

심혈관질환 환자에서 근감소증 관련 표현형에 따른 심폐운동능력 및 신체수행능력의 특성: 사례연구

<https://doi.org/10.32337/KACPT.2026.14.2.47>

대한심장호흡물리치료학회지 제14권 제2호 2026, PP.47-58

■ 김세윤¹, 강병창¹, 박민영², 우현재^{3*}

■¹부천세종병원 심장재활센터, ²독립 연구자, ³와카야마리하빌리테이션전문직대학 물리치료학과

Characteristics of Cardiorespiratory Fitness and Physical Performance According to Sarcopenia-related Phenotypes in Patients with Cardiovascular Disease: A Case Series

Se-Youn Kim PT, PhD.¹, Byoung-ChangKang PT, B.S.¹, Min-Young Park PT, MSc.²,
Hyeon-Jae Woo PT, PhD.^{3*}

¹Cardiac Rehabilitation center, Bucheon Sejong Hospital

²Independent Researcher, Daegu, Republic of Korea

³Division of Physical Therapy, Wakayama Professional University of Rehabilitation

Purpose: This study investigated the prevalence of sarcopenia-related phenotypes in patients with cardiovascular diseases and examined the associations between these phenotypes and cardiorespiratory fitness and physical performance.

Methods: This retrospective observational study examined electronic medical records of patients who underwent cardiopulmonary exercise testing(CPET), body composition assessment, handgrip strength, Short Physical Performance Battery(SPPB), 6-m gait speed, and echocardiography on the same day at a cardiac rehabilitation center of a tertiary hospital. Sarcopenia, functional sarcopenia, and sarcopenic obesity were identified using the AWGS 2019, KWGS 2023, and JWGSO 2024 definitions, respectively. We used group comparisons and minimally adjusted multiple linear regression analyses to assess functional differences and independent associations between sarcopenia status and major physical performance outcomes. **Results:** Among 61 patients with cardiovascular disease, 19.7% had sarcopenia-related phenotypes(sarcopenia 3.3%, functional sarcopenia 9.8%, sarcopenic obesity 6.6%). Compared with the non-sarcopenia group, those with sarcopenia-related phenotypes showed significantly lower VO₂peak, peak METs, handgrip strength, tidal volume at peak exercise, and 6-m gait speed, with large effect sizes(Cohen's $d \geq 0.80$). Multiple regression analysis revealed that sarcopenia status was independently associated with slower 6-m gait speed($\beta = -0.18$ m/s, $p = .021$), whereas VO₂peak and SPPB scores were more strongly influenced by age, sex, and BMI than by sarcopenia itself. Left ventricular ejection fraction had no significant association with functional outcomes. **Conclusion:** Sarcopenia-related phenotypes are relatively common in patients with cardiovascular disease and are associated with clinically meaningful impairments in exercise capacity and physical performance, particularly gait speed and respiratory muscle-related ventilatory response. These findings highlight the significance of phenotype-based assessment in cardiac rehabilitation and support the need for individualized rehabilitation strategies incorporating muscle strength, gait function, body composition, and respiratory muscle performance.

Key words: Cardiopulmonary exercise test, Functional sarcopenia, Gait speed, Sarcopenic obesity, Sarcopenia

Received: December 11, 2025 / **Revised:** December 31, 2025 / **Accepted:** January 07, 2026

I. 서론

심혈관질환(cardiovascular diseases, CVD)은 주요 사망 원

인이며 고령화에 따라 발생률이 증가하고 있다(Hong 2009; Wang 등, 2025). 이러한 심혈관질환은 심장의 구조적·기능적 이상뿐 아니라, 염증, 대사 이상, 자율신경계 변화 등 다양한 전신

교신저자: 우현재

주소: Division of Physical Therapy, Wakayama Professional University of Rehabilitation, 2083-1 Naka, Tanabe City, Wakayama 646-0011, Japan, E-mail: hyunjae0610@gmail.com

적 병태생리가 복합적으로 작용하는 질환군으로 이해되고 있으며, 이러한 변화가 환자의 근골격계 기능에도 영향을 미친다는 점이 여러 연구에서 보고되어 왔다(Silveira Rossi 등, 2022). 특히, 심혈관질환 환자에서는 IL-1 β , IL-6, TNF- α 와 같은 염증성 사이토카인의 상승이 특징적인 만성 염증 상태를 유발하며, 이러한 염증 반응과 더불어 증가된 산화 스트레스와 세포 기능 저하가 복합적으로 작용하여 근육 단백질 합성의 감소와 근기능 약화를 유발할 수 있는 것으로 보고되고 있다(Hamjane 등, 2020). 그 결과, 근육량 감소와 근력 저하, 신체 수행능력 저하가 나타나며, 이는 운동능력 저하, 삶의 질 악화, 재입원 위험 증가 등 불량한 예후와 밀접하게 연관된다(Fülster 등, 2013; Kim 등, 2021; Silveira Rossi 등, 2022).

근감소증(sarcopenia)은 이러한 근골격계 기능 저하를 대표하는 개념으로, 노화 과정의 자연스러운 변화 뿐만 아니라 만성질환과 질병 진행 과정에서도 흔히 관찰되는 상태이다(Cruz-Jentoft and Sayer 2019). 근감소증은 단순한 근육량 감소뿐만 아니라 근력 저하와 신체 수행능력 감소를 포함하는 다차원적 개념이며, 심혈관질환 환자의 예후에 부정적인 영향을 미치는 독립적인 위험요인으로 보고되고 있다(Damluji 등, 2023; Chin 등, 2013; Gao 등, 2022; Shakuta 등, 2024). 특히, 근감소증이 동반된 심혈관질환자에서는 최대산소섭취량(VO₂peak)의 감소, 환기효율(VE/VCO₂ slope)의 악화, 운동 내성(exercise intolerance) 감소 등 심폐운동능력(Cardiopulmonary Exercise Test, CPET) 저하가 빈번히 관찰되며(Bispo 등, 2024; Takeda 등, 2024), 이는 사망률 증가 및 재입원 위험과 밀접하게 관련되어 있다(He 등, 2021). 따라서, 심혈관질환자에서 근감소증을 평가하는 것은 단순한 보조 평가가 아니라 예후 예측과 치료 계획 수립에 중요한 요소로 인식되고 있다.

Asian Working Group for Sarcopenia(AWGS) 2019는 근육량·근력·신체 수행능력 평가를 기반으로 표준화된 진단 기준을 제시하였으나, 노화 기반 근감소증과 질환 기반 근감소증을 동일 알고리즘과 절단값으로 판단하는 운영적 정의를 사용한다는 점에서 개별 질환 특수성 반영 부족이라는 한계가 있다(Chen 등, 2020). 이는 진단의 간결성과 국제적 통일성 측면에서 장점이 있으나, 실제 임상에서는 심부전, 허혈성 심질환, 부정맥과 같이 병태생리적 스트레스가 큰 질환에서 발생하는 근감소증이 노화 기반 근감소증과 서로 다른 양상과 임상적 의미를 보일 수 있다(Rivera 등, 2023; Yin 등, 2019). 따라서 심혈관질환 환자의 경우 염증반응, 조직 관류 저하, 부종, 약물 치료 등 다양한 요인이 복합적으로 작용하여 근감소증을 가속화하거나 특징적인 형태로 나타날 수 있어(Sasaki과 Fukumoto 2022), 질환 특성을 고려한 세부적 평가가 필요하다.

최근 연구에서는 근감소증(sarcopenia)을 단일 질환 개념이 아니라, 비만성 근감소증(sarcopenic obesity), 기능적 근감소증

(functional sarcopenia) 등 여러 표현형으로 파악하려는 시도가 늘어나고 있다.

그러나, 심혈관질환 환자에서 이러한 표현형 간 차이를 비교한 연구는 매우 부족하며, 특히 심폐운동능력검사(CPET), 간단 신체수행평가(Short Physical Performance Battery, SPPB), 보행속도 (Gait Speed)와 같이 심혈관 기능과 신체 수행능력을 활용한 분석 근거는 제한적이다.

