

# 남성 심부전 환자의 넙다리 네갈래근 근력이 최대 유산소 능력과 재입원에 미치는 영향

<https://doi.org/10.32337/KACPT.2022.10.1.7>

대한심장호흡물리치료학회지 제10권 제1호 2022.6. PP.7-12

■ 류호열<sup>1\*</sup>, 송중섭<sup>1</sup>, 최경욱<sup>2</sup>

■ <sup>1</sup>연세의료원 용인 세브란스병원 재활의학팀, <sup>2</sup>연세의료원 세브란스 재활병원 재활1팀

## The Influences of Quadriceps Femoris Strength on Maximal Aerobic Capacity and Re-hospitalization in Patients with Heart Failure

Ho-Youl Ryu PT, PhD<sup>1\*</sup>, Jung-Sub Song PT<sup>1</sup>, Kyoung-wook Choi PT, PhD<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Rehabilitation Therapy, Yong-In Severance Hospital, Yonsei University Health System, Yong-In, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Rehabilitation Therapy, Severance Rehabilitation Hospital, Yonsei University Health System, Seoul, Korea

**Purpose:** The cardiopulmonary exercise test (CPET) is widely used to evaluate the clinical prognosis in patients with heart failure (HF). However, some patients with HF cannot perform CPET at maximal exercise intensity because of unstable medical condition or musculoskeletal problems. Thus, the study aimed to investigate the effects of quadriceps maximal voluntary isometric contraction (Q-MVIC) strength on aerobic capacity and re-hospitalization (RH). **Methods:** Patients with HF (n = 60, 59.03 ± 13.4 years, male 100%) were recruited in this study. We evaluated the Q-MVIC strength and aerobic capacity after discharge from hospitalization and followed up the RH rate during home-based self-care periods. **Results:** The RH (n = 15, 64.00 ± 14.69) group showed significantly lower Q-MVIC strength (p = .028) than the no RH (NRH, n = 45, 57.78 ± 13.15) group. In addition, the RH group showed significantly lower peak VO<sub>2</sub> (p < .001) than the NRH group. Moreover, the Q-MVIC strength and peak VO<sub>2</sub> demonstrated significant correlation (r = .414, p < .001). **Conclusion:** Our study showed that the knee extensor strength has strong predictive values on aerobic capacity and RH rate in patients with HF.

**Key words:** Quadriceps, Knee Extensor Strength, Aerobic Capacity, Re-Hospitalization, Heart Failure

**Received:** May 10, 2022 / **Revised:** May 26, 2022 / **Accepted:** May 31, 2022

## I. 서론

심부전(heart failure; HF)은 진단 후 5년 이내에 약 50% 이상의 환자가 사망하는 만성 진행성 질환이다(Levy 등, 2002). HF를 진단받은 환자는 낮은 강도의 신체활동에서도 호흡곤란이나 피로를 쉽게 느끼게 되어 삶의 질이 저하될 뿐만 아니라 재입원율과 사망률이 높은 경우가 많다(Taylor 등, 2019). 이와 같은 임상적 특성을 갖는 HF 환자의 삶의 질, 재입원을 등 예후를 객관적으로 예측할 수 있는 지표는 운동 부하 심폐기능 평가(cardiopulmonary exercise test; CPET)에서 측정된 최대강도 운동 중 최고 산소 소비량(peak oxygen consumption; peak VO<sub>2</sub>)이다(Malhotra 등, 2016). peak VO<sub>2</sub>는 심박수(heart rate; HR), 1회 박출량(stroke volume; SV), 그리고 동-정맥 산소 차이(arterio-venous O<sub>2</sub> difference) 등에 의해 결정된다

(Frownfelter와 Dean, 2012). HR과 SV는 심장의 건강상태, 동정맥 산소 차이는 근육의 산소 추출능력에 따라 달라지기 때문에 최대 유산소 능력의 지표인 peak VO<sub>2</sub>는 심장과 근육의 기능에 의해 결정된다고 할 수 있다.

