

일주일간의 입원 기간 동안 운동 기반 심장재활이 급성 심근경색 환자의 젖산 수치에 미치는 영향

<https://doi.org/10.32337/KACPT.2023.11.1.47>

대한심장호흡물리치료학회지 제11권 제1호 2023.06. PP.47-52

■ 이정재^{1,2*}

■¹명지병원 심장재활센터. ²연세대학교 일반대학원 물리치료학과

Effects of Exercise-Based Cardiac Rehabilitation During a Week-Long Hospital Stay on Lactate Levels in Patients with Acute Myocardial Infarction

Jeong-Jae Lee PT, MS^{1,2*}

¹Cardiac Rehabilitation Center, Dept. of Physical Medicine and Rehabilitation, Myongji Hospital, Goyang, Korea

²Dept. of Physical Therapy, Yonsei University, Wonju, Korea

Purpose: Few studies have been conducted to examine changes in lactate levels associated with the severity of myocardial infarction during cardiac rehabilitation. Thus, this study aimed to investigate the effects of exercise-based cardiac rehabilitation on lactate levels in patients with acute myocardial infarction. **Methods:** A total of eight patients (7 males and 1 female, aged 64.1 ± 12.8 years) who were diagnosed with acute myocardial infarction and participated in an inpatient cardiac rehabilitation program were included in this study. Lactate levels were measured using Lactate Plus (Nova Biomedical, Rodermark, Germany), which can measure lactate levels from 0 to 25.0 mmol/L. Exercise intensity during the inpatient cardiac rehabilitation period was set at 40%-60% of peak oxygen uptake (peak VO_2), and cardiopulmonary exercise testing and lactate level measurements were conducted before and after exercise. Normally distributed data were analyzed using paired t-tests, and non-normally distributed data were analyzed using the Wilcoxon signed-rank test. **Results:** $\text{VO}_{2\text{peak}}$ and metabolic equivalents significantly increased, and minute ventilation per unit carbon dioxide production showed a decreasing trend, but not a significant decrease ($p=.014$, $p=.02$). During the one-week inpatient rehabilitation period, lactate levels at rest before exercise on the first and last days of rehabilitation significantly decreased ($p=.036$). Lactate levels significantly increased immediately after exercise ($p=.014$), while lactate levels before exercise showed a decreasing trend in all eight patients. **Conclusion:** In patients with acute myocardial infarction, lactate levels increased immediately after exercise-based cardiac rehabilitation, while lactate levels at rest decreased during the one-week rehabilitation period as aerobic capacity improved.

Key words: Finger Tip Lactate Measurement, Resting Lactate Level, Acute Myocardial Infarction

Received: March 27, 2023 / **Revised:** April 26, 2023 / **Accepted:** April 29, 2023

1. 서론

젖산 수치의 임상적 가치는 critical care medicine에서 광범위하게 입증되었다(Jarvis 등, 2009). 혈액 젖산 측정은 혈액학적 장애 지표 및 다양한 형태의 shock에 대한 결과의 예측자로 사용될 수 있다. 심인성 shock 환자의 경우, 여러 연구에서 젖산 수치의 현저한 상승이 기록되었다(Mavric 등, 1991; Rashkin 등, 1985; Valente 등 2007; Weil 등, 1970; Toffaletti 등, 1996; Torgersen 등, 2009; Jansen 등, 2008; Geppert 등, 2006)

순환 쇼크의 가장 흔한 원인 중 하나는 급성 심근 경색이다. 급성 심근 경색 동안 조직 관류가 손상된 경우, 감소된 산소 전달은 근육 세포가 미토콘드리아 에너지 생산을 위해 젖산을 생성하도록 유도할 수 있다. 허혈성 심장 질환 환자에서 심근에 의해 방출된 젖산의 양은 관상 동맥 질환의 심각성과 관련이 있는 것으로 나타났다(Gertz 등, 1981).