이에 본 연구는 심혈관질환 환자에서 다양한 근감소증 표현형의 유병률을 확인하고, 이들이 운동능력과 신체 수행능력에 미치는 영향을 탐색적으로 분석하고자 한다.

1. 근감소증 표현형에 따른 개념

근감소증은 근육량, 근력, 신체 수행능력의 저하 양상과 체성분 구성, 그리고 기저 질환의 영향에 따라 다양한 표현형으로 나타나는 복합적 임상 상태로 이해된다(Petnehazy 등, 2024; Prior 등, 2016).

1) 근감소증 (Sarcopenia)

근감소증은 근육량 감소와 함께 근력 또는 신체 수행능력 저하가 동반된 상태를 의미하며(El Ghoch 등, 2018), AWGS 2019와 2023년 한국형 근감소증 진료지침(Korean Working Group on Sarcopenia, KWGS)에서 제시하는 전형적인 근감소증 진단 범주에 해당한다(Baek 등, 2023; Chen 등, 2020).

2) 비만성 근감소증 (Sarcopenic Obesity)

비만성 근감소증은 근육량 감소와 비만이 동시에 존재하는 상태로, 일본 Sarcopenic Obesity Working Group(JWGSO)에서 아시아 인구 특성을 반영하여 공식화한 개념이다(Ishii, Ogawa 등, 2024). 내장지방 증가, 만성 염증, 인슐린 저항성 및 혈관 내피 기능 장애가 복합적으로 작용하여(Gonzalez 등, 2021; Li 등, 2022), 동일한 근감소증이라 하더라도 대사장애의 악화가 더 두드러질 수 있다(Hong과 Choi 2020).

3) 기능적 근감소증 (Functional Sarcopenia)

기능적 근감소증은 근육량은 정상 범위이지만 근력 또는 신체 수행능력이 감소된 상태로, 2023년 한국형 근감소증 (Korean Working Group on Sarcopenia, KWGS) 진료지침에서 새롭게 공식화된 개념이다(Baek 등, 2023). KWGS는 근육량 중심의 기존 진단 알고리즘이 아시아인과 같이 BMI가 낮고 마른 체형이 흔한 집단에서는 기능 저하를 제대로 반영하지 못한다는 점을 지적하고, 근육량 정상이라도 기능적 기반의 평가의 필요성을 강조하였다.

2. 기존 연구의 한계

근감소증이 심혈관질환 환자의 기능 저하와 장기 예후에 영향을 미치는 중요한 위험요인임에도 불구하고, 현재까지의 연구는 여러 측면에서 공백이 존재한다. 첫째, 근감소증, 비만성 근감소증, 기능적 근감소증을 하나의 연구 내에서 동시에 비교한 연구는 매우 드물며, 표현형 간 기능적 차별성을 종합적으로 검토한 근거가 부족하다. 둘째, 심폐운동능력검사, 간단 신체수행능력검사, 6m 보행속도 등 심혈관 기능과 신체 수행능력을 반영하는 정밀 기능평가 지표를 모두 활용한 표현형 분석 연구는 거의 보고되지 않았다. 셋째, 기능적 근감소증은 2023년 한국형 근감소증 진료지침(KWGS)에서 도입된 비교적 새로운 개념으로, 특히 심혈관질환자를 대상으로 한 연구 근거는 사실상 전무한 상태이다. 넷째, 기존 연구의 상당수는 단면적 설계 또는 단일 지표 중심의 분석에 머물러 있어, 다양한 표현형에서 나타날 수 있는 기능 저하 및 예후 차이를 규명하기 어렵다.

이와 더불어, 근감소증 진단 기준 자체의 구조적 제약도 중요한 한계로 지적된다. AWGS 2019는 근감소증의 원인이 노화 기반인지, 질환 기반인지와 상관없이 동일한 절단값과 알고리즘을 적용하는 운영적 정의를 채택하고 있다. 그러나 심혈관질환과 같은 질환성 근감소증(disease-related sarcopenia)은 염증, 대사 이상, 조직 관류 감소 등 특수한 병태생리적 과정을 겪기 때문에, 노화성 근감소증과 기능 저하 양상 및 임상적 의미가 다를 수 있다. 이러한 AWGS 기반 진단의 한계는 JWGSO이 아시아 인구 특성을 반영한 비만성 근감소증 진단 기준을 제시한 이유이며, KWGS 진료지침 2023이 기능적 근감소증 개념을 새롭게 도입한 배경이 되기도 한다. 즉, 일본 및 한국 가이드라인은 모두 AWGS 기준이 충분히 반영하지 못하는 아시아 인구의 체형 특성 및 기능 저하 양상을 보완하려는 시도로 볼 수 있다.

따라서, 심혈관질환 환자에서 근감소증을 평가할 때에는 근육량 중심의 단일 기준을 적용하는 수준을 넘어, 근감소증·비만성 근감소증·기능적 근감소증이라는 표현형을 구분하여 기능적 의미와 예후 차이를 탐색하는 연구가 필요하다. 이러한 접근은 표현형을 고려한 심장재활 평가 및 맞춤형 중재 전략을 정립하는 데 중요한 근거를 제공할 수 있다.

4. 본 연구의 목적

본 연구는 연구로서, 심혈관질환 환자를 대상으로 근감소증, 비만성 근감소증, 기능적 근감소증의 표현형을 포함한 근감소증 군의 유병률을 탐색적으로 파악하고, 각 표현형이 심폐운동능력 및 신체수행능력과 어떠한 연관성을 보이는지 분석하는 것을 주요 목적으로 한다. 이에, 1차적으로 심혈관질환자에서 근감소증 유병률을 분석하고, 2차적으로 표현형별 근감소증의 심폐운동능력 및 신체기능능력에 대한 효과 크기를 통해 기존 문헌에서 부족

했던 심혈관질환자에서의 근감소증 표현형의 기능적 차이를 규명하고, 향후 대규모 연구 설계 및 근감소증 기반 심장재활 중재 전략 개발을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 후향적 관찰 연구로, 부천세종병원에서 2024년 1월 1일부터 2025년 1월 31일까지 심혈관질환으로 진단받은 환자의 전자의무기록(Electronic Medical Record, EMR)을 분석하여 수행하였다.

연구 기간 동안 심장재활센터에서 물리치료사, 간호사 그리고 임상병리사에 의해 심폐운동능력검사, 체성분 분석, 악력 검사, 간단신체수행평가, 6m 보행 속도 검사가 수행되었고, 특수검사실에서 간호사에 의해 심장초음파가 시행되고 의사에 의해 검토되었다. 모두 동일한 날에 시행된 외래환자를 대상으로 하였다.

1) 포함 기준

- 심혈관질환(ICD-10 I05-I09, I20-I27, I30-I52 등)으로 진단된 만 18세 이상 성인
- CPET, SPPB, 6m 보행 속도, 체성분 분석 자료가 모두 존재하는 환자
- 사지근육량, 악력, SPPB 자료를 바탕으로 근감소증 표현형 분류가 가능한 환자
- 동일한 시점에 심장초음파 검사가 시행된 환자

2) 제외 기준

- 주요 변수(CPET, 체성분 분석, SPPB, 6m 보행 속도 등)가 누락되었거나 의무기록 불완전
- 중증 신경근질환·진행성 암·말기 신부전 등 근골격계 기능에 직접적인 영향을 주는 질환 동반
- 연구자 판단에 따라 분석 적합성이 부족한 사례

3) 윤리적 승인

본 연구는 부천세종병원 기관생명윤리위원회(IRB)의 승인을 받은 후 수행되었으며, IRB 승인번호는 [IRB No. 2025-02-005]이다. 후향적 연구 특성상 연구대상자 동의는 면제되었다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 본 연구는 단일기관에서 수행된 후향적 연구로, 전자의무기록 기반 데이터를 이용하였다. 심혈관질환 환자의 심

장재할 평가 과정에서 시행된 CPET, 체성분 분석, 악력, 간단한 체수행능력, 6m 보행 속도, 심장초음파 자료를 모두 후향적으로 수집하였다.

근감소증은 AWGS 2019기준을 기반으로 정의하였으며, 심혈관질환과 같은 질환성 근감소증의 이질성을 고려하여 근감소증, 비만성 근감소증, 기능적 근감소증의 세 표현형으로 세분화하였다.

대상자 선정은 연속표본방식으로 이루어졌으며, 표본 크기가 제한된 연구라는 특성에 따라 분석은 경향 탐색(exploratory)과 효과크기(effect size) 중심으로 설계하였다.

3. 측정 도구 및 방법

1) 체성분 분석(Body Composition Assessment)

체성분 분석은 Inbody 770(InBody Co., Seoul, Korea)을 이용한 생체전기저항분석(bioelectrical impedance analysis, BIA)을 통해 시행하였다. BIA 결과를 기반으로 사지골격근량(appendicular skeletal muscle mass, ASM), 체지방률(body fat percentage), 체중, BMI(body mass index)를 산출하였다.

2) 악력 평가(Handgrip Strength)

악력은 디지털 악력계 TTK-5401(Takei Scientific Instruments Co., Niigata, Japan)를 이용해 표준화된 방법(Waldo 1996)에 따라 측정하였다. 대상자는 의자에 앉아 팔꿈치를 90°로 굽힌 상태에서 손목을 중립자세로 유지하도록 안내하였으며, 양측 손을 각각 2회씩 최대한 힘껏 쥐게 하였다. 각 반복 간에는 충분한 휴식 시간을 두어 피로 영향을 최소화하였다. 좌우측에서 얻어진 총 4회의 측정값 중 가장 높은 값을 최종 악력으로 사용하였다.

3) 신체 수행능력 (SPPB 및 6m 보행 속도)

신체 수행능력 평가는 SPPB(Treacy와 Hassett 2018)와 6m 보행속도(Mehmet, Robinson 등, 2020)를 아래의 절차에 따라 모두 수행하였다. 두 검사는 동일한 검사자에 의해 표준화된 프로토콜에 따라 개별적으로 수행되었으며, 두 검사 중 하나라도 기능저하 기준에 해당할 경우 신체수행능력 저하로 판단하였다.

(1) SPPB 평가 절차

SPPB는 균형검사, 4m 보행속도, 의자에서 일어나기 시험으로 구성된 0-12점 척도이다.

검사는 다음 순서에 따라 시행하였다.

- 균형검사: side-by-side, semi-tandem, tandem 자세를 각각 최대 10초 유지한 시간을 기록하였다.
- 4m 보행속도: 평지에서 4m를 자연 보행속도로 이동한 시간

을 측정하여 속도를 산출하였다.

- 의자 일어나기: 양팔을 사용하지 않고 의자에서 5회 반복 일어나기 수행 시간을 측정하였다.

각 항목별 점수를 합산하여 최종 SPPB 점수를 산출하였으며, $SPPB \leq 8$ 점을 AWGS 2019의 기준에 따라, 임상적 기능저하로 정의하였다.

(2) 6m 보행속도 평가 절차

참가자는 충분한 예비연습 후, 평지에서 6m의 거리(line-to-line)를 자신의 편안한 보행속도로 걸었다. 검사자는 출발선에서 도착선까지의 순수 이동시간을 초 단위로 측정하였고, 총 보행거리를 시간으로 나누어 보행속도(m/s)를 산출하였다.

보행속도는 기존 문헌(Mehmet 등, 2020)에 따라 < 1.0 m/s를 느린 보행(slow gait speed)으로 정의하고 기능저하의 지표로 사용하였다.

4) CPET

운동부하장비((GE Healthcare, Chicago, IL, USA)는 트레드밀에서 점증부하운동 프로토콜을 사용하여 시행하였다. 호흡가스 분석 장비COSMED Quark CPX (COSMED, Rome, Italy)를 이용하여 운동 중 호흡·환기 반응을 연속 측정하였으며, 다음 지표를 수집하였다.

최대산소섭취량(VO_{2peak} , ml/kg/min)

- 환기효율(VE/VCO_{2slope})
- 호흡교환비(Respiratory Exchange Ratio)
- 운동 지속 시간
- 운동 중 심박수·혈압 및 호흡 반응

최대산소소모량(VO_{2peak})과 VE/VCO_{2slope} 는 심혈관질환자의 예후와 밀접하게 연관된 주요 결과변수로 분석하였다.

5) 심장초음파 검사

심장초음파 검사는 Philips EPIQ 7 (Philips Healthcare, Andover, MA, USA)를 이용하여 표준화된 프로토콜에 따라 수행되었다.

본 연구에서는 다음 지표를 분석하였다.

- 좌심실 박출률(Left Ventricular Ejection Fraction, LVEF): Modified Simpson's method
- 이완기 기능(E/e' ratio)
- 좌심실 크기 및 질량(Left ventricular mass index)

심장초음파 지표는 대상자의 기저 심장 기능을 파악하고, 근감소증 표현형에 따른 기능적 특성 차이를 해석하는 데 필요한 보조변수로 사용하였다.

6) 근감소증 표현형 분류

근감소증 표현형은 체성분 분석(ASM, 체지방률), 악력 검사, SPPB 및 6m 보행속도 자료를 활용하여 다음 기준에 따라 분류하였다.

(1) 근감소증(Sarcopenia, AWGS 2019 기준)

근육량 감소가 반드시 존재하며, 아래 중 근력 저하 또는 신체 수행능력 저하 중 하나 이상이 동반된 경우이다.

① 근육량 감소 기준(Low muscle mass)

- 남자: $ASM/height^2 < 7.0 \text{ kg/m}^2$
- 여자: $ASM/height^2 < 5.7 \text{ kg/m}^2$

② 근력 저하(Low muscle strength)

- 남자: 악력 $< 28 \text{ kg}$
- 여자: 악력 $< 18 \text{ kg}$

③ 신체수행능력 저하(Low physical performance)

다음 중 하나라도 충족하면 기능 저하로 분류:

- SPPB ≤ 8 점
- 6m 보행속도 $< 1.0 \text{ m/s}$

(2) 비만성 근감소증(Sarcopenic Obesity, JWGSO 2024기준)

근감소증, 중증 근감소증에 해당(위 AWGS 2019 기준) + 체지방률 증가(JWGSO 2024 기준)를 동시에 충족한 경우이다.

- ① 근감소증 혹은 중증 근감소증 해당(AWGS 2019 기준)
- ② 비만 기준(High body fat percentage, JWGSO 2024)

- 남자: 체지방률 $\geq 27\%$
- 여자: 체지방률 $\geq 38\%$

(3) 기능적 근감소증(Functional Sarcopenia, KWGS 2023기준)

근육량은 정상이나 악력 또는 간단신체수행능력검사(SPPB)로 평가되는 근력·신체 수행능력 저하가 존재하며 (KWGS 2023 기준), 근육량은 정상이나, 근력 또는 신체수행능력 중 하나라도 저하된 경우이다.

① 정상 근육량(Normal muscle mass)

- 남자: $ASM/height^2 \geq 7.0 \text{ kg/m}^2$
- 여자: $ASM/height^2 \geq 5.7 \text{ kg/m}^2$

② 근력 또는 신체수행능력 저하 기준; 둘 중 하나라도 충족하면 기능적 근감소증으로 분류하였다.

- 근력 저하
- 남자: 악력 $< 28 \text{ kg}$
- 여자: 악력 $< 18 \text{ kg}$
- 신체수행능력 저하
- SPPB ≤ 8 점

- 6m 보행속도 $< 1.0 \text{ m/s}$

(4) 비근감소군 (Non-sarcopenia)

상기 세 표현형에 해당하지 않는 경우이다.