CPET에서 주로 이용하는 운동방식은 트레드밀을 이용한 경사 걷기나 고정식 사이클을 이용하는 것으로 두 운동방식 모두 하지의 근육 사용량이 많은 특성이 있다. 따라서, 하지 근력은 HF 환자의 삶의 질, 재입원을 등에 영향을 줄 수 있는 요인이라고 할 수 있다. 최근까지 진행된 선행 연구의 대부분은 CPET를 통해 측정된 최대 유산소 능력이 HF 환자의 예후에 어떠한 영향을 미치는지 연구하였지만, 하지 근력이 HF 환자의 예후에 미치는 영향에 관한 연구는 부족한 실정이다. 또한, 하지 근력과 최대강도 운동 중 측정된 혈 역학 및 호흡 가스 변인 사이의 상관성에 관한 연구도 부족하다. 그러므로 본 연구는 하지 근력을 대표하는

교신저자: 류호열

주소: 경기도 용인시 기흥구 동백죽전대로 363 용인 세브란스 병원 재활의학팀, 전화: 031-5189-8397, E-mail: yurcamp@yuhs.ac

넙다리 네갈래근 근력(Reid 등, 2014)이 HF 환자의 재입원에 어떠한 영향을 미치는지, 그리고 최대강도 운동 중 측정된 혈액역학 및 호흡 가스 변인들 사이의 상관성을 알아보고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 HF를 최초로 진단받고 입원치료를 받은 후 퇴원한 환자를 대상으로 하였다. 본 연구의 대상자 선정 및 제외 기준은 다음과 같다.

HF를 최초로 진단받았으며, 진단 당시 왼심실 박출률(left ventricular ejection fraction; LVEF)이 40% 이하로 감소한 박출률 감소형 심부전(heart failure with reduced ejection fraction; HFrEF) 환자 중 남성을 대상으로 하였으며, 여성의 경우 남성과의 근력 차이가 크게 나기 때문에 대상에서 제외하였다. 퇴원 후 첫 번째 외래에서 심장내과 의사의 CPET 처방을 받은 남성 HFrEF 대상자 중 최근 6개월 이내 근골격계 질환 진단을 받았거나, 최대강도에서 운동할 수 없다고 판단되는 호흡기 질환, 근-관절 통증이 있는 환자는 제외하였다.

본 연구의 목적에 관해 설명한 후 대상자들에게 서면 동의서를 받았다. 대상자들의 일반적 특성은 표 1과 같다.

표 1. 연구 대상자의 일반적 특성

	Total (n=60)	RH (n=15)	NRH (n=45)	P
Age (years)	59.03± 13.4	64.00± 14.69	57.78± 13.15	.424
Height (cm)	168.21±6.63	166.87±7.24	168.55±6.49	.655
Weight (kg)	69.10± 13.75	62.71± 15.36	70.13± 12.69	.057
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	24.31± 3.91	22.37± 4.69	24.61± 3.48	.051
HRrest (bpm)	85.65± 17.00	89.60± 19.40	85.84± 18.18	.329
SBPrest (mmHg)	108.52± 18.56	104.87± 15.18	111.49± 19.97	.566
LVEF (%)	26.87± 7.98	25.07± 5.52	27.56± 8.39	.030*

RH: re-hospitalization, NRH: no re-hospitalization, BMI: body mass index, HR: heart rate, SBP: systolic blood pressure, LVEF: left ventricular ejection fraction.

\*p<0.05, M±SD

### 2. 연구 방법

#### 1) 넙다리 네갈래근 근력 평가

본 연구에서 대상자들의 하지 근력은 우세 측 넙다리 네갈래근의 등척성 최대 수축(quadriceps maximal voluntary isometric contraction; Q-MVIC) 시 측정된 힘(Nm)으로 정의하였다. MVIC 근력은 근육의 건강상태를 측정하는 가장 객관적이며 민감하고 표준화된 방법이다(Meldrum 등, 2003). Q-MVIC 근력을 측정하기 위해 BTE (Primus RS version 11, Baltimore Therapeutic Equipment Technology, Hanover, MD) 근력측정 장비를 이용하였다(그림 1). Q-MVIC 근력은 BTE 근력측정 장비에 똑바로 앉은 채로 무릎관절을 45° 구부린 자세에서 측정하였다. 연구 대상자들의 체중 차이에 따른 근력 차이를 표준화하기 위하여 체중 1kg 당 Q-MVIC 근력 값을 통계분석에 이용하였다.

