

호흡 근감소증 연구: 현재 상황과 전망

박태성^{1,2} · 윤선준³ · 이재현²⁻⁴ · 장명훈²⁻⁴ · 이병주²⁻⁴ · 김상훈²⁻⁴ · 윤진아²⁻⁴ · 신용범²⁻⁴ · 신명준¹⁻⁴

¹부산대학교병원 융합의학기술원, ²부산대학교병원 의생명연구원, ³부산대학교병원 재활의학과, ⁴부산대학교 의과대학 재활의학교실

Respiratory Sarcopenia Research: Current Status and Future Perspectives

Tae Sung Park, Ph.D.^{1,2}, Seon Jun Yoon, M.D.³, Jae Hyun Lee, M.D., M.S.²⁻⁴, Myung Hun Jang, M.D., M.S.²⁻⁴,
Byeong-Ju Lee, M.D., M.S.²⁻⁴, Sang Hun Kim, M.D., Ph.D.²⁻⁴, Jin A Yoon, M.D., Ph.D.²⁻⁴,
Yong Beom Shin, M.D., Ph.D.²⁻⁴ and Myung-Jun Shin, M.D., Ph.D.¹⁻⁴

¹Department of Convergence Medical Institute of Technology, Pusan National University Hospital, Busan, South Korea

²Department of Biomedical Research Institute, Pusan National University Hospital, Busan, South Korea

³Department of Rehabilitation Medicine, Pusan National University Hospital, Busan, South Korea

⁴Department of Rehabilitation Medicine, Pusan National University School of Medicine, Busan 49241, South Korea

Abstract

The decline in respiratory function among older adults may precede or follow the deterioration of other physiological functions, varying based on whether the individual is experiencing age-related frailty or the effects of acute illness or trauma. A deeper understanding of the mechanisms underlying respiratory function decline could contribute to the development of more effective strategies for preventing functional decline and promoting quicker recovery in the elderly population. This review aims to present studies that utilize the term “respiratory sarcopenia” and to discuss potential applications of this concept in future research and clinical practice.

Key Words

Sarcopenia, Respiratory sarcopenia, Respiratory muscles, Maximal respiratory pressures

접수일 : 2024년 10월 2일
게재 승인일 : 2024년 10월 15일
교신저자 : 신명준
주소 : 부산광역시 서구 구덕로 179,
부산대학교병원 재활의학과
Tel : 82 51 240 7485
Fax : 82 51 247 7485
e-mail : drshinmj@pusan.ac.kr

서론

근감소증(Sarcopenia)은 근육량과 근육의 감소를 특징으로 하는 질환이다.^{1,2} 일차성 근감소증은 노화에 의해서 발생하며, 이차성 근감소증은 노화 이외의 다른 원인으로 근육량과 근육이 감소되는 것을 말한다. 하지만 노인의 경우 만성질환을 대부분 가지고 있으며, 급성기 질환 유병률과 입원을 역시 젊은 사람들에 비해서 높기 때문에 갑작스러운 근육량과

근력 감소를 경험하게 되는 경우가 있다. 세계적으로 고령화가 진행됨에 따라 근감소증의 유병률이 증가하고 있으며, 이는 노인의 삶의 질 저하와 직결되고 있다.^{3,4} 근감소증은 신체 근력의 감소로 인하여 낙상, 운동 능력 저하, 독립 생활 능력 감소와 같은 여러 건강 문제로 이어지고 있다.^{5,6} 따라서 근감소증은 노인에게 있어 필수적으로 예방하고 관리를 해야 하는 질병이다.

