIM시 ICC 0.90이었다. 배속빗근은 무릎 구부리고 누운 자세의 휴식 상태에서 ICC 0.95, ADIM시 ICC 0.92이었고, 앉은 자세의 휴식 상태에서 ICC 0.94, ADIM시 ICC 0.93이였으며, 선 자세의 휴식 상태에서 ICC 0.87, ADIM시 ICC 0.85이었다. 배바깥근은 무릎 구부리고 누운 자세의 휴식 상태에서 ICC 0.89, ADIM시 ICC 0.91이었고, 앉은 자세의 휴식 상태에서 ICC 0.85, ADIM시 ICC 0.79이였으며, 선 자세의 휴식 상태에서 ICC 0.76, ADIM시 ICC 0.81이었다.

각 자세에서 휴식 자세와 ADIM을 수행하는 동안 배가로근, 배속빗근, 배바깥근의 두께는 Table 2와 같았다. 무릎 구부리고 누운 자세, 앉은 자세, 선 자세 간의 반복측정된 일요인분산분석 결과, 세 가지 자세 간에 배가로근의 수축 비와 배가로근의 선택적 근육활동률에서 유의한 차이가 나타났다($p < 0.05$)(Table 3). 본 페로니 검정 결과, 배가로근의 수축 비는 무릎 구부리고 누운 자세(1.88 ± 0.55)가 앉은 자세(1.52 ± 0.27)에 비해 더 높았고($p < 0.05$), 무릎 구부리고 누운 자세가 선 자세(1.30 ± 0.24)에 비해 더 높았으며($p < 0.05$), 앉은 자세가 선 자세에 비해 더 높았다($p < 0.05$)(Fig. 2). 배가로근의 선택적 근육활동률은 무릎 구부리고 누운 자세(0.08 ± 0.01)가 앉은 자세(0.05 ± 0.01)에 비해 더 높았고($p < 0.05$), 무릎 구부리고 누운 자세가 선 자세(0.03 ± 0.01)에 비해 더 높게 나타났다($p < 0.05$)(Figure 3).

Table 2. Muscles thickness at each posture with rest and abdominal drawing-in maneuver (N=30)

Muscles Thickness (mm)	Supine		Sitting		Standing	
	Rest	ADIM ^a	Rest	ADIM	Rest	ADIM
Transverse abdominis	2.87±0.85 ^b	5.18±1.50	3.90±0.99	5.81±1.40	4.13±0.98	5.32±1.38
Internal oblique	6.72±1.62	8.73±2.70	7.49±2.11	9.84±3.04	8.02±1.91	9.92±2.06
External oblique	4.61±1.16	4.27±1.16	4.11±.83	4.03±0.89	4.67±0.80	4.30±0.81

^aAbdominal drawing-in maneuver. ^bmean±standard deviation.

Table 3. Summary table for the one-way repeated measures ANOVA

Variable	TA ^a ratio		IO ^b ratio		EO ^c ratio		TA PAR ^d	
	F	p	F	p	F	p	F	p
Posture type	20.32	0.00*	0.88	0.42	1.75	0.19	19.96	0.00*

^aTransvers abdominis, ^binternal oblique, ^cexternal oblique, ^dtransverse abdominis preferential activation ratio, *p<0.05.

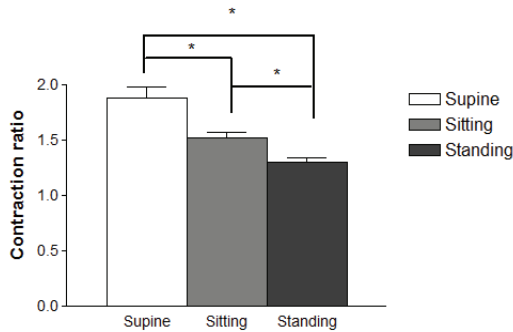


Fig. 2. Contraction ratio of transverse abdominis during abdominal drawing-in maneuver at each posture (*p<0.05).