#### 2) 운동 부하 심폐기능 평가

연구 대상자들의 peak VO<sub>2</sub>를 측정하기 위하여 트레드밀을 이용한 CPET를 시행하였다. 최대 유산소 능력 평가에 이용한 장비는 CASE T2100 (GE Healthcare, Chicago, IL)이며, 호흡 가스 분석은 Quark gas analysis system(COSMED, Rome, Italy)을 이용하였다(그림 2). 점증 부하 운동에 이용한 프로토콜은 20초마다 운동 강도가 미세하게 증가하는 Bruce ramp protocol을 이용하였다. CPET 시작 후 3분마다 HR, SBP 등 혈액역학 변인들을 측정하여 기록하였다. 또한, 2초마다 측정한 산소소비량, 이산화탄소 발생량, 호흡 교환율 등의 호흡 가스 변인은 20초 평균값으로 표준화하여 통계분석에 이용하였다.

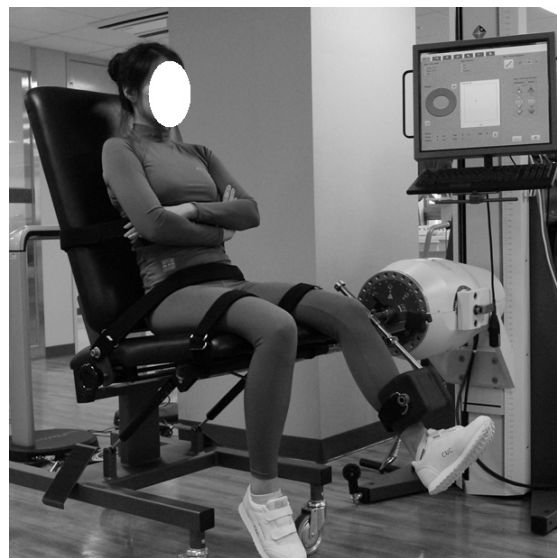


그림 1. BTE 근력측정 장비



그림 2. CASE T2100 트레드밀 운동 검사 시스템과 Quark 호흡 가스분석 시스템



그림 3. CPET 검사 시 12 Lead EKG Monitoring

CPET 중 발생할 수 있는 위험 상황에 대비하기 위하여 훈련된 물리치료가 12 전극 심전도를 감시하였다(그림 3).

### 3. 분석 방법

본 연구에서 측정된 모든 데이터는 SPSS ver. 25.0 프로그램을 이용하였다. 대상자들의 일반적 특성은 기술 통계를 이용하여 평균  $\pm$  표준편차로 표시하였다. 재입원 집단과 재입원 하지 않은 집단의 일반적 특성, Q-MVIC 근력, 그리고 CPET 최대강도 운동 중 측정된 혈 역학 및 호흡 가스 변인들의 집단 간 차이는 독립표본 t-검정을 이용하였다. Q-MVIC 근력과 CPET 최대강도 운동 중 측정된 혈 역학 및 호흡 가스 변인들 사이의 상관관계는 피어슨의 상관계수(Pearson's correlation coefficient)를 이용하였다.

## III. 연구 결과

### 1. 연구 대상자의 일반적 특성

연구 대상자 전체(60명)의 평균 나이는  $59.03 \pm 13.4$ 세였다. 재입원(Re-Hospitalization; RH) 집단(15명)의 평균 나이는  $64.00 \pm 14.69$ 세였으며, 재입원하지 않은(No Re-Hospitalization; NRH) 집단(45명)의 평균 나이는  $57.78 \pm 13.15$ 세로 두 집단 간 유의한 차이는 없었다. 그러나 RH 집단과 NRH 집단의 체중은  $62.71 \pm 15.36$ kg,  $70.13 \pm 12.69$ kg으로 RH 집단의 체중이 낮은 경향을 보였다( $p=.057$ ). 체질량 지수 또한  $22.37 \pm 4.69$ ,  $24.61 \pm 3.48$ 로 두 집단 사이에 차이가 나는 경향을 보였다( $p=.051$ ). LVEF는  $25.07 \pm 5.52\%$ ,  $27.56 \pm 8.39\%$ 로 RH 집단의 LVEF가 유의하게 낮았다( $p=.03$ ).

### 2. Q-MVIC 근력과 최대 유산소 능력의 집단 차이

RH 집단과 NRH 집단의 Q-MVIC 근력과 CPET 최대강도 운동 중 측정된 혈 역학 및 호흡 가스 변인들의 결과는 표 2와 같다.

