

만성폐쇄성폐질환을 가진 노인 남성의 호흡 근력과 신체 기능 및 근육량의 상관관계 연구: Pilot study

<https://doi.org/10.32337/KACPT.2024.12.1.1>

대한심장호흡물리치료학회지 제12권 제1호 2024.03, PP.1-6

■ 박태성¹, 김상훈², 김기욱³, 신명준^{1,2,4*}

■ ¹부산대학교병원 융합의학기술원, 의생명연구원, ²부산대학교병원 재활의학과

³부산대학교병원 호흡기알레르기내과, ⁴부산대학교 의과대학 재활의학과

Correlation between Respiratory Muscle Strength and Physical Function, Muscle Mass in Elderly Male with COPD

Tae-Sung Park PT, Ph.D¹, Sang-Hun Kim Doctor, PhD², Ki-Uk Kim Doctor, PhD³,
Myung-Jun Shin Doctor, PhD^{1,2,4*}

¹Department of Convergence Medical Institute of Technology, Biomedical Research Institute,
Pusan National University Hospital

²Department of Rehabilitation Medicine, Pusan National University Hospital

³Department of Internal Medicine, Pusan National University Hospital

⁴Department of Rehabilitation Medicine, Pusan National University School of Medicine

Purpose: This study aimed to investigate the correlation between respiratory muscle strength, physical function, and muscle mass in older men with chronic obstructive lung disease (COPD). **Methods:** The study included 30 men aged ≥ 65 years with COPD in GOLD stages 2-3. Respiratory muscle strength, handgrip strength, and the 6-min walk test (6MWT) were measured, and bioelectrical impedance analysis (BIA) was conducted. Subsequently, a correlation analysis was conducted between the measured data and respiratory muscle strength. **Results:** Maximal inspiratory pressure (MIP) showed significant correlations with the pulmonary function test and 6MWT, whereas maximal expiratory pressure (MEP) displayed a significant correlation with hand grip strength (HGS). The highest correlation was observed between MIP and the 6MWT. **Conclusion:** This study confirmed significant correlations among respiratory muscle strength, HGS, and the 6MWT in older men with COPD. The results highlight the need for ongoing research into the relationship among respiratory muscle strength, physical function, and muscle mass to indirectly predict respiratory muscle strength levels. This could help in managing respiratory muscle health and improving overall physical exercise function in patients with COPD.

Key words: Chronic Obstructive Lung Disease, Old Adults, Respiratory Muscle Strength, Six-Minute Walk Test

Received: October 26, 2023 / **Revised:** November 24, 2023 / **Accepted:** December 3, 2023

I. 서론

만성폐쇄성폐질환(chronic obstructive lung disease; COPD)은 호흡 곤란, 지속적인 기침으로 인하여 삶의 질이 감소하는 대표적인 호흡기 만성 질환이다(Barbosa 등, 2022; Spruit 등, 2004). 한국 COPD 유병률을 살펴보면 2009년 40세 이상에서 11.0%(남성 16.6%, 여성 5.8%)이었으나, 2019년은 12.7%(남성 18.6%, 여성 7.1%)로 증가하였다(질병관리청, 2020). 호흡 곤란으로 인하여 폐활량이 감소된 COPD 환자들은 운동 능력이

많이 감소되어 있는데, 이는 호흡 근육의 기능이 저하되어 있기 때문이다(Lee, 2006). 이렇게 COPD 환자가 증가하면서 치료 및 관리 부분에 있어서 사회적으로도 중요한 부분이 되었다.

COPD뿐만 아니라, 최근 사회적으로 주목받는 질병 중 하나는 근감소증(sarcopenia)이다. 근감소증은 나이가 증가함에 따라 근육량이 줄어들고 근력이 감소하는 질병이다(Chen 등, 2020). 그리고 근육량 감소로 인하여 근육의 질도 같이 감소하여 신체 기능도 감소한다(Cruz-Jentoft 등, 2019). 최근 초고령사회 진입을 앞두고 있는 한국에서는 의료비 및 장기요양 비용의 급증을 일으