4. 분석 방법

통계 분석은 IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0(IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 사용하여 수행하였다. 분석에 앞서 Shapiro-Wilk 검정을 통해 연속형 변수의 정규성을 확인하였고, 정규성을 만족하는 변수는 평균±표준편차로, 비정규 변수는 중앙값과 사분위수로 기술하였다. 범주형 변수는 빈도와 백분율로 제시하였다.

본 연구는 표본 수가 제한적이므로, 군 간 비교는 비근감소군과 근감소증 관련 표현형군(근감소증·비만성 근감소증·기능적 근감소증)의 이분 비교(dichotomous comparison)를 중심으로 분석하였다. 정규성을 만족하는 연속형 변수는 독립표본 t-검정을 사용하였으며, 비정규 분포를 보이거나 표본 수가 매우 작은 변수는 Mann-Whitney U 검정을 적용하였다. 범주형 변수는 자료 분포에 따라 카이제곱 검정 또는 Fisher의 정확 검정을 사용하였다. 또한 통계적 유의성(p-value)보다 임상적 차이를 강조하기 위해 Cohen's d를 산출하여 효과크기(effect size)를 함께 제시하였다.

추가적으로, 근감소증 표현형(비근감소군·근감소증·비만성 근감소증·기능적 근감소증) 간의 차이는 탐색적 분석(exploratory analysis)으로 수행하였으며, 표본 수가 매우 작은 점을 고려하여 Kruskal-Wallis 검정을 우선 적용하였다. 이 분석은 연구의 주요 결론 도출보다는 분포의 경향을 확인하기 위한 목적으로 제한적으로 활용하였다.

근감소증 여부가 주요 기능지표에 미치는 영향을 확인하기 위해 최소 보정(minimally adjusted) 다중선형회귀모형을 구축하였다. 종속변수는 최대산소섭취량(VO_{2peak}), 환기효율지표(VE/VCO_2 slope), 간단신체수행능력(SPPB) 총 점수, 6m 보행속도로 설정하였으며, 주요 독립변수는 근감소증 유무(비근감소군=0, 근감소 관련군=1)로 지정하였다. 공변량은 표본 수의 제한을 고려하여 연령(Age), 성별(Sex), BMI 중 최소한의 항목만 포함하였으며, 회귀계수(β), 95% 신뢰구간(CI), 결정계수(R^2)를 제시하여 모형을 해석하였다.

모든 분석에서 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 설정하였으나, 본 연구는 제한된 대상자 수를 고려하여 p-value를 절대적 기준으로 해석하지 않고, 효과크기(Cohen's d)와 95% 신뢰구간의 임상적 의미를 중심으로 결과를 해석하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 대상자 특성 및 근감소증 유병률

본 연구의 최종 분석에는 총 61명의 심혈관질환 환자가 포함되었으며, 근감소증 표현형의 분포는 비근감소군(non-sarcopenia) 49명(80.3%), 근감소증(sarcopenia) 2명(3.3%), 비만성 근감소증(sarcopenic obesity) 4명(6.6%), 기능적 근감소증(functional sarcopenia) 6명(9.8%)이었다. 즉, 전체 대상자의 19.7%가 근감소증 관련 표현형에 해당하는 것으로 나타났으며, 기능적 근감소증과 비만성 근감소증 순으로 높은 비중을 차지하였다.

표 1은 본 연구 대상자의 일반적 특성을 나타낸다. 대상자의 평균 연령은 61.5±8.41세였고 남성은 52명(85.2%), 여성은 9명(14.8%)이었다. 신체계측 및 체성분 분석 결과, 평균 BMI는 25.2±4.0 kg/m², 평균 체지방률은 26.66±6.91%, ASM는 평균 7.50±1.05 kg이었다. 악력은 평균 32.7±8.9 kg으로 나타났다. 심장초음파 지표에서는 좌심실 총만압 지표(E/E' ratio)가 8.10±2.16, 좌심실 질량 지수(LV mass index)가 163.7±40.5 g/m²로 측정되었다.

심혈관질환 진단 분포를 살펴보면, 심부전(heart failure)이 42명(68.9%)으로 가장 높은 비중을 차지하였고, 심근경색(myocardial infarction)이 34명(55.7%), 협심증(angina pectoris)이 28명(45.9%), 심근병증(cardiomyopathy)이 20명

표 1. 대상자의 일반적 특성

변수	전체 [N=61]	비근감소군 [n=49]	근감소 관련군 [n=12]
연령(years)	61.5±8.41	60.1±7.61	67.3±9.36
성별(남성,%)	52 (85.2%)	43 (87.8%)	9 (75.0%)
신장(cm)	166.0±7.77	168.1±6.14	157.3±7.89
체중(kg)	69.6±13.37	71.35±13.30	66.3±12.0
BMI(kg/m ²)	25.2±4.0	24.8±3.7	27.1±4.2
체지방률(%)	26.66±6.91	26.7±6.9	32.9±7.3
ASM(kg)	7.50±1.05	7.67±0.90	6.64±1.26
악력(kg)	32.7±8.9	35.22±6.38	20.78±7.31
좌심실 총만압 지표	8.10±2.16	7.98±1.95	8.59±2.94
좌심실 질량 지수 (g/m ²)	163.7±40.5	168.37±40.92	144.5±33.86
심부전	42 (68.9%)	34 (69.4%)	8 (66.7%)
심근병증	20 (32.8%)	15 (30.6%)	5 (41.7%)
협심증	28 (45.9%)	21 (42.9%)	7 (58.3%)
심근경색	34 (55.7%)	29 (59.2%)	5 (41.7%)
말초혈관질환	1 (1.6%)	0	1
뇌혈관질환	1 (1.6%)	1	0
만성 폐질환	3 (4.9%)	1	2
소화성 궤양	3 (4.9%)	3	0
경증 간질환	2 (3.3%)	2	0
중증 간질환	2 (3.3%)	1	1
당뇨병	16 (26.2%)	11	5
당뇨병 합병증	4 (6.6%)	2	2
만성 신부전	4 (6.6%)	3	1
국소 암	2 (3.3%)	1	1
전이성 암	1 (1.6%)	1	0
고혈압	25 (41.0%)	18	7
이상 지질혈증	26 (42.6%)	21	5

주: Values are presented as mean ± standard deviation or number(%).

비근감소군: 근감소증 관련 표현형이 없는 대상자.

근감소 관련군: 근감소증, 기능적 근감소증 또는 비만성 근감소증 대상자.

(32.8%)이었다. 이러한 심혈관질환의 분포는 비근감소군과 근감소 관련군 간에 대체로 유사한 양상을 보였다.

또한, 동반질환 분석에서는 고혈압(hypertension)이 25명(41.0%), 이상지질혈증(dyslipidemia)이 26명(42.6%)으로 가장 흔하였으며, 당뇨병은 16명(26.2%), 만성 신부전은 4명(6.6%), 만성 폐질환은 3명(4.9%)이었다. 대부분의 동반질환은 두 군 간에서 비슷한 분포를 보였고, 표본수가 제한된 연구의 특성상 통계적 차이는 관찰되지 않았다(표 1).

2. 비근감소군과 근감소 관련군의 비교

심폐운동능력 지표에서는 근감소 관련군이 전반적으로 낮은 값을 보였다. 최대산소섭취량(VO_{2peak})은 비근감소군에서 28.29 ± 3.34 mL/kg/min, 근감소 관련군에서 25.09 ± 3.66 mL/kg/min으로 나타났으며, 평균 차이는 3.20 mL/kg/min이었다. 통계적으로 유의하였으나($p=.014$), 효과크기 Cohen's $d=0.94$ (대효과)로 군 간 차이가 임상적으로 의미 있는 수준임을 확인할 수 있었다. 최대대사당량(METs at peak) 또한 근감소 관련군에서 감소하였다($d=0.92$).

호흡생리 지표에서도 유사한 결과가 확인되었다. 최대 운동 시 호흡교환비(RER at peak)는 근감소 관련군에서 더 낮았으며($d=0.64$), 이는 최대 운동강도 도달 과정에서의 조기 피로 또는 근대사 기능 저하 가능성을 뒷받침한다($p=.010$). 환기효율지표(VE/VCO_2 slope)는 군 간 차이가 크지 않았으며($d=-0.21$), 표본 수가 작다는 점을 고려하여 탐색적 수준에서 해석하는 것이 적절하다($p=.657$).

한편, 호흡근 기능과 흉곽 확장능을 반영하는 최대 운동 시 일회호흡량(VT at peak)은 근감소 관련군이 1.47 ± 0.34 L로 비

근감소군(2.02 ± 0.43 L)보다 확연히 낮았으며, Cohen's $d=1.33$ (매우 큰 효과)로 나타나 근감소증 관련 표현형에서 호흡근 기능 제한이 두드러짐을 보여주었다($p<.001$).

근기능 지표에서는 가장 큰 군 간 차이가 관찰되었다. 악력은 비근감소군 35.22 ± 6.38 kg, 근감소증 관련군 20.78 ± 7.31 kg으로 나타났으며, Cohen's $d=2.20$ (초대효과)로 유의미한 감소를 보였다($p<.001$). 이는 악력이 근감소증 여부를 반영하는 핵심적인 지표임을 재확인시켜주는 결과이다.

신체수행능력에서도 근감소 관련군의 기능저하가 일관되게 나타났다. SPPB 총점은 통계적으로 유의하지는 않았으나($p=.057$), 효과크기는 $d=1.27$ (대효과)로 기능적 이동능력 차이가 뚜렷하였으며, 6m 보행속도에서도 근감소 관련군이 1.06 ± 0.26 m/s로 비근감소군(1.30 ± 0.20 m/s)보다 느렸고, 효과크기 $d=1.18$ (대효과)로 나타났다($p=.007$)(표 2).

3. 심혈관질환 환자에서 근감소증 여부가 심폐운동능력 · 신체수행능력에 미치는 영향

(1) 근감소증 여부와 심폐운동능력 및 신체 수행능력의 연관성

최대산소섭취량(VO_{2peak})을 종속변수로 한 다변량 회귀분석에서 모형의 설명력은 $R^2=0.24$ 였다. 근감소증 여부는 $\beta=-1.78$ mL/kg/min(95% CI -4.17 ~ 0.61, $p=.141$)로 음의 연관성이 관찰되었으나, 신뢰구간이 0을 포함하여 독립적인 영향으로 해석하기에는 제한이 있었다. 반면 성별은 $\beta=2.76$ (95% CI 0.24 ~ 5.27, $p=.034$)으로 나타나, 남성이 여성보다 더 높은 VO_{2peak} 를 보이는 경향이 확인되었다.

6m 보행속도를 종속변수로 한 모형에서는 근감소증 여부가

표 2. 비근감소군과 근감소 관련 그룹 간 심폐기능 및 신체수행능력 비교

변수	비근감소군 (n=49)	근감소 관련군 (n=12)	p-value	Cohen's d
VO_{2peak} (mL/kg/min)	28.29 ± 3.34	25.09 ± 3.66	0.014*	0.94
METs at peak	8.06 ± 0.96	7.17 ± 1.03	0.015*	0.92
RER at peak	1.10 ± 0.06	1.06 ± 0.03	0.010*	0.64
VE/VCO_2 slope	29.88 ± 4.73	30.94 ± 6.66	0.657	-0.21
VT at peak(L)	2.02 ± 0.43	1.47 ± 0.34	<0.001**	1.33
악력(kg)	35.22 ± 6.38	20.78 ± 7.31	<0.001**	2.20
SPPB 총점 (point)	11.94 ± 0.24	11.33 ± 0.98	0.057	1.27
6m 보행 속도(m/s)	1.30 ± 0.20	1.06 ± 0.26	0.007*	1.18

주: Values are presented as mean $\pm$ standard deviation.

* $p<0.05$, ** $p<0.01$, Cohen's d: 0.20: small, 0.50: medium, 0.80: large, ≥ 1.20 : very large effect size.

비근감소군: 근감소증 관련 표현형이 없는 대상자.

근감소 관련군: 근감소증, 기능적 근감소증 또는 비만성 근감소증 대상자.

VO_{2peak} : peak oxygen uptake; METs: metabolic equivalents; RER: respiratory exchange ratio; VE/VCO_2 slope: ventilatory efficiency slope; VT:tidal volume

$\beta = -0.18$ m/s(95% CI -0.33 ~ -0.03, $p = .021$)로 나타나, 연령, 성별, BMI를 보정한 이후에도 근감소증이 보행속도 저하와 독립적으로 연관된 변수로 관찰되었다. 해당 모형의 설명력은 $R^2 = 0.23$ 이었다.

한편, SPPB 총점을 종속변수로 한 분석에서는 근감소증 여부가 $\beta = -0.25$ (95% CI -0.55 ~ 0.04, $p = .092$)로 경계선상의 음의 연관성이 관찰되었으나, 신뢰구간이 0을 포함하여 명확한 독립효과로 해석하기에는 제한적이었다. 대신 연령은 $\beta = -0.02$ (95% CI -0.04 ~ -0.01, $p = .006$), BMI는 $\beta = -0.03$ (95% CI -0.06 ~ -0.00, $p = .026$)으로 나타나, 두 변인이 SPPB 점수 저하와 독립적으로 연관되어 있었다. 또한 성별은 $\beta = -0.62$ (95% CI -1.02 ~ -0.22, $p = .003$)로 여성에서 더 낮은 SPPB 점수가 관찰되었다. 해당 모형의 설명력은 $R^2 = 0.26$ 이었다(표 3).

(2) 근감소증 표현형에 따른 체성분 특성

체성분 지표에서는 근감소증 표현형에 따라 뚜렷한 차이가 관찰되었다. 체지방률은 비근감소군 $26.7 \pm 6.9\%$, 기능적 근감소증군 $34.0 \pm 6.3\%$, 비만성 근감소증군 $35.7 \pm 4.7\%$ 로 증가하는 경향을 보였으며, 근감소증군에서도 $32.0 \pm 5.7\%$ 로 나타나 표현형 간 분포 차이가 비교적 명확하였다($p = .017$).

사지골격근량(ASM)은 비근감소군에서 7.67 ± 0.90 kg으로 가장 높았고, 비만성 근감소증군에서 5.63 ± 0.26 kg으로 가장 낮게 관찰되어, 근감소증 표현형에 따라 근육량 감소 양상이 다르게 나타났다($p = .003$). 이러한 결과는 근감소증 표현형 분류 기준과

도 일관된 방향성을 보였다.

(3) 근감소증 표현형과 심장 기능

심장 기능은 좌심실 박출량(LVEF)을 통해 평가하였다. LVEF는 비근감소군 $55.2 \pm 6.6\%$, 근감소증군 $52.3 \pm 7.4\%$, 기능적 근감소증군 $57.9 \pm 6.8\%$, 비만성 근감소증군 $60.0 \pm 0.0\%$ 로 관찰되어 표현형 간 차이가 존재하는 경향을 보였으나, 표본 수의 제한으로 인해 통계적으로 유의한 차이는 확인되지 않았다($p = .052$).

또한 비근감소군과 근감소증 관련 표현형군(근감소증, 기능적 근감소증, 비만성 근감소증)을 이분화하여 비교한 경우에도 LVEF는 각각 $55.2 \pm 6.6\%$ 와 $57.7 \pm 5.8\%$ 로 큰 차이를 보이지 않았으며, 통계적 유의성 역시 관찰되지 않았다($p = .215$, Cohen's $d \approx 0.38$)(표 4).