Q-MVIC 근력은 RH 집단( $5.34 \pm 1.44$  Nm/kg)이 NRH 집단

표 2. RH 집단과 NRH 집단의 Q-MVIC와 최대운동 중 호흡가스 및 혈액학 변인

	Total (n=60)	RH (n=15)	NRH (n=45)	p
Q-MVIC/kg (Nm/kg)	$6.24 \pm 1.59$	$5.34 \pm 1.44$	$6.27 \pm 1.37$	.028*
Peak $\text{VO}_2$ (ml/kg/min)	$21.64 \pm 5.59$	$16.05 \pm 2.77$	$23.17 \pm 5.23$	<.001**
$\text{VCO}_2/\text{VO}_2$	$1.09 \pm 0.08$	$1.04 \pm 0.08$	$1.11 \pm 0.07$	.002*
$\text{VE}/\text{VCO}_2$	$36.90 \pm 8.98$	$42.97 \pm 9.12$	$35.51 \pm 8.26$	.005*
PET $\text{CO}_2$ (ml/kg/min)	$34.12 \pm 7.43$	$32.33 \pm 11.96$	$35.13 \pm 5.78$	.230
HRR (beat/min)	$56.04 \pm 23.18$	$39.00 \pm 11.59$	$60.27 \pm 23.09$	.001*
SBPR (mmHg)	$45.41 \pm 23.38$	$30.87 \pm 20.00$	$52.07 \pm 23.00$	.002*

RH; re-hospitalization, NRH; no re-hospitalization, Q-MVIC; quadriceps maximal isometric contraction,  $\text{VO}_2$ ; oxygen uptake per minute,  $\text{VCO}_2$ ; carbon dioxide production per minute, VE; ventilation per minute, PET; partial pressure end-tidal, HRR; heart rate reserve, SBPR; systolic blood pressure reserve.

\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.001$ , M $\pm$ SD

( $6.27 \pm 1.37$  Nm/kg)보다 통계적으로 유의( $p=.028$ )하게 낮았다.

CPET 최대강도 운동 중 측정된 peak  $\text{VO}_2$ 는 RH 집단( $16.05 \pm 2.77$  ml/kg/min)이 NRH 집단( $23.17 \pm 5.23$  ml/kg/min)보다 유의( $p<0.001$ )하게 낮았다. 호흡 교환율(respiratory exchange ratio; RER,  $\text{VCO}_2/\text{VO}_2$ )은 RH 집단( $1.04 \pm 0.08$ )이 NRH 집단( $1.11 \pm 0.07$ )보다 유의( $p=.002$ )하게 낮았다. 이산화탄소 환기당량 기울기(ventilation/ $\text{CO}_2$  production slope,  $\text{VE}/\text{VCO}_2$  slope)는 RH 집단( $42.97 \pm 9.12$ )이 NRH 집단( $35.51 \pm 8.26$ )보다 유의( $p=.005$ )하게 높았다. 그러나 호기 말 이산화탄소 분압(partial pressure end tidal  $\text{CO}_2$ , PET  $\text{CO}_2$ )은 두 집단 사이에 유의한 차이가 없었다.

한 편, 여유 심박수(heart rate reserve; HRR)는 RH 집단( $39.00 \pm 11.59$  bpm)이 NRH 집단( $60.27 \pm 23.09$  bpm)보다 유의하게 낮았으며( $p=.001$ ), 여유 수축기 혈압(systolic blood pressure reserve; SBPR)도 RH 집단( $30.87 \pm 20.00$  mmHg)이 NRH 집단( $52.07 \pm 23.00$  mmHg)보다 유의( $p=.002$ )하게 낮았다.

### 3. Q-MVIC 근력과 최대 유산소 능력의 상관관계

RH 집단과 NRH 집단을 구분하지 않고 전체 60명을 대상으로 Q-MVIC 근력과 최대강도 운동 중 측정된 혈 역학 및 호흡 가스 변인들의 상관관계를 분석한 결과는 표 3과 같다.

Q-MVIC 근력은 peak  $\text{VO}_2$ 와 높은 상관관계( $r=.414$ ,  $p<.001$ )를 보였으나 다른 혈 역학 및 호흡 가스 변인과는 유의한 상관관계를 갖지 않았다. 반면 peak  $\text{VO}_2$ 는 Q-MVIC 근력 이외에도  $\text{VE}/\text{VCO}_2$  slope( $r=-.559$ ,  $p<.001$ ), HRR( $r=.540$ ,  $p<.001$ )와 유의한 상관관계를 보였다. 한편  $\text{VCO}_2/\text{VO}_2$ 는 다른

모든 변인과 유의한 상관관계를 보이지 않았다.