교신저자: 신명준

주소: 부산시 서구 구덕로 179 부산대학교병원 재활의학과 의국, E-mail: drshinmj@gmail.com

키는 매우 중요한 건강 문제(geriatric giant)로 떠오르고 있는 질병이다(Beom, 2020). 근감소증은 상지와 하지뿐만 아니라 호흡 근육에도 영향을 준다. 최근 호흡기 근감소증(Respiratory sarcopenia)의 개념이 생겼는데, 호흡 근육의 근력이 감소하여 호흡에 어려움이 발생할 수 있다고 한다(Nagano 등, 2021; Shin 등, 2017). 호흡 근육은 일반적으로 최대 흡기압(maximal inspiratory pressure; MIP) 그리고 최대 호기압(maximal expiratory pressure; MEP)으로 평가하고 있다. MIP와 MEP는 전반적인 신체 기능, 환기 능력과 연관이 있으며, 수술 후 사망률과도 연관성이 있는 지표이다(Harik-Khan 등, 1998; Neder 등, 1999). 이렇게 호흡 근육이 감소하면 호흡 기능이 약화되어 운동 능력이 감소하며, 호흡기 감염 및 입원률 등이 증가한다(Janssens 등, 1999; Kim과 Sapienza, 2005; Salam 등, 2004). 특히 COPD 환자의 호흡 곤란 병태생리학을 자세히 살펴보면 운동 중 골격 근육을 위해 호흡 근육은 최대 16%의 산소를 소비하는데, 이는 호흡 근육이 산소를 많이 요구하게 될 때는 골격 근육과 경쟁 하는 관계가 되기 때문에 산소 공급에 제한이 생길 수 있다(Harms 등, 1998; Vázquez-Gandullo 등, 2022).

따라서 COPD 환자의 호흡 근육을 평가하고 치료하는 것은 중요한 부분이다. 그러나 폐활량 검사처럼 병원이나 일반적인 건강검진 기관에서 호흡 근육에 대한 평가가 잘 이루어지고 있지 않다. 건강검진 항목 중에 폐활량 검사는 있지만, 호흡 근육 검사는 없기 때문이다.

호흡 근육 측정 장비가 부족한 상황에서도 COPD 환자의 호흡 근육 수준을 신체 근력과 근육량을 통해 예측할 수 있다면, 해당 수준을 파악한 후 적절한 호흡 물리치료를 시행할 수 있을 것이다. 선행 연구에서는 호흡 근육이 일반적인 근육과 동일한 활성 패턴임을 확인하였고, 호흡 근육은 근육량과 비례 한다고 주장하고 있다(Neder 등, 1999; Pessoa 등, 2014; Vincken 등, 1987). 그리고 지역사회기반 여성 노인을 대상으로 호흡 근육과 다리 근육을 측정한 선행 연구에서 유의한 상관관계가 있다고 밝혔다(박태성과 신명준, 2023).

선행 연구에서 호흡 근육과 신체 기능, 호흡 근육과 근육량을 각각 상관관계를 분석한 내용을 본 연구에서는 종합적으로 관찰하고자 한다. 그리하여 COPD 남성 노인을 대상으로 호흡 근육, 신체 기능과 근육량을 측정하고, 이들 간의 상관관계를 확인하고자 한다. 본 연구를 바탕으로 호흡 근육의 중요성을 강조하고 호흡 근육 평가와 치료에 다양한 활용법을 제시하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구 대상자는 호흡기 내과에서 COPD GOLD (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease) 2~3등급으로 진단받은 65세 이상의 남성 노인 30명으로 혼자 보행이 가능한 대상으로 선정하였다(표 1). 신경계 질환과 보행이 힘들 정도의 근골격계 질환이 있는 자는 연구에서 제외하였다. 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 연구는 대상자의 호흡 근육, 신체 기능과 근육량의 상관관계를 확인하고자 대상자의 폐활량, 호흡 근육, 악력, 신체 근육량 및 체수분을 평가하였다. 마지막으로 6분 보행 검사를 수행하였다.

3. 측정 도구 및 방법

1) 호흡 기능

호흡 기능은 폐활량, 호흡 근육을 평가하여 확인하였다. 호흡 기능은 전 세계적으로 사용되고 있는 American Thoracic Society/European Respiratory Society Task Force 방법 따라 훈련된 8년차 물리치료사에 의해 평가되었다(Miller 등, 2005; American Thoracic Society, 2002). 노력성 폐활량(forced vital capacity; FVC)과 1초간 노력성 날숨량(forced expiratory volume in 1 second; FEV₁)을 폐활량계(Pony Fx. Cosmed Srl, Italy)로 폐활량을 평가하였으며, 호흡 근육은 호흡 근육 측정 장비(Pony Fx, Cosmed Srl, Italy)로 MIP와 MEP를 평가하였다. 모든 평가는 3회 반복하여 측정하였다. 각 평가 이후에 1분 휴식을 취하고, 그 이후에 다시 평가를 실시하였다. 결과값은 최고값을 사용하였다.