최근 해외 연구에서는 근감소증뿐만 아니라, 호흡 근육의

기능 저하가 전반적인 신체 건강에 영향을 주는 호흡 근감소증(Respiratory sarcopenia)에 대한 연구가 진행되고 있다.⁷⁻¹⁰ 왜냐하면 근감소증은 아니지만, 호흡 근력의 예측값보다 호흡 근력이 낮은 노인이 약 54.7%에 이르기 때문이다.¹¹ 일반적인 호흡 근육은 호흡이라는 중요한 기능을 수행하며, 그 기능에 장애가 생기면 심각한 문제를 초래할 수 있고, 이는 환기 예비량 감소로 이어진다. 이러한 상태는 운동 시 호흡곤란, 운동 불내성(Exercise intolerance) 및 신체 활동 감소로 이어지며, 이는 예후를 악화시킨다.¹⁰ 호흡 근육의 중요성은 오래전부터 인식되어 왔지만, 임상에서 호흡 근육의 상태와 기능 평가는 충분히 이루어지지 않고 있다.¹⁰ 호흡 근감소증은 근감소증의 원인과 같이 호흡 근육의 근육량과 근력이 감소함으로써 발생한다.⁹ 호흡 근육의 약화는 노화, 신체 활동 부족, 영양 결핍, 폐 질환, 암 관련 쇠약, 수술 및 약물 치료, 그리고 신경근 질환 등 다양한 원인에 의해 발생할 수 있다.⁹ 호흡 근감소증은 호흡 기능, 신체 및 일상생활 활동에 부정적인 영향을 미치며, 결과적으로 다양한 호흡 질환 합병증을 유발하게 된다.⁹ 따라서 호흡 근감소증에 대한 평가 방법이 중요한데, 호흡 기능 평가에 있어서 가장 표준적인 폐활량 측정과 같은 일반적인 방법으로는 호흡 근육량과 근력을 정확하게 평가하기가 어려운 상황이다. 그래서 최근 호흡 근감소증에 대한 평가 방법에 대하여 다양한 연구가 이뤄지고 있다.

그러나 한국에서는 아직 호흡 근감소증에 대한 연구가 충분히 이루어지고 있지 않다. 인구 고령화가 진행되고 있는 현대 한국 사회에서 노인 인구의 비율이 증가함에 따라, 호흡 근감소증에 대한 이해를 높이고, 효과적인 예방 및 관리 전략을 개발하는 것이 절실히 필요한 상황이다. 그리하여 본 연구에서는 호흡 근감소증에 대한 내용을 정리하고 향후 어떻게 활용할 수 있을지에 대해서 논의하고자 한다.

본론

1) 근감소증의 진단 방법

근감소증은 종아리 둘레 측정, 근감소증 자가 진단 설문지(SARC-F)를 통한 선별 검사와 악력 측정, 5회 의자에서 일어서기(Five Times Sit-to-Stand Test, FTSST), 보행 속도 측정, 간편 신체기능 검사(Short Physical Performance Battery,

SPPB) 등의 근력 및 신체 기능 검사 그리고 이중 에너지 X선 흡수계측법(Dual Energy X-ray Absorptiometry, DEXA), 생체전기 임피던스 분석기(Bioelectrical Impedance Analysis, BIA)를 이용한 근육량 측정을 통해서 진단을 할 수 있다.^{1,3} Asian Working Group for Sarcopenia 2019의¹ 근감소증 기준으로는 종아리 둘레가 남성은 34 cm 미만, 여성은 33 cm 미만, SARC-F는 4점 이상, 악력이 남성은 28 kg 미만, 여성은 18 kg 미만이다. FTSST는 12초 이상, 보행속도는 1.0 m/s 미만이며 SPPB는 9점 이하, BIA로 측정된 근육량은 남성의 경우 7.0 kg/m² 미만, 여성은 5.7 kg/m² 미만일 경우를 근감소증으로 진단할 수 있다. 일반적인 근감소증은 낮은 근육량과 낮은 근력 또는 낮은 신체 기능 중 하나 이상을 만족할 경우로 정의되며, 심각한 근감소증은 이 세 가지 모든 조건을 만족하는 경우로 정의된다.¹ 2023년 발표된 한국 근감소증 전문가 권고안에 따르면 다른 기준은 Asian working Group이 제시한 것과 기준이 같으나 FTSST 검사 시 마지막 자세가 서있는 자세로 끝나는 경우는 10초 초과, 앉은 자세로 끝나는 경우는 11초 초과로 기준을 제시하였으며, 30초간 의자에서 일어서기 검사의 경우에는 남자는 17회 이하, 여자는 15회 이하에서 신체 기능이 떨어진 것으로 판단할 것을 권고하고 있다.³

