

일반 흡기 및 최대 흡기압 시 목빗근의 역할과 근활성도 분석 연구

https://doi.org/10.32337/KACPT.2024.12.2.21

대한심장호흡물리치료학회지 제12권 제2호 2024.07. PP.21-25

■ 신호정¹, 신명준^{2,3}, 박태성^{3*}

¹부산가톨릭대학교 대학원 물리치료학과, ²부산대학교병원, 부산대학교 의과대학 재활의학과,

³부산대학교병원 융합의학기술원, 의생명연구원

Analysis of the Role and Muscle Activity of the Sternocleidomastoid Muscle During Normal Inspiration and Maximal Inspiratory Pressure

Ho-Jeong Shin, PT, MS¹, Myung-Jun Shin, Doctor, PhD^{2,3}, Tae-Sung Park, PT, Ph.D^{3*}

¹Department of Physical Therapy, Graduate School, Catholic University of Pusan

²Department of Rehabilitation Medicine, Pusan National University Hospital and

Pusan National University School of Medicine

³Department of Convergence Medical Institute of Technology, Biomedical Research Institute,

Pusan National University Hospital

Purpose: This study aims to analyze the role and activation of the sternocleidomastoid (SCM) muscle during normal inhalation and maximal inspiratory pressure (MIP) among healthy adults. **Methods:** This study included 20 healthy adults. Surface electromyography was conducted to measure SCM muscle activation during normal inhalation and MIP evaluations. The MIP was assessed with a respiratory muscle strength device, and SCM activation was normalized to the percentage of maximum voluntary isometric contraction (%MVIC). **Results:** The study revealed no significant differences in SCM activation between the left and right sides during normal inhalation and MIP. However, SCM activation significantly increased during MIP compared to normal inhalation. Additionally, MIP results and SCM %MVIC during normal inhalation exhibited no correlation, but MIP results and SCM %MVIC during MIP demonstrated a significant positive correlation, indicating that higher MIP values are related to increased SCM activation during this phase. **Conclusion:** The results indicate that the SCM plays a crucial role in assisting inspiration during increased respiratory demands. This study provides valuable information for developing respiratory muscle training programs and rehabilitation plans for patients with respiratory or neuromuscular disorders.

Key words: Respiratory Muscle Strength, Sternocleidomastoid, Surface Electromyography, Maximal Inspiratory Pressure

Received: June 7, 2024 / **Revised:** July 4, 2024 / **Accepted:** July 9, 2024

I. 서론

호흡 근육은 호흡 기능을 유지하는데 필수적이며, 기도 저항을 극복하고 적절한 환기를 유지하는 데 중요한 역할을 한다 (American Thoracic Society, 2002). 호흡 근육의 저하는 만성 폐쇄성 폐질환(chronic obstructive pulmonary disease; COPD)과 같은 호흡기 질환에서 잘 나타나며, 이러한 질병은 환자의 일상 생활 활동에 큰 제약을 초래한다(Agusti 등, 2023). 또한, 근위축성 측삭 경화증(amyotrophic lateral sclerosis; ALS)과 근이영양증과 같은 신경근 질환은 신경과 근육의 기능을

점진적으로 상실하게 하여 호흡 근육 약화를 동반하며, 이는 자발적인 호흡이 어려워져 인공 호흡기의 도움을 필요로 하게 만든다 (Brooks, 1996; Sanjak 등, 2010). 이처럼 호흡 근육 약화는 신체 활동 제한, 근육 약화, 운동 능력 감소등으로 이어질 수 있다.

그렇기 때문에 호흡 근육 평가는 호흡기 질환의 진단과 치료 계획 수립에 중요한 요소이다. 일반적으로 호흡 근육 평가는 최대 흡기압(maximal inspiratory pressure; MIP)과 최대 호기압(maximal expiratory pressure; MEP)으로 평가를 한다. 최대 흡기압은 환자가 최대한의 노력을 기울여 호흡을 들이쉬는 동안 생성되는 압력을 측정하며, 주로 횡격막과 흡기 근육의 강도를

교신저자: 박태성

주소: 부산시 서구 구덕로 179 부산대학교병원 융합의학기술원, E-mail: tsbark@naver.com

평가한다(Enright 등, 1994). 최대 호기압은 환자가 최대한의 노력을 기울여 호흡을 내쉬는 동안 생성되는 압력을 측정하여 복부와 갈비사이근의 강도를 평가한다(Enright 등, 1994). 이러한 평가 방법은 간단하고 비침습적이어서 호흡 근력을 확인하는데 유용하다.