2) 신체 기능 평가

신체 기능은 근감소증을 판단하는데 사용하는 악력과 COPD 환자의 전반적인 운동 기능을 확인할 수 있는 6분 보행 검사

표 1. 대상자 일반적 특성 (N=30)

Age (years)	72.20±4.50
Height (cm)	169.40±5.30
Weight (kg)	69.69±10.19
GOLD stage (n)	II: 26, III: 4

GOLD: Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease

(6-minute walk test; 6MWT)를 실시하여 평가하였다. 악력(Hand grip strength; HGS)은 디지털 악력계(TKK 5401 GRIP D, Takei, Japan)를 사용하여 평가하였다. 똑바로 선 자세를 먼저 만든 다음 양발을 어깨너비로 벌리고 양팔을 완전히 편 상태로 아래로 내린 다음, 검지 손가락이 90° 굽힘 되도록 악력계 손잡이를 최대한 강하게 잡도록 하였다. 우세손을 측정하였으며, 최소 3초 동안 손에 최대한의 힘을 가하여 악력계 손잡이를 최대한 강하게 잡아당겼다(Kim 등, 2018). 총 3회 반복 측정하였으며 1회 측정 이후 1분 휴식을 취하였다. 결과값으로는 최고값을 사용하였다(Kim 등, 2018). 6MWT는 일상생활에서의 신체 기능을 가장 정확하게 반영하는 검사로 호흡기 질환이 있는 환자들에게 널리 적용되고 있다(Enright, 2016). 검사는 30m의 평평한 직선 코스에서 진행되었으며, 대상자들은 30m 코스를 왕복으로 6분 동안 최대 속도로 걸었다. 6분 동안 걸은 총 거리를 기록하였다.

3) Bioelectrical Impedance Analysis(BIA) 측정

대상자의 신체 근육량, 체수분을 검사하기 위해서 체수분 검사기(InBody S10, InBody Co., Ltd, Korea)를 사용하였다. 체질량 지수(body mass index; BMI)와 체지방률(percent body fat; PBF), 골격근량(skeletal muscle mass; SMM), 골격근 지수(skeletal muscle mass index; SMI), 제지방량(fat free mass;

FFM), 몸통 근육량(trunk muscle; TM), 상지 근육량(upper limb muscle; ULM)과 하지 근육량(lower limb muscle)을 측정하였다.

4. 통계

본 연구는 IBM SPSS Statistics(SPSS ver.19, Inc., IL, Chicago, USA)프로그램을 사용하여 데이터를 분석하였다. 호흡 근력과 신체 기능, 근육량의 상관관계를 확인하고자 피어슨 상관관계수(pearson correlation coefficient)를 사용하여 분석하였다. 모든 데이터는 평균, 표준편차로 작성하였으며, 통계적 유의수준인 α 는 0.05로 설정하여 분석하였다.

III. 연구 결과

본 연구 대상자들의 호흡 기능, 신체 기능과 체수분 결과는 <표 2>와 같다. 호흡 근력과 신체 기능의 상관관계를 확인한 결과는 <표 3>과 같다. MIP는 FVC%, FEV₁%, 6MWT와 유의한 상관관계를 보여주었고($p < .05$), MEP는 HGS와 유의한 상관관계를 보였다($p < .05$). 그 중에서 MIP와 가장 높은 상관관계를

표 2. 호흡 근력, 신체 근력, 체수분 측정 결과

MIP [cmH ₂ O]	90.17±28.34
MEP [cmH ₂ O]	105.47±35.06
FVC%	78.00±11.13
FEV ₁ %	69.50±11.67
FEV ₁ /FVC (%)	60.83±8.40
6MWT distance (m)	483.93±62.33
HGS [kg]	35.80±6.30
BMI (kg/m ²)	24.27±3.30
PBF (%)	23.06±7.24
SMM [kg]	29.26±3.45
SMI (kg/m ²)	8.60±0.81
FFM [kg]	53.12±5.77
TM [kg]	4.68±0.67
ULM [kg]	9.87±1.10
LLM[kg]	20.01±2.30