2) 호흡 근감소증의 진단 방법

(1) 해외에서 제시하고 있는 호흡 근감소증 진단

호흡 근감소증은 호흡 근력과 호흡 근육량이 모두 낮을 때 진단할 수 있다.⁹ 호흡 근육량을 직접 측정할 수 없는 경우, 사지 골격근량을 검사하여, 기준치보다 낮을 경우 ‘유력한 근감소증(Probable respiratory sarcopenia)’으로 진단할 수 있다. 사지 골격근량의 기준은 Asian Working Group for Sarcopenia 2019¹와 European Working Group on Sarcopenia in Older People 2²를 기반으로 결정한다. ‘잠재적 호흡 근감소증(Possible respiratory sarcopenia)’은 호흡 근력이 낮지만 호흡 기능은 정상일 경우에 진단할 수 있다(Fig. 1). 이 진단 기준에서 질병의 유무가 핵심적인 요소는 아니다.^{9,10}

호흡 근력은 일반적으로 최대 흡기압(Maximal inspiratory pressure, MIP)과 최대 호기압(Maximal expiratory pressure, MEP)으로 측정된다. 임상적으로 MIP는 흡기근의 근력을 평가하기 위해 사용되는 가장 보편적인 검사이며, MEP는 호기근의 근력을 평가하기 위한 유일한 방법으로 알려져 있다.¹²

호흡 근감소증을 진단하기 위한 호흡 근력의 기준에 대한

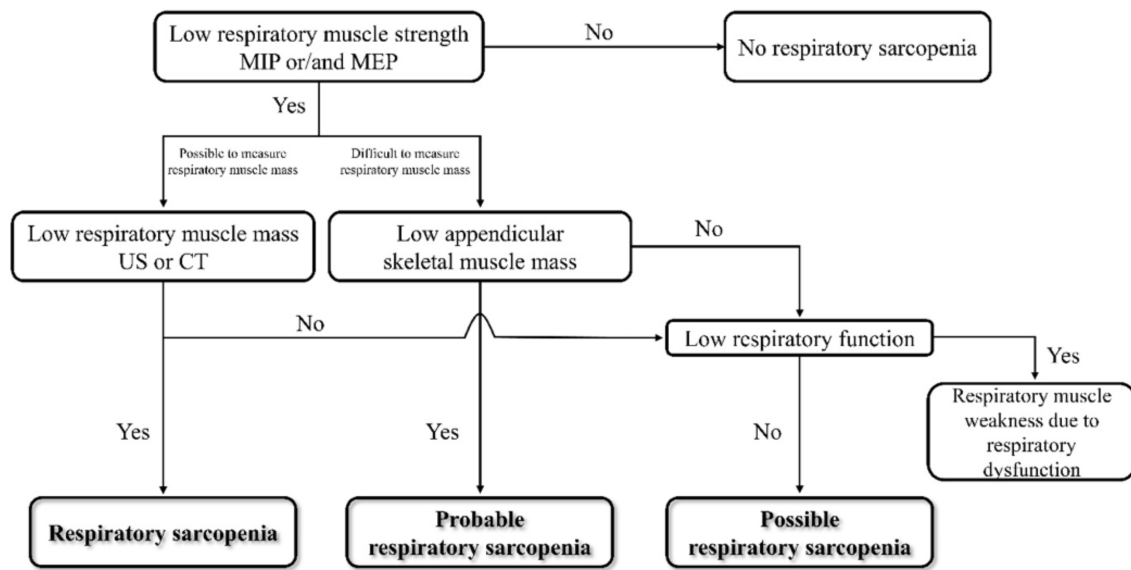


Fig. 1. Diagnostic algorithm for respiratory sarcopenia. This figure is taken from Sato et al.⁹ CT: computed tomography, MEP: maximal expiratory pressure, MIP: maximal inspiratory pressure, US: ultrasound