또한, 호흡 근력을 확인하기 위해 근육을 직접적으로 평가하는 방법도 있으며, 그 중 대표적인 것이 표면 근전도(surface electromyography; sEMG)이다. 호흡 근육에 대한 근활성도 연구는 호흡 근육의 기능적 상태를 객관적으로 평가하고, 환자의 물리치료 및 재활 계획을 수립하는데 중요한 역할을 할 수 있다. 현재까지 국내에서 호흡과 관련한 근활성도 연구는 주로 자세 변화에 대한 호흡 기능에 대한 연구가 주를 이루고 있다(이준철, 2020; 이현재 등, 2014). 호흡 근육과 관련하여 근활성도에 대한 연구들이 이뤄지고 있지만, 목빗근(Sternocleidomastoid; SCM)과 같은 보조 호흡 근육에 대한 근활성도 연구는 부족한 상황이다. 목빗근은 호흡 곤란 시 중요한 역할을 하며, 중환자실에 입원하여 기계 환기 중인 환자와 같이 주요 호흡 근육인 횡격막과 갈비사이근이 약화되거나, 사용을 잘 하지 못하는 경우에 흉곽을 들어 올려 호흡을 돕는 보조 근육으로 작용할 수 있으며, 환자의 호흡을 보조하여 생명 유지에 중요한 기여를 할 수 있다(Nakanishi 등, 2019; Van Hollebeke 등, 2022). 그리고 흡기 때 목빗근에 대한 근활성도 연구는 호흡기 질환 환자뿐만 아니라, 신경근 질환이나 운동 장애를 가진 환자의 물리치료 및 재활에 중요한 정보를 제공할 수 있다. 따라서, 흡기 때의 목빗근에 대한 근활성도 연구가 더욱 필요하며, 이를 통해 보다 종합적이고 효과적인 호흡 근육 평가를 진행할 수 있을 것이다.

이러한 배경에서 정상인을 대상으로 한 목빗근에 대한 표면 근활성도 연구는 여러 가지 중요한 의미를 제공할 수 있다. 첫째, 정상인을 대상으로 한 연구는 기초 과학 연구의 중요한 부분으로, 기초적인 생리학적 메커니즘을 이해하는 데 도움을 줄 수 있다. 둘째, 정상인의 데이터는 병리적 상태의 데이터를 비교하는 기준으로 사용될 수 있다. 셋째, 정상인의 목빗근 근활성도 패턴을 이해하면, 질환 초기 단계에서 비정상적인 패턴을 감지할 수 있어 조기 진단 및 예방적 치료에 중요한 역할을 할 수 있다. 마지막으로, 정상인의 목빗근 표면 근활성도에 대한 연구는 호흡 근육 훈련 프로그램을 개발하는 데 중요한 정보를 제공하며, 이는 추후 스포츠 선수나 호흡기 질환 예방을 위한 건강한 성인을 대상으로 하는 훈련 프로그램에 유용할 수 있다. 특히, 목빗근이 과한 운동, 스트레스, 호흡 곤란 등의 특정 상황에서 보조 호흡 근육으로서 중요한 역할을 할 수 있음을 고려할 때, 이러한 연구는 목빗근의 임상적 적용 가능성을 평가하는 데 중요한 의미를 제공할 수 있다. 이는 호흡기 질환자뿐만 아니라, 신경근 질환자의 호흡 재활에서도 중요한 정보를 제공할 수 있다.

따라서 본 연구는 이러한 목적을 가지고 건강한 성인을 대상으

로 일반적인 흡기(Inhalation)와 최대 흡기압 평가 시 목빗근의 근활성도를 분석하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구 대상자는 B시에 거주하고 있는 20세 이상의 건강한 성인 남녀 20명으로 스스로 보행이 가능한 자로 하였으며, 제외 기준으로는 신경계, 근골격계, 심장 및 호흡기 질환이 있는 자로 하였다(표 1). 연구에 참여하는 대상자들은 연구 목적에 대한 설명을 충분히 듣고 난 다음 자발적으로 연구 참여에 동의하였고, 헬싱키 선언의 윤리적 기준에 맞춰 연구윤리를 준수하여 본 연구를 진행하였다.

