

허혈성 심장질환 환자에서
심장재활 운동 후 운동능력과
심실기능 및 관상동맥의 변화

연세대학교 대학원

의 학 과

안 재 기

허혈성 심장질환 환자에서
심장재활 운동 후 운동능력과
심실기능 및 관상동맥의 변화

지도교수 문 재 호

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

2004년 6월 일

연세대학교 대학원

의 학 과

안 재 기

안재기의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

연세대학교 대학원

2004년 6월 일

감사의 글

본 논문을 완성하기까지 모든 방면에 세심한 배려와 끊임없는 격려로 지도해 주신 문재호 지도교수님께 깊은 감사를 드립니다. 또한, 많은 관심과 격려로써 도움을 주신 권혁문 교수님, 강성웅 교수님께 진심으로 감사드립니다. 그리고 연구 진행에 많은 도움을 주신 인제대학교 상계백병원 이병권 교수님, 김철 교수님께 진심으로 감사드립니다.

끝으로 무한한 사랑으로 용기를 주신 부모님께 감사드리며 항상 곁에서 묵묵히 내조를 해준 아내에게 이 기쁨을 드립니다.

저자 씀

차 례

국문요약	1
I. 서론	2
II. 재료 및 방법	4
1. 연구대상	4
2. 연구방법	4
가. 심장재활 프로그램	4
나. 운동부하 검사	5
다. 지질검사	7
라. 심실기능 및 관상동맥 혈관검사	7
3. 통계방법	7
III. 결과	8
1. 연구 대상군의 일반적 특성	8
2. 심장재활 운동 전후 혈류역학적 변화	10
가. 운동군과 대조군과의 혈류역학적 변화 비교	10
나. 운동군의 혈류역학적 변화	11
3. 심장재활 전후 혈청 지질의 변화	12
4. 심장재활 전후 심초음파 소견의 변화	13
5. 심장재활 전후 관상동맥 조영술 소견의 변화	14
IV. 고찰	16
V. 결론	21
참고문헌	22
영문요약	26

표 차례

표 1. 수정 브루스 프로토콜	5
표 2. 운동자각도	6
표 3. 대상군의 임상특징 및 관상동맥 병변소견	9
표 4. 심장재활 운동 전후의 혈류역학적 변화	11
표 5. 운동군의 심장재활 운동 전후 혈류역학적 변화	12
표 6. 심장재활 운동 전후 지질의 변화	13
표 7. 심장재활 운동 전후 심초음파 소견의 변화	13
표 8. 심장재활 운동 전후 관상동맥 조영술 소견의 변화	14
표 9. 스텐트 삽입 혈관의 재협착 소견의 변화	15

국문요약

허혈성 심장질환 환자에서 심장재활 운동 후 운동능력과 심실기능 및 관상동맥의 변화

심장재활 운동을 시행한 허혈성 심장질환 환자에서 최대 산소소모량의 증가에 의한 운동능력의 향상과 심실기능의 호전을 평가한 여러 보고가 있으나 대조군 연구를 통하여 변화를 비교한 경우는 드물다. 본 연구에서는 허혈성 심장질환 환자들을 대상으로 심장재활 운동을 수행한 환자에서 운동능력과 심실기능의 변화 및 관상동맥의 변화를 알아보고자 하였다.

연구대상은 허혈성 심장질환 환자 중 운동부하 검사와 함께 2단계 및 3단계 심장재활 프로그램을 지속적으로 수행한 환자 40명을 운동군으로 하고 참여하지 않은 환자 29명을 대조군으로 하였으며 운동군에 속한 환자들은 심장재활 유산소운동을 하였다. 심장재활 운동 전후로 혈청 내 지질변화를 검사하였고, 운동부하 검사를 시행하여 혈압, 심박수, 심근부담률, 산소소모량, 운동자각도, 운동시간 등을 측정하였다. 또한, 심장재활 운동 전후로 심초음파와 관상동맥 조영술을 시행하여 심실기능의 변화 및 관상동맥의 협착정도를 조사하였으며 대조군의 결과와 비교하였다.

연구결과, 심장재활 운동 6개월 후 운동군은 최대 운동시간 및 최대 산소소모량, 최대 심근부담률이 대조군에 비하여 유의하게 증가하였고, 최대하 심근부담률, 최대하 운동자각도는 의미있게 감소하였다($p < 0.05$). 심장재활 운동 후 운동군에서 혈청내 총 콜레스테롤, 저밀도 지단백질, 중성지방이 대조군에 비하여 유의한 감소가 있었다($p < 0.05$). 운동군에서 심장재활 운동 전후 좌심실 구혈률이 의미있게 증가하였으나($p < 0.05$), 대조군과 비교에서는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 관상동맥 조영술을 통한 협착정도의 비교는 운동군에서 대조군에 비하여 심장재활 운동 후 협착증가 정도가 유의하게 낮게 나타났다($p < 0.05$). 스텐트 삽입 혈관에서 재협착률은 운동군에서 대조군에 비하여 의미있게 감소된 결과가 나타났다($p < 0.05$) 재관류률은 차이가 없었다($p > 0.05$).

