

복식호흡 운동이 요부근육의 활성화에 미치는 영향

김 경

대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

Effect of Diaphragmatic Breathing Exercise on Activation of Lumbar Paraspinal Muscles of Healthy people.

Kyoung Kim, P.T., Ph.D

Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University

<Abstract>

Purpose : The purpose of this study was to investigate the effects of diaphragmatic breathing on activation of lumbar paraspinal muscles of normal healthy people. Diaphragmatic breathing may affect activation of trunk muscles. The assumptions are as follows: the crural diaphragm attaches to the lumbar vertebrae from L1 to L3, the voluntary downward pressurization of the diaphragm increases intra-abdominal pressure, and this increases the stiffness of the spine.

Methods : Sixty male college students ranging 19 to 34 years were screened and % maximal voluntary contraction(% MVC) of trunk muscles on the four positions of back extension exercise was compared during the pre and post of inspiration of diaphragmatic breathing.

Results : 1. % MVC of right and left erector spinae had the statistically significant difference between pre and post inspiration of diaphragmatic breathing in the dynamic right arm and left leg extension position($p<0.05$). 2. % MVC of right and left erector spinae had the statistically significant difference between pre and post inspiration of diaphragmatic breathing in the dynamic left arm and right leg extension position($p<0.05$). 3. % MVC of right and left erector spinae had the statistically significant difference between pre and post inspiration of diaphragmatic breathing in the static lying prone extension position($p<0.05$). 4. % MVC of right and left erector spinae had the statistically significant difference between pre and post inspiration of diaphragmatic breathing in the static lying on prone position($p<0.05$).

Conclusion : This study will be used as the purpose of data collection of lumbar paraspinal muscles on diaphragmatic breathing and be introduced as the new therapeutic intervention for management of patients with back pain.

Key Words : Diaphragmatic breathing exercise, Maximal voluntary contraction, Erector spinae

I. 서 론

1. 연구의 필요성

복식호흡은 횡격막의 수축이 주가 되는 호흡운동이며 횡격막의 하강운동이다. 흉부 물리치료의 일부분인 복식호흡 운동은 폐기종과 기관지염과 같은 만성 폐쇄성 폐 질환의 치료, 수술 또는 외상으로 인한 흉부 또는 복부 부위의 통증이완, 분만 시 호흡조절, 그리고 스트레스 관리의 목적으로 이용되어져 왔다(Kisner와 Colby, 2002).

복식호흡에 관련되는 많은 연구들(유수정, 2002; 유창준, 2002; Williams 등, 1982; Gosselink 등, 1995; Vitacca 등, 1998; Ito 등 1999; Pasto 등, 2000)은 주로 건강한 사람의 환기, 산소 포화도, 횡격막의 역할 등 횡격막 운동에 관한 연구와 폐 질환자에 관한 연구가 대부분이며 일부 연구에서는 벨트 압력과 호흡을 유지하는 시기에 있어 체간근육의 활성화에 대한 연구가 이루어졌지만 복식호흡에 대한 언급은 없었다. 또한, 물건을 들어올릴 때의 호흡조절이 복강 내압에 미치는 효과에 대한 연구에서는 호흡조절 중의 흡기-유지가 가장 큰 복강내압을 생성시킨다고 보고하였으나 흡식으로 호흡을 조절하는 것인지 또는 복식으로 호흡을 조절하는 것인지에 대하여 파악이 곤란하였다(Kang와 Lee, 2002; Hagins, 2004).

최근 연구에 의하면 호흡의 장애와 요실금은 비만과 신체적 활동보다 요통과 함께 밀접하게 관련성을 가지고 있고(Smith 등, 2006) 호흡장애가 요통과의 관계를 가진다는 사전증거가 존재한다(Hestbaek 등, 2003; Finkelstein, 2002). 호흡치료는 신체인식, 호흡, 중재, 그리고 운동을 통합시키는 서양의 정신-신체치료이며 예비자료는 고유수용성과 만성요통을 위한 호흡치료로부터 이점들을 제안한다(Mehling 등, 2005). 만성요통을 가진 환자는 근육, 관절, 통증 등을 해소하는 브릴 운동법 및 신체관절의 유연성 및 근육강화에 초점을 두고 있는 필라테스의 이용법에서도 복식호흡의 중요성이 강조되었다(이중수와 송윤경, 2002; Muscolino와 Cipriani, 2004). 복식호흡이 요가, 필라테스, 기공, 타이치, 코어 안정성을 강