2. 연구 절차

본 연구에서는 최대 흡기압 평가 시 대상자의 목빗근 근활성도를 확인하기 위해 무선 2채널 표면 근전도 장비(MOT10 MoTive Basic, PhysioLab Co., Ltd, Busan, Korea)를 사용하였다(박태성 등, 2021). 일반적인 흡기와 최대 흡기압 평가 시 양측 목빗근의 근활성도를 측정하였으며, 이를 통해 양측 목빗근의 근활성도 패턴을 확인하였다.

3. 측정 도구 및 방법

1) 최대 흡기압 및 일반적인 흡기

최대 흡기압은 호흡 근력 측정 장비(Pony Fx, Cosmed Srl, Italy)로 평가하였다. 측정은 영등관절을 90° 굽힌 자세로 의자에 앉은 상태에서 실시하였다. 공기가 새어나가지 않도록 측정 장비의 마우스피스를 입에 밀착시키고, 코마개를 사용하여 코를 막았다. 각 평가는 총 3회 반복 측정하였으며, 재현성 있는 가장 높은 값을 사용하였다. 각 평가 이후 1분 휴식을 취한 후 다시 측정을 실시하였다. 최종 결과값으로는 최고값을 사용하였다(American Thoracic Society, 2002; Park 등, 2023). 그리고 일반적인 흡기의 경우 입으로 5초간 편안하게 숨을 들이마시게 하였다. 자세는

표 1. 대상자 일반적 특성 (N=20)

Age [years]	23.00±4.14
Height [cm]	169.50±9.78
Weight [kg]	68.65±18.45
MIP [cmH ₂ O]	95.35±40.37
Sex (n)	M: 9, W: 11

Mean±SD: Mean±Standard deviation, MIP: maximal inspiratory pressure, M: Man, W: Woman

최대 흡기압 측정과 동일하게 진행하였다.

2) 표면 근전도

일반적인 흡기와 최대 흡기압을 측정할 때 목빗근의 근활성도를 측정하기 위해 무선 2채널 표면 근전도 장비를 사용하였으며, 양측 목빗근에 근전도 패드를 부착하였다(Criswell, 2010). 근전도 장비의 샘플링 주파수는 2000Hz이며 입력 신호 주파수 범위는 15~500Hz이다. 근전도 측정은 실험자와 대상자만 존재하는 별도의 공간에서 진행하였다.

일반적인 흡기와 최대 흡기압 평가 동안 각각 5초 간의 root mean square (RMS) 값을 측정하였다. 일반적인 흡기의 경우, 5초 동안 숨을 들이마시게 하였으며 데이터는 첫 1초와 마지막 1초를 제외한 중간 3초를 사용하였다. 모든 측정은 3회 반복하였으며, 평균값을 사용하였다. 모든 측정 간 휴식 시간은 1분씩 제공하였으며, 최대 흡기압 측정도 동일한 방법으로 진행하였다.

근활성도를 %MVIC 정규화 방법으로 비교하기 위해, 일반적인 흡기와 최대 흡기압을 측정하기 전에 대상자의 양측 목빗근의 최대 자발적 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction; MVIC)을 측정하였다. 이 동작은 Kendall의 "Muscles: Testing and Function with Posture and Pain"에서 설명하는 근력검사(manual muscle testing; MMT) 자세 및 방법을 따라 연구자가 최대한의 저항을 주어 MVIC를 측정하였다(Kendall 등, 2005). 측정 시에는 5초 동안 최대한의 힘을 발휘하도록 하였으며, MVIC 데이터는 첫 1초와 마지막 1초를 제외한 중간 3초의 데이터를 사용하였다. 모든 측정 간 휴식 시간은 1분씩 제공하였고, 모든 동작은 3회 측정하여 평균값을 사용하였다.

4. 통계

본 연구는 IBM SPSS Statistics(SPSS ver.25, Inc., Chicago, USA) 프로그램을 사용하여 데이터를 분석하였다. 또한, 분석에 앞서 데이터의 정규성을 샤피로-윌크(Shapiro-Wilk) 방법으로 검증하였다. 일반 흡기와 최대 흡기압 평가 시 좌우 목빗근의 근활성도와 일반 흡기와 최대 흡기압 평가 시의 목빗근의 근활성도를 비교하기 위해 대응 표본 t-검정(paired t-test)을 실시하였다. 최대 흡기압과 목빗근 근활성도의 상관관계를 파악하기 위해 피어슨 상관계수(Pearson correlation coefficient)를 사용하였다. 모든 데이터는 평균과 표준편차로 작성하였고, 통계적 유의수준인 α 는 0.05로 설정하였다.