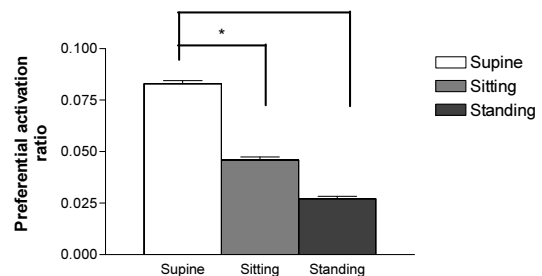


Fig. 3. Preferential activation ratio of transverse abdominis during abdominal drawing-in maneuver at each posture (*p<0.05).

IV. 고찰

본 연구에서 무릎 구부리고 누운 자세, 앉은 자세, 선 자세의 휴식시와 ADIM을 수행하는 동안 세 번 측정된 자료의 신뢰도는 배가로근의 경우 ICC 0.83~0.90, 배속빗근은 ICC 0.85~0.95, 배바깥빗근은 ICC 0.76~0.91로 나타났다. 본 연구의 신뢰도는 Miura 등(2014)이 무릎 구부리고 누운 자세, 앉은 자세, 선 자세의 휴식시와 ADIM시 배가로근에서 나타난 ICC 0.96~0.99에 비해서는 낮았다. 그러나 Rho 등(2013)은 무릎 구부리고 누운 자세의 휴식시와 ADIM 수행시 측정된 복근의 신뢰도는 ICC 0.62~0.95라고 보고하여, 본 연구에서 나타난 신뢰도와 유사한 결과를 나타냈다. Koo 와 Li (2016)에 의하면, ICC 0.75~0.90의 범위에 속하면 좋은 신뢰도라고 평가하여, 본 연구의 신뢰도 결과는 좋은 신뢰도라고 할 수 있다.

각 자세에 따른 ADIM 수행시 복부근의 근활성도를 비교하면, Chanthapetch 등(2009)은 무릎 구부리고 누운 자세, 엎드려 누운 자세, 네발기기 자세, 벽에 기대

선 자세에서 ADIM을 수행하는 동안 복부근의 활성도를 근전도를 이용해 비교하였다. 그 결과 배가로근 및 배속빗근의 근활성도는 네발기기 자세에 비해 엎드려 누운 자세에서 높은 근활성도를 나타냈고, 다른 자세 간에는 유의한 차이가 없었다. Manshadi 등(2011)은 무릎 구부리고 누운 자세와 선 자세에서 ADIM을 수행하는 동안 복부근의 두께 변화를 확인한 결과, 무릎 구부리고 누운 자세는 선 자세에 비해 배가로근의 수축 비와 배가로근의 선택적 근육활동률이 더 높았다고 하였다. 본 연구에서도 배가로근의 수축 비와 선택적 근육활동률 모두 선 자세에 비해 무릎 구부리고 자세에서 높게 나타났다. 그러나 Mew (2009)는 ADIM 수행시 복부근의 두께에서 휴식시의 복부근 두께의 차이값이 무릎 구부리고 누운 자세에 비해 선 자세에서 더 크게 나타나 선 자세에서 배가로근을 더 활성화시킬 수 있다고 보고하였다. Miura 등(2014)도 건강한 대상자가 무릎 구부리고 누운 자세, 앉은 자세, 선 자세에서 ADIM을 수행하는 동안 휴식 상태에 대한 배가로근의 근수축 비는 누운 자세에서 1.6, 앉은 자세