연구들은 다음과 같다. 스페인에서는 건강한 남성 296명과 여성 314명을 대상으로 MIP, MEP 측정을 실시하였으며, 이때 T-점수 분석 방법을 사용하였다.¹³ 이 방법은 특정 연령대에서 관찰된 최대 평균 호흡 근력값에 대해 개인의 측정값이 얼마나 떨어져 있는지를 표준편차 단위로 나타내는 것이다. 연구 결과, 남성은 38-43세에서 MIP 138 cmH₂O, MEP 217 cmH₂O, 여성의 경우 30-36세에서 최대 평균 MIP 값은 109 cmH₂O, MEP 값은 158 cmH₂O로 관찰되었다.¹³ 이 데이터를 바탕으로, 각 성별에서 젊은 연령대의 최대 평균값에서 표준편차 2.5 이상 떨어진 값을 기준값으로 설정하였다. 이에 따라 호흡 근감소증 선별을 위한 MIP 기준은 남성이 83 cmH₂O, 여성이 62 cmH₂O이며, MEP는 남성 109 cmH₂O, 여성 81 cmH₂O로 설정되었다.¹³ American Thoracic Society/European Respiratory Society (ATS/ERS)의 지침에 따르면, MIP의 낮은 기준은 80 cmH₂O 미만으로 설정을 하고 있다.¹⁴ ATS/ERS에 의하면 이전의 연구와 임상 데이터를 통해, 80 cmH₂O 이하의 MIP는 흡기 근력의 유의한 감소를 나타내며, 이는 호흡 부전의 위험이 증가하는 상태와 연관될 수 있고, 환자가 호흡에 어려움을 겪을 수 있으며, 일상생활의 질을 저하시키고, 추가적인 호흡 지원이 필요한 상황으로 이어질 수 있다고 밝히고 있다.¹⁴ 그리고 건강한 개인의 %MIP와 %MEP 중

양값은 80%에서 100% 사이이지만, 아직까지 명확한 기준이 부족하여 %MIP와 %MEP의 예측값 80% 미만을 기준으로 제안하기도 한다(Table 1).¹⁰

이러한 선행 연구들을 통해 호흡 근력의 감소 기준값에 대하여 아직 명확한 기준이 확립되어 있지 않고, 각 나라마다 다른 기준을 적용하고 있음을 알 수 있다.

그리고 호흡 근육량 평가는 팔, 다리 근육량과는 다르게 직접적으로 호흡 근육량을 확인하기 힘들기 때문에 초음파를 통한 횡격막 두께와 컴퓨터 단층 촬영(Computed tomography, CT) 이미지를 통하여 근육량을 간접적으로 확인하고 있다.

먼저, 초음파를 통해서도 횡격막의 두께를 측정할 수 있으며, 횡격막 두께의 기준에 대한 연구들은 다음과 같다. 프랑스에서 진행한 연구에서는 건강한 남성 100명(51 ± 16세)과 여성 100명(52 ± 16세)을 대상으로 횡격막 두께를 확인한 결과, 앉은 자세에서 편안한 호흡 중의 날숨 말기에 횡격막이 갈비뼈와 맞닿는 부위를 양쪽 모두 측정했을 때, 남성은 1.3 mm, 여성은 1.1 mm가 정상 하한선으로 제시되었다.¹⁵ 미국에서 진행한 연구는 건강한 남성 73명(51.3 ± 18.2세)과 여성 77명(51.3 ± 18세)을 대상으로, 누운 자세에서 평상시 호흡의 날숨 말기에 횡격막 두께를 8번째와 9번째 갈비뼈 사이의 앞 겨드랑선

Table 1. Diagnostic Criteria for Respiratory Sarcopenia

	Lista-Paz et al. ¹³ (Spain)	American Thoracic Society/European Respiratory Society ¹⁴	Miyazaki et al. ¹⁰
Respiratory muscle strength	Men MIP: < 83 cmH ₂ O MEP: < 109 cmH ₂ O Women MIP: < 62 cmH ₂ O MEP: < 81 cmH ₂ O	MIP: < 80 cmH ₂ O	Less than 80 % of the predicted values for % MIP and % MEP.
Diaphragm thickness	Men < 1.3 mm Women < 1.1 mm	Boon et al. ¹⁶ (America) < 1.5 mm	

MIP: Maximal inspiratory pressure, MEP: Maximal expiratory pressure

부위를 측정했을 때 정상 하한선을 1.5 mm로 제시하였다¹⁶ (Table 1).