III. 연구 결과

일반 흡기에서 좌우 목빗근의 근활성도는 유의한 차이가 없었

표 2. 일반 흡기 및 최대 흡기압 시 목빗근 근활성도 비교 결과

(unit: μ V)

	Rt. SCM [%MVIC]	Lt. SCM [%MVIC]	t	p
Normal Inhalation	12.97±12.40	12.22±11.88	0.710	0.487
MIP	39.70±23.71	41.91±29.18	-0.836	0.414
t	-5.328	-4.772		
p	<0.001**	<0.001**		

**p<0.001, MIP: maximal inspiratory pressure, SCM: sternocleidomastoid, MVIC: maximal voluntary isometric contraction

표 3. 최대 흡기압 결과와 일반 흡기 및 최대 흡기압의 상관관계 결과

correlation coefficient	MIP	
	r	p
Rt. MIP %MVIC	0.693	0.001**
Lt. MIP %MVIC	0.614	0.004*
Rt. Inhalation %MVIC	-0.141	0.555
Lt. Inhalation %MVIC	-0.120	0.615

*p<0.05, **p<0.001, MIP: maximal inspiratory pressure, MVIC: maximal voluntary isometric contraction

다(p>.05). 최대 흡기압 평가에서도 좌우 목빗근의 근활성도는 유의한 차이가 없었다(p>.05). 그리고 일반 흡기와 최대 흡기압을 비교했을 때, 좌측과 우측 양쪽에서 목빗근의 근활성도가 유의하게 차이가 있었다(p<.05)(표 2).

최대 흡기압과 일반 흡기 및 최대 흡기압 시의 목빗근 근활성도 상관관계를 확인한 결과, 최대 흡기압과 최대 흡기압 평가 시 목빗근의 근활성도만 유의한 양의 상관관계를 보였다(p<.05)(표 3).

IV. 고찰

본 연구에서는 건강한 성인을 대상으로 일반적인 흡기와 최대 흡기압 평가 시 목빗근의 근활성도를 측정하였다. 결과적으로, 일반적인 흡기와 최대 흡기압 평가 시 각각의 좌우 목빗근의 근활성도에는 유의한 차이가 없었지만, 일반적인 흡기와 최대 흡기압 평가 시를 비교했을 때 좌우 모두에서 목빗근의 근활성도는 유의한 차이가 있었다. 또한, 최대 흡기압 평가 결과와 최대 흡기압 평가 시 근활성도는 유의한 양의 상관관계를 보였다.

Nakanishi 등(2019)의 연구에서는 초음파를 사용하여 중환자실에 입원중인 기계 환기 중인 환자 80명의 횡격막, 갈비사이근

의 두께를 확인하였는데, 횡격막 두께는 50명이 감소, 15명은 증가, 15명은 변화 없었으며, 갈비사이근은 48명이 감소, 15명이 증가, 17명이 변화 없으므로 대부분 환자의 근두께는 감소한 것을 확인하였다. 이는 중환자실에 입원한 환자의 호흡 근육의 위축이 발생할 수 있음을 시사하고 있다. 목빗근은 호흡 곤란 시에 중요한 역할을 하며, 특히 중환자실에 입원하여 기계 환기 중인 환자와 같이 주요 호흡 근육인 횡격막과 갈비사이근이 약화되거나 사용을 잘 하지 못하는 대상자에게 흉곽을 들어 올려 호흡을 돕는 보조 근육으로 작용할 수 있다. Van Hollebeke 등 (2022)의 연구에서는 고강도 흡기근 훈련이 기계 환기 중인 환자의 목빗근과 사각근의 산소 공급 및 산소 이용 지표를 개선할 수 있음을 보여주었다. 이 연구는 기계 환기 중단에 어려움을 겪는 환자들에게서 목빗근이 중요한 역할을 한다는 것을 강조하였다. 목빗근의 강화는 환자의 호흡을 보조하여 생명 유지에 중요한 기여를 할 수 있으며, 이는 호흡기 질환 환자뿐만 아니라 신경근 질환 환자의 호흡 보조 근육으로서 중요한 역할을 한다는 것을 의미한다. 이에 비해 본 연구는 건강한 성인을 대상으로 표면 근전도를 활용하여 목빗근의 기본적인 생리학적 메커니즘을 이해하고, 정상인의 데이터를 통해 병리적 상태와 비교할 수 있는 기준을 제공하고자 하였다. 특히, 일반 흡기와 최대 흡기압 시 목빗근의 근활성도 차이를 관찰함으로써 목빗근이 호흡 보조 근육으로서 어떻게 작용하는지를 관찰하였다. 이는 기존 연구와 차별화되는 점으로, 목빗근의 기본적인 역할과 기능을 건강한 상태에서 근활성도로 규명하였다는 점에서 중요한 의미를 지닌다고 생각된다.