조하는 브릴 운동법 등의 일부분에서 사용되거나 대체의학 분야에서 강조되고 있지만 요통과 같은 근 골격계 질환을 치료하는 물리치료 분야에서는 복식호흡이 요부 근육의 활성화에 얼마만큼 영향을 주고 있는지에 대해서 정량화되고 있지 않는 상태이다. 복식호흡이 요부 근육의 활성화에 영향을 미칠 수 있는지에 관한 가정은 첫째, 흡기시 횡격막의 하강으로 인한 복강내압의 상승이며 둘째, 복강내압의 상승으로 인한 척추 경직성의 증가이며 셋째, 척추 기립근과 척추 경직성의 상관관계가 있다는 가정이 있지만 현재까지 입증된 상태는 아니다.

따라서 본 연구에서는 정상인을 대상으로 요통에 적용되는 네 가지 운동자세에 따라 복식호흡의 흡기를 적용시켜 복식호흡이 정상인의 요부근육의 활성화에 어느 정도 영향을 미치는지 알아보려고 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 S 대학에 재학 중인 19~34세의 정상인 남자 60명을 대상으로 하였으며, 연구 대상자의 선정기준은 상, 하지의 정형 외과적 질환을 가지고 있지 않은 자, 신경학적 질환을 갖고 있지 않은 자, 허리 수술을 받지 않은 자이다. 60명의 대상자들은 본 연구에 자발적으로 참여하였고 연구 참여 동의서를 작성하였다. 본 연구의 기간은 2004년 6월 29일부터 7월 20일까지 S 대학의 기능 훈련 실험실에서 이루어졌다.

2. 실험방법

본 연구는 선정기준을 적용하여 정상인 남자 60명을 대상으로 하였고 먼저 대상자에게 복식호흡에 대한 적용을 1분간 하도록 하게 했다. 복식호흡의 흡기를 적용하기 전의 검사로는 동적인 자세의 오른쪽 팔과 왼쪽 다리 신전자세, 동적인 자세의 왼쪽 팔과 오른쪽 다리 신전 자세, 정적인 자세의 팔꿈치를 편 자세, 그리고 정적인 자세의 팔꿈치를 구부린 자세에서 체간근육들의 % 최대자발적수축력을 측정

하였고, 복식호흡의 흡기 후를 적용하여 위의 자세의 요부근육들의 % 최대자발적수축력을 측정하여 비교하였다. 복식호흡의 흡기 전, 후의 요부근육들의 근전도 검사를 위해 시간은 6초로 설정 되었으며 처음 1초는 제외되어 5초 동안의 근전도 값만을 측정하였다. 각 자세에 따라 3회의 근전도 측정이 이루어졌고 자세 간에 1분간의 휴식과 사전, 사후 검사 간에 3분간의 휴식이 이루어졌다.

3. 측정도구와 자료수집 과정

1) 근육 활동 측정 도구

본 연구에서는 복식호흡의 흡기 시 요부 근육들의 활동을 알아보기 위해 요추 3번(L3)에서 양측으로 3cm 떨어진 오른쪽과 왼쪽 기립근에 표면전극을 부착하였다. 표면전극은 폭 2mm, 중심에서 중심거리가 20mm인 Bi-polar 전극(Norotrodes; Myotronics-Noromed, Inc, USA)을 사용하였고 Bi-polar 활성화전극은 근 섬유주의 주행방향과 평행이 되도록 부착하였으며 기준전극은 대상자의 장골능에 부착되어졌다. 표면 전극을 피부에 부착하기 전에 대상자들의 피부 저항을 감소시키기 위해 피부에 털이 있는 경우 면도를 하여 털을 제거한 뒤, 사포를 이용하여 피부의 각질을 제거하였고 알코올 솜으로 잘 닦았다. 전극에 전해질 젤을 바른 뒤 해당근육에 부착되어졌다. 요부근육들의 근전도 신호를 측정하기 위해서 미국 BIOPACS사의 MP 150 시스템인 EMG 100C의 증폭기를 연결하여 사용하였다.

2) 근육 활동 자료 처리

복식호흡의 흡기 시 근육의 활동은 근전도를 통해 자료가 수집되었고 자료 수집의 절차는 표면전극에서 얻은 아날로그 신호인 근전도 신호는 증폭기를 거쳐 MP 150 시스템의 16 비트 A/D 변환기를 통해 디지털 신호로 변환되어 컴퓨터로 자료가 입력되게 하여 5초 동안 체간근육의 활동이 측정되었다. 디지털신호로 변환된 근전도 신호는 Acknowledge 소프트웨어를 이용하여 자료 처리 하였다.

근전도 신호의 표본 추출율(sampling rate)은 512 Hz로 설정하였으며 주파수 대역폭(bandwidth)은 100

~250Hz로 정하였으며 근전도 신호의 잡음을 제거하기 위해 노치필터 60Hz를 사용하였다. 60Hz에서 노치필터로 처리한 후, 전파 정류시키고 실효치 진폭(RMS) 과정을 통해 스무딩(smoothing)한 다음 컴퓨터 파일로 저장하였다.

표면 근전도로 수집된 근육들의 근전도량은 대상자마다 개인적인 차이가 크기 때문에 차이를 최소화하기 위해서 정규화가 필요하다. 본 연구에서 수집된 요부근육들의 근전도량은 최대자발적수축력(maximal voluntary isometric contraction, MVIC)시 측정된 근전도 신호량으로 나누어 % 최대자발적수축력(% MVC)으로 정규화 하였다.

오른쪽 기립근과 왼쪽 기립근의 최대자발적수축력 시의 근전도 활성화도는 Kendall(1993) 등에 의한 맨손근력 검사 자세에서 측정하였다.

4. 자료 분석

본 연구는 SPSS(v.10)를 이용하여 통계분석을 하였다. 복식호흡의 흡기 시 유흥운동 자세에 따른 요부 근육들의 % 최대자발적수축력에 대해 복식호흡의 전·후 비교를 하기 위해 대응표본 t - 검정을 이용하였고 유의수준(α)는 0.05로 하여 통계적인 결정을 하였다.

III. 연구결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

연구 대상자의 일반적 특성을 살펴보면 (표 3)과 같다. 연령의 범위는 19~34세였으며 신장의 범위는 160~186cm이었고 체중의 범위는 55~78kg이었다. 남자의 평균 연령은 23.9세, 신장은 175.0cm, 체중은 67.9kg이었다.

2. 동적인 자세의 오른쪽 팔과 왼쪽 다리 신전 자세에서 % 최대자발적수축력(% MVC)의 변화

동적인 자세의 오른쪽 팔과 왼쪽 다리 신전자세에서 복식호흡의 흡기 후 오른쪽 기립근과 왼쪽 기

Table 1. General characteristics of subjects

(N = 60)	
	M ± SD
Age(yrs)	23.9±3.54
Height(cm)	175.0±4.74
Weight(kg)	67.9±7.32

립근의 % 최대자발적수축력은 37.9%, 38.7% 였다.

동적인 자세의 오른쪽 팔과 왼쪽 다리 신전 자세에서 복식호흡의 흡기 후 오른쪽과 왼쪽 척추 기립근의 % 최대자발적수축력은 복식호흡 흡기 전의 % 최대자발적수축력보다 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05)(표 2).

Table 2. % MVC in extension position of right arm and left leg on dynamic posture

Muscle	Pre test	Post test	t	p
	M ± SD	M ± SD		
Rt Erector spinae	30.9±11.00	37.9±13.90	-4.711	.000
Lt. Erector spinae	33.2±12.00	38.7±13.00	-4.883	.000

3. 동적인 자세의 왼쪽 팔과 오른쪽 다리 신전 자세에서 % 최대자발적수축력(% MVC)의 변화

동적인 자세의 왼쪽 팔과 오른쪽 다리 신전자세에서 복식호흡의 흡기 후 오른쪽과 왼쪽 기립근의 % 최대자발적수축력은 41.8%, 35.7% 였다.

동적인 자세의 왼쪽 팔과 오른쪽 다리 신전자세에서 복식호흡의 흡기 후 오른쪽과 왼쪽 기립근의 % 최대자발적수축력은 복식호흡의 흡기 전 두 근육

들의 % 최대자발적수축력보다 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05)(표 3).