최근 효과적으로 젖산을 측정할 수 있는 간단한 장비가 개발되었다. Portable finger tip 젖산 측정 기구는 간편하고, 경제적이며, 빠른 결과를 보여준다. Finger tip lactate measurement와 standard laboratory analyzer 간에 correlation은 높은 일치도

교신저자: 이정재

주소: 경기도 고양시 덕양구 화수로 14번길 55 명지병원 심장재활센터, 전화: 031-810-6761, E-mail: ptljj@mjh.or.kr

(ICC=0.90)를 보였다 (Gaieski 등, 2013).

운동 기반 심장재활의 효과는 여러 연구에서 입증되었다. 심인성 mortality 와 reinfection 의 위험을 감소시키며, 유산소 능력을 개선하고, 신체 활동을 증가시킨다. 이전 연구에서 심혈관 운동 훈련 6개월 후 대조군($p<.05$)에 비해 HF 환자의 최대 이하 운동 중에 정맥 젖산 수치가 유의하게 감소했다고 보고했다. 훈련 기간 후 관찰된 유산소 능력의 33% 증가로 인한 것이라 하였으며, 이는 골격근의 산화 능력 변화와 밀접하게 연관되어 있다고 하였다(Hambrecht 등, 1995).

그러나, 급성기 심근경색 환자의 심각성과 연관 있는 젖산수치의 변화가 심장재활을 진행함에 따라 어떻게 변하는지에 대한 연구가 많지 않다. 따라서, 이 연구의 목표는 운동 기반 심장재활이 급성 심근경색증 환자의 젖산수치에 어떤 영향을 주는지 알아보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 급성 심근경색으로 진단 받고, 입원 심장재활 프로그램에 참여한 환자 8명(7 males, 1 females, aged 64.1 ± 12)을 대상으로 하였다.

모든 참가자는 서면 동의서를 제공 받았으며, 본 연구에 침습적 측정이 있음을 충분히 설명하였고, 명지병원 연구 윤리위원회의 승인을 받았다(MJH 2021-08-012).

본원에서 stent insertion 시술 혹은 CABG(coronary artery bypass graft) 수술 후 심장재활로 협진 의뢰된 온 환자들 중 CPET(cardiopulmonary exercise test)을 가능한 환자들을 대상으로 하였다. 심각한 심부전이나 불안정 협심증 및 통제되지 않는 부정맥이 있을 경우, 치매를 포함한 주요 정신과 병력이 있는 경우, treadmill 또는 ergometer를 사용할 수 있는 다른 중대한 동반 질환이 있을 경우 급성 심근경색으로 재입원한 환자는 제외하였다. CABG 후 나타나는 심방 세동 및 저산소증($<85\%$ 산소포화도) 심장재활 운동 전 또는 운동 중에 나타나는 경우 담당 주치의의 허락 후 운동을 진행하였다. 대상자들의 일반적 특성은 <표 1>과 같다.

2. 연구 방법

젖산 측정은 0.3에서 25.0 mmol/L 까지 측정이 가능한 Lactate plus(NOVA biomedical, Germany) model(그림 1)을 사용하였으며, 실험실 젖산 측정기구와 매우 높은 상관관계($r=.997$, $p<.05$)를 보였다(Clark 등, 1984). 젖산을 측정하기 전 control solution test로, calibration을 진행하였으며, 이는



그림 1. Finger tip lactate measurement device set



그림 2. Finger tip lactate measurement

주 1회 시행되었다. Puncture site는 환자가 원하는 손의 2, 3번째 손가락 끝이었으며, Disposable FA Eolswab(진선메디칼; Korea) 으로 닦아내고 말렸다. Auto-Lancet을 puncture site에 대고, 버튼을 누른 후 첫 번째 핏방울은 clean tissue로 닦아내고, 살짝 손가락을 짜내어 두 번째 핏방울을 취하였다. 핏방울을 test strip에 갖다 대어 test strip이 가득 차면, beep 소리가 나고 13초 후에 기기 화면에 측정치가 나타난다. 젖산 측정은 하루 2번의 운동 중 오후 운동 시 심장재활 담당 간호사가 시행하였다(그림 2).