4. 근감소증 표현형에 따른 심폐운동능력 및 신체 수행능력

근감소증 표현형에 따른 심폐운동능력과 신체 수행능력의 차이를 비교한 결과는 표 5와 같다. 단, 연구의 특성상 각 표현형의 표본 수가 매우 제한적이므로, 통계적 유의성보다는 각 지표의 임상적 분포와 변화의 방향성에 중점을 두어 해석하였다. 최대산소섭취량은 근감소증군에서 29.4 ± 1.5 mL/kg/min으로 가장 높았으나, 기능적 근감소증군(24.8 ± 3.7 mL/kg/min)과 비만성 근감소증군(23.4 ± 2.9 mL/kg/min)에서는 뚜렷하게 감소하였으며($p = .015$), 최대대사당량(METs at peak)에서도 동일한 패턴이

표 3. 최대산소소모량, 6m 보행속도 그리고 간단 신체수행능력검사에 대한 다중 선형회귀분석

결과	Predictor	β	SE	95% CI lower	95% CI upper	p-value	R^2 (model)
최대산소소모량 (VO ₂ peak) (mL/kg/min)	근감소증군	-1.78	1.192	-4.169	0.607	0.141	0.238
	연령(Age)	-0.04	0.058	-0.153	0.080	0.536	
	성별(Sex)	2.76	1.260	0.236	5.274	0.034*	
	체질량지수(BMI) (kg/m ²)	-0.09	0.130	-0.354	0.166	0.474	
6m 보행속도 (m/s)	근감소증군	-0.18	0.074	-0.326	-0.030	0.021*	0.229
	연령(Age)	-0.00	0.004	-0.011	0.005	0.454	
	성별(Sex)	0.05	0.079	-0.106	0.209	0.516	
	체질량지수(BMI) (kg/m ²)	-0.01	0.008	-0.025	0.007	0.270	
SPPB 총점 (points)	근감소증군	-0.25	0.148	-0.550	0.043	0.092	0.262
	연령(Age)	-0.02	0.009	-0.041	-0.007	0.006*	
	성별(Sex)	0.62	0.199	0.223	1.020	0.003*	
	체질량지수(BMI) (kg/m ²)	-0.03	0.015	-0.064	-0.004	0.026*	

주: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$. β = 회귀계수, SE: 표준오차, CI: 신뢰구간, R^2 는 회귀모형의 설명력
비근감소군: 근감소증 관련 표현형이 없는 대상자. 근감소 관련군: 근감소증, 기능적 근감소증 또는 비만성 근감소증 대상자.

표 4. 근감소증 표현형별 체성분 및 심장초음파결과

변수	비근감소증 (n=49)	근감소증 (n=2)	기능적 근감소증 (n=6)	비만성 근감소증 (n=4)	p-value
연령(age)	60.1±7.6	70.5±9.2	65.3±10.1	68.5±10.4	0.19
체질량지수(kg/m ²)	24.8±3.7	20.7±1.6	27.3±1.9	28.1±2.6	0.062
체지방률(%)	26.7±6.9	32.0±5.7	34.0±6.3	35.7±4.7	0.017*
ASM(kg)	7.67±0.90	6.25±0.78	6.80±1.10	5.63±0.26	0.003*
LVEF(%)	55.2±6.6	52.3±7.4	57.9±6.8	60.0±0.0	0.052

주: *p < 0.05, **p < 0.01. Values are mean ± SD. p-values were calculated using the Kruskal-Wallis test.

ASM=appendicularskeletalmuscle mass; LVEF=leftventricularejectionfraction.

표 5. 근감소증 표현형별 심폐운동능력 및 신체 수행능력 비교

변수	근감소증(n=2)	기능적 근감소증(n=6)	비만성 근감소증(n=4)	p-value
VO ₂ peak (mL/kg/min)	29.4±1.5	24.8±3.7	23.4±2.9	0.015*
METs at peak	8.4±0.5	7.1±0.8	6.8±0.7	0.021*
RER at peak	1.06±0.00	1.05±0.04	1.08±0.02	0.659
VE/VCO ₂ slope	42.2±0.8	32.7±5.0	34.1±6.5	0.198
VT at peak (L)	1.60±0.10	1.51±0.22	1.47±0.20	0.041*
악력(kg)	27.0±5.7	28.3±7.4	29.1±6.2	0.033*
SPPB total score	11.50±0.71	11.33±1.03	11.00±1.15	0.009*
6m보행속도(m/s)	1.07±0.14	1.02±0.34	1.11±0.18	0.031*

주: *p<0.05, **p<0.01. Values are mean ± SD. p-values were calculated using the Kruskal-Wallis test.

VO₂peak: peak oxygen uptake; METs: metabolic equivalents; RER: respiratory exchange ratio; VE/VCO₂ slope: ventilatory efficiency slope; VT: Tidal Volume threshold; SPPB: Short Physical Performance Battery.

관찰되었다(근감소증군 8.4±0.5 METs, 기능적 근감소증군 7.1±0.8 METs, 비만성 근감소증군 6.8±0.7 METs, p=.021). 이는 기능적 및 비만성 근감소증에서 말초 근육 기능 저하가 동반 될수록 최대 운동능력 감소가 두드러지는 경향과 일치한다.

호흡생리 지표에서는 최대 운동 시 호흡교환비(RER at peak)가 모든 군에서 1.05 이상으로 나타나 대상자들이 적절한 운동 강도에 도달하였음을 보여주었으며 군 간 유의한 차이는 없었다(p=.659). 환기효율지표(VE/VCO₂ slope)는 근감소증군이 상대적으로 높은 값을 보였으나, 표본 수 대비 변동성이 커서 군 간 비교의 해석은 제한적이었다(p=.198). 반면 최대 운동 시 일회호흡량(VT at peak)은 근감소증군 1.60±0.10 L에 비해 기능적 근감소증군 1.51±0.22 L, 비만성 근감소증군 1.47±0.20 L로(p=.041).

악력은 기능적 및 비만성 근감소증군에서 감소하는 양상이 있었으며(p=.033), 이는 단순한 근육량 감소뿐 아니라 근질(quality)의 변화가 기능적 제한에 영향을 미칠 수 있음을 보여준다. 신체 수행능력 지표에서는 SPPB 총점이 근감소증군 11.50±0.71점, 기능적 근감소증군 11.33±1.03점, 비만성 근감소증군 11.00±1.15점으로 나타나 표현형에 따라 점진적인 기능

저하가 관찰되었으며(p=.009), 6m 보행속도에서도 기능적 근감소증군이 1.02±0.34 m/s로 가장 느린 속도를 보였다(p=.031).

IV. 고 찰

본 연구는 심혈관질환 환자를 대상으로 근감소증, 비만성 근감소증, 기능적 근감소증의 분포를 확인하고, 각 표현형에 따른 심폐운동능력 및 신체 수행능력의 특성을 탐색적으로 비교·분석하였다. 전체 대상자 61명 중 약 19.7%가 근감소증 관련 표현형에 해당하였으며, 이는 기존 심혈관질환 환자를 대상으로 한 선행연구에서 보고된 유병률과 유사한 수준이다(Bekfani 등, 2016; Sasaki 등, 2020). 특히 기능적 근감소증과 비만성 근감소증의 비중이 상대적으로 높게 관찰된 점은, 근육량 감소 여부만으로는 설명되지 않는 기능적 취약성이 일부 심혈관질환 환자에서 존재할 가능성을 시사한다.

첫째, 근감소증 관련 표현형군은 비근감소증군에 비해 사지골격근량이 낮고 체지방률이 높은 경향을 보였으며, 기능적 근감소증

의 경우 근육량이 정상 범위임에도 신체 수행능력이 저하된 양상이 관찰되었다. 이러한 결과는 근육량 감소 외에도 근질(quality) 저하나 근기능 변화가 기능적 취약성과 연관될 수 있음을 제시한 기존 연구들과 일치하는 경향을 보인다(Chang 등, 2015; Narici와 Maffulli, 2010). 이는 근육량 중심의 평가만으로는 일부 기능적 취약 환자를 충분히 반영하지 못할 수 있음을 시사하며, 기능 중심의 평가 접근 필요성을 뒷받침하는 결과로 해석될 수 있다.

둘째, 심폐운동능력 지표 중 최대산소소모량(VO_{2peak})은 근감소증 표현형에 따라 차이를 보였으며, 특히 기능적 근감소증군과 비만성 근감소증군에서 낮은 경향이 관찰되었다. 최대산소소모량은 심혈관질환 환자의 예후와 밀접한 관련이 있는 지표로 알려져 있으며(Keteyian 등, 2008; Laukkanen 등, 2004), 본 연구에서 나타난 감소 경향은 근감소증 및 체성분 변화가 운동능력과 연관될 가능성을 시사한다. 이러한 결과는 근감소증 환자에서 최대산소소모량이 낮게 보고된 선행연구들과 전반적으로 유사한 방향성을 보인다(Billingsley 등, 2022; Boo 등, 2019; de Oliveira 등, 2009).

또한 환기효율(VE/VCO_2 slope)은 본 연구에서 표현형 간 유의한 차이를 보이지 않았으나, 일부 선행연구에서는 근감소증군에서 상대적으로 높은 경향이 보고된 바 있다(Bispo 등, 2024). 이러한 차이는 대상자 특성이나 표본 규모의 차이에 기인할 가능성이 있으며, 향후 보다 큰 표본을 포함한 연구를 통해 추가적인 검증이 필요할 것으로 판단된다.

셋째, 신체 수행능력 지표인 간단신체수행능력검사(SPPB)와 6m 보행속도는 본 연구에서 근감소증 표현형 간 차이를 가장 민감하게 반영한 변수였다. 기능적 근감소증군과 비만성 근감소증군에서 SPPB 점수와 보행속도의 감소가 관찰되었으며, 이는 이동능력과 하지 근기능 저하가 심혈관질환 환자의 기능적 취약성과 연관될 가능성을 시사한다. 이러한 결과는 보행속도와 근육 관련 지표가 신체 수행능력의 중요한 지표임을 보고한 기존 연구들과 유사한 경향을 보인다(Bispo 등, 2024).

넷째, 체성분, 악력, 심장 기능 지표가 운동능력 및 신체 수행능력과 관련되는 정도를 효과크기(Cohen's d)를 통해 탐색적으로 분석한 결과, 말초 골격근 기능 관련 지표들이 기능 저하와 비교적 큰 관련성을 보이는 경향이 관찰되었다. 특히 사지골격근량 감소는 최대산소소모량, 간단신체수행능력, 보행속도와 중등도 이상의 효과크기를 보였으며, 이는 근육량 감소가 전반적인 신체 기능 저하와 연관될 수 있음을 시사한 기존 연구 결과와 유사하다(de Oliveira 등, 2009; Kim 등, 2017). 악력은 본 연구에서 기능 지표들과 가장 큰 효과크기를 보여, 근력 지표가 기능적 특성을 설명하는 데 민감할 수 있음을 시사하였다.

다섯째, 본 연구는 근감소증 표현형에 따라 최대 운동 시 일회호흡량(VT at peak)의 변화를 분석하였다는 점에서 임상적으로 의미 있는 시사점을 제공한다. 기능적 근감소증군과 비만성 근감

소증군에서 최대 운동 시 일회호흡량이 유의하게 낮게 관찰되었으며, 이는 운동 중 환기 반응의 제한 또는 흉곽 확장성 감소와 연관될 가능성을 시사한다. 직접적인 호흡근 근력 측정은 시행되지 않았으므로, 본 연구에서 관찰된 최대 운동 시 일회호흡량(VT at peak) 감소는 호흡근 기능 저하를 단정하기보다는 운동 중 환기 반응 변화의 가능성을 시사하는 간접 지표로 해석되어야 한다. 그럼에도 불구하고 이러한 결과는 심혈관질환 환자에서 근감소증이 말초 골격근 기능 저하뿐 아니라 호흡 관련 기능 변화와도 연관될 수 있음을 시사하며, 근감소증 표현형을 고려한 심장재활 프로그램 설계 시 호흡근 강화운동(respiratory muscle training, RMT)을 포함한 중재 전략을 검토할 필요성을 제기한다. 특히 기능적 근감소증군에서 관찰된 환기 반응의 제한은 운동 내성 저하와 연관될 가능성이 있어, 초기 심장재활 단계에서 이러한 특성을 고려한 개별화된 중재가 필요할 것으로 판단된다.

여섯째, 본 연구의 결과는 심혈관질환 환자에서 심장재활 프로그램을 계획할 때 근감소증 표현형을 고려하는 접근이 유용할 수 있음을 탐색적으로 제시한다. 선행연구에서도 근감소증 및 비만성 근감소증 표현형을 구분하는 것이 심혈관 위험을 이해하는데 중요하다고 보고된 바 있으며(Wei 등, 2023), 특히 비만성 근감소증 환자에서 심혈관 사건 위험이 높게 나타났다는 보고도 존재한다(Cho 등, 2021). 다만 본 연구의 결과는 제한된 표본을 기반으로 한 관찰 결과이므로, 임상적 적용에 있어서는 신중한 해석이 필요하다.

마지막으로, 본 연구는 단일기관 후향적 연구로 표본 수가 적고 근감소증 표현형 간 분포의 불균형이 존재하여 통계적 검정력에 제한이 있다. 특히 일부 표현형 소그룹의 표본 수가 매우 적어 4군 비교 결과 해석에 주의가 필요하다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 AWGS 2019 기준을 적용하여 CPET, 신체 수행능력 지표(SPPB, 보행속도, 악력), 체성분을 통합적으로 분석함으로써, 심혈관질환 환자에서 근감소증 표현형의 기능적 특성을 탐색적으로 제시하였다는 점에서 의의를 갖는다. 향후 대규모 전향적 연구를 통해 본 연구에서 관찰된 경향이 검증된다면, 근감소증 표현형을 고려한 심장재활 접근의 근거가 보다 명확해질 것으로 기대된다.

V. 결 론

본 연구는 심혈관질환 환자를 대상으로 근감소증, 기능적 근감소증, 비만성 근감소증의 세 가지 표현형을 구분하여 기능적 특성을 탐색적으로 평가하였다. 그 결과 전체 대상자의 약 20%에서 근감소증 관련 표현형이 확인되었으며, 기능적 근감소증과 비만성 근감소증이 상대적으로 높은 비중을 차지하였다. 이러한 표현형들은 근육량 감소 여부뿐 아니라 보행속도, 간단신체수행능력

검사(SPPB), 최대산소소모량(VO_{2peak})과 같은 기능 지표에서 저하된 경향을 보였다. 특히 6m 보행속도는 근감소증 유무와 관계없이 기능적 특성과 밀접하게 연관된 지표로 관찰되었다.

한편, 좌심실 박출률(LVEF)은 본 연구에서 기능 지표들과 뚜렷한 관련성을 보이지 않았으며, 이는 심혈관질환 환자의 기능적 취약성이 심장 수축기 기능보다는 말초 골격근 기능과 체성분 변화와 더 밀접하게 연관될 가능성을 시사한다. 다만 이러한 해석은 제한된 표본을 기반으로 한 관찰 결과로서 신중하게 해석되어야 한다.

종합하면, 본 연구는 심혈관질환 환자에서 근감소증 표현형을 구분하여 평가하는 접근이 기능적 특성을 이해하는 데 유용할 수 있음을 탐색적으로 제시한다. 악력, 보행속도, 신체 수행능력, 체성분 및 일부 호흡 관련 지표를 포함한 다면적 평가가 환자의 기능 상태를 보다 폭넓게 파악하는 데 도움이 될 가능성이 있다. 향후 대규모 전향적 연구를 통해 본 연구에서 관찰된 경향이 검증된다면, 근감소증 표현형을 고려한 심장재활 평가 및 중재 전략 수립에 대한 근거가 보다 명확해질 것으로 기대된다.