4. 정적인 자세의 엷드린 자세에서 팔꿈치 편 자세에서 % 최대자발적수축력(% MVC)의 변화

정적인 자세의 팔꿈치 편 자세에서 복식호흡의 흡기 후 오른쪽과 왼쪽 기립근의 % 최대자발적수축력은 30.4%, 33.2% 였다.

정적인 자세의 팔꿈치 편 자세에서 복식호흡의 흡기 후 오른쪽과 왼쪽 기립근의 % 최대자발적수축력은 복식호흡의 흡기 전 두 근육들의 % 최대자발적수축력보다 통계적으로 유의한 차이가 있었다

(p<0.05)(표 4).

5. 정적인 자세의 엷드린 자세에서 팔꿈치 구부린 자세의 % 최대자발적수축력(% MVC)의 변화

정적인 자세의 팔꿈치 구부린 자세에서 복식호흡의 흡기 후 오른쪽과 왼쪽 기립근의 % 최대자발적수축력은 35.2%, 35.6% 였다.

정적인 자세의 팔꿈치 구부린 자세에서 복식호흡

Table 3. % MVC in extension position of left arm and right leg on dynamic posture

Muscle	Pre test	Post test	t	p
	M ± SD	M ± SD		
Rt erector spinae	36.60±11.42	41.80±15.25	-3.703	.000
Lt erector spinae	31.60±11.00	35.70±13.24	-3.554	.000

Table 4. % MVC in lying prone in extension on static posture

Muscle	Pre test	Post test	t	p
	M ± SD	M ± SD		
Rt erector spinae	12.48±12.02	30.44±13.57	-8.585	.000
Lt erectore spinae	12.51±11.08	33.21±16.00	-8.222	.000

Table 5. % MVC in lying on prone position on static posture

Muscle	Pre test		Post test		t	p
	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD		
Rt. erector spinae	12.23 ± 10.55	35.20±15.56	-12.081	.000		
Lt. erector spinae	12.61 ± 9.44	35.69±15.42	-13.666	.000		

의 흡기 후 오른쪽과 왼쪽 기립근의 % 최대자발적 수축력은 복식호흡의 흡기 전 두 근육들의 % 최대자발적수축력보다 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$)(표 5).

IV. 고 찰

본 연구는 정상인을 대상으로 복식호흡이 체간근육의 활성화에 미치는 영향을 파악하기 위해 BIOPAC MP 150 근전도 시스템을 이용하여 요통운동 자세에 따른 복식호흡 전·후의 오른쪽 기립근과 왼쪽 기립근의 체간근육들의 % 최대자발적수축력을 비교·분석하였다.

복식호흡에 대한 연구 동향은 만성 폐쇄성 폐 질환에 해당되는 호흡 물리치료 분야에 주로 연구 방향이 맞추어져 왔으며 근 골격계 방향으로는 많은 연구가 이루어지지 못했다. 몇몇 연구에서는 물건을 들기 시에 호흡 방법이 체간근육 활성화에 얼마만큼 영향을 미치는지에 대해 알아보았고(Kang와 Lee, 2001), 반복적인 들기 작업 시에 호흡형태와 벨트압력의 조절이 체간근육의 활성화에 어떠한 영향을 미치는지를 조사하였다(Lee와 Kang, 2000). 또한, 빠른 MRI 촬영 시 호흡의 다양한 적용과 발살바 기법의 사용과 함께 복부벨트가 요부근육에 영향을 미치는지를 평가하기도 하였고(Miyamoto 등, 2002), 호흡 싸이클을 통해 척추 경직성 및 복강내압, 체간근육 활동성에 대한 관계를 밝히고자 시도하였다(Shirley 등, 2003).

본 연구에서는 선행 연구에서 아직 시도되지 않은 복식호흡의 흡기를 적용하여 정상인의 오른쪽 기립근과 왼쪽 기립근의 활성화에 대한 영향을 파악하고자 하였고, 요통 운동자세에 따라 복식호흡의 흡기 전·후 결과를 비교하였다. 본 연구에서 두 개의 요부 근육인 오른쪽 기립근과 왼쪽 기립근을 선

택한 이유는 두 개의 근육은 만성요통과 관련하여 요부 근육 약중 및 기능 약화가 발생하는 주요 근육이므로(Tom와 Kurt, 1985; Hodges와 Richardson, 1999), 근육 약중이 보여 지는 요부 근육의 활성화를 일으킨다면 요통의 치료효과와 직접 연관성(Grabel, 1973; Arokoski 등, 2004)이 있을 것으로 여겨졌기 때문이다.