CPET는 일주일 간의 입원 심장재활 기간 중 심장재활 시작 전과 5일 후에 측정되었으며, 표준 12-리드 연속 심전도 모니터 CASE T2100(GE Healthcare, Chicago, IL)와 Quark gas analysis system(COSMED Omnia 1.6.7; Rome, Italy)을 사용하여 분석 및 기록되었다. CPET의 평가 방법 및 그 자료의 신뢰성과 유효성은 이미 확립되어 있으며 구체적인 표준화 절차가 잘 문서화되어 있다(Nieman 등, 2013).

입원 심장재활 기간 동안 운동 강도는 peak $\dot{V}O_2$ 의 40-60%로 진행되었으며, lower extremity ergometer와 treadmill을 이용한 interval training으로 진행하였다. CPET로 알 수 있는 환자의 심폐기능을 기준으로 target METs 값을 설정하고, 2-3분 간격으로 원하는 목표 운동량에 도달할 수 있게 물리치료사가 운동

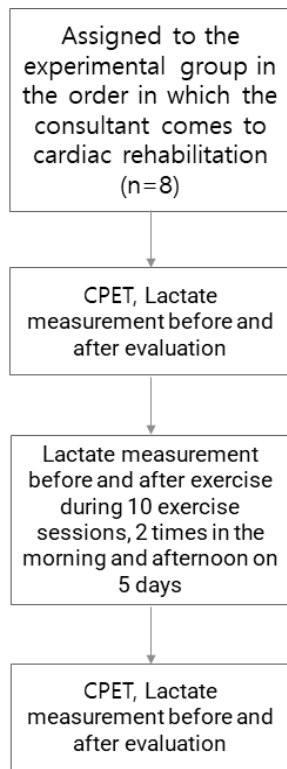


그림 3. flow-chart

중 심전도와 적용된 운동강도 수행여부가 관찰되었다. 운동 중 탈락 된 환자는 없었으며, 모두 주어진 운동을 수행하였다.

연구 진행과정은 flow chart 로 나타내었다(그림 3).

3. 분석 방법

기술통계에는 평균±표준편차로 나타내었으며, 연속변수의 정규분포를 확인하기 위해 K-S 검정을 사용하였다. 연구에서 측정 한 모든 데이터는 SPSS ver. 20.0 프로그램을 이용하였으며, 모집단이 정규분포일 경우 paired t-test, 그렇지 않은 경우 Wilcoxon signed-rank test를 사용하여 분석하였다. 유의 수준은 $p<0.05$ 로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

연구 대상자의 BMI는 25.9 ± 3.4 kg/m², LVEF(left ventricular ejection fraction)는 53.3 ± 9.5 %를 보였다. 과거력으로 hypertension과 diabetes mellitus의 과거력을 가지고 있었고, 심장재활 전에 약물치료, stent insertion 또는 CABG의 intervention이 있었다. 진단명은, NSTEMI 50%, STEMI 50%

표 1. 연구 대상자의 일반적 특성

	n=8
Gender (male/female)	7/1
Age (years)	64.1 ± 12.8
BMI (kg/m ²)	25.9 ± 3.4
LVEF (%)	53.3 ± 9.5
Past history	
Hypertension	4(50%)
Diabetes mellitus	4(50%)
Intervention	
None	1(12.5%)
Stent insertion	5(62.5%)
CABG	2(25%)
Diagnosis	
NSTEMI	4(50%)
STEMI	4(50%)

mean±standard deviation

* $p<0.05$, ** $p<0.001$

BMI; body mass index, CABG; coronary artery bypass graft, LVEF; left ventricular ejection fraction, NSTEMI; Non-ST elevation myocardial infarction, STEMI; ST elevation myocardial infarction

연구 대상자(표 1).

2. 일주일 간의 심장재활 전후 CPET variables 과 안정 시 젖산 수치의 변화

급성 심근경색 환자에서 일주일 간의 입원 기간 심장재활로 CPET와 젖산 수치 변인의 결과는 <표 2>와 같다.