에서 1.8, 선 자세에서 1.9로 나타났다고 보고해 본 연구와 다른 결과를 나타냈다. Mew (2009)와 Miura 등(2014)의 연구에서는 근수축 비를 산출할 때, 각 자세의 휴식 상태가 아닌 무릎 구부리고 누운 자세의 휴식 상태를 기준으로 하여 계산하여 이러한 차이가 나타난 것으로 생각된다. 그러나 Mangum 등(2018)에 의하면, 초음파에서 측정된 근두께를 이용해 여러 기능적인 자세의 근수축 비를 계산할 때, 각 자세의 휴식 상태가 아닌 무릎 구부리고 누운 자세의 휴식 상태를 기준으로 하여 계산하는 것은 적절하지 않다고 하였다. 즉 선 자세의 ADIM시 복부근의 근수축 비를 계산할 때, 무릎 구부리고 누운 자세가 아닌 서서 휴식하고 있는 상태의 복부근의 두께를 사용해 계산해야 한다는 것이다. 그 이유는 근육의 횡단면적(cross-sectional area)은 자세에 따라 영향을 받을 수 있기 때문이라고 하였다. 따라서 본 연구에서도 앉은 자세에서 배가로근의 수축 비를 계산할 때, 앉아서 ADIM시 배가로근의 두께를 앉아서 휴식할 때의 근두께로 나누었고, 선 자세에서의 배가로근의 수축비는 서서 ADIM시 근두께를 서서 휴식하고 있을 때의 근두께로 나누어 계산하였다. 그 결과 본 연구에서 배가로근의 수축 비는 무릎 구부리고 누워서 ADIM을 수행할 때 (근수축 비 1.88)가 앉아서 ADIM을 수행할 때 (근수축 비 1.52)와 서서 ADIM을 수행할 때 (근수축 비 1.30)에 비해 유의하게 높게 나타났고($p<0.05$), 앉아서 ADIM을 수행할 때는 서서 ADIM을 수행할 때에 비해 근수축 비가 유의하게 높았다($p<0.05$). 이는 휴식시 배가로근의 근두께에 비해 ADIM시 무릎 구부리고 누운 자세에서는 1.88배 증가했고, 앉은 자세에서는 1.52배 증가했으며, 선 자세에서는 1.30배 증가했다는 의미이다. 따라서 무릎 구부리고 누운 자세에서 ADIM하는 것은 앉은 자세나 선 자세에서 ADIM 할 때 보다 배가로근의 두께변화가 더 크다고 할 수 있다. 또한 앉은 자세에서 ADIM하는 것은 선 자세에서 ADIM 할 때에 비해 배가로근의 두께 변화가 더 크다고 할 수 있다. 이런 결과는 본 연구의 대상자들도 대부분 누워서 ADIM을 수행할 때 가장 수월하다고 응답한 것과 일치한 결과

로 생각된다. 따라서 추후 임상에서 배가로근을 활성화시키는 운동을 수행할 때, 가장 활성화되기 쉬운 자세인 무릎 구부리고 누운 자세에서 먼저 가르치고, 그 다음 앉은 자세에서 가르친 후 마지막으로 선 자세에서 가르치는 것이 필요하다. 본 연구의 제한점은 ADIM을 가르칠 때, ADIM 수축 강도를 정량화 하지 못하였고, 앉은 자세와 선 자세에서도 무릎 구부리고 누운 자세와 동일하게 3~5회씩 반복하여 연습하여 대상자들이 무릎 구부리고 누운 자세에서 비해 앉은 자세와 선 자세에서 ADIM을 덜 숙달되게 수행하였다. 실제로 연습하는 과정에서 무릎 구부리고 누운 자세에서는 비교적 수월하게 ADIM을 수행했으나, 앉은 자세와 선 자세에서는 어려워하는 대상자들도 있었다. 또한 초음파 영상을 보면서 ADIM시 심부근인 배가로근의 두께가 두꺼워지는 것을 확인하면서 연습했지만 표면근인 배바깥근의 두께 변화는 실시간으로 확인할 수 없어, ADIM의 기본 목적 중 배가로근은 활성화시켰으나, 배바깥근의 활성을 억제시켰는지 실시간으로 확인하지 못했다. 그러나 본 연구 결과, 배바깥근의 평균값은 휴식 상태에 비해 ADIM시 모든 자세에서 감소된 것을 확인할 수 있었다. 추후 연구에서는 ADIM의 연습을 10회 정도로 충분히 반복하고, 또한 연습한 영상을 재생하면서 배가로근의 두께 변화와 배바깥근의 두께변화를 확인한 후, 성공과 실패에 대한 피드백을 주면서 연습시킬 필요가 있다. 또한 피드백의 방법에 따라 ADIM 수행 능력이 달라지는지도 확인할 필요가 있다.