Mean±SD, MIP: maximal inspiratory pressure, MEP: maximal expiratory pressure, FVC: forced vital capacity, FEV₁: forced expiratory volume in 1 second, 6MWT: 6-minute walk test, HGS: hand grip strength, BMI: body mass index, PBF: percent body fat, SMM: skeletal muscle mass, SMI: skeletal muscle mass index, FFM: fat free mass, TM: trunk muscle, ULM: upper limb muscle, LLM: lower limb muscle

표 3. 호흡 근력과 신체 기능, 체수분의 상관관계

correlation coefficient	MIP		MEP	
	r	p	r	p
FVC%	0.367	0.046*	0.194	0.305
FEV ₁ %	0.405	0.026*	0.078	0.682
FEV ₁ /FVC (%)	0.139	0.463	-0.066	0.731
HGS (kg)	0.276	0.139	0.370	0.044*
6MWT distance (m)	0.549	0.002*	0.206	0.275
BMI (kg/m ²)	0.102	0.593	-0.080	0.675
Height (cm)	-0.114	0.549	-0.350	0.058
Weight (kg)	0.033	0.861	-0.224	0.233
PBF (%)	-0.125	0.512	-0.197	0.297
SMM (kg)	0.199	0.293	-0.110	0.564
SMI (kg/m ²)	0.211	0.262	-0.005	0.979
FFM (kg)	0.177	0.349	-0.137	0.469
TM (kg)	0.126	0.507	-0.092	0.630
ULM (kg)	0.103	0.587	-0.203	0.283
LLM (kg)	0.093	0.625	-0.197	0.296

*=significant correlation, MIP: maximal inspiratory pressure, MEP: maximal expiratory pressure, FVC: forced vital capacity, FEV₁: forced expiratory volume in 1 second, 6MWT: 6-minute walk test, HGS: hand grip strength, BMI: body mass index, PBF: percent body fat, SMM: skeletal muscle mass, SMI: skeletal muscle mass index, FFM: fat free mass, TM: trunk muscle, ULM: upper limb muscle, LLM: lower limb muscle

보인 것은 6MWT였다($r=.549$).

IV. 고 찰

본 연구는 COPD GOLD 2~3등급으로 진단받은 65세 이상의 남성 노인 30명을 대상으로 호흡 근력과 신체 기능, 근육량의 상관관계를 확인하고자 하였다. 그 결과 65세 이상 COPD 남성 환자의 호흡 근력과 신체 근육량은 상관관계가 없음을 확인하였다. 하지만 호흡 근력과 6MWT와 악력은 상관관계가 있었다.

COPD 환자의 폐활량과 호흡 근력의 상관관계를 살펴보면 MIP는 유의하지만 약한 상관관계가 있고, MEP는 유의한 상관관계를 확인하지 못하였다. 일반적으로 호흡 근력이 증가하면 산소를 들이마시는 단계에서 더 많은 산소를 흡입하고 배출할 수 있어서 폐활량의 증가로 이어진다고 보고되고 있으며(Zeren 등, 2016), 호흡 근육의 활동이 줄어들면 폐포 표면에서 산소 교환이 감소하여 폐활량에 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 언급되고 있다(Buchman 등, 2009). 그리고 호흡 근육의 약화는 폐용적의 감소를 일으켜 호흡량이 감소하게 되고, MIP의 경우 호흡 근력이 50% 이상 감소하게 되면 총 폐용량이 줄어든다고 하였다(Choi, 2021). 그렇기 때문에 본 연구에서 COPD 환자를 대상으로 호흡 근력과 폐활량의 상관관계를 보았을 때 MIP와 FVC%, FEV₁%의 상관관계가 있는 것으로 사료 된다.