변수 peak VO₂, METs 그리고 VE/VCO₂는 K-S 검정에서 정규성이 충족되어 paired t-test를 진행하였고, 젖산 수치는 정규성을 충족하지 못하여 Wilcoxon signed-rank test를 사용하여 분석하였다.

peak VO₂과 METs는 유의하게 증가하였으며, VE/VCO₂는

표 2. 일주일 간의 심장재활 전후 CPET variables 과 resting lactate level의 변화

	Pre test	Post test	p
Peak VO ₂	775.5 ± 361.1	921.1 ± 422.9	0.014*
METs	3.4 ± 1.6	4.0 ± 1.9	0.02*
VE/VCO ₂	43.4 ± 16.1	42.5 ± 12.5	0.132
Resting lactate level	5.2 ± 3.1	2.1 ± 0.9	0.036*

mean±standard deviation

* $p<0.05$, ** $p<0.001$

METs; metabolic equivalents, VO₂; oxygen uptake per minute, VE; ventilation per minute, VCO₂; carbon dioxide production per minute.

표 3. 운동 전후 lactate level의 변화

	Pre test	Post test	p
Lactate level	3.2±1.9	3.7±1.6	0.014*

mean±standard deviation

*p<0.05, **p<0.001

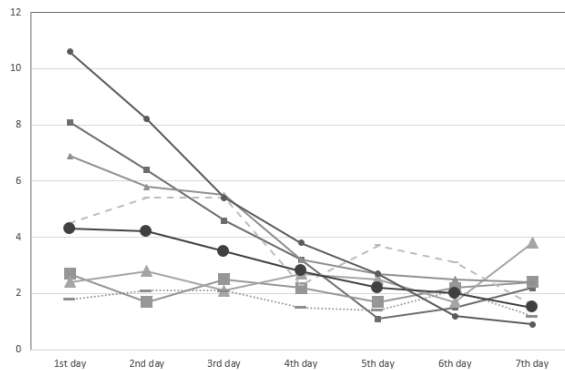


그림 4. Lactate level change in each of 8 patients

감소하는 경향을 보이나 유의한 감소는 아니었다($p=.014$, $p=.02$). 재활 첫째 날과 마지막 날 운동 전 안정 시 젖산 수치는 유의하게 감소하였다 ($p=.036$).

3. 운동 전후 젖산 수치의 변화와 추세

8명이 7일 동안 운동 전후 측정 된 56개의 측정치를 분석하였으며(표 3), 정규성 검정을 충족하지 못하여 비모수 검정하였다.

운동 후에 젖산 수치는 유의하게 증가하였다 ($p=.014$). 운동 전 안정 시 lactate level 은 8명 모두 점점 감소하는 경향을 보여 준다(그림 4).

연구에 참여한 모든 환자는 연구기간 동안 행해지는 평가 및 심장재활 운동 중 나타난 심부전이나 심부전이나 불안정 협심증 및 통제되지 않는 부정맥을 관찰하지 않았다.

IV. 고 찰

본 연구는 일주일 간의 입원 심장재활 기간 동안 급성 심근경색 환자의 젖산 수치 변화에 대해 알아보려고 하였다.

혈액 내 젖산 수치는 몸에 산소가 부족할 때 발생하는 혈관 내 산도이다. 급성 심근경색 환자의 젖산 수치는 환자의 사망률과 가장 독립적인 관계를 가졌다는 보고가 있다(Robert 등, 2010). 그만큼 임상에서 중요한 지표로 사용될 수 있으며, 환자의 상태를 알 수 있는 방법 중 하나이다.

급성 심근경색 환자 일주일 간의 입원 심장재활 기간 후에 안

정시 젖산 수치는 유의하게 낮아졌으며, peak VO_2 과 METs 값은 증가하였다. 9명의 급성 HF 환자 3개월간의 재활 후에 젖산 1.95 ± 0.96 mmol/L 감소하였다는 보고가 있었고(Helen, 2014) HR max 80% 강도로 운동시 젖산 수치가 19.5% 감소하였다는 보고가 있다(Ralph 등, 2011).

환자의 유산소 능력이 개선되는 만큼 젖산 수치가 낮아진 것이다. 유산소 운동은 산소를 이용하여 에너지를 생산하는 과정이다. 유산소 운동을 하면 근육 내 미토콘드리아에서 지방산, 당 및 아미노산 등의 에너지원을 산소와 함께 연소하여 ATP를 생산한다. 이 과정에서 미토콘드리아 내부의 산소 농도와 에너지 수요가 증가하면, 미토콘드리아 내부에서는 젖산 대사가 증가한다. 이렇게 발달한 미토콘드리아의 젖산 대사 능력은 젖산을 유산소 운동 후 빠르게 대사시키고, 유산소 기능의 개선으로 산소를 더욱 효율적으로 이용하게 되어 젖산의 농도가 감소하는 것이다(Marriott, 2014).