두번째로는, CT 이미지를 통해서 가슴과 복부의 호흡 근육량을 근육 두께, 단면적, 3차원 형태 등으로 평가할 수 있다.^{9,17} CT로 평가할 수 있는 호흡 근육에는 횡격막, 큰가슴근, 복근 그리고 목빗근 등이 있다. 이러한 측정 방법과 기준을 활용하여 호흡 근육량을 결정할 수 있지만, CT 이미지 기반의 호흡 근육의 근육량에 대한 참고값은 아직 정확하게 연구된 바가 없다.^{9,10} 추가적으로 초음파 및 CT 이미지 대한 기준값이 다른 나라 인구에게도 수정 없이 적용될 수 있는지는 검증이 필요하다. 특히 횡격막 두께에 대한 참조 범위는 나이, 체지방, 성별, 질병과 같은 요인에 영향을 받기 때문에 개인의 특성을 고려하는 것이 중요하다.^{9,10}

(2) 한국에서 호흡 근감소증의 진단

한국에서는 호흡 근감소증에 대한 연구가 해외에 비해 부족한 상태이다. 우선 한국은 호흡 근감소증을 선별하기 위한 MIP와 MEP의 특정 기준이 없는 실정이다. 하지만 한국의 건강한 성인을 대상으로 평가된 호흡 근력 기준을 바탕으로 개인의 호흡 근력 수준을 평가할 수 있을 것이다(Table 2).¹⁸ 그리고 한국의 건강한 성인의 호흡 근력 기준과 해외의 건강한

성인의 호흡 근력 기준을 비교할 때,^{13,18-21} 각 나라의 기준값이 다른 것을 확인할 수 있다. 그렇기 때문에 호흡 근감소증을 진단하기 위한 MIP와 MEP의 기준을 해외의 값을 사용하긴 보다는 한국인에게 맞는 기준값을 사용하는 것을 추천한다. 따라서 저자들은 한국인의 경우 Table 2의 연령대별 MIP, MEP값의 95% 신뢰 구간 미만의 값을 기준으로 호흡 근력 저하를 정의하자고 제안한다.

또한, 한국에서는 초음파를 이용한 횡격막 두께 측정 기준이 충분히 마련되어 있지 않아, 주로 해외 기준을 적용할 수밖에 없는 실정이다. 해외의 연구 결과를 한국인에게 적용하기 전에는 적절한 검증 절차를 거치는 것이 중요하다. 횡격막 두께뿐만 아니라 CT 이미지를 통한 근육량 측정에 대한 연구도 한국에서는 부족한 상황이다. 따라서 향후 한국에서는 호흡 근육량을 확인하기 위해서 초음파와 CT 이미지에 대한 다양한 연구가 필요하다.

종합해보면 한국에서 호흡 근감소증을 진단하기 위해서는 호흡 근력의 기준은 인용할 근거가 있지만, 호흡근의 근육량은 기준이 없는 실정이다. 따라서 임상적으로 호흡 근감소증의 진단이 필요하다고 판단되는 경우에 호흡근의 근육량 기준부터 설정하는 것이 필요할 것이다. 호흡근의 근육량 기준이 마련되기 전까지는 해외의 기준값을 사용하거나 사지의

Table 2. Mean and Standard Deviation of Respiratory Muscle Strength Criteria Based on Healthy Korean Adults¹⁸