본 연구 결과에서, 흡기 시 좌우 목빗근의 근활성도에 유의한 차이가 없음을 확인하였다. 대상자의 우세손을 확인한 결과, 우측인 대상자는 18명, 좌측인 대상자는 2명이었다. 우세손과 상관없이 좌우 근활성도에 차이가 없었기 때문에, 향후 목빗근 훈련에서는 양측을 동일하게 사용할 수 있도록 호흡근 훈련을 실시하는 것이 바람직하다. 특히 편마비 환자에게 호흡 물리치료가 필요한 경우, 양측 목빗근을 모두 사용할 수 있도록 호흡 물리치료를 실시 및 교육하여 호흡이 더 수월하게 이루어질 수 있도록 해야 할 필요성이 있다.

일반적인 흡기 시 목빗근의 근활성도가 낮게 나온 것은, 큰 힘을 들이지 않고도 횡격막과 갈비사이근만으로 충분히 호흡이 가능하기 때문으로 생각된다. 반면, 최대 흡기압 검사는 큰 힘을 필요로 하므로 횡격막과 갈비사이근뿐만 아니라 목빗근도 최대한의 힘을 발휘하여 호흡을 도와야 하므로 근활성도가 높게 나온 것으로 판단된다. 실제로 목빗근은 흉곽을 들어 올려 호흡을 돕는 보조 근육으로 작용한다(De Troyer와 Boriek, 2011). 기계 환기에서 자발적인 호흡으로 성공적으로 전환하지 못한 환자는 성공적으로 전환한 환자보다 목빗근의 근활성도가 더 높은 것으로 확인되었다(Parthasarathy 등, 2007). 이러한 결과는 목빗근이

호흡 보조 근육으로서 중요한 역할을 한다는 것을 뒷받침한다.

또한, 본 연구에서는 최대 흡기압 평가 결과와 최대 흡기압 평가 시 목빗근의 %MVIC 사이에 유의한 양의 상관관계를 확인하였다. 이는 최대 흡기압이 높을수록 목빗근의 근활성도도 증가한다는 것을 의미하며, 목빗근이 흡기 시 중요한 역할을 한다는 추가적인 증거를 제공한다. 이러한 상관관계는 목빗근이 호흡 근력 강화 프로그램에서 중요한 요소로 고려될 수 있음을 시사한다. 더 나아가, 호흡 근력을 직접 측정하기 어려운 경우에는 최대 흡기 시 목빗근의 근활성도를 바탕으로 최대 흡기압을 예측할 수 있는 인공지능(Artificial Intelligence; AI) 연구에 기초적인 증거를 제공할 수 있을 것이다.

추가적으로, 목빗근은 호흡뿐만 아니라 삼킴 능력 재활에도 중요한 역할을 할 수 있다. 노인이나 신경근 질환 환자들은 삼킴 기능이 저하될 수 있는데, 목빗근의 강화는 이러한 환자들의 삼킴 능력을 향상시키는 데 도움이 될 수 있다. 목빗근은 삼킴 재활 과정에서 중요한 역할을 할 수 있으며, 이는 삼킴 시 발생할 수 있는 위험을 줄이는 데 도움이 될 수 있다(Debucaan 등, 2023; 김본이 등, 2016). 따라서, 목빗근을 강화하는 훈련 프로그램은 호흡과 삼킴 능력을 동시에 개선하는 데 효과적일 수 있다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 연구 대상이 건강한 성인으로 한정되어 있어 결과를 다양한 인구 집단에 일반화하기 어렵다. 둘째, 표본 크기가 작아 결과의 재현성에 영향을 미칠 수 있으며, 남성과 여성을 구분하여 연구를 진행하지 못한 부분도 있다. 이러한 한계점들은 후속 연구에서 개선이 필요하다. 향후 연구에서는 다양한 연령대와 건강 상태를 가진 대규모 표본을 대상으로 연구를 확장할 필요가 있다. 예를 들어, 다양한 호흡기 질환 환자와 신경근 질환 환자를 포함하여 목빗근의 표면 근활성도 변화를 연구하는 것이 필요하다. 또한, 다른 호흡 근육과의 상호작용을 분석하여 목빗근의 역할을 더 깊이 이해할 필요가 있다. 장기적인 목빗근 강화 프로그램의 효과를 평가하고, 임상적 적용 가능성을 검토하는 연구도 필요하다.