V. 결론

본 연구에서는 무릎 구부리고 누운 자세, 앉은 자세, 선 자세의 휴식 상태와 ADIM을 수행하는 상태에서 배가로근, 배속근, 배바깥근의 두께를 확인한 후, 각 자세의 휴식 상태에 대한 ADIM 수행시 복부 근육들의 수축비를 비교하였다. 그 결과 배가로근의 선택적 근육활동률은 앉은 자세에 비해 무릎 구부리고 누

운 자세에서 더 높았고, 선 자세에 비해 무릎 구부리고 누운 자세에서 더 높게 나타났다. 또한 배가로근의 수축 비는 휴식시 배가로근의 근두께에 비해 ADIM시 무릎 구부리고 누운 자세에서는 1.88배 증가했고, 앉은 자세에서는 1.52배 증가했으며, 선 자세에서는 1.30배 증가한 것으로 보아, 무릎 구부리고 누운 자세에서 ADIM을 수행하는 것은 앉은 자세나 선 자세에서 ADIM을 할 때 보다 배가로근의 두께가 더 두꺼워져 근육의 활성도가 높아진다고 할 수 있다. 또한 앉은 자세에서 ADIM을 수행하는 것은 선 자세에서 ADIM을 할 때에 비해 배가로근의 근활성도가 더 높아진다고 할 수 있다. 따라서 추후 임상에서 배가로근을 활성화시키는 운동을 수행할 때, 가장 활성화되기 쉬운 자세인 무릎 구부리고 누운 자세에서 먼저 가르치고, 그 다음 앉은 자세에서 가르친 후 마지막으로 선 자세에서 가르치는 것이 필요하다.

References

- Allison GT, Godfrey P, Robinson G. EMG signal amplitude assessment during abdominal bracing and hollowing. *Journal of electromyography and kinesiology*. 1998;8(1):51-57.
- Chanthapetch P, Karlayanaphotporn R, Gaogasigam C, et al. Abdominal muscle activity during abdominal hollowing in four starting positions. *Manual Therapy*. 2009;14(6):642-646.
- Cholewicki J, Juluru K, McGill SM. Intra-abdominal pressure mechanism for stabilizing the lumbar spine. *Journal of biomechanics*. 1999;32(1):13-17.
- Cholewicki J, Panjabi MM, Khachatryan A. Stabilizing function of trunk flexor-extensor muscles around a neutral spine posture. *Spine* 1997;22(19):2207-2212.
- Costa LO, Maher CG, Latimer J, et al. An investigation of the reproducibility of ultrasound measures of abdominal muscle activation in patients with chronic non-specific low back pain. *European spine journal*. 2009;18(7):1059-1065.
- Crommert ME, Ekblom MM, Thorstensson A. Activation of transversus abdominis varies with postural demand in standing. *Gait Posture*. 2011;33(3):473-477.
- De Troyer A, Estenne M, Ninane V, et al. Transversus abdominis muscle function in humans. *Journal of applied physiology*. 1990;68(3):1010-1016.
- Ferreira PH, Ferreira ML, Nascimento DP, et al. Discriminative and reliability analyses of ultrasound measurement of abdominal muscles recruitment. *Manual Therapy*. 2011;16(5):463-469.
- Fischer JR, Heit MH, Clark MH, et al. Correlation of intraurethral ultrasonography and needle electromyography of the urethra. *Obstetrics and gynecology*. 2000;95(1):156-159.
- Henry SM, Westervelt KC. The use of real-time ultrasound feedback in teaching abdominal hollowing exercises to healthy subjects. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 2005;35(6):338-345.
- 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.
- Kisner C, Colby LA. Therapeutic Exercise: foundations and techniques, 6th ed. Philadelphia. F.A. Davis Co., 2012.
- Koo TK, Li MY. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of chiropractic medicine*. 2016;15(2):155-163.
- Koppenhaver SL, Hebert JJ, Parent EC, et al. Rehabilitative ultrasound imaging is a valid measure of trunk muscle size and activation during most isometric submaximal contractions: a systematic review. *The Australian journal of physiotherapy*. 2009;55(3):153-169.
- Linek P, Saulicz E, Wolny T, et al. Lateral abdominal muscle size at rest and during abdominal drawing-in