또한 지역사회 여성 노인을 대상으로 진행한 연구에서는 MIP와 폐활량 수치가 유의한 상관관계가 있는 것을 확인할 수 있었다(박태성과 신명준, 2023). Nambiar 등(2018) 연구에서도 99명의 COPD 남성을 대상으로 호흡 근력과 폐활량 수치의 상관관계를 확인하였는데, MIP는 상관관계가 없었으나, MEP는 유의한 상관관계를 확인할 수 있었다. 그리고 Khalil 등(2014)의 연구에서 40명의 COPD 남성 환자를 대상으로 호흡 근력과 폐활량 수치의 상관관계를 확인한 결과 상관관계가 없는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 Terzano 등(2008)의 연구에서는 COPD 환자의 호흡 근력과 폐활량이 모두 유의한 상관관계가 있는 것을 확인하였다. 이렇게 연구마다 호흡 근력과 폐활량의 상관관계가 다른 것은 COPD 환자의 호흡 근력 수준이 연구마다 다르기 때문으로 설명된다. Khalil 등(2014)과 Terzano 등(2008)의 연구에서 각각 다른 결과가 나타난 것은 대상자의 연령대, 호흡 근력 수준 및 COPD GOLD 단계를 더 명확하게 구분해서 상관 분석을 할 필요성이 있다고 밝히고 있다. 실제로 Nambiar 등(2018)과 Khalil 등(2014) 연구 모두 대상자의 호흡 근력과 폐활량 수치가 본 연구 대상자들보다 낮음을 확인할 수 있었다. 실제로 본 연구 COPD 환자들의 호흡 근력 수치는 호흡기 질환이 없는 60세 이상 남성의 수준과 유사한 수준이다(Park 등, 2023). 추후 호흡 근력 수준이 낮은 COPD 환자를 대상으로 추가 연구를 진행하여

상관관계를 확인할 필요성이 있을 것이다.

신체 전반적인 기능과 호흡 근력의 상관관계를 확인하고자 악력과 6MWT 거리를 측정하여 분석하였는데, 악력은 MEP와 약하지만 유사한 상관관계가 있는 것으로 확인되었다. 선행 연구에서는 남성 노인 30명, 여성 노인 35명의 호흡 근력과 악력의 상관관계를 확인하였는데, MIP는 보통, MEP는 약한 수준의 유의한 상관관계를 확인하였다(Shin 등, 2017). 지역사회 기반 60세 이상 인구 128명을 대상으로 악력과 호흡 근력을 측정한 연구에서는 보통 수준으로 상관관계가 있는 것으로 나타났다(Li와 Hsu, 2023). 이렇게 악력이 약한 사람은 호흡 근력이 감소하는 것을 선행 연구와 본 연구 결과를 통해서 확인할 수 있었다. 그렇기 때문에 AWGS 기준으로 남성 노인은 28kg 미만, 여성 노인은 18kg 미만의 악력을 가진 경우 호흡 근력 운동도 같이 진행할 필요성이 있다(Chen 등, 2020; Li와 Hsu, 2023).

6MWT는 MIP와 보통의 유의한 상관관계를 확인할 수 있었다. Tudorache 등(2010)의 연구에서도 121명의 COPD 환자의 MIP와 6MWT의 거리의 상관관계를 확인한 결과 $r=0.53$ 으로 유의한 상관관계를 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 De Souza 등(2022)의 연구에서도 81명의 COPD 환자를 대상으로 MIP와 6MWT를 분석하였을 때 $r=0.764$ 로 유의한 상관관계를 확인할 수 있었다. MIP가 증가하면 COPD 환자의 운동 내구력이 향상되고, 호흡 곤란 증상이 감소하여 운동 능력이 좋아진다고 보고되고 있다(Gosselink 등, 2011; Langer 등, 2018). 따라서 MIP와 6MWT는 양의 상관관계를 나타내며 이러한 결과를 통하여 확인할 수 있다. 이러한 이유로 MIP가 낮은 COPD 환자들은 6MWT의 거리가 감소되어 있을 것으로 생각되며, 초기에는 호흡 근육에 더 중점적으로 호흡 물리치료를 제공할 필요성이 있을 것이다.

마지막으로 COPD 남성 노인의 호흡 근력과 근육량의 상관관계를 분석한 결과, 상관관계가 없었다. 선행 연구에서는 호흡 근력과 SMI가 유의한 상관관계를 나타내고 있다(Shin 등, 2017; Ro 등, 2015). 선행 연구들의 경우 20대를 대상으로 진행하여 성별을 나눠 각각 분석거나 노인의 데이터를 성별을 묶어서 같이 분석했기 때문에 본 연구 결과와 차이가 나타난 것으로 생각된다. 그러나 박태성과 신명준(2023)의 연구에서도 지역사회 기반 여성 노인의 호흡 근력과 근육량의 상관관계를 확인하였을 때 상관관계를 확인하지는 못하였다. 현재 각 연구들에서 상이한 결과가 나타나고 있는데 추후 연구에서는 연구 대상자수를 더 늘려 지역사회 기반 노인 및 COPD 환자를 성별로 각각 나눠 따로 확인할 필요가 있을 것이다.