V. 결 론

이와 같이, 본 연구는 일반적인 흡기 및 호흡 근력 평가 시 목빗근의 근활성도를 통해 호흡 근육의 기능적 평가와 훈련에 대한 유용한 정보를 제공하며, 정상인을 대상으로 한 목빗근의 근활성도 연구가 호흡 물리치료 분야에서 기초 과학 연구의 중요한 부분임을 제안한다. 정상인의 목빗근 근활성도 패턴을 이해함으로써 비정상적인 패턴을 조기에 감지하고, 효과적인 호흡 훈련 프로그램을 개발하는 데 기여할 수 있을 것이다. 특히, 특정 조건에서 목빗근이 중요한 역할을 할 수 있음을 고려할 때, 이러한 연구는 향후 다양한 환자군에 대한 연구와 임상 적용 가능성을

제시하며, 임상적으로도 중요한 의미를 제공한다.

참고문헌

- 김본이, 이슬, 문종훈, 등. 삼킴 장애가 있는 뇌졸중 노인 환자에서 저항성 고개 숙이기 운동과 Shaker 운동의 목뿔위 및 목빗근 활성 비교. 재활복지, 20(3);179-193, 2016
- 박태성, 김민찬, 안하희, 등. 하지 보조기 (Hands-Free Crutch) 보행 시 20 대 정상 성인의 산소 섭취량에 미치는 영향 (case study). 대한심장호흡물리치료학회지, 9(2);45-49, 2021.
- 이준철. 자세에 따른 복식호흡 운동이 20 대 성인의 자세근육 활성도 및 호흡 기능에 미치는 영향. J Convergence Cult. Technol, 6(2);341-348, 2020.
- 이현재, 권나영, 권유진, 등. 가로막 호흡과 머리-목 굽힘 운동이 전방머리자세 젊은 성인의 목빗근 근활성도, 호흡기능에 미치는 영향. 대한심장호흡물리치료학회지, 2(1);1-7, 2014.
- American Thoracic Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. Am J Respir Crit Care Med, 166(4);518-624, 2002
- Agustí A, Celli BR, Criner GJ, et al. Global initiative for chronic obstructive lung disease 2023 report: GOLD executive summary. Am J Respir Crit Care Med, 207(7);819-837, 2023
- Brooks BR. Natural history of ALS: symptoms, strength, pulmonary function, and disability. Neurology, 47;71S-81S, 1996
- Criswell E. Cram's introduction to surface electromyography. Jones & Bartlett Publishers, 2010.
- Debucaan D, Mihaiu J, Maghiar AM, et al. A Multidisciplinary Approach to Swallowing Rehabilitation in Patients with Forward Head Posture. Medicina, 59(9);1580, 2023.
- De Troyer A, Boriek AM. Mechanics of the respiratory muscles. Compr Physiol, 1;1273-1300, 2011.
- Enright PL, Kronmal RA, Manolio TA, et al. Respiratory muscle strength in the elderly. Correlates and reference values. Cardiovascular Health Study Research Group. Am J Respir Crit Care Med, 149(2);430-438, 1994.
- Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, et al. Muscles: testing and function with posture and pain. Lippincott Williams & Wilkins Baltimore, 2005.
- Nakanishi N, Oto J, Ueno Y, et al. Change in diaphragm and intercostal muscle thickness in mechanically ventilated patients: a prospective observational ultrasonography study. J Intensive Care Med, 7;1-10, 2019.
- Park TS, Tak YJ, Ra Y, et al. Reference respiratory muscle strength values and a prediction equation using physical functions for pulmonary rehabilitation in Korea. J Korean Med Sci, 38(40);e325, 2023
- Parthasarathy S, Jubran A, Laghi F, et al. Sternomastoid, rib cage, and expiratory muscle activity during weaning failure. J appl physiol, 103(1);140-147, 2007.
- Sanjak M, Bravver E, Bockenek WL, et al. Supported treadmill ambulation for amyotrophic lateral sclerosis: a pilot study. Am J Phys Med Rehabil, 91(!2);1920-1929, 2010.
- Van Hollebeke M, Poddighe D, Clerckx B, et al. High-intensity inspiratory muscle training improves scalene and sternocleidomastoid muscle oxygenation parameters in patients with weaning difficulties: a randomized controlled trial. Front Physiol, 13; 786575, 2022.