$\text{VE}/\text{VCO}_2$  slope는 peak  $\text{VO}_2$ ( $r=-.559$ ,  $p<.001$ ), HRR( $r=-.366$ ,  $p=.002$ ), SBPR( $r=-.282$ ,  $p=.019$ ) 등과 유의한 상관관계를 보였다.

CPET 최대강도 운동 중 측정된 혈 역학 변인 중 HRR은 peak  $\text{VO}_2$ ( $r=.540$ ,  $p<.001$ ),  $\text{VE}/\text{VCO}_2$  slope( $r=-.366$ ,  $p=.002$ ) 등 두 변인과 유의한 상관관계를 보였으며, SBPR은  $\text{VE}/\text{VCO}_2$  slope( $r=-.282$ ,  $p=.009$ ) 한 가지 변인과 유의한 상관관계를 보였다.

## IV. 고 찰

본 연구의 결과를 정리하면 남성 HFrEF 환자의 Q-MVIC 근력은 RH 집단이 NRH 집단보다 유의하게 낮았으며, Q-MVIC 근력과 CPET 최대강도 운동 중 측정된 peak  $\text{VO}_2$ 는 재입원 여부와 관계없이 높은 상관관계( $r=.414$ ,  $p<.001$ )를 갖는다는 것을 확인하였다. 이 결과로 미루어볼 때, CPET 장비를 갖추고 있지 못한 병원, 또는 장비를 갖추고 있더라도 환자 개개인의 질병 상태에서 최대강도 운동평가의 위험성이 높다고 판단되는 경우나 퇴행성 관절질환으로 인한 통증으로 CPET 시행이 어렵다고 판단되는 경우에는 HF 환자의 예후 예측에 있어서 하지 근력 평가방법이 유용한 자료가 될 것으로 생각한다. 또한, HF 환자의 삶의 질 향상과 재입원을 감소를 위한 심장 재활 운동 치료 프로그램으로써 유산소 운동훈련뿐만 아니라 하지 근력 강화 훈련이 도움 될 것으로 생각한다. 만일, 하지 근력 강화 운동

표 3. Q-MVIC와 최대운동 중 호흡가스 및 혈 역학 변인들의 상관관계

		Q-MVIC	Peak $\text{VO}_2$	$\text{VCO}_2/\text{VO}_2$	$\text{VE}/\text{VCO}_2$	HRR	SBPR
Q-MVIC	r	1	.414	.038	-.068	.043	-.010
	p		<.001**	.757	.578	.727	.933
Peak $\text{VO}_2$	r	.414	1	.135	-.559	.540	.109
	p	<.001**		.268	<.001**	<.001**	.374
$\text{VCO}_2/\text{VO}_2$	r	.038	.135	1	-.124	-.008	.209
	p	.757	.268		.308	.946	.084
$\text{VE}/\text{VCO}_2$	r	-.068	-.559	-.124	1	-.366	-.282
	p	.578	<.001**	.308		.002*	.019*
HRR	r	.043	.540	-.008	-.366	1	.100
	p	.727	<.001**	.946	.002*		.411
SBPR	r	-.010	.109	.209	-.282	.100	1
	p	.933	.374	.084	.019*	.411	

Q-MVIC; quadriceps maximal isometric contraction,  $\text{VO}_2$ ; oxygen uptake per minute,  $\text{VCO}_2$ ; carbon dioxide production per minute, VE; ventilation per minute, HRR; heart rate reserve, SBPR; systolic blood pressure reserve. \* $p<0.05$ , \*\* $p<0.001$ , M $\pm$ SD

프로그램이 HF 환자의 예후 개선에 도움이 된다면 삶의 질 개선과 함께 사회와 개인의 의료비용 감소로 이어질 수 있다 (Gheorghiade 등, 2005).

