

■한동욱<sup>1\*</sup>

■<sup>1</sup>신라대학교 물리치료학과

## The Relationship between Muscular Endurance of Respiratory Muscles and Slow Vital Capacity

Dong-Wook Han PT, PhD<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Silla University

**Purpose** : The purpose of this study was to investigate the relationship between the muscular endurance of respiratory muscles and slow vital capacity. **Methods** : The subjects of this study were 20 students of S university in B city. Slow vital capacity was measured using digital spirometry (pony FX, COMED, Italy). Specifically, we measured tidal volume, inspiratory reserve volume, inspiratory capacity, expiratory reserve volume, and vital capacity. To identify the strength of the transverse abdominis muscle, holding time of posture was measured with a pressure biofeedback unit (Stabilizer, Chattanooga Group Inc, USA). To identify the strength of the pelvic floor muscle, the retention time of contraction was measured with a pressure biofeedback unit (Stabilizer, Chattanooga Group Inc, USA). The posture holding time was measured with a curl up test to confirm the strength of the rectus abdominis muscle. An inspiratory muscle trainer (Coach 2, DHD Healthcare, USA) was used to identify muscle strength of the diaphragm. **Results** : Inspiratory capacity showed a positive correlation with muscle strength of the diaphragm ( $r = 0.536$ ,  $p < 0.05$ ), and expiratory reserve volume showed a positive correlation with muscle strength of the pelvic floor muscle ( $r = 0.528$ ,  $p < 0.05$ ). Vital capacity showed a positive correlation with muscle strength of the rectus abdominis muscle ( $r = 0.516$ ,  $p < 0.05$ ). **Conclusion** : The results of this study show that strengthening exercises for the rectus abdominis muscle are needed to improve vital capacity, strengthening exercises for the pelvic floor muscle are needed to increase expiratory reserve volume, and strengthening exercises for the diaphragm are needed to enhance inspiratory capacity.

**Key words** : Slow vital capacity, Diaphragm, Transverse abdominis, Rectus abdominis, Pelvic floor muscle

**Received** : May 8, 2020 / **Revised** : June 5, 2020 / **Accepted** : June 6, 2020

## I. 서론

폐는 가슴우리 공간 내에 존재하는 비수축성 장기로서 산소를 들이마시고 이산화탄소를 내보내는 기체교환 과정을 통해 에너지 대사 과정에 관여하고 있다. 폐가 확장되면 대기압보다 폐 속의 공기압이 낮아져 외부의 산소가 폐 속으로 확산되어 들어가는 현상이 일어나고, 폐가 줄어들면 반대로 폐 속의 공기압이 더 커져 이산화탄소가 외부로 방출되는 현상이 나타난다. 따라서 호흡은 폐의 확장과 축소 과정으로 발생한다고 할 수 있다. 하지만 비수축성 조직인 폐는 자체적으로 확장과 축소의 기능이 없는 반면, 폐의 바깥막이 가슴우리에 부착되어 있어 가슴우리의 확장과 축소에 의해 영향을 받게 된다. 그리고 가슴우리의 움직임은 관련 근육들의 수축과 이완에 의해 발생하기 때문에 호흡은 결국

가슴우리에 부착되어 있는 근육들의 작용에 영향을 받는다고 할 수 있다. 따라서 호흡근육은 호흡에서 매우 중요한 역할을 한다(김호봉 등, 2019). 호흡근육은 크게 들숨근육과 날숨근육으로 구분되지만, 안정시 호흡은 주로 들숨근육의 수축과 이완에 의해 발생한다. 다시 말해 들숨은 들숨근육이 수축하면서 가슴우리를 확장시킴에 따라 발생하고, 날숨은 들숨근육이 이완하면서 확장되었던 가슴우리가 탄성에 의해 축소되면서 발생한다. 즉 안정시 날숨은 수동적인 과정이라고 할 수 있다(DeTurk과 Cahalin, 2018). 하지만 운동과 같이 산소공급이 많이 필요한 상황에서는 들숨근육뿐만 아니라 날숨근육의 작용이 필요하게 된다. 또한 강한 날숨이 필요한 기침이나 재채기와 같은 상황에서도 역시 날숨근육들의 수축이 필요하다(Sapsford, 2004).

이러한 관점에서 보면 호흡근육에 대한 강화운동이 호흡기능

교신저자: 한동욱

주소: 46958 부산광역시 사상구 백양대로 700번길 140(괘법동), TEL: 051-999-5464, E-mail: dwahan@silla.ac.kr

을 개선시키는데 유용하다고 할 수 있다. 이와 일치하게 많은 연구들이 호흡근육에 대한 강화운동 또는 신장운동이 최대산소 섭취량과 폐 기능 향상에 효과적이라는 것을 보여주었다(김기송 등, 2009; 윤재량과 전해섭, 2011; 윤정현 등, 2013; 김은영 등, 2014; Han과 Ha, 2015; Lee 등, 2016). 하지만 기존의 연구들은 특정 호흡근육을 목적으로 한 운동보다는 폐 기능을 전반적으로 향상시키고자 하는 포괄적인 운동 프로그램을 적용하고 있다. 또는 특정 호흡근육이 폐 기능에 미치는 영향을 알아보는 연구들이었다. 이 때문에 기존의 연구들은 호흡근육과 특정 폐 기능과의 관련성을 알아보는 데는 한계가 있다. 따라서 환자 맞춤형 운동프로그램을 개발하기 위해서는 특정 근육과 폐 기능의 하위 항목들과의 관련성을 알아보는 연구가 필요하다고 할 수 있다.

이에 본 연구는 호흡에 관여하는 근육들과 안정시폐활량과의 관련성을 우선 알아보고자 한 것으로 본 연구 결과는 효과적으로 폐 기능을 향상시킬 수 있는 맞춤형 운동프로그램을 개발하는데 유용한 기초자료가 될 것이라고 사료된다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구대상자는 부산광역시 소재 S대학교에 재학 중인 학생 중 본 연구의 목적과 방법을 충분히 숙지하고 연구에 참여하겠다고 Helsinki 선언의 윤리규정에 따라 작성된 참여 동의서에 자발적으로 서면 동의한 여학생 20명 이었다. 연구대상자 선정기준은 외과적 혹은 신경학적 질환의 경험 없이, 호흡기 질환의 병력이 없으며, 비흡연자이고, 선천적으로 가슴우리의 변형이나 갈비뼈 골절 등의 과거력이 없는 자이었다.

### 2. 측정 도구 및 방법

#### 1) 안정시폐활량 측정

안정시폐활량(slow vital capacity; SVC)은 디지털 폐활량 측정기(pony Fx, COMED, Italy)를 이용해 측정하였다(그림 1). 이 측정 장비는 폐로부터 나오고 들어가는 공기의 양과 속도를 검사할 수가 있다. 측정 자세는 바로 앉은 자세이었으며, 손으로 코를 막고, 입술을 마우스에 최대한 밀착시켜 공기가 새지 않도록 하였다. 입술로 마우스를 문 상태에서 평상시 호흡을 3번 하다가 실행지시어가 나오면 천천히 가능한 최대로 공기를 들이마시고 최대로 내뿜은 후, 다시 평상시 호흡을 3번 실시하도록 하였다(Lee 등, 2016). 안정시폐활량 측정은 총 3번 실시하였으며, 그 평균값을 분석에 사용하였다. 측정 변인은 일회호흡량(tidal volume; TV), 들숨예비용적(inspiratory reserve volume; IRV), 들숨용량(inspiratory capacity; IC), 날숨예비

용적(expiratory reserve volume; ERV), 폐활량(vital capacity; VC)이었다.

#### 2) 가로막의 근지구력 측정

들숨의 주요근육이 가로막이기(김호봉 등, 2019) 때문에 가로막과 호흡기능과의 관련성을 알아보았다. 가로막(diaphragm)의 근지구력은 들숨근훈련기(Coach2, DHD Healthcare, USA)를 이용해 측정하였다. 대상자에게 허리와 어깨를 곧게 펴서 앉게 한 뒤에 들숨근훈련기를 이용해 일정한 속도로 최대한 들이마실 수 있을 때 까지 들이마시도록 지시하였으며, 유지시간을 측정하였다(그림 2). 이때 들숨은 배호흡을 하도록 하였다.

#### 3) 배곧은근의 근지구력 측정

날숨근육들 가운데 배곧은근이 기침과 기도 청결 능력을 증가시켜 여러 가지 호흡기계 합병증을 예방한다(Souza, 2001)는 연구 결과를 바탕으로 배곧은근과 호흡기능과의 관련성을 알아보았다. 배곧은근(rectus abdominis)의 근지구력은 몸통 들어올리기(curl up test)를 이용하였다. 측정을 위해 무릎세우고 바로누운 자세(Hook lying position)를 하도록 한 다음, 천천히 위몸통을 말아서 들어 올려 두 팔이 무릎에 닿도록 하였다. 이때 가능한 엉덩허리근이 작용하지 않도록 주의를 주었다. 대상자의 두 팔이 무릎에 닿는 순간 측정을 시작하여 시작 자세를 더 이상 유지하지 못하거나 인체 어느 부위에서든 통증이 발생되면 측정을 종료하였고, 그 때까지의 시간을 측정하였다(그림 3).

#### 4) 배가로근의 근지구력 측정

날숨에 관여하는 깊은 근육들 가운데 배가로근(transverse abdominis; TA)이 호흡기능에서 중요한 역할을 한다(Hodges와 Gandevia, 2000)는 연구결과를 근거로 배가로근과 호흡기능과의 관련성을 알아보았다. 배가로근의 수축력은 압력생체피복임장치(Stabilizer, Chattanooga Group Inc, USA)를 사용해 측정하였다. 배가로근 측정은 무릎세우고 바로누운 자세(Hook lying position)에서 배 드로우인 기법(abdominal draw-in technique)을 실시한 후 자세를 유지하는 시간을 측정하였다. 대상자의 5번째 허리뼈 밑에 압력생체피복임장치를 위치시키고, 배 드로우인 기법을 실시하는 동안 압력계의 압력을 40-70mmHg로 유지하도록 하였다(Richardson 등, 2004). 또한 대상자가 배가로근 수축을 스스로 인지할 수 있도록 대상자의 중지과 검지를 이용하여 배가로근의 표면에 위치한 위앞엉덩뼈가시에서 안쪽 방향으로 2cm 아래 부근을 촉진하게 하였다(Hides 등, 2000)(그림 4).

#### 5) 골반밑근의 근지구력 측정

코로 숨쉬기, 기침, 재채기와 같이 의도적인 날숨이 요구되는



그림 1. 안정시폐활량(SVC) 측정



그림 3. 배곧은근(RA) 측정



그림 4. 배가로막근(TA) 측정



그림 2. 가로막 측정



그림 5. 골반밑근(PFM) 측정

상황에서 골반밑근이 수축한다(Sapsford, 2004)는 연구 결과를 바탕으로 골반밑근과 호흡기능과의 관련성을 알아보았다. 골반밑근(pelvic floor muscle)은 의도적으로 수축하면 항문조임근을 위쪽방향으로 움직일 수 있기(Thompson과 O'Sullivan, 2003) 때문에 압력생체되먹임장치(Stabilizer, Chattanooga Group Inc, USA)를 이용해 골반밑근의 근지구력을 확인하였다. 쿠션이 없는 평평한 의자를 준비하고, 양측 궁둥뼈 아래에 각각 2.5cm 높이의 책을 두고 그 사이에 압력생체되먹임장치를 둔 다음 대상자에게 항문을 조여 배꼽 방향으로 들어 올리라고 지시한 후 변화되는 압력을 측정하였다. 시작 압력은 대상자마다 달랐지만 약간 엉덩이가 압박받는다는 느낌이 있을 때를 기준으로 하였다. 압력계의 압력이 낮아지면 수축한 것이고, 처음 압력으로 돌아오면 수축이 풀린 것으로 판단하여 유지시간을 측정하였습니다(그림 5).

### 3. 분석 방법

본 연구는 호흡근육과 안정시폐활량과의 관련성을 알아보고자 한 것으로 피어스의 상관분석(Pearson's correlation)으로 관련성을 분석하였다. 본 연구의 자료 분석을 위한 통계프로그램은 SPSSWIN(ver. 23.0)이었으며, 유의수준  $\alpha=0.05$ 이었다.

## III. 연구결과

### 1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자의 일반적 특성을 보면 먼저 평균 연령은 20.6세, 평균 신장은 160cm, 평균 체중은 59.9kg이었다(표 1).

### 2. 호흡근육의 근지구력과 안정시폐활량과의 관련성

호흡근육과 안정시폐활량의 상관관계를 분석한 결과, 들숨용량(IC)은 가로막의 근력과 상관성이 있었다( $p=0.536$ ,  $p<0.05$ ), 날숨예비용적(ERV)은 골반밑근의 근력과 양의 상관성이 있었으며( $p=0.528$ ,  $p<0.05$ ), 폐활량(VC)은 배곧은근의 근력과 양의 상관성이 있었다( $p=0.516$ ,  $p<0.05$ )(표 2).

## IV. 고 찰

일반적으로 호흡근육은 들숨에 관여하는 주요들숨근육과 보조들숨근육, 날숨에 관여하는 주요날숨근육과 보조날숨근육으로 구분된다. 주요들숨근육으로는 가로막과 바깥갈비사이근이 있고, 보조들숨근육으로는 목갈비근, 목빗근 등이 있다. 주요날숨근육으로는 속갈비사이근이 있으며, 보조날숨근육으로는 배곧은근, 배바깥빗근, 배속빗근, 배가로근 등이 있다(김호봉 등, 2019).

표 1. 대상자의 일반적 특성

(단위)

변인	평균±표준편차
나이(세)	20.6±0.78
신장(cm)	160±3.99
몸무게(kg)	56.9±9.64

표 2. 호흡근의 근지구력과 안정시폐활량의 상관관계

변인	가로막	배곧은근	배가로근	골반밑근
1회 호흡량	$\gamma$ .080	.053	-.195	.012
(TV)	p .752	.834	.383	.963
들숨예비용적	$\gamma$ .289	.110	.210	-.074
(IRV)	p .244	.664	.404	.770
들숨량	$\gamma$ <b>.536</b>	.312	.207	.011
(IC)	p .022*	.207	.410	.964
날숨예비용적	$\gamma$ -.329	.342	.303	<b>.528</b>
(ERV)	p .182	.165	.221	.024*
폐활량	g .131	<b>.516</b>	.337	.412
(VC)	p .604	.028*	.171	.089

\* $p<0.05$ 

γ: 피어슨의 상관계수 값

예를 들어 안정시 들숨은 보통 가로막의 수축으로 가슴우리 공간이 넓어져 대기 중에 있는 공기가 유입되는 과정을 거치지만, 좀 더 많은 양의 공기가 필요한 상황에서는 보조들숨근육인 목갈비근과 목빗근이 수축하여 복장뼈와 갈비뼈를 머리 방향으로 이동시켜 가슴우리의 공간을 더 넓히는 과정이 추가된다(Legrand 등, 1997). 반면 순간적으로 많은 공기를 외부로 배출해야 하는 기침이나 재채기를 해야 하는 상황에서는 날숨근육인 배곧은근, 골반밑근의 수축이 필요하다(Sapsford, 2004). 따라서 호흡기능과 호흡근육과는 밀접한 관련성이 있으며, 특히 안정시 호흡에서는 들숨근육의 기능이 중요하고, 강제 날숨시에는 날숨근육의 기능이 중요하다는 것을 알 수 있다. 일반적으로 중요한 들숨근육은 속갈비사이근과 가로막이 있는데, 배호흡을 유도할 경우 속갈비사이근 보다는 가로막의 기능이 더 필요하기 때문에 본 연구에서는 가로막을 선정하였다. 또한 날숨근육들 가운데서 배곧은근을 선정하였는데, 이 근육은 기침이나 재채기 등 강제로 날숨을 해야 하는 상황에서 중요날숨근육으로 작용하기 때문이다(Sapsford, 2004). 또한 기침이나 재채기 등 강제로 날숨을 해야 하는 상황에서 호흡에 관여하는 것으로 알려졌다(간과되어졌던 골반밑근(Sapsford, 2004)이 호흡에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 보통 배가로막근은 골반밑근과 함께 작용하여 호흡에 관여하는 것으로 알려졌다. 따라서 본 연구에서 배가로막이 호흡에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

본 연구 결과를 보면 일회호흡량(TV)과 들숨예비용적(IRV)은 호흡근육과 관련성이 없는 반면, 들숨용량(IC)은 가로막의 근력이 좋을수록 크다는 것을 알 수 있었다. 또한 날숨예비용적(ERV)은 골반밑근의 근력이 강할수록 커지며, 폐활량(VC)은 배곧은근의 근력이 클수록 커진다는 것을 알 수 있었다.

일회호흡량(TV)은 약 500ml로 대부분 가로막의 기능과 관련이 깊은 것으로 알려져 있다. 누운자세에서는 가로막이 일회호흡량(TV)의 약 3/4을 담당하고, 앉거나 서있는 경우에는 약 2/3를 담당하는 것으로 알려져 있다(김호봉 등, 2018). 따라서 일회호흡량(TV)은 주로 가로막의 기능이라고 할 수 있다. 따라서 일회호흡량(TV)이 가로막의 근력과 양의 상관관계가 있을 것으로 예측할 수 있지만, 본 연구에서는 의미 있는 상관관계를 보이지 않았다. 이러한 결과는 가로막의 움직임과 관련이 있을 것으로 사료된다. 보통 안정시 호흡에서 가로막의 움직임은 약 1.5cm 정도이고, 심호흡을 할 경우에는 약 6-7cm 정도 움직인다(김호봉 등, 2019)는 점을 감안하면 가로막의 근력이 다소 약하더라도 안정시 호흡에서 일회호흡량(TV)의 차이는 크지 않을 가능성이 있을 것이라고 판단할 수 있다.

들숨예비용적(IRV)은 가로막과 바깥갈비사이근을 비롯해 들숨보조근들의 기능이 관여하게 되는데, 본 연구에 참여한 대상자가 모두 여자 대학생이었고, 보통 여자의 경우는 배호흡보다는 가슴호흡이 우세한 경향을 보이기(유덕희, 1983) 때문에 본 연구

에서 가로막 수축만을 강조하긴 했지만 들숨예비용적(IRV)과 관련된 호흡에서 바깥갈비사이근과 들숨보조근들의 작용이 더 크게 일어났을 가능성을 배제할 수 없다. 이에 따라 가로막과 들숨예비용적(IRV) 사이에 양(+)의 관계가 있지만 통계적으로 의미 있는 관련성이 나오지 않았을 것이라고 사료된다.

반면 들숨용량(IC)을 보면 가로막과 양의 상관관계가 있는 것을 확인할 수 있었다. 들숨용량(IC)은 일회호흡량(TV)에 들숨예비용적(IRV)이 더해진 용량이다. 따라서 들숨에 주요근육인 가로막의 수축력이 클수록 들숨용량이 커진다고 할 수 있다. 비록 본 연구에서 일회호흡량(TV)과 들숨예비용적(IRV)이 가로막의 수축력과 의미 있는 상관관계가 없었지만, 두 항목 모두 가로막과 양(+)의 관계에 있었기 때문에 개별적으로는 큰 변화가 없을지라도 두 항목의 합에는 의미 있는 변화가 있을 수 있다고 판단할 수 있다.

날숨예비용적(ERV)은 골반밑근의 근력과 양(+)의 상관관계가 있었다. 날숨은 가슴우리 속의 공간이 좁아지면서 폐를 압박하여 폐 속의 압력이 높아짐에 따라 공기가 대기 중으로 배출되는 현상이라고 할 수 있다(Hilleberg, 2017). 따라서 날숨 동안 가로막이 이완되는 것에 더해 가로막이 폐를 압박하게 되면 폐 속의 압력이 더 커지게 되어 날숨이 커질 것이라고 판단할 수 있다. 이러한 관점에서 골반밑근의 기능은 중요하다. 들숨을 통해 폐 속으로 들어온 공기를 내보내기 위해서는 압력이 필요한데, 이 압력은 배근육이 수축하면서 생긴다(Bach 등, 1993). 이때 압력은 위 방향과 뒤 방향과 아래 방향으로 퍼질 수 있다. 하지만 뒤는 허리네모근 등의 근육들과 척추가 막고 있어 압력은 주로 위 방향이나 아래 방향으로 퍼지기 쉬워진다. 따라서 아래 방향으로 빠지는 압력을 막아주어야 위 방향으로 압력이 움직이게 되고, 가로막을 더욱 위 방향으로 움직이게 하는 힘으로 작용할 수 있다(Sapsford, 2004). 이와 일치하게 배근육과 골반밑근육은 배에 압력을 만드는데 함께 작용한다는 연구 결과도 있다(Neumann과 Gill, 2002). 이런 관점에서 본 연구 역시 골반밑근과 날숨예비용적(ERV) 사이에 양(+)의 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

본 연구 결과를 보면 폐활량(VC)은 배곧은근의 근력과 양(+)의 상관관계가 있었다. 폐활량은 공기가 최대 들어왔다가 배출되는 전체 용량을 의미하는 것으로, 일회호흡량(TV)과 들숨예비용적(IRV)과 날숨예비용적(ERV)에 의해 영향을 받는다(Frownfelter와 Dean, 2012). 보통 폐 속에 공기가 남아있게 되면 들숨량은 줄어들게 되어 전체 폐활량이 감소하게 된다. 따라서 폐활량을 늘리기 위해서는 날숨을 최대한 하여 폐 속 공기양을 줄여 폐 속 압력을 최대한 낮춘 후 공기를 최대한 들이마셔야 한다(DeTurk와 Cahalin, 2018). 이러한 관점에서 폐활량은 날숨에 깊이 관여하는 배곧은근의 근력이 좋을수록 커질 수 있다고 할 수 있다.

하지만 본 연구에서 관찰한 근육은 호흡근육 모두를 대상으로

하지 않았고, 특정 근육만을 선택하였기 때문에 모든 근육으로 확대해석하기에는 제한점이 있다. 또한 호흡근육의 근지구력을 측정할 때 직접 근지구력을 측정하지 못하고 간접적인 방법으로 예측했다는 연구의 제한점이 있다. 더우기 호흡근육의 수축유지 시간을 측정한 근지구력만을 사용하였기 때문에 호흡근육의 근력을 대변했다고 볼 수 없기 때문에 본 연구결과를 일반화하기에는 다소 어려움이 있다. 따라서 차후 연구에서는 호흡과 관련된 다양한 호흡근육에 대한 직접적인 근력 또는 근활성도를 측정하여 호흡기능과 비교하는 연구가 더 진행되어야 할 것으로 사료된다.

## V. 결론

20대 여성을 대상으로 호흡근육과 안정시폐활량과의 관련성을 알아본 결과, 들숨용량(IC)은 가로막과, 날숨예비용적(ERV)은 골반밑근과, 폐활량(VC)은 배곧은근과 양의 상관성이 있는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 들숨용량을 증가시키기 위한 프로그램에서는 가로막의 기능을 향상시킬 수 있는 운동방법이 포함되어야 하며, 날숨예비용적을 증가시키기 위해서는 골반밑근 강화 방법이 강조되어야 하고, 폐활량을 증가시키기 위해서는 배곧은근에 대한 운동방법을 포함시켜야 한다는 것을 알 수 있었다.

## 참고문헌

- 김기승, 권오윤, 이충휘. 만성요통환자에서 복부심부근 강화 운동이 노력성 호기 폐 기능 검사 동안 최대호기유량 및 1초 간노력성호기량과 요통에 미치는 효과. 한국전문물리치료학회지, 16(1);10-17, 2009.
- 김은영, 김연주, 이승병. 복부근 강화운동과 흉추가동성 운동이 폐 기능에 미치는 효과. 대한정형도수물리치료학회지, 20(1);21-26, 2014.
- 김호봉, 김기승, 김난수, 등. 심장호흡계물리치료학. 1판. 서울, 범문에듀케이션, 2019.
- 유덕희. 음악교육론. 개문사, 1983.
- 윤재량, 전해섭. 호흡근 훈련이 엘리트 선수의 폐 기능에 미치는 영향. 운동학술지, 13(4);29-38, 2011.
- 윤정현, 김태수, 이병기. 복합운동과 복부 끌어당김 조정 훈련의 병행이 뇌졸중 환자의 호기 시 복부근육 활성도 및 노력성 폐 기능에 미치는 영향. 대한물리의학회지, 8(4);513-523, 2013.
- Bach JR, Smith WH, Michaels J, et al. Airway secretion clearance by mechanical exsufflation for post-polio myelitis ventilator assisted individuals. Arch Phys Med Rehabil, 74(2);170-177, 1993
- DeTurk WE, Cahalin LP. Cardiovascular & Pulmonary Physical Therapy: An Evidence-Based Approach. 3rd ed. New York, McGraw-Hill Education, 2018.
- Frownfelter D, Dean E. Cardiovascular and Pulmonary Physical Therapy: Evidence to Practice. 5th ed. St. Louis, Mosby, 2012.
- Han DW, Ha MS. Effect of pelvic floor muscle exercises on pulmonary function. J Phys Ther Sci, 24(1);3233-3235, 2015.
- Hides J, Scott Q, Jull G, et al. clinical palpation test to check the activation of the deep stabilizing muscles of the lumbar spine. International SportMed Journal, 1(4);1-4, 2000.
- Hillegass E. Essentials of Cardiopulmonary Physical Therapy. 4th ed. St. Louis, Elsevier, 2017.
- Hodges PW, Gandevia SC. Changes in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm. J Appl Physiol, 89(3);967-976, 2000.
- Lee JC, Hwang SH, Han SI, et al. Effects of stretching the scalene muscles on slow vital capacity. J Phys Ther Sci, 24(1);1825-1828, 2016.
- Legrand, A, Ninane V, De Troyer A. Mechanical advantage of sternomastoid and scalene muscles in dogs. J. Appl. Physiol, 82(5);1517-1522, 1997.
- Neumann P, Gill V. Pelvic floor and abdominal muscle interaction : EMG activity and intra-abdominal pressure, Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct, 13(2);125-32, 2002.
- Richardson C, Hides J, Hodges PW. Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization-A motor control approach for the treatment and prevention of low back pain. 2nd ed. Edinburgh, Churchill Livingstone, 2004.
- Sapsford R. Rehabilitation of pelvic floor muscles utilizing trunk stabilization. Man Ther, 9(1);3-12, 2004.
- Souza GM, Baker LL, Power CM. Electromyographic activity of selected trunk muscles during dynamic spine stabilization exercises. Arch Phys Med Rehabil, 82(11);1551-1557, 2001.
- Thompson JA, O'Sullivan PB. Levator plate movement during voluntary pelvic floor muscle contraction in subjects with incontinence and prolapse: a cross-sectional study and review. International Urogynecology Journal and Pelvic Floor Dysfunction, 14(2);84-88, 2003.