본 연구 결과를 종합적으로 보았을 때 COPD가 있는 남성 노인의 호흡 근력은 악력과 6MWT의 거리와 유의한 상관관계가 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 COPD가 있는 남성 노인의 악력과 6MWT를 평가하기 어려울 경우에는 호

흡 근력을 평가하여 수준을 예측하고 호흡 물리치료를 적용하면 좋을것으로 생각된다. 그리고 호흡 근력을 평가하기 어려울 때는 반대로 악력과 6MWT의 결과를 확인하여 호흡 근력 수준을 예측할 수 있을 것이다. 하지만 본 연구는 몇 가지 제한점이 있었다. 먼저 COPD 환자 중 고령층의 남성만을 분석하였는데 여성이나 다른 연령대의 환자에게 본 연구 결과를 적용하기에는 어려운 부분이 있을 것이다. 그리고 대상자 수가 30명으로 정규성을 만족하는 최소한의 수준으로 연구를 진행하였는데, 추후 연구에서는 더 많은 대상자를 모집하여 남성뿐만 아니라 여성을 대상으로도 연구를 진행해야 할 것이다. 그리고 65세 이상 노인뿐만 아니라 다양한 연령층의 COPD 환자를 대상으로도 연구를 진행할 필요성이 있을 것이다.

V. 결 론

본 연구는 COPD 남성 노인을 대상으로 호흡 근력과 신체 기능, 근육량의 상관관계를 확인하였는데, MIP는 FVC%, FEV₁%, 6MWT와 MEP는 HGS와 유의한 상관관계가 있다는 것을 확인할 수 있었다. 앞으로 COPD 환자의 호흡 근력을 검사하기 어려울 때는 MIP, MEP와 상관성이 있는 지표를 확인하여서 호흡 근력을 간접적으로 예측 및 확인하고, 호흡 근력 물리치료를 제공할 필요성이 있을 것이다.

This study was supported by Biomedical Research Institute Grant(2018B012), Pusan National University Hospital.

참고문헌

- 박태성, 신명준. 지역사회기반 여성 노인의 호흡 근력과 신체 근력 및 근육량의 상관관계 연구. 대한심장호흡물리치료학회지, 11(1);33-38, 2023
- 질병관리청. 국민건강영양조사-[2019 국민건강통계]. 질병관리청, 2020.
- American Thoracic Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. Am J Respir Crit Care Med, 166;518-624, 2002.
- Barbosa M, Andrade R, de Melo CA, et al. Community-based pulmonary rehabilitation programs in individuals with COPD. Respiratory Care, 67(5);579-593, 2022.
- Beom JW. Clinical Significance of Sarcopenia. Korean Academy Of Rehabilitation Medicine, 10(2);46-49, 2020.
- Buchman AS, Boyle PA, Leurgans SE, et al. Pulmonary

- function, muscle strength, and incident mobility disability in elders. Proc Am Thorac Soc, 6(7);581-587, 2009.
- Chen LK, Woo J, Assantachai P, et al. Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. J Am Med Dir Assoc, 21(3);300-307, 2020.
- Choi WA. Pulmonary Rehabilitation of Restrictive Lung Diseases. Annals of CardioPulmonary Rehabilitation, 1(1);33-41, 2021.
- Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. Age Ageing, 48(1);16-31, 2019.
- De Souza Y, Suzana ME, Medeiros S, et al. Respiratory muscle weakness and its association with exercise capacity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. The Clinical Respiratory Journal, 16(2);162-166, 2022.
- Enright PL. The six-minute walk test. Respiratory care, 48(8);783-785, 2003.
- Gosselink R, De Vos J, Van Den Heuvel SP, et al. Impact of inspiratory muscle training in patients with COPD: what is the evidence?. European Respiratory Journal, 37(2);416-425, 2011.
- Harik-Khan RI, Wise RA, Fozard JL. Determinants of maximal inspiratory pressure: the Baltimore Longitudinal Study of Aging. Am J Respir Crit Care Med, 158(5);1459-1464, 1998.
- Harms CA, Wetter TJ, McClaran SR, et al. Effects of respiratory muscle work on cardiac output and its distribution during maximal exercise. J. Appl. Physiol, 85;609-618, 1998.
- Janssens JP, Pache JC, Nicod LP. Physiological changes in respiratory function associated with ageing. Eur Respir J, 13(1);197-205, 1999.
- Khalil M, Wagih K, Mahmoud O. Evaluation of maximum inspiratory and expiratory pressure in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Egyptian Journal of Chest Diseases and Tuberculosis, 63(2);329-335, 2014.
- Kim CR, Jeon YJ, Kim MC, et al. Reference values for hand grip strength in the South Korean population. PloS one, 13(4);e0195485, 2018.
- Kim J, Sapienza CM. Implications of expiratory muscle strength training for rehabilitation of the elderly:

- Tutorial. *J Rehabil Res Dev*, 42(2);211-224, 2005.
- Langer D, Ciavaglia C, Faisal A, et al. Inspiratory muscle training reduces diaphragm activation and dyspnea during exercise in COPD. *Journal of Applied Physiology*, 125(2);381-392, 2018.
- Lee SS. Pulmonary rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of the Korean Medical Association*, 49(4);342-346, 2006.
- Li C, Hsu MJ. Relationship Between Handgrip Strength and Pulmonary Function, Respiratory Muscle Strength, and Cardiopulmonary Fitness in Community-Dwelling Older Adults. *Topics in Geriatric Rehabilitation*, 39(3);91-196, 2023.
- Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*, 26(2);319-338, 2005.
- Nagano A, Wakabayashi H, Maeda K, et al. Respiratory sarcopenia and sarcopenic respiratory disability: concepts, diagnosis, and treatment. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 25;507-515, 2021.
- Nambiar VK, Ravindra S, Kumar BN. Maximal inspiratory and expiratory pressures in men with chronic obstructive pulmonary disease: A cross-sectional study. *Indian J Respir Care*, 7(2);88, 2018.
- Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, et al. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res*, 32;719-727, 1999.
- 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. *Journal of Korean Medical Science*, 38(40);e235, 2023.
- Pessoa IMBS, Houri Neto M, Montemezzo D, et al. Predictive equations for respiratory muscle strength according to international and Brazilian guidelines. *Braz J Phys Ther*, 18;410-418, 2014.
- Salam A, Tilluckdharry L, Amoateng-Adjepong Y, et al. Neurologic status, cough, secretions and extubation outcomes. *Intensive Care Med*, 30(7); 1334-1339, 2004.
- Shin HI, Kim DK, Seo KM, et al. Relation Between Respiratory Muscle Strength and Skeletal Muscle Mass and Hand Grip Strength in the Healthy Elderly. *Ann Rehabil Med*, 41(4);686-692, 2017.
- Spruit MA, Troosters T, Trappenburg JC, et al. Exercise training during rehabilitation of patients with COPD: a current perspective. *Patient Education and Counseling*, 52(3);243-248, 2004.
- Ro HJ, Kim DK, Lee SY, et al. Relationship between respiratory muscle strength and conventional sarcopenic indices in young adults: a preliminary study. *Ann Rehabil Med*, 39(6);880-887, 2015.
- Terzano C, Ceccarelli D, Conti V, et al. Maximal respiratory static pressures in patients with different stages of COPD severity. *Respiratory Research*, 9(1);1-7, 2008.
- Tudorache V, Oancea C, Mlădinescu OF. Clinical relevance of maximal inspiratory pressure: determination in COPD exacerbation. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, 119-123, 2010.
- Vázquez-Gandullo E, Hidalgo-Molina A, Montoro-Ballesteros F, et al. Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) as part of a respiratory rehabilitation program implementation of mechanical devices: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health*, 19(9);5564, 2022.
- Vincken W, Ghezzo H, Cosio MG. Maximal static respiratory pressures in adults: normal values and their relationship to determinants of respiratory function. *Bull Eur Physiopathol Respir*, 23(5); 435-439, 1987.
- Zeren M, Demir R, Yigit Z, et al. Effects of inspiratory muscle training on pulmonary function, respiratory muscle strength and functional capacity in patients with atrial fibrillation: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*, 30(12);1165-1174. 2016.