본 연구의 동적인 자세의 오른쪽 팔과 왼쪽 다리를 신전 시킨 자세에서 복식호흡의 흡기 후 오른쪽 기립근의 % 최대자발적수축력은 평균 30.9%에서 37.9%로 7% 증가하였고, 왼쪽 기립근은 평균 33.2%에서 38.7%로 5.5% 증가하였다. 위의 결과에서 오른쪽 기립근의 % 최대자발적수축력이 왼쪽 기립근의 % 최대자발적수축력 보다 더 높은 활성화를 보이는 이유는 대상자들의 대다수가 오른손잡이로 인해 오른쪽 기립근이 왼쪽 기립근보다 더 활성화를 보이는 것으로 여겨지며, 오른쪽 팔과 왼쪽 다리를 들어올린 자세에서 균형을 잡고 복식호흡의 흡기 시에 쓰러지지 않기 위해 오른쪽 기립근에 힘을 더 주기 때문인 것으로 생각된다.

요통운동 자세에 따른 근육의 활동성을 비교하는 연구에서 복식호흡의 흡기 전의 % 최대자발적수축력과 결과는 유사한 것으로 나타났다. 13명의 정상인을 대상으로 체간 신전 운동 시 요추의 부하와 체간근육 활동성에 관한 Callahan 등(1998)의 연구에 의하면 네발기기의 오른쪽 팔과 왼쪽 다리를 신전 시킨 자세에서 왼쪽 기립근의 활성화(25.5%)가 오른쪽 기립근의 활성화(19.4%)에 비해 비교적 높았고, 같은 자세에서 복부 근육들의 활성화는 7% 이하로 낮았다.

본 연구의 동적인 자세의 왼쪽 팔과 오른쪽 다리를 신전시킨 자세에서 복식호흡의 흡기 후 오른쪽 기립근의 % 최대자발적수축력은 평균 36.6%에서 41.8%로 5.2% 증가 하였고, 왼쪽 기립근의 % 최대

자발적수축력은 평균 31.6%에서 35.7%로 4.1% 증가하였다. 위의 결과에서 오른쪽 기립근의 % 최대자발적수축력이 왼쪽 기립근의 % 최대자발적수축력보다 더 높은 활성화를 보이는 이유는 대상자들이 오른손잡이이므로 왼쪽 팔과 오른쪽 다리를 신전할 때 균형은 오른쪽으로 치우치게 되며 오른쪽 기립근에 힘이 더 들어가게 되어 왼쪽 기립근보다 활성화에 있어 차이를 나타내는 것으로 생각된다.

Callahan 등(1998)의 연구에서는 네발기기자세의 왼쪽 팔과 오른쪽 다리 신전 자세에서 오른쪽 기립근의 경우 28.4%를 나타냈고, 왼쪽 기립근은 19.4%로 오른쪽에서 근 활성화가 많이 일어나는 결과로 본 연구의 복식호흡의 흡기 전 실험과 유사한 결과를 보이나 실험 후에 대한 연구결과는 없다. 본 연구의 동적인 자세에서 요부근육의 활성화에 변화를 보인 이유를 종합 해본다면 척추 기립근은 부수적 호흡근이며 심 흡기 시에 척추를 신전하기 때문일 수 있다(Frownfelter, 1987).

본 연구의 정적인 자세를 나타내는 자세 중 엎드린 자세의 팔을 신전시킨 자세에서 흡기 후 오른쪽 기립근의 % 최대자발적수축력은 평균 12.0%에서 30.4%로 18.4% 증가 하였고, 왼쪽 기립근은 평균 12.9%에서 33.2%로 20% 증가하였다. 또한, 엎드린 자세의 팔꿈치를 구부린 자세에서는 오른쪽 기립근의 % 최대자발적수축력은 평균 12.5%에서 35.2%로 22.7% 증가하였고, 왼쪽 기립근은 평균 12.1%에서 35.6%로 23.5% 증가하였다.

위의 결과에서 오른쪽 기립근과 왼쪽 기립근의 활성화가 높은 수치를 나타낸 이유는 복식호흡의 흡기 시 엎드린 자세에서 복강내압의 상승이 나타나게 되며 복강내압의 상승으로 인해 오른쪽 기립근과 왼쪽 기립근과 같은 요부근육에 많은 영향을 주기 때문으로 여겨지며, Shirley 등(2003)의 연구에서도 본 연구 결과와 유사하다. Shirley 등(2003)의 연구에서는 엎드린 자세에서 호흡의 기능적 잔기 용량과 L2와 L4의 척추 기립근 근전도의 활성화 비교 사이에서 높은 상관관계($r=0.81$, $r=0.77$)를 나타내었고 엎드린 자세에서 호흡 순환이 척추 기립근과 같은 체간근육의 활성화에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 호흡 일에 대해 50%의 호기에서

보다 50%의 흡기에서 경직성 계수가 17.94로 강해 진다는 것을 나타내며 이는 힘과 호흡 일의 데이터 사이에 높은 상관관계가 있음을 나타냈다.

본 연구의 정적인 자세에서 체간근육의 활성화에 변화를 보인 이유를 종합해 본다면 안정호흡 시 횡격막 활동은 흡기 시에 크며 복강 내압의 증가와 관련되어지며(Campbell 등, 1953) 증가된 복강내압은 척추를 경직시킨다는 McGill 등(1994)과 Cholewicki 등(1998)의 연구결과를 지지하게 된다.

V. 결 론

본 연구는 요통운동 자세에 따른 복식호흡의 흡기 전, 후 검사 시 요부근육들의 활성화에 대해 알아보았고 연구 대상자는 S 대학에 재학 중인 성인 남자 60명을 대상으로 하였다. 요통운동 자세에 따른 요부근육들의 % 최대자발적수축력을 비교하여 아래와 같은 결과를 얻었다.

1. 동적인 자세의 오른쪽 팔과 왼쪽다리 신전자세에서 복식호흡의 흡기 시 오른쪽 기립근과 왼쪽 기립근의 % 최대자발적수축력은 복식호흡 흡기 전의 % 최대자발적수축력 보다 통계적으로 유의하게 증가하였다($p<0.05$).
2. 동적인 자세의 왼쪽 팔과 오른쪽 다리 신전자세에서 복식호흡의 흡기 시 오른쪽 기립근과 왼쪽 기립근의 % 최대자발적수축력은 복식호흡 흡기 전의 % 최대자발적수축력 보다 통계적으로 유의하게 증가하였다($p<0.05$).
3. 정적인 자세의 엎드려 팔꿈치 편 자세에서 복식호흡의 흡기 시 오른쪽 기립근과 왼쪽 기립근의 % 최대자발적수축력은 복식호흡 흡기 전의 % 최대자발적수축력 보다 통계적으로 유의하게 증가하였다($p<0.05$).
4. 정적인 자세의 엎드려 팔꿈치 구부린 자세에서 복식호흡의 흡기시 오른쪽 기립근과 왼쪽 기립근,의 % 최대자발적수축력은 복식호흡 흡기 전의 % 최대자발적수축력 보다 통계적으로 유의하게 증가하였다($p<0.05$).

참 고 문 헌

- 김종순, 주무열, 배성수. 동적 요부 안정화 운동치료 법이 요통환자에 미치는 영향. *대한물리치료학회지*. 2001;13(3):495-507.
- 김중해. incentive spirometer를 사용한 심호흡 방법이 폐 환기 기능에 미치는 효과에 관한 연구: 상복부 수술 환자를 대상으로. 이화여자대학교 대학원, 석사학위논문. 1991.
- 박영재, 최기섭, 이상건. 만성 요통환자에 대한 요부 신전근 강화운동의 효과. *대한재활의학회지* 1999; 24(2):295-300.
- 유수정, 송미순. 고혈압 노인에서 복식호흡 이완훈련이 혈압 및 스트레스 반응에 미치는 영향. *대한간호학회지*. 2002;31(6):998-1011.
- 유원규, 정영중, 이재호. 등척성 신전운동시 요부근의 근 활성화도. *한국전문물리치료학회지*. 2001;8(1): 76-88.
- 유창준. 고교 태권도 선수들의 스트레스 감소를 위한 복식호흡과 명상 프로그램 개발. 학교 체육 연구집. 2003:1-40.
- 이원복 등. 국소 해부학. *대한해부학회*. 2002:501-2.
- 정도영, 김영, 권오윤. 심호흡 운동과 발목관절운동이 대퇴정맥의 혈류속도에 미치는 영향. *한국전문물리치료학회지*. 2002;9(2):107-13.
- Arokoski JP, Valta T, Kankaanpaa M et al. Back and abdominal muscle function during stabilization exercises. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2001;81(5):1089-98.
- Arokoski JP, Valta T, Kankaanpaa M. Activation of lumbar paraspinal and abdominal muscles during therapeutic exercises in chronic back pain patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004;85(5):823-32.
- Barrett J, Cerny F, Hirsch A et al. Control of breathing patterns and abdominal muscles during graded loads and tilt. *Journal of Applied Physiology*. 1994;76(6):2473-80.
- Beith D, Synnott E, Newman A. Abdominal muscle activity during the abdominal hollowing manoeuvre in the four point kneeling and prone positions. *Manual Therapy*. 2001;6(2):82-7
- Cala JS, Edyvean J, Engel AL. Chest wall and trunk muscle activity during inspiratory loading. *Journal of Applied Physiology*. 1992;73(6): 2373-81.
- Callaghan JP, Gunning JL, McGill SM. The relationship between lumbar spine load and muscle activity during extensor exercises. *Physical Therapy*. 1998;78(1)8-18.
- De Troyer A. Mechanical role of the abdominal muscles in relation to posture. *Respir Physiol*. 1983;53:341-53.
- Gandevia SC, McKenzie DK, Plassman BL. Activation of human respiratory muscles during different voluntary manoeuvres. *J Physiol*. 1990; 428(9):387-403.
- Hodges PW, Eriksson AE, Shirley D. Intra-abdominal pressure increases stiffness of the lumbar spine. *J Biomechanics*, Article in Press. 2004.
- Jones AY, Dean E, Chow CC. Comparison of the oxygen cost of breathing exercises and spontaneous breathing in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease. *Phys Ther*. 2003;83(5):424-31.
- Kisner C, Colby AL. *Therapeutic Exercise: Foundations and Techniques*, 4th ed. F.A. Davis Company. 2002
- Lewis Dennis. *Free Your Breath, Free Your Life: How Conscious Breathing Can Relieve Stress, Increase Vitality, and Help You Live More Fully*. Shambhala Publications. 2004.
- Mehling WE, Hamel KA, Acree M. Randomized, controlled trial of breath therapy for patients with chronic low back pain. *Altern Ther Health Med*. 2005;11(4):44-52.
- Miller WF. A physiologic evaluation of the effects of diaphragmatic breathing training in patients with chronic pulmonary emphysema. *Am J Med*. 1954;17:471-7.
- Moore KL. *Clinically Oriented Anatomy*. 3rd ed.

- Williams & Wilkins. 1992.
- Mori A. Electromyographic activity of selected trunk muscles during stabilization exercises using a gym ball. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 2004; 44(1):57-64.
- Muscolino J, Cipriani S. Pilates and the "powerhouse" - I. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 2004;8:15-24.
- Ng J, Richardson C. EMG study of erector spinae and multifidus in two isometric back extension exercises. *Australian Journal of Physiotherapy.* 1994;40(2):115-21.
- Pasto M, Gea J, Aguar MC. The characteristics of the mechanical activity of the respiratory muscles during the diaphragmatic respiration tetanic. *Arch Bronconeumol.* 2000;36(1):13-8.
- Pryor JA, Prasad SA. Physiotherapy for respiratory and cardiac problems. *Adults and Paediatrics,* 3ed. Churchill Livingstone. 2002.
- Richardson C, Jull G, Hodges PW et al. *Therapeutic exercise for spinal segmental stabilization in low back pain.* Churchill Livingstone. 1999.
- Saal JA. Dynamic muscular stabilization in the nonoperative treatment of lumbar pain syndrome. *Orthopaedic Review.* 1990;19(8):691-700.
- Shirley D, Hodges PW, Eriksson AE et al. Spinal stiffness changes throughout the respiratory cycle. *Journal of Applied Physiology.* 2003;95:1467-75.
- Smith MD, Russell A, Hodges PW. Disorders of breathing and continence have a stronger association with back pain than obesity and physical activity. *Australian Journal of Physiotherapy.* 2006;52:11-6.
- Souza GM, Baker LL, Powers CM. Electromyographic activity of selected trunk muscles during dynamic spine stabilization exercises. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation.* 2001;82(11):1551-7.