결론적으로 허혈성 심장질환 환자들에서 유산소운동을 통한 심장재활 프로그램은 혈청 지질대사를 향상시키고, 운동능력의 향상 및 좌심실기능에 호전을 가져오며, 관상동맥의 협착증가 정도를 억제 또는 완화시키는 데 도움을 주는 것으로 생각된다.

핵심되는 말: 관상동맥질환, 관상동맥 조영술, 심장재활, 최대 산소소모량

허혈성 심장질환 환자에서 심장재활 운동 후 운동능력과 심실기능 및 관상동맥의 변화

<지도교수 문 재 호>
연세대학교 대학원 의학과
안 재 기

I. 서 론

심근허혈은 심근의 산소공급이 수요를 따르지 못할 때 일어난다. 허혈은 혈액의 관류가 저하되어 조직의 산소공급이 결핍되고 대사산물의 처리 과정에 지장을 초래하는 상태를 의미한다. 운동으로 심근 활동량이 증가되면 심근 산소소비량은 증가하게 되고 이에 영향을 주는 인자들로는 관상동맥 혈류량(심박출량의 5%), 심실의 용적과 크기, 수축시간, 심박수, 혈압 등이 있다.

최근 허혈성 심장질환 환자에서 관상동맥의 동맥경화의 발생과 진행으로 인한 높은 사망률이 보고되고 있는데, 운동부하 검사는 이러한 심혈관계 사건을 예측하는데 유용하게 활용되며 지속적인 유산소성 운동을 통한 심장재활은 심폐반응과 기능을 개선시켜 일상생활로의 빠른 복귀를 가능하게 한다.¹ 또한, 운동을 통한 심장재활은 체구성비를 개선시키고 심장의 작업능력 지표라 할 수 있는 최대 산소소모량을 증가시키며 동일 운동 강도에 대한 심근부담률과 자각 증상을 감소시킨다.²

심장재활 운동의 효과는 유산소 운동을 통해 횡문근에서 더욱 효율적인 대사와 향상된 산소추출 능력이 달성되면서 같은 강도의 운동을 수행하기 위한 혈류 요구량이 감소되어 혈압 및 심근 산소소모량이 낮아지고, 미주 신경자극의 증가로 심박수가 감소되어 협심증의 역치를 높이게 된다.^{3,4} 심장재활 운동을 시행한 허혈성 심장질환 환자는 운동능력의 향상 및 주관적 증상의 개선되고,⁵ 심초음파 검사를 통해 심실기능 평가에서 호전이 있다.⁶ 또한 심장재활 운동을 받았던 심근경색 환자들에서 심초음파검사로 좌심실 재형성(Lt. ventricular remodelling)의 변화가 일어나지 않았다는 긍정적인 보고도 있다.⁷

허혈성 심장질환의 관리에서 가장 중요한 점이 관상동맥의 동맥경화의 발생과 진행이라고 한다면 관상동맥 조영술을 통해 혈관내경의 구조적인 변화를 알아보는 것은 매우 중요하다. 이에 대한 연구로, Hambrecht 등은 관상동맥 성형술 시행 12개월에 시행한 추적 관상동맥 조영술 검사에서 심장재활을 시행한 운동군이 대조군에 비하여 관상동맥 직경의 호전이 있음을 보고한 반면,⁸ Belardinelli 등은 관상동맥 성형술 후 혈관내경 변화의 추적 검사결과 대조군에 비하여 운동군이 기능적인 능력에는 호전을 보였으나 재협착율(restenosis rate)에는 영향이 없다고 하였다.⁹

최근의 연구들에서 심장재활 운동을 수행했을 때 심장 구조가 안정적으로 유지되는가에 대한 대조군과의 비교연구는 많지 않다. 더구나 우리나라에서는 심장재활 운동 수행에 따른 운동능력 변화, 심장기능의 변화 및 관상동맥의 내경의 변화를 비교한 연구는 거의 드물다.

허혈성 심장질환 환자들을 대상으로 심장재활 운동 전후의 운동부하 검사, 혈청 지질검사, 심초음파, 관상동맥 조영술 등의 방법으로 운동수행 능력과 심장의 기능적, 구조적 평가를 비교하는 것은 심장재활의 목적과 가치를 확인하는 중요한 작업이라 할 수 있다.

본 연구는 허혈성 심장질환 환자들을 대상으로 급성기를 벗어난 직후부터 심장재활 프로그램에 참여했던 운동군과 대조군을 비교 대상으로 운동부하 검사, 심초음파검사 및 관상동맥 조영술을 시행하여 운동능력과 심실기능 및 관상동맥의 변화를 알아보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구대상

허혈성 심장질환으로 2001년 1월부터 2003년 12월까지 심장내과에 입원하여 경피 경관 관상동맥 성형술(percutaneous transluminal coronary angioplasty, PTCA)을 시행받은 환자들 중 심장재활 클리닉에서 제 2, 3기 심장재활 프로그램을 수행한 환자를 연구대상의 운동군으로 하였고, 심장재활 프로그램에 참여하지 못한 환자를 대조군으로 하였다. 중등도 이상의 심장 판막질환, 불안전성 부정맥, 울혈성 심부전증 및 운동부하 검사의 금기증에 해당되는 환자는 연구대상에서 제외하였다. 운동부하 검사를 받기 어려운 만성 폐쇄성 호흡기 질환과 근골격계 질환, 운동부하 검사 도중 심장합병증으로 검사를 중단한 경우, 다리의 피로도, 통증과 같은 국소적인 문제로 검사를 중단한 경우 등도 모두 연구대상에서 제외하였다. 최종적으로 운동군 40명, 대조군 29명으로 총 69명을 대상으로 연구를 진행하였다.

2. 연구방법

가. 심장재활 프로그램

2단계 심장재활 프로그램에서의 운동요법은 주 3회씩, 6주 동안 총 18회를 시행하였으며, 일회의 운동시간은 준비운동 10분, 본 운동 30분, 정리운동 10분의 총 50분으로 하였다. 본 운동은 트레드밀(Quinton MEDTRACK SR60, USA)과 바이크(Quinton CORIVAL 400, USA)를 8분씩 교대로 시행하고 3분씩 휴식기를 주면서 30분간 시행하였다. 운동강도는 심장재활 프로그램 전에 시행한 운동부하 검사를 통해 측정된 각 환자의 최대 심박수 및 안정시 심박수를 기준으로 여유심박수(heart rate reserve, HRR)를 계산하여 50에서 85%까지 단계적으로 증가시키면서 진행하였다. 목표 심박수는 Karvonen¹⁰의 공식을 이용하여 산출하였다.

Karvonen의 목표 심박수 산출 공식

목표 심박수 = (최대심박수-안정시 심박수) × (백분율) + 안정시 심박수

운동 강도는 운동시작 첫째 주에는 운동부하 검사에서 확인된 개개인의 최대 심박수의 50%, 둘째 주에는 60%, 셋째 주에는 70%, 넷째 주에서 열째 주까지는 최대 심박수의 80-85%로 하였다.

3단계 심장재활 프로그램은 2단계 운동프로그램이 종료되면서 바로 시작하여 가정이나 지역사회(헬스센터)에서 시행하였다. 운동강도는 여유심박수의 60-70%에서 시작하여 적응하도록 하였으며 외래에서 추적관찰을 하면서 단계별로 운동 처방을 받아 수행하도록 하였다. 운동시간은 준비운동과 정리운동 시간을 제외하고 30분 이상 하도록 하였다. 운동 빈도는 최소한 주 3회 시행하도록 하였고 경쟁심이 요구되는 스포츠 게임은 참가하지 않도록 하였다.

나. 운동부하 검사

운동군 및 대조군 환자들은 각자 수차례의 운동부하 검사를 받았으며 운동부하 검사로는 수정 브루스 프로토콜(modified Bruce protocol)¹¹을 이용한 점진적 증상 제한 운동부하 검사를 사용하였다(표 1).

표 1. 수정 브루스 프로토콜(modified Bruce protocol)

운동단계(3분간격)	경사도(% grade)	속도(mph ¹)
1단계	1.7	0
2단계	1.7	5
3단계	1.7	10
4단계	2.5	12
5단계	3.4	14
6단계	4.2	16
7단계	5.0	18
8단계	5.5	20

¹mph: mile per hour

운동군에서는 2단계 심장재활 프로그램을 시작하기 전후와 6개월에 운동부하 검사를 시행하였으며, 대조군은 초기와 6개월에 각각 검사를 받았다. 이를 위하여 12채널 실시간 운동부하 검사용 심전도 검사기 Q4500

및 호흡가스분석기 QMC(Quinton, USA), 자동 혈압 및 맥박 측정기 (Model 412, USA) 그리고 운동부하 검사용 트레드밀 (MedTrack ST55, Quinton, USA)를 사용하였다. 운동부하 검사시의 운동부하 방법은 수정 브루스 프로토콜을 이용하였고, 이때 안정 및 최대 운동 시의 심박수 및 혈압, 최대 및 최대하 심근 산소소모량(rate pressure product), 최대 산소소모량(maximal oxygen consumption, