

# 디벨트의 가로막 수축압력과 초음파영상의 가로막 움직임 및 폐활량과의 상관성

<https://doi.org/10.32337/KACPT.2022.10.2.47>

대한심장호흡물리치료학회지 제10권 제2호 2022.12. PP.47-52

■ 이재석<sup>1</sup>, 강태욱<sup>2\*</sup>

■<sup>1</sup> 동아대학교병원 재활치료실, <sup>2</sup> 김해대학교 물리치료과

## Correlation between Diaphragmatic Contraction Pressure of Dip Belt and Diaphragmatic Motion in Ultrasound Imaging and Lung Capacity

Jae-Seok Lee<sup>1</sup>, Tae-Wook Kang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Rehabilitation, Dong-A University Hospital

<sup>2</sup>Department of Physical Therapy, Gimhae college

**Purpose:** This study was designed to determine the correlation between the diaphragmatic contraction pressure using diaphragmatic pressure belt (DiP Belt) and the ultrasound imaging of diaphragmatic motion and forced vital capacity. This study was conducted to confirm the usefulness of assessing the diaphragmatic function using the DiP Belt. **Methods:** This study included 41 healthy subjects (13 males and 28 females). The diaphragmatic motion was measured using sonography, and the forced vital capacity (FVC) was measured using a portable digital spirometer device. After 2 weeks, the diaphragmatic contraction pressure was measured during maximal inspiration using the DiP Belt. **Results:** The mean diaphragmatic contraction pressure (MDCP) and peak diaphragmatic contraction pressure (PMCP) using the DiP Belt were not significantly correlated with sonography imaging of diaphragmatic motion during quiet breathing but were significantly positively correlated with the diaphragmatic motion during deep breathing. Both the MDCP and PMCP were significantly positively correlated with FVC, forced expiratory volume in 1 second (FEV<sub>1</sub>), and peak expiratory flow (PEF). However, diaphragmatic motion was significantly positively correlated with FVC, FEV<sub>1</sub>, and PEF in only deep breathing. **Conclusion:** The Dip Belt can provide valuable information about the diaphragmatic function, particularly ultrasound imaging of diaphragmatic motion and lung capacity.

**Key words:** DiP Belt, Diaphragmatic Motion, Ultrasound Imaging, Forced Vital Capacity

**Received:** November 13, 2022 / **Revised:** November 30, 2022 / **Accepted:** December 02, 2022

## I. 서론

가로막 근육은 호흡 시 들숨 공기량의 약 70%의 들숨량에 주요한 역할을 한다(Mead J와 Loring SH, 1982). 호흡에 필수적인 가로막 근육은 마비와 탈장 그리고 근육 약화와 같은 원인으로 가로막 근육의 기능부전(diaphragmatic dysfunction)이 발생한다(Nason LK 등, 2012; Ricoy J 등 2019).

가로막 근육의 약화가 발생하는 대표적인 질환인 만성폐쇄성폐질환(chronic obstructive pulmonary disease; COPD) 환자는 가로막 움직임이 감소해 호흡곤란과 운동능력에 부정적 영향을 미친다(Paulin E 등, 2007). Catalá-Ripoll JV 등(2020)은 급성 뇌졸중 환자의 경우 51.7%가 가로막 기능부전이 관찰되고 그중 70%가 중증 호흡기 질환으로 발전한다고 하였다. 또한 가로막

근육 약화가 심한 환자는 중환자실 사망률이 높고 기계적 환기의 기간이 더 길어 환자의 예후에 부정적 영향을 미친다(Supinski GS와 Callahan LA, 2013). 그러므로 임상에서는 가로막 근육의 기능을 객관적으로 평가하고 중재하는 방법이 중요하다.