감소하는 경향은 같으나, 본 연구는 이전 연구에 비해 젖산 수치의 변동이 컸다. 동맥혈 젖산 측정이나 실험실에서 행해지는 방법과 비교 finger tip 젖산 측정기의 경우 좋은 correlation을 보여준 하나, 변동성이 있는 것으로 보인다. 다른 브랜드나 모델의 혈액 젖산 분석기는 결과가 상이할 수 있고, 기기의 정확도와 정밀도가 파악될 수 있다. 각 분석기는 젖산 수준을 측정하는 고유한 방법을 가지고 있으며, 이는 정확성과 정밀도의 차이로 연결될 수 있다. 또한, 장비의 품질, 교정 기술 및 유지 보수 절차와 같은 요소는 측정 결과의 정확성에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 정확하고 일관된 결과를 보장하기 위해 적절하게 교정 및 유지 보수가 이루어진 검증된 혈액 젖산 분석기를 사용하는 것이 중요하다(Baldari 등, 2009; Tanner 등, 2010; Medbø 등, 2000).

12명의 chronic heart failure 환자가 4-6개월간 주당 4시간의 peak VO_2 75% 강도로 운동 후 휴식 혈중 젖산 수치가 운동 프로그램에 따라 변하지 않았다($p=.13$)(Sullivan 등, 1995). 급성 환자와는 달리 만성 환자에게서는 운동 후에도 안정 시 젖산 수치가 의미 있게 변하지 않음을 보여준다. 본 연구에서도 젖산 수치의 변화가 점점 줄어드는 것을 확인할 수 있다(그림 4).

운동 후 즉각적인 젖산 수치는 증가하였다. 이는 근육 내 에너지 생산 과정에서 발생하는 현상으로, 운동으로 인해 근육 내 산소 공급이 충분하지 않으면, 유산이 생성되고 이가 젖산으로 분해되기 때문이다. 이 과정에서 생기는 젖산은 혈류에 흘러 나가게 되고, 혈액 내에 쌓이면서 혈중 젖산 수치가 증가하게 된다. 젖산의 증가는 근육 피로와 관련이 있을 수 있다. 일정 수준 이상의 젖산이 축적되면 근육 섬유에 손상을 일으키고, 근육 통증과 피로감을 유발할 수 있다. 따라서 운동 후엔 적절한 휴식 시간과 올바른 영양 공급이 중요하다.

본 연구의 제한점은 연구 방법이 침습적이라 대상자의 수가

적어, 정규성을 만족하지 못했으며, 검정력이 약하다. 또한, 같은 기간 동안 심장재활을 받지 않은 급성 심근경색 환자 대조군과 비교가 있었다면, 심장재활로 인해 젖산 수치가 더 유의하게 변화하였다는 결과를 보여줄 수 있었을 것이다. 차후 연구가 필요한 부분이라고 생각된다.

대상자 수가 적었지만 모수, 비모수 검정 모두에서 유의한 측정 결과가 나왔으며, 급성 심근경색 환자의 심장재활 기간 동안 젖산 수치의 변화를 보는 연구는 많지 않다. 비교적 접근하기 쉬운 finger tip 젖산 측정기로 환자의 입원 기간 동안 유산소 능력이 개선됨에 따라 젖산 수치의 변화를 알 수 있었음에 본 연구의 의미가 있다.

V. 결 론

급성 심근경색 환자의 입원 심장재활 기간 동안 운동 전후에 즉각적인 젖산 수치는 높아지지만, 유산소 능력이 개선됨에 따라 안정시 젖산 수치는 일주일 동안 점차 낮아지며, 이는 급성기 심장재활운동이 운동 강도에 따른 적정수준의 에너지 대사율을 조절할 수 있게 해주는 운동 증제로 효과적이었음을 알 수 있다.