Men	MIP (cmH ₂ O) 95% CI	MEP (cmH ₂ O) 95% CI	Women	MIP (cmH ₂ O) 95% CI	MEP (cmH ₂ O) 95% CI
20s (n = 30)	99.40 ± 25.47 (91.21-107.59)	113.70 ± 32.61 (104.53-122.87)	20s (n = 30)	69.67 ± 18.88 (61.48-77.86)	81.70 ± 21.23 (72.53-90.87)
30s (n = 30)	93.23 ± 24.21 (85.04-101.42)	121.47 ± 27.92 (112.30-130.64)	30s (n = 30)	71.47 ± 18.46 (63.28-79.66)	82.97 ± 18.52 (73.80-92.14)
40s (n = 30)	107.00 ± 26.24 (98.81-115.19)	123.20 ± 26.86 (114.03-132.37)	40s (n = 30)	73.70 ± 21.10 (65.51-81.89)	76.50 ± 20.38 (67.33-85.67)
50s (n = 30)	95.10 ± 27.41 (86.91-103.29)	118.67 ± 30.62 (109.50-127.84)	50s (n = 30)	64.40 ± 15.08 (56.21-72.59)	74.67 ± 21.14 (65.50-83.84)
60s (n = 30)	88.37 ± 28.44 (80.18-96.56)	120.77 ± 32.35 (111.60-129.94)	60s (n = 30)	57.17 ± 18.02 (48.98-65.36)	69.27 ± 23.36 (60.10-78.44)
70s (n = 30)	83.87 ± 28.68 (75.68-92.06)	102.97 ± 30.94 (93.80-112.14)	70s (n = 30)	57.23 ± 16.93 (49.04-65.42)	65.57 ± 13.05 (56.40-74.74)

Mean ± SD, MIP: Maximal inspiratory pressure, MEP: Maximal expiratory pressure

근육량으로 평가하여 ‘유력한 근감소증(Probable respiratory sarcopenia)’으로 진단하는 것이 최선이라고 생각된다.

3) 향후 활용 방안

인공호흡기 사용이 필요했던 패혈증 환자에서 시행한 연구에 따르면 횡경막의 두께가 정상인에 비해서 통계적으로 차이가 나지는 않았지만, MIP는 통계적으로 차이가 나는 것이 확인되었다.²² 이 연구는 단면 연구라 호흡근과 사지 근육이 어떻게 변화해가는지에 대한 언급이 부족하지만 중증 질환자들에게 호흡근과 사지 근육 둘 다 감소할 가능성이 높다는 것을 확인시켜주었다. 급성기 중증 환자에서 호흡근의 근력 변화가 사지 근력의 변화보다 우선하는지에 대한 연구는 명확하지 않다. 하지만 회복 단계, 운동 단계에서 호흡근의 근력 강화 훈련이 사지의 근력 강화 훈련과 병행 또는 우선시 되어야 함은 임상적으로 치료를 해보면 경험할 수 있다. 따라서 호흡 근감소증은 폐질환의 유무와 관계없이 중증 질환자의 재활치료에 있어서 중요한 기준이 될 것으로 예상된다.

결론

호흡 근감소증은 단순 호흡근의 근육량 감소 이상의 문제를 가져온다. 특히 호흡 기능에 직접적으로 연관된 근육 기능의 저하는 일상 생활의 질 저하뿐만 아니라, 심각한 호흡 건강 문제로 이어질 수 있는 잠재력을 지니고 있다. 이에 따라, 호흡 근감소증의 정확한 진단과 효과적인 관리 전략은 노인 건강 및 중증 질환자 관리에 있어 중요한 요소라고 생각된다.

하지만 한국에서의 호흡 근감소증에 대한 연구는 아직 초기 단계에 있으며, 이 분야에 대한 체계적인 접근과 연구가 필요한 상황이다. 특히, 한국인 기준에 맞는 정확한 진단 기준을 개발하는 것이 중요하다. 한국인을 위한 호흡 근감소증 진단 기준을 마련함으로써 호흡 근감소증의 조기 발견과 치료에 기여할 수 있는 근거를 제공해야 한다.

Acknowledgement

This work was supported by clinical research grant from Pusan National University Hospital in 2024.