가로막 근육을 평가하는 여러 가지 방법 중 가로막 근육의 투시촬영검사(fluoroscopy-guided imaging)는 방사선 노출이 적고 투시영상으로 환자에게 가로막의 움직임을 쉽게 설명할 수 있어 유용한 측정방법이다(Chun EM 등, 2015). 가슴 X선 촬영을 이용한 가로막 움직임 측정은 비침습적인 방법으로 측정이 쉽고 두 개의 가로막을 비교할 수 있는 장점이 있다(Saltiel RV 등, 2013). 초음파를 이용한 가로막 근육의 기능평가는 비침습적이고 방사선 노출에 위험이 없으며 재현성이 높아 임상에서 유용한 측정도구로 알려져 있다(Boussuges A 등, 2009). 하지만 가

교신저자: 강태욱

주소: 경상남도 김해시 삼안로 112번길 198 E-mail: gornsapelr@naver.com

로막 근육의 투시촬영검사와 가슴 X선 촬영은 방사선 노출 위험이 있고 측정을 위한 이동성에 제한이 있다. 초음파 측정은 숙련된 기술이 필요하고 비만 대상자는 측정이 제한적인 단점이 있다 (Santana PV, 2020). 가장 제한적인 요소는 임상 환경에서 물리 치료사가 환자에게 이러한 장비를 이용해 가로막의 기능을 평가할 수 없고 환자들은 측정에 따른 시간과 비용을 감당해야 한다는 문제가 있다.

이러한 제한점으로 시각적 피드백을 이용해 간단한 방법으로 가로막의 기능을 평가하고 운동을 중재할 수 있는 도구가 디벨트(diaphragmatic pressure belt; DiP Belt)이다. 디벨트를 이용해 측정된 가로막 수축압력은 폐활량의 들숨 유량과 높은 양의 상관성을 가지고 있고 매우 좋은 측정자간 신뢰도와 측정자내 신뢰도를 보여 효과적으로 가로막 근육의 수축압력을 측정하는 도구로 알려져 있다(Lee 등, 2019; 이재석, 2019). 디벨트는 흡기 저항 운동 도구와 같이 사용할 때 호흡 보조근의 근 동원을 감소시켜 가로막 근육의 근력 강화에 효과적으로 적용 가능한 호흡운동 도구이다(이재석과 강태욱, 2020).

하지만 디벨트를 이용한 가로막 수축압력은 초음파영상과 노력성 폐활량(forced vital capacity; FVC) 수치와 비교한 연구는 부족하다. 폐활량 검사는 가로막 근육의 생리적 영향을 평가하고 정량화하는 일차적인 평가로 임상에서 많이 사용하는 검사방법이다(Dubé BP와 Dres M, 2016). 그리고 초음파 검사는 신경근 질환과 같은 가로막 약화를 평가하는 데 높은 민감도와 타당도를 가지는 측정방법으로 많은 연구와 임상에서 초음파 측정방법을 사용하고 있다(Boon AJ 등, 2014). 많은 연구에서 호흡기 질환과 뇌혈관질환 그리고 정상인을 대상으로 초음파를 이용해 가로막의 기능과 노력성 폐활량 또는 최대들숨압력을 비교한 연구가 이루어지고 있다(Kılıçoğlu MS 등, 2022; Ho S 등, 2022; Schulz A 등, 2022; Qaiser M 등, 2020; Jung와 Kim, 2017). 그러나 앞서 언급한 바와 같이 폐활량 검사와 초음파 검사는 고가의 장비가 필요하고 검사의 접근성도 제한적이다. 이러한 검사장비는 가로막 기능을 평가에 유용하지만 기능평가가 운동 중재와 연결되지는 못하는 문제점이 있다.

그러므로 본 연구에서는 선행연구에서 많이 사용하는 초음파영상에서의 가로막 움직임과 노력성 폐활량 수치를 디벨트의 가로막 수축압력과 비교해 디벨트를 이용한 가로막 근육의 기능평가가 임상에서 유용하게 사용할 수 있는 도구인지 확인하고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구의 표본 크기는 Cardenas 등(2018) 선행 연구의 결과

를 바탕으로 G\*power 3.1 프로그램을 이용하여 표본 크기를 산출하였다. 산출된 표본 크기는 38명 이상으로 실제 검정력은 95.16%이었다. 중도 탈락 대상자를 고려해서 44명을 표본 크기로 연구를 진행하였고 연구목적에 충분히 숙지한 후 서면동의 하였다. 44명 대상자 중 초음파 측정에서 가로막 근육을 정확하게 측정할 수 없는 3명을 제외한 41명을 최종 연구에 포함하였다. 연구 제외기준은 2주 내 호흡기계 감염이 있는 자, 허리나 갈비뼈 부위에 통증이 있는 자, 신경학적 질환이 있는 자, 연구자의 지시를 충분히 수행할 수 없는 자는 연구에서 제외하였다.

### 2. 측정도구 및 방법

#### 1) 외부 가로막 근육의 수축압력

이재석(2019)의 연구에서 제시한 방법으로 디벨트를 이용해 가로막 근육의 수축압력을 측정하였다. 디벨트의 중간에 있는 압력 커프(cuff)와 연결된 압력계를 이용해 압력변화를 수치화하였다. 대상자는 바로 누운 자세에서 복장뼈의 갈돌기 부위에 디벨트의 압력 커프를 위치하게 한 후 몸통에 고정하였다. 대상자의 허리와 배 부위 두께가 다양하므로 대상자가 최대날숨을 하였을 때를 기준압력(10 mmHg)으로 설정하였다. 연구자는 대상자에게 “최대로 숨을 크게 들여 마시면서 압력 장치를 밀고 유지해보세요”라고 요구하였다. 최대들숨을 하는 동안 허리의 과다 앞굽음(hyperlordosis)으로 압력 수치가 올라가지 않도록 하였다(그림 1). 측정은 3회 측정하여 평균 가로막 수축압력(mean diaphragmatic contraction pressure; MDCP)과 최대값 가로막 수축압력(peak diaphragmatic contraction pressure; PDCP)을 사용하였다.

#### 2) 가로막 근육의 움직임 측정

초음파(Echo Wave II, TELEMED, Lithuania)를 이용해 가로막의 움직임을 측정하였다. 바로 누운 자세에서 대상자의 오른쪽 중간 빗장뼈 선(mid clavicular line)과 오른쪽 아래 갈비뼈의 갈비모서리(costal margin)의 교차점에 선형 탐촉자(convex

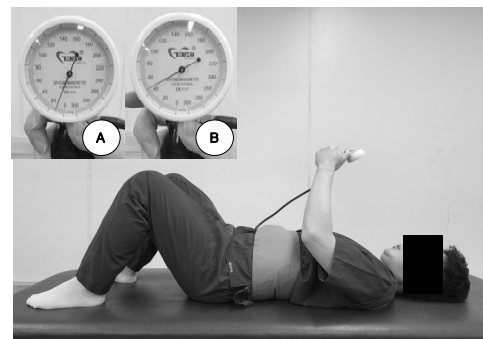


그림 1. 디벨트를 이용한 가로막 수축압력 측정, A: 기준압력(10mmHg), B: 최대 흡기 시 가로막 수축압력(46mmHg)

transducer probe)를 두고 B-mode를 이용해 가로막 근육을 확인한 후 초음파를 M-mode로 변환시켜 들숨을 하는 동안 바닥지점에서 가장 높은 지점과의 수직거리를 측정하여 가로막의 움직임을 측정하였다(Santana PV 등, 2020). 가로막 움직임 측정은 편안한 호흡(quiet breathing)과 깊은 호흡(deep breathing)을 각 3회 측정해서 평균값을 사용하였다.

### 3) 노력성 폐활량 측정

노력성 폐활량 측정은 디지털 폐활량계(Pony Fx, COSMED, Italy)를 사용하였다. 대상자는 의자에 앉은 자세에서 폐활량 측정기의 마우스피스(mouthpiece)를 입에 물고 코마개(nose clip)를 착용하였다. 대상자는 편안한 호흡을 3회 하였고 깊고 빠르게 최대한 들숨을 한 후 최대 6초 이상 날숨을 하였다(Miller 등, 2005). 폐활량 측정을 통해 노력성 폐활량, 1초간 노력성 날숨량(forced expiratory volume in 1 second; FEV<sub>1</sub>), 1초간 노력성 날숨량/노력성 폐활량 비율(FEV<sub>1</sub>/FVC%), 최대날숨유량(peak expiratory flow; PEF)을 확인하였고, 폐활량은 3회 측정해 평균값을 사용하였다.

## 4. 연구 절차

딥벨트를 이용한 가로막 수축압력 측정은 초음파의 가로막 움직임 측정과 상호 영향을 줄 것을 고려해 측정 날을 다르게 하였다. 첫날 대상자는 제비뽑기를 이용해 무작위로 초음파 측정과 노력성 폐활량을 측정하였다. 2주 후 대상자는 딥벨트를 이용해 가로막의 수축압력을 측정하였다.

## 5. 분석 방법

딥벨트를 이용한 가로막 수축압력과 초음파영상의 가로막 움직임 그리고 노력성 폐활량의 상관성을 확인하기 위해 피어슨 상관분석(Pearson correlation analysis)을 사용하였다. 통계프로그램은 IBM SPSS ver. 22.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA) 프로그램을 사용하였고 유의수준  $\alpha=.05$  설정하였다. 상관 계수 0.00에서 0.30은 무시할 수 있는 상관성, 0.30에서 0.50은 낮은 상관성, 0.50에서 0.70은 중간 상관성, 0.70에서 0.90 높은 상관성, 0.90에서 1.00은 매우 높은 상관성으로 해석하였다(Hinkle DE 등, 2003).

## Ⅲ. 연구 결과

### 1. 일반적 특성

본 연구의 대상자는 남성 13명이고 여성은 28명으로 총 41명

표 1. 대상자의 일반적 특성

(단위)

변수	대상자 (N=41)
대상자 특성	
남성/여성(명)	13 / 28
나이(세)	22.59±2.02 <sup>a</sup>
신장(cm)	164.85±0.47
체중(kg)	58.80±9.08
딥벨트의 가로막 수축압력	
MDCP(㎜Hg)	15.72±733
PDCP(㎜Hg)	16.88±7.59
초음파의 가로막 움직임	
Quiet breathing(㎜)	19.88±6.08
Deep breathing(㎜)	52.60±6.08
노력성 폐활량	
FVC(ℓ)	3.38±0.82
FEV <sub>1</sub> (ℓ)	2.62±0.82
FVC/FEV <sub>1</sub> (%)	76.05±10.47
PEF(ℓ/min)	4.74±2.20

<sup>a</sup>평균±표준편차

MDCP: Mean diaphragmatic contraction pressure, PDCP: Peak diaphragmatic contraction pressure, FVC: Forced vital capacity, FEV<sub>1</sub>: Forced expiratory volume in 1 second, PEF: Peak expiratory flow

으로 구성되었다. 대상자의 평균나이는 22.59 세이고 신장은 164.85 cm, 체중은 58.80 kg이었다. 외부 가로막 수축압력과 가로막 움직임 그리고 노력성 폐활량은 아래와 같다(표 1).

### 2. 딥벨트의 가로막 수축압력과 초음파영상의 가로막 움직임과의 상관성

딥벨트를 이용한 평균 가로막 수축압력(MDCP)은 편안한 호흡의 가로막 움직임과 유의한 상관성이 없었지만, 깊은 호흡의 가로막 움직임과는 낮은 양의 상관성을 보였다. 유사하게 최대 가로막 수축압력(PDCP)에서도 편안한 호흡의 가로막 움직임과 유의한 상관성이 없었지만, 깊은 호흡의 가로막 움직임과는 낮은 양의 상관성을 보였다(표 2).

표 2. 딥벨트의 가로막 수축압력과 초음파상의 가로막 움직임과의 상관성

(단위)

변수	MDCP(㎜Hg)	PDCP(㎜Hg)
Quiet breathing(㎜)	0.20	0.17
Deep breathing(㎜)	0.37*	0.33*

\*p<.05

MDCP: Mean diaphragmatic contraction pressure, PDCP: Peak diaphragmatic contraction pressure

표 3. 딥벨트의 가로막 수축압력과 노력성 폐활량과의 상관성 (단위)

변수	MDCP(㎜Hg)	PDCP(㎜Hg)
FVC(ℓ)	0.69***	0.69***
FEV <sub>1</sub> (ℓ)	0.68***	0.68***
FEV <sub>1</sub> /FVC(%)	0.33*	.034*
PEF(ℓ/min)	0.59***	0.60***

\*p&lt;.05, \*\*\*p&lt;.001

MDCP: Mean diaphragmatic contraction pressure, PDCP: Peak diaphragmatic contraction pressure, FVC: Forced vital capacity, FEV<sub>1</sub>: Forced expiratory volume in 1 second, PEF: Peak expiratory flow

표 4. 초음파영상 가로막 움직임과 노력성 폐활량과의 상관성 (단위)

변수	Quiet breathing(㎜)	Deep breathing(㎜)
FVC(ℓ)	0.25	0.44**
FEV <sub>1</sub> (ℓ)	0.24	0.50**
FEV <sub>1</sub> /FVC(%)	0.08	0.38*
PEF(ℓ/min)	0.17	0.36*

\*p&lt;.05, \*\*p&lt;.01

FVC: Forced vital capacity, FEV<sub>1</sub>: Forced expiratory volume in 1 second, PEF: Peak expiratory flow

### 3. 딥벨트의 가로막 수축압력과 노력성 폐활량과의 상관성

딥벨트를 이용한 평균 가로막 수축압력과 최대 가로막 수축압력을 노력성 폐활량 수치와 상관성을 분석하였을 때, FVC와 FEV<sub>1</sub> 그리고 PEF와는 중간 정도의 양의 상관성을 보였고 FEV<sub>1</sub>/FVC는 낮은 양의 상관성을 보였다.

### 4. 초음파영상의 가로막 움직임과 노력성 폐활량과의 상관성

초음파영상의 가로막 움직임과 폐활량 수치의 상관성을 분석하였을 때, 편안한 호흡에서 가로막 움직임은 노력성 폐활량 수치와 유의한 상관성이 없었다. 깊은 호흡에서 FEV<sub>1</sub>은 중간 정도의 양의 상관성을 보였다. FVC와 FEV<sub>1</sub>/FVC 그리고 PEF는 낮은 양의 상관성을 보였다(표 4).

## IV. 논 의

본 연구는 건강한 성인을 대상으로 딥벨트를 이용한 가로막 수축압력을 초음파영상의 가로막 움직임과 노력성 폐활량의 수치를 비교 분석하였다. 딥벨트를 이용해 측정된 가로막수축압력과 초음파영상을 통해 확인한 가로막 움직임은 양의 상관성을 보였고 노력성 폐활량과의 비교에서는 선행연구보다 높은 양의

상관성을 확인할 수 있었다.

딥벨트를 이용한 평균 가로막 수축압력과 최대 가로막 수축압력 모두 편안한 호흡 시 유의한 상관성이 없었지만, 깊은 호흡에서만 낮은 양의 상관성을 보였다. Lee 등(2019)은 딥벨트를 이용해 측정된 최대 가로막 수축압력은 들숨량과 강한 양의 상관성을 보인다고 하였다. 가로막의 수축은 들숨 시 내부로 유입되는 공기량이 증가하면서 가슴안 공간을 확장시키기 위한 필수적인 요소이며, 편안한 호흡 시 유입되는 공기의 양은 깊은 호흡 시 유입되는 공기의 양보다 현저히 적다. 따라서 가로막의 수축압력은 들숨량과 깊은 관련이 있으며, 깊은 호흡 시 유의한 상관성을 보인 본 연구의 결과와 일치한다고 볼 수 있다. 딥벨트에서 측정된 외부압력 수치가 가로막의 움직임을 반영할 수 있는지 하는 의문은 있다. Kim 등(2012)의 연구에서 컴퓨터단층촬영 시 일정치 않은 호흡주기로 인한 문제를 개선하기 위해 외부 마커를 배 부위에 고정해 시청각피드백(audiovisual biofeedback)을 주었을 때 MRI 촬영 시 호흡과 가로막의 움직임 재현성이 일정해져 촬영 사진 개선에 긍정적인 역할을 한다고 하였다. Monteiro 등(2012)은 배 위에 무게를 올리고 가로막 운동을 하면 횡단 가로막 압력이 증가한다고 하였다. 이러한 선행연구의 생체피드백 작용을 보면 숨을 들이 마실 때 배를 앞으로 내미는 동작이 가로막의 움직임과 연관될 수 있다는 것을 설명할 수 있다.

딥벨트의 가로막 수축압력과 노력성 폐활량 수치는 FEV<sub>1</sub>/FVC 수치를 제외하고 FVC와 FEV<sub>1</sub> 그리고 PEF와 중간 정도의 상관성을 보였다. Lee 등(2019)의 연구에서 딥벨트를 이용한 가로막수축압력은 폐활량(vital capacity)과 중간의 양의 상관성을 보였고 들숨량과 강한 양의 상관성을 보인다고 하였다. 선행연구와 같이 가로막수축압력이 높다는 것은 가로막의 움직임이 많아 들숨량이 많다는 것으로 FVC의 양의 상관성을 설명할 수 있다. FEV<sub>1</sub>과 PEF는 날숨과 관련된 수치지만 들숨 근육 또한 날숨에 중요한 역할을 한다고 알려져 있다. Kang 등(2006)은 목 척수손상 환자의 기침 유량은 최대날숨압력보다 최대들숨압력에서 높은 상관성을 보인다고 하였다. 이러한 들숨 근육이 중요한 이유는 효과적인 기침을 위해서는 처음 많은 양의 공기를 들이마셔야 성대가 닫힌 상태에서 가슴-배 압력이 발생한다. 그 이후 성대가 열리면서 강한 날숨 유량이 만들어지게 된다(Schramm CM, 2000). 본 연구에서 딥벨트의 가로막 수축압력이 높다는 것은 들숨의 주요 근육인 가로막의 작용으로 많은 양의 들숨량이 폐로 들어와 날숨과 관련된 FEV<sub>1</sub>과 PEF의 수치와 양의 상관성을 보인 것을 설명할 수 있다.

초음파영상에서 깊은 호흡 시 가로막 움직임과 노력성 폐활량 수치는 FEV<sub>1</sub>만 중간 정도의 상관성을 보였고 FVC와 FEV<sub>1</sub>/FVC 그리고 PEF는 낮은 상관성을 보였다. 초음파영상에서 가로막 움직임과 폐활량의 선행연구를 살펴보면 Kang 등(2011)은 COPD 환자의 초음파영상에서 가로막 움직임은 예측치 노력성 폐활량의 FVC와 FEV<sub>1</sub>과는 낮은 양의 상관성을 보였고 FEV<sub>1</sub>/FVC는 유의한 상

관성이 없었다고 하였다. Schulz 등(2022) 또한 COPD 환자의 가로막 움직임은 예측치의 FEV<sub>1</sub>과 낮은 양의 상관성을 보인다고 하였다. Kaiser 등(2020)은 COPD 환자의 가로막 움직임은 FEV<sub>1</sub>/FVC와 강한 상관성이 있고 FEV<sub>1</sub>과는 무시할 수 있는 상관성을 보인다고 하였다. COPD 환자를 대상으로 한 선행연구에서 가로막 움직임과 폐활량의 수치가 낮은 정도의 양의 상관성을 보이는 것은 본 연구의 결과와 유사하지만, 연구마다 상관성이 차이가 나는 것을 확인할 수 있다. 반면 선행연구와 비교해도 딥벨트의 가로막 수축압력과 폐활량과의 상관성은 초음파 측정보다 높은 상관성을 보여 딥벨트를 이용해 폐 기능의 정도를 간편하게 확인할 수 있다는 것을 확인하였다. 하지만 선행연구 대상자가 COPD 환자인 것을 고려해 딥벨트의 가로막 수축압력을 다양한 환자에게 적용한 연구가 필요할 것으로 보인다.

호흡기 질환이 아닌 대상자 연구에서도 다양한 연구결과가 보였다. Jung 등(2014)은 뇌졸중 환자를 대상으로 초음파영상에서 가로막의 움직임과 폐활량의 상관성을 확인하였다. 뇌졸중 환자의 마비측 가로막 움직임은 감소하고, 깊은 호흡 시 가로막의 움직임은 FEV<sub>1</sub>과 FVC와는 높은 양상 상관성을 보인다고 하였다. Yoon 등(2020)은 뇌 손상 환자의 폐 기능과 가로막의 움직임을 비교하였을 때, 최대들숨 압력과 최대날숨 압력 그리고 최대기침 유량에서 유의한 양의 상관성을 보였지만 FVC와 FEV<sub>1</sub> 그리고 FEV<sub>1</sub>/FVC에서는 유의한 상관성이 없다고 하였다. 중추신경계 손상 환자의 가로막 움직임과 노력성 폐활량의 상관분석 결과가 차이가 있지만 두 연구 모두 뇌 손상 환자의 호흡 기능의 중요성을 강조한 연구로 딥벨트를 이용한 가로막 압력 측정이 다양한 환자군에 적용 가능하다는 것을 확인할 수 있다.

본 연구의 대상자와 유사한 정상 20대 성인의 가로막 두께와 흡기 근력 그리고 폐활량과의 상관성을 확인한 Lee (2021) 연구에서는 초음파영상에서 가로막 두께는 최대 들숨압력과 낮은 양의 상관성을 보인다고 하였고, 최대 흡기 유량과는 중간 정도의 상관성을 보인다고 하였다. 그리고 폐활량 수치와는 유의한 상관성이 없었다고 하였다. 본 연구에서 딥벨트의 가로막 수축력과 초음파영상에서 가로막 움직임이 폐활량과의 상관성에서 중간에서 낮은 정도인 것에 반해 Lee (2021) 연구에서는 폐활량과 유의한 상관성이 없다는 것은 가로막 근육의 움직임 측정과 두께 측정 방법의 차이로 추후 연구에서 확인할 필요가 있다.

본 연구는 건강한 정상 성인을 대상으로 딥벨트의 가로막 수축압력이 높으면 초음파영상 가로막 움직임과 폐활량의 수치가 높을 수 있는 상관성을 확인하였다. 하지만 본 연구의 대상자는 정상 성인으로 측정한 결과로 모든 대상자에게 적용하기 어렵다. 또한 폐활량에 영향을 주는 흡연에 대한 통제가 없어 제한점이 있다. 그러므로 추후 흡연유무를 통제된 상태에서 다양한 환자군을 대상으로 딥벨트를 이용해 가로막 수축압력과 폐 기능의 상관성을 확인하고 가로막의 기능을 평가하는 여러 측정 방법과 비교

해 딥벨트의 검사 유용성을 계속 확인할 필요가 있다.

## V. 결 론

딥벨트를 이용한 가로막 수축압력이 높으면 초음파 영상의 가로막 움직임과 노력성 폐활량이 높다는 것을 확인하였다. 딥벨트를 이용한 가로막 수축압력은 초음파를 이용한 가로막 움직임과 폐활량 수치와 같이 가로막 근육의 기능을 평가하는 도구로써 임상에서 간단한 측정으로 가로막 기능을 평가하고 호흡운동을 중재할 수 있는 유용한 도구이다.

## 참고문헌

- 이재석. 가로막 수축력 측정 및 가로막호흡 유도를 위한 딥벨트 (DiP Belt)의 유용성 연구. 신라대학교, 박사학위논문, 2019.
- 이재석, 강태욱. 시각적 피드백을 이용한 호흡운동이 들숨보조근의 근활성도에 미치는 영향. 대한심장호흡물리치료학회지, 8(1);35-40, 2020.
- Boon AJ, Sekiguchi H, Harper CJ, et al. Sensitivity and specificity of diagnostic ultrasound in the diagnosis of phrenic neuropathy. *Neurology*, 83(14);1264-1270, 2014.
- Boussuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic motion studied by m-mode ultrasonography: methods, reproducibility, and normal values. *Chest*, 135(2);391-400, 2009.
- Cardenas LZ, Santana PV, Caruso P, et al. Diaphragmatic Ultrasound Correlates with Inspiratory Muscle Strength and Pulmonary Function in Healthy Subjects. *Ultrasound Med Biol*, 44(4);786-793, 2018.
- Catalá-Ripoll JV, Monsalve-Naharro JÁ, Hernández-Fernández F. Incidence and predictive factors of diaphragmatic dysfunction in acute stroke. *BMC Neurol*, 20(1);1-10, 2020.
- Chun EM, Han SJ, Modi HN. Analysis of diaphragmatic movement before and after pulmonary rehabilitation using fluoroscopy imaging in patients with COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 10;193-199, 2015.
- Dubé BP, Dres M. Diaphragm Dysfunction: Diagnostic Approaches and Management Strategies. *J Clin Med*, 5(12);113, 2016.
- Hinkle DE, Wiersma W, Jurs SG. *Applied Statistics for the Behavioral Sciences*. 5th ed. Boston, Houghton

- Mifflin, 2003.
- Ho S, Rock K, Addison O, et al. Relationships between diaphragm ultrasound, spirometry, and respiratory mouth pressures in children. *Respir Physiol Neurobiol*, 305;103950, 2022.
- Jung JH, Kim NS. The correlation between diaphragm thickness, diaphragmatic excursion, and pulmonary function in patients with chronic stroke. *J Phys Ther Sci*, 29(12);2176-2179, 2017.
- Jung KJ, Park JY, Hwang DW, et al. Ultrasonographic diaphragmatic motion analysis and its correlation with pulmonary function in hemiplegic stroke patients. *Annals of rehabilitation medicine*, 38(1); 29-37, 2014.
- Kang HW, Kim TO, Lee BR, et al. Influence of diaphragmatic mobility on hypercapnia in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Korean Med Sci*, 26(9);1209-1213, 2011.
- Kang SW, Shin JC, Park C, et al. Relationship between inspiratory muscle strength and cough capacity in cervical spinal cord injured patients. *Spinal Cord*, 44(4);242-248, 2006.
- Kılıçoğlu MS, Yurdakul OV, Çelik Y, et al. Investigating the correlation between pulmonary function tests and ultrasonographic diaphragm measurements and the effects of respiratory exercises on these parameters in hemiplegic patients. *Top Stroke Rehabil*, 29(3);218-229, 2022.
- Kim T, Pollock S, Lee D, et al. Audiovisual biofeedback improves diaphragm motion reproducibility in MRI. *Med Phys*, 39(11);6921-6928, 2012.
- Lee JS, Han DW, Kang TW. Correlation between the Diaphragmatic Contraction Pressure and the Slow Vital Capacity. *J Korean Soc Phys Med*, 14(3);47-53, 2019.
- Lee KB. Correlation between Respiratory Muscle Strength and Pulmonary Function with Respiratory Muscle Length Increase in Healthy Adults. *Physical Therapy Rehabilitation Science*, 10(4);398-405, 2021.
- Mead J, Loring SH. Analysis of volume displacement and length changes of the diaphragm during breathing. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 53(3);750-755, 1982.
- Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*, 26(2);319-338, 2005.
- Monteiro SG, Pessolano FA, Suárez AA, et al. Study of diaphragmatic muscle function during abdominal weight in normal subjects. *Medicina (B Aires)*, 72(2);98-102, 2012.
- Nason LK, Walker CM, McNeeley MF, et al. Imaging of the diaphragm: anatomy and function. *Radiographics*, 32(2);E51-70, 2012.
- Paulin E, Yamaguti WP, Chammas MC, et al. Influence of diaphragmatic mobility on exercise tolerance and dyspnea in patients with COPD. *Respir Med*, 101(10);2113-2118, 2007.
- Qaiser M, Khan N, Jain A. Ultrasonographic Assessment of Diaphragmatic Excursion and its Correlation with Spirometry in Chronic Obstructive Pulmonary Disease Patients. *Int J Appl Basic Med Res*, 10(4);256-259, 2020.
- Ricoy J, Rodríguez-Núñez N, Álvarez-Dobaño JM, et al. Diaphragmatic dysfunction. *Pulmonology*, 25(4);223-235, 2019.
- Saltiel RV, Grams ST, Pedrini A, et al. High reliability of measure of diaphragmatic mobility by radiographic method in healthy individuals. *Braz J Phys Ther*, 17(2);128-136, 2013.
- Santana PV, Cardenas LZ, Albuquerque ALP, et al. Diaphragmatic ultrasound: a review of its methodological aspects and clinical uses. *J Bras Pneumol*, 46(6);e20200064, 2020.
- Schramm CM. Current concepts of respiratory complications of neuromuscular disease in children. *Curr Opin Pediatr*, 12(3);203-207, 2000.
- Schulz A, Erbut A, Boyko M, et al. Comparison of Ultrasound Measurements for Diaphragmatic Mobility, Diaphragmatic Thickness, and Diaphragm Thickening Fraction with Each Other and with Lung Function in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 17;2217-2227, 2022.
- Supinski GS, Callahan LA. Diaphragm weakness in mechanically ventilated critically ill patients. *Crit Care*, 17(3);1-17, 2013.
- Yoon SY, Moon HI, Kim JS, et al. Comparison between M-mode ultrasonography and fluoroscopy for diaphragm excursion measurement in patients with acquired brain injury. *Journal of Ultrasound in Medicine*, 39(3);535-542, 2020.