- manoeuvre in healthy adolescents. *Manual Therapy*. 2015;20(1):117-123.
- Mangum LC, Henderson K, Murray KP, et al. Ultrasound assessment of the transverse abdominis during functional movement. *Journal of ultrasound in medicine*. 2018;37(5):1225-1231.
- Mannion AF, Pulkovski N, Toma V, et al. Abdominal muscle size and symmetry at rest and during abdominal hollowing exercises in healthy control subjects. *Journal of anatomy*. 2008;213(2):173-182.
- Manshadi FD, Parnianpour M, Sarrafzadeh J, et al. Abdominal hollowing and lateral abdominal wall muscles' activity in both healthy men & women: an ultrasonic assessment in supine and standing positions. *Journal of bodywork and movement therapies*. 2011;15(1):108-113.
- Mew R. Comparison of changes in abdominal muscle thickness between standing and crook lying during active abdominal hollowing using ultrasound imaging. *Manual Therapy*. 2009;14(6):690-695.
- Miura T, Yamanaka M, Ukishiro K, et al. Individuals with chronic low back pain do not modulate the level of transversus abdominis muscle contraction across different postures. *Manual Therapy*. 2014;19(6):534-540.
- Norris CM. Functional load abdominal training: part 2. *Physical therapy in sports*. 2001;2(3):149-156.
- O'Sullivan PB. Lumbar segmental 'instability': clinical presentation and specific stabilizing exercise management. *Manual Therapy*. 2000;5(1):2-12.
- Pachera P, Pavan PG, Todros S, et al. A numerical investigation of the healthy abdominal wall structures. *Journal of biomechanics*. 2016;49(9):1818-1823.
- Rasouli O, Arab AM, Amiri M, et al. Ultrasound measurement of deep abdominal muscle activity in sitting positions with different stability levels in subjects with and without chronic low back pain. *Manual Therapy*. 2011;16(4):388-393.
- Reeve A, Dilley A. Effects of posture on the thickness of transversus abdominis in pain-free subjects. *Manual Therapy*. 2009;14(6):679-684.
- Rho M, Spitznagle T, Van Dillen L, et al. Gender differences on ultrasound imaging of lateral abdominal muscle thickness in asymptomatic adults: a pilot study. *Physical Medicine and Rehabilitation*. 2013;5(5):374-380.
- Richardson CA, Jull GA. Muscle control-pain control. What exercises would you prescribe? *Manual Therapy*. 1995;1(1):2-10.
- Richardson CA, Snijders CJ, Hides JA, et al. The relation between the transversus abdominis muscles, sacroiliac joint mechanics, and low back pain. *Spine*. 2002;27(4):399-405.
- 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. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 2005;35(6):346-355.
- Urquhart DM, Hodges PW, Allen TJ, et al. Abdominal muscle recruitment during a range of voluntary exercises. *Manual Therapy*. 2005;10(2):144-153.