하지 근력과 사망률에 관한 선행연구를 살펴보면, Hulsmann 등(2004)은 무릎관절 굴곡근 MVIC 근력이 중증 HF 환자에서 높은 사망률과 유의한 연관성이 있다고 보고하였다. HF가 진행될수록 근육에는 병리적 변화가 발생하여 운동능력이 감소하게 된다(Stewart, 2019). HF의 진행과 근육의 병리적 변화에 관한 연구에 따르면, 심장 기능이 악화하면 근육 내 혈류량이 감소하여 모세혈관 밀도가 낮아지고 미토콘드리아 수가 감소하게 되어 근력이 감소하게 된다(Sullivan 등, 1990; Massie 등, 1987). 또한, 교감신경계의 과도한 활성화와 사이토킨(cytokine) 호르몬 분비 증가로 인해 근육 단백질이 분해되어 근육량이 감소하게 된다고 하였다(Anker 등, 1999). 이러한 일련의 변화로 인한 근력 및 근육량 감소는 최대강도 운동 중 근육의 산소소비량 감소로 이어지게 된다(Fulster 등, 2013). 이와 같은 임상연구 결과에도 불구하고, 아직 HF 환자의 예후 평가에 있어서 하지 근력 평가는 널리 이용되지 못하고 있다. 그뿐만 아니라, 하지 근력 강화훈련의 중요성이 유산소 훈련보다 상당히 과소평가되고 있는 현실에 있기도 하다.

유럽 심부전 학회는 HF 환자 개개인의 체력과 근-관절 상태에 적합한 특화된 근력 훈련이 운동치료 프로그램에 반드시 포함되어야 한다고 권고하고 있다(Piepoli 등, 2011). 류호열 등(2016)이 만성 HF 환자 116명을 대상으로 CPET를 시행한 결과를 살펴보면, 전체 CPET 시행 환자 중 약 36%(31명)의 환자가 하지 통증이나 하지 근 피로를 원인으로 중단했다고 보고하면서 하지 근력 약화나 근-관절 통증이 심폐기능을 과소평가하게 하는 원인이 될 수 있다고 하였다. 그러므로 하지 통증이 있는 HF 환자의 예후 예측에 있어 Q-MVIC 근력 평가는 유익한 정보를 제공할 것으로 생각한다. 또한, 하지 근력 향상을 위한 훈련 프로그램은 환자의 peak VO<sub>2</sub>를 높이는 유용한 전술이 될 수 있을 것으로 생각한다.

한 편, peak VO<sub>2</sub>는 하지 근력뿐만 아니라 이산화탄소 환기당량 기울기(VE/VCO<sub>2</sub> slope), 여유 심박수(HRR) 등 혈 역학 및 호흡 가스 변인과도 높은 상관관계를 가지고 있었다. 이 결과로 미루어 볼 때, peak VO<sub>2</sub>는 하지 근력뿐만 아니라, 점증 부하 운동 중 발생한 이산화탄소의 배출, 운동 강도 증가에 따른 HR의 증가 등 심장과 폐, 근육 등 다양한 장기의 기능이 종합적으로 작용한 결과인 것으로 확인하였다(Guazzi 등, 2012).

본 연구 결과를 종합해볼 때, HF 환자의 삶의 질 개선, 재입원을 감소 등 예후에 가장 큰 영향을 미치는 변인은 다양한 선행연구와 일치하게 peak VO<sub>2</sub>로 확인되었으며, 이산화탄소 배출 능력(VE/VCO<sub>2</sub> slope), 여유 심박수(HRR)뿐만 아니라 하지 근력의 영향도 유의하게 받았음을 확인하였다. 그러므로 CPET를 측정

하지 못하는 환경에서는 하지 근력 평가를 통해 예후를 예측해보는 것도 좋은 방법이라고 생각한다. 또한, peak VO<sub>2</sub>를 증가시키기 위해 HF 환자의 심장 재활 운동치료 프로그램에 하지 근력 강화 운동 프로그램을 반드시 포함할 것을 제안한다.

본 연구의 제한점은 첫 번째, LVEF가 낮은 HFrEF 환자 집단을 대상으로 하였더라도 CPET에서 최대강도 운동이 가능한 안정화된 환자를 대상으로 하였기 때문에 중증 HF 환자에게 본 연구 결과를 확대하여 해석하기에는 다소 한계가 있다. 그러므로 이후의 연구에서는 CPET를 측정하지 못하는 중증 HF 환자를 대상으로 Q-MVIC 근력과 예후에 관한 연구를 진행할 필요가 있다. 두 번째, 본 연구에 참여한 환자들이 퇴원 후 복용하는 약물의 영향력을 분석하지 못했다는 점이다. 베타 블로커 등의 약물은 HF 환자의 재입원율과 사망률 감소에 유의한 영향을 주기 때문이다. 세 번째 제한점은 본 연구에 참여한 환자의 수가 적었으며 남성 환자로 성별을 제한했다는 점이다. 남성과 여성의 근력 차이를 표준화할 방법이 없었기 때문이다. 따라서 본 연구 결과를 여성 HF 환자에게 확대해석하기에는 한계가 있다. 그러므로 이후의 연구에서는 여성 HF 환자를 대상으로 한 연구가 필요하다.