REFERENCES

1. Chen LK, Woo J, Assantachai P, Auyeung TW, Chou MY, Iijima K, et al. Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. *J Am Med Dir Assoc* 2020;21:300-307
2. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing* 2019;48:16-31
3. Baek JY, Jung HW, Kim KM, Kim M, Park CY, Lee KP, et al. Korean Working Group on Sarcopenia guideline: expert consensus on sarcopenia screening and diagnosis by the Korean Society of Sarcopenia, the Korean Society for Bone and Mineral Research, and the Korean Geriatrics Society. *Ann Geriatr Med Res* 2023;27:9-21
4. Baek JY, Lee E, Jung HW, Jang IY. Geriatrics fact sheet in Korea 2021. *nn Geriatr Med Res* 2021;25:65
5. Schaap LA, Van Schoor NM, Lips P, Visser M. Associations of sarcopenia definitions, and their components, with the incidence of recurrent falling and fractures: the longitudinal aging study Amsterdam. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2018;73:1199-1204
6. Won CW. Diagnosis of sarcopenia in primary health care. *J Korean Med Assoc* 2020;63:633-641
7. Elliott JE, Greising SM, Mantilla CB, Sieck GC. Functional impact of sarcopenia in respiratory muscles. *Respir Physiol Neurobiol* 2016;226:137-146
8. Nagano A, Wakabayashi H, Maeda K, Kokura Y, Miyazaki S, Mori T, et al. Respiratory sarcopenia and sarcopenic respiratory disability: concepts, diagnosis, and treatment. *J Nutr Health Aging* 2021;25:507-515
9. Sato S, Miyazaki S, Tamaki A, Yoshimura Y, Arai H, Fujiwara D, et al. Respiratory sarcopenia: a position paper by four professional organizations. *Geriatr Gerontol Int* 2023;23:5-15
10. Miyazaki S, Tamaki A, Wakabayashi H, Arai H. Definition, diagnosis, and treatment of respiratory sarcopenia. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2024;27:210-218
11. Morisawa T, Kunieda Y, Koyama S, Suzuki M, Takahashi Y, Takakura T, et al. The relationship between sarcopenia and respiratory muscle weakness in community-dwelling older adults. *Int J Environ Res Public Health* 2021;18:13257
12. Shin HL, Kim DK, Seo KM, Kang SH, Lee SY, Son SH. Relation between respiratory muscle strength and skeletal muscle mass and hand grip strength in the healthy elderly. *Ann Rehabil Med* 2017;41:686-692
13. Lista-Paz A, Langer D, Barral-Fernández M, Quintela-del-Río A, Gimeno-Santos E, Arbillaga-Etxarri A, et al. Maximal respiratory pressure reference equations in healthy adults and cut-off points for defining respiratory muscle weakness. *Arch Bronconeumol* 2023;59:813-820
14. American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:518-624
15. Boussuges A, Rives S, Finance J, Chaumet G, Vallée N, Risso J-J, et al. Ultrasound assessment of diaphragm thickness and thickening: reference values and limits of normality when in a seated position. *Front Med* 2021;8:742703
16. Boon AJ, Harper CJ, Ghahfarokhi LS, Strommen JA, Watson JC, Sorenson EJ. Two-dimensional ultrasound imaging of the diaphragm: quantitative values in normal subjects. *Muscle Nerve* 2013;47:884-889
17. Ostadan F, Donovan AA, Matouk E, David FG, Marchand D, Reinhold C, et al. Computed tomography reveals hypertrophic remodelling of the diaphragm in cystic fibrosis but not in COPD. *ERJ Open Res* 2023;9:00282-2023
18. Park TS, Tak YJ, Ra Y, Kim J, Han SH, Kim SH, et al. Reference respiratory muscle strength values and a prediction equation using physical functions for pulmonary rehabilitation in Korea. *J Korean Med Sci* 2023;38:e325
19. Costa D, Gonçalves HA, Lima LPd, Ike D, Cancelliero KM, Montebelo MIdL. New reference values for maximal respiratory pressures in the Brazilian population. *J Bras Pneumol* 2010;36:306-312

20. Gopalakrishna A, Vaishali K, Prem V, Aaron P. Normative values for maximal respiratory pressures in an Indian Mangalore population: A cross-sectional pilot study. *Lung India* 2011;28:247-252
 21. Johan A, Chan CC, Chia HP, Chan OY, Wang YT. Maximal respiratory pressures in adult Chinese, Malays and Indians. *Eur Respir J* 1997;10:2825-2828
 22. Baldwin CE, Bersten AD. Alterations in respiratory and limb muscle strength and size in patients with sepsis who are mechanically ventilated. *Phys Ther* 2014;94:68-82
-