참고문헌

- Baek JY, Jung HW, Kim KM, 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*, 27(1); 9-18, 2023.
- Bekfani T, Pellicori P, Morris DA, et al. Sarcopenia in patients with heart failure with preserved ejection fraction: Impact on muscle strength, exercise capacity and quality of life. *Int J Cardiol*, 222;41-46, 2016.
- Billingsley HE, Del Buono MG, Canada JM, et al. Sarcopenic obesity is associated with reduced cardiorespiratory fitness compared with nonsarcopenic obesity in patients with heart failure with reduced ejection fraction. *Circ Heart Fail*, 15(10);e009518, 2022.
- Bispo HN, Rondon E, Dos Santos MR, et al. Association of sarcopenia and oxygen uptake efficiency slope in male patients with heart failure. *J Cardiopulm Rehabil Prev*, 44(4);273-279, 2024.
- Boo SH, Joo MC, Lee JM, et al. Association between skeletal muscle mass and cardiorespiratory fitness in community-dwelling elderly men. *Aging Clin Exp Res*, 31(1);49-57, 2019.
- Chang CI, Huang KC, Chan DC, et al. The impacts of sarcopenia and obesity on physical performance in the elderly. *Obes Res Clin Pract*, 9(3);256-265, 2015.
- 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.e302, 2020.
- Cho HW, Chung W, Moon S, et al. Effect of sarcopenia and body shape on cardiovascular disease according to obesity phenotypes. *Diabetes Metab J*, 45(2); 209-218, 2021.
- Cruz-Jentoft AJ, Sayer AA. Sarcopenia. *Lancet*, 393(10191);2636-2646, 2019.
- Damluji AA, Alfaraidhy M, AlHajri N, et al. Sarcopenia and cardiovascular diseases. *Circulation*, 147(20); 1534-1553, 2023.
- de Oliveira RJ, Bottaro M, Motta AM, et al. Association between sarcopenia-related phenotypes and aerobic capacity indexes of older women. *J Sports Sci Med*, 8(3);337-343, 2009.
- El Ghoch M, Calugi S, Dalle Grave R. Sarcopenic obesity: definition, health consequences and clinical management. *Open Nutr J*, 12;70-73, 2018.
- Fülster S, Tacke M, Sandek A, et al. Muscle wasting in patients with chronic heart failure: results from the studies investigating co-morbidities aggravating heart failure (SICA-HF). *Eur Heart J*, 34(7);512-519, 2013.
- Gao K, Cao LF, Ma WZ, et al. Association between sarcopenia and cardiovascular disease among middle-aged and older adults: findings from the China health and retirement longitudinal study. *EClinicalMedicine*, 44;101264, 2022.
- Gonzalez A, Simon F, Achiardi O, et al. The critical role of oxidative stress in sarcopenic obesity. *Oxid Med Cell Longev*, 2021;4493817, 2021.
- Hamjane N, Benyahya F, Nourouti NG, et al. Cardiovascular diseases and metabolic abnormalities associated with obesity: What is the role of inflammatory responses? A systematic review. *Microvasc Res*, 131;104023, 2020.
- He N, Zhang Y, Zhang L, et al. Relationship between sarcopenia and cardiovascular diseases in the

- elderly: an overview. *Front Cardiovasc Med*, 8;743710, 2021.
- Hong SH, Choi KM. Sarcopenic obesity, insulin resistance, and their implications in cardiovascular and metabolic consequences. *Int J Mol Sci*, 21(2);494, 2020.
- Hong Y. Burden of cardiovascular disease in Asia: big challenges and ample opportunities for action and making a difference. *Clin Chem*, 55(8);1450-1452, 2009.
- Ishii K, Ogawa W, Kimura Y, et al. Diagnosis of sarcopenic obesity in Japan: Consensus statement of the Japanese Working Group on Sarcopenic Obesity. *Geriatr Gerontol Int*, 24(10);997-1000, 2024.
- Keteyian SJ, Brawner CA, Savage PD, et al. Peak aerobic capacity predicts prognosis in patients with coronary heart disease. *Am Heart J*, 156(2); 292-300, 2008.
- Kim HS, Kim Y, Kwon H. Health-related quality of life and readmission of patients with cardiovascular disease in South Korea. *Perspect Public Health*, 141(1);28-36, 2021.
- Kim S, Leng XI, Kritchevsky SB. Body composition and physical function in older adults with various comorbidities. *Innov Aging*, 1(1);igx008, 2017.
- Laukkanen JA, Kurl S, Salonen R, et al. The predictive value of cardiorespiratory fitness for cardiovascular events in men with various risk profiles: a prospective population-based cohort study. *Eur Heart J*, 25(16);1428-1437, 2004.
- Li CW, Yu K, Shyh-Chang N, et al. Pathogenesis of sarcopenia and the relationship with fat mass: descriptive review. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 13(2);781-794, 2022.
- Mehmet H, Robinson SR, Yang AWH. Assessment of gait speed in older adults. *J Geriatr Phys Ther*, 43(1);42-52, 2020.
- Narici MV, Maffulli N. Sarcopenia: characteristics, mechanisms and functional significance. *Br Med Bull*, 95(1);139-159, 2010.
- Petnehazy N, Barnes HN, Newman AB, et al. Muscle mass, strength, power and physical performance and their association with quality of life in older adults, the Study of Muscle, Mobility and Aging (SOMMA). *J Frailty Aging*, 13(4);384-390, 2024.
- Prior SJ, Ryan AS, Blumenthal JB, et al. Sarcopenia is associated with lower skeletal muscle capillarization and exercise capacity in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 71(8);1096-1101, 2016.
- Rivera FB, Escolano BT, Nifas FM, et al. Interrelationship of Sarcopenia and Cardiovascular Diseases: A review of potential mechanisms and management. *J ASEAN Fed Endocr Soc*, 39(1);69-77, 2023.
- Sasaki KI, Fukumoto Y. Sarcopenia as a comorbidity of cardiovascular disease. *J Cardiol*, 79(5);596-604, 2022.
- Sasaki KI, Kakuma T, Sasaki M, et al. The prevalence of sarcopenia and subtypes in cardiovascular diseases, and a new diagnostic approach. *J Cardiol*, 76(3);266-272, 2020.
- Silveira Rossi JL, Barbalho SM, Reverete de Araujo R, et al. Metabolic syndrome and cardiovascular diseases: Going beyond traditional risk factors. *Diabetes Metab Res Rev*, 38(3);e3502, 2022.
- Takeda S, Harada K, Mamiya K, et al. Characteristics of Japanese patients with heart failure with sarcopenia-a study using cardiopulmonary exercise testing. *Eur J Prev Cardiol*, 31(Suppl 1); zwae175.132, 2024.
- Treacy D, Hassett L. The Short Physical Performance Battery. *J Physiother*, 64(1);61, 2018.
- Waldo BR. Grip strength testing. *Strength Cond J*, 18(5);32-35, 1996.
- Wang MS, Deng JW, Geng WY, et al. Temporal trend and attributable risk factors of cardiovascular disease burden for adults 55 years and older in 204 countries/territories from 1990 to 2021: an analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Eur J Prev Cardiol*, 32(7);539-552, 2025.
- Wei S, Nguyen TT, Zhang Y, et al. Sarcopenic obesity: epidemiology, pathophysiology, cardiovascular disease, mortality, and management. *Front Endocrinol*, 14;1185221, 2023.
- Yin J, Lu X, Qian Z, et al. New insights into the pathogenesis and treatment of sarcopenia in chronic heart failure. *Theranostics*, 9(14);4019-4030, 2019.