## V. 결론

본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 넙다리 네갈래근 근력은 HF 환자의 재입원율에 유의한 영향을 주었다.
2. 넙다리 네갈래근 근력은 최대 유산소 능력지표인 최고 산소 소비량과 높은 상관관계를 보였다.
3. 최고 산소소비량은 넙다리 네갈래근 근력 이외에도 여유 심박수, 이산화탄소 환기당량 기울기 등 혈 역학 및 호흡 가스 변인들과 높은 상관관계를 보였다.

## 참고문헌

- 류호열, 오재원, 김인철 등. 만성 심부전 환자의 운동 부하 심폐기능 평가 중단 원인에 따른 호흡 가스 변인 분석. 대한 심장 호흡 물리치료 학회지, 4(1);1-5, 2016.
- Anker SD, Ponikowski PP, Clark AL, et al. Cytokines and neurohormones relating to body composition alterations in the wasting syndrome of chronic heart failure. *Eur Heart J*, 20(9);683-693, 1999.
- Frownfelter D, Dean E. Cardiovascular and Pulmonary Physical Therapy. Evidence to Practice. Fifth edition. 32-38, 2022.
- Fulster S, Tacke M, Sandek A, et al. Muscle wasting in

- patients with chronic heart failure: results from the studies investigating comorbidities aggravating heart failure (SICA-HF). *Eur Heart J*, 34(7);512-519, 2013.
- Gheorghiade M, De Luca L, Fonarow GC, et al. Pathophysiologic targets in the early phase of acute heart failure syndromes. *Am J Cardiol*, 96(6);11-17, 2005.
- Guazzi M, Adams V, Conraads V, et al. EACPR/AHA scientific statement. Clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *Circulation*, 126(18); 2261-2274, 2012.
- Hulsmann M, Quittan M, Berger R, et al. Muscle strength as a predictor of long-term survival in severe congestive heart failure. *Eur J Heart Fail*, 6(1);101-107, 2004.
- Levy D, Kannel WB, Larson MG, et al. Long-term trends in the incidence of and survival with heart failure. *N Engl J Med*, 347(18);1397-1402, 2002.
- Malhotra R, Bakken K, D'Elia E, et al. Cardiopulmonary exercise testing in heart failure. *JACC Heart Fail*, 4(8);607-616, 2016.
- Massie BM, Conway M, Yonge R, et al. 31P nuclear magnetic resonance evidence of abnormal skeletal muscle metabolism in patients with congestive heart failure. *Am J Cardiol*, 60(4);309-315, 1987.
- Meldrum D, Cahalane E, Keogan F, et al. Maximum-voluntary isometric contraction: investigation of reliability and learning effect. *Amyotroph Lateral Scler Other Motor Neuron Disord*, 4(1);36-44, 2003.
- Piepoli MF, Conraads V, Corra U, et al. Exercise training in heart failure: from theory to practice. A consensus document of the heart failure association and the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur J Heart Fail*, 13(4);347-357, 2011.
- Reid KF, Pasha E, Doros G, et al. Longitudinal decline of lower extremity muscle power in healthy and mobility-limited older adults: influence of muscle mass, strength, composition, neuromuscular activation and single fiber contractile properties. *Eur J Appl Physiol*, 114(1);29-39, 2014.
- Taylor RS, Walker S, Smart NA, et al. Impact of exercise rehabilitation on exercise capacity and quality-of-life in heart failure: individual participant meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*, 73(12);1430-1443, 2019.
- Stewart Coats AJ. From the muscle hypothesis to a muscle solution? *ESC Heart Fail*, 6(2);239-240, 2019.
- Sullivan MJ, Green HJ, Cobb FR. Skeletal muscle biochemistry and histology in ambulatory patients with long-term heart failure. *Circulation*, 81(2); 518-527, 1990.