참고문헌

- Baldari C, Bonavolontà V, Emerenziani GF, et al. Accuracy, reliability, linearity of Acculend and Lactate Pro versus EBIO plus analyzer. *European Journal of Applied Physiology*, 97(1);105-111, 2009.
- Clark LC, Noyes LK, Grooms TA, et al. Rapid micromasurement of lactate in whole blood. *Critical Care Medicine*, 12(5);441-464, 1984.
- Gaieski DF, Drumbeller BC, Noyes LM, et al. Accuracy of handheld point-of-care fingertip lactate measurement in the emergency department. *Western Journal of Emergency Medicine*, 14(1);58-62, 2013.
- Geppert A, Dörflinger A, Böhm G, Karth G, et al. Plasma concentration of interleukin-6, organ failure, vasopressor support, and successful coronary revascularization in predicting 30-day mortality of patients with cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction. *Crit Care Med*, 34(8);2035-2042, 2006.
- Gertz EW, Wisneski JA, Neese R, et al. Myocardial lactate metabolism: evidence of lactate release during net chemical extraction in man. *Circulation*, 63(6);1273-1279, 1981.
- Hambrech R, Niebauer J, Fiehn E, et al. Physical training in patients with stable chronic heart failure: effects on cardiorespiratory fitness and ultrastructural abnormalities of leg muscles. *Journal of the American College of Cardiology*, 25(6);1239-1249, 1995.
- Helen Marriott. Blood lactate responses of heart failure patients to cardiac rehabilitation. Exercise, University of Chester, 2014.
- Jansen TC, van Bommel J, Bouter J. Blood lactate monitoring in critically ill patients: a systematic health technology assessment. *Crit Care Med*, 37(10);2827-2835, 2009.
- Jansen TC, van Bommel J, Mulder PG, et al. The prognostic value of blood lactate levels relative to that of vital signs in the prehospital setting: a pilot study. *Crit Care*, 12(8);1-7, 2008.
- Marriott H. Blood lactate responses of heart failure patients to cardiac rehabilitation exercise. (Unpublished master's thesis). University of Chester, United Kingdom, 2014.
- Mavric Z, Petrovic L, Zagar D, et al. Usefulness of blood lactate as a predictor of shock development in acute myocardial infarction. *Am J Cardiol*, 67(7);565-568, 1991.
- Nedboe JJ, Mamen A, Holt Olsen O, et al. Examination of four different instruments for measuring blood lactate concentration. *Scandinavian Journal of Clinical Laboratory Investigation*, 60(5);367-380, 2000.
- Ralph Beneke, Leithäuser RM, Ochentei O. Blood Lactate Diagnostics in Exercise Testing and Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(1);8-24, 2011.
- Rashkin MC, Bosken C, Baughman RP. Oxygen delivery in critically ill patients. Relationship to blood lactate and survival. *Chest*, 87(5);580-584, 1985.
- Robert PV, Hoekstra M, Nijsten WN, et al. Clinical correlates of arterial lactate levels in patients with ST-segment elevation myocardial infarction at admission: a descriptive study. *Critical Care*, 14(5);1-7, 2010.
- Tanner RK, Fuller KL, Ross ML. Evaluation of three portable blood lactate analysers: Lactate Pro, Lactate Scout and Lactate Plus. *European Journal of*

- Applied Physiology, 109;551-559, 2010.
- Toffaletti J. Elevations in blood lactate: overview of use in critical care. Scand J Clin Lab Invest Suppl, 1996, 224;107-110, 1996.
- Torgersen C, Schmittinger CA, Wagner S, et al. Hemodynamic variables and mortality in cardiogenic shock: a retrospective cohort study. Crit Care, 13(5);1-11, 2009.
- Valente S, Lazzeri C, Vecchio S, et al. Predictors of in-hospital mortality after percutaneous coronary intervention for cardiogenic shock. Int J Cardiol, 114(2);176-182, 2007.
- Weil MH, Afifi AA. Experimental and clinical studies on lactate and pyruvate as indicators of the severity of acute circulatory failure (shock). Circulation, 41(6);989-1001, 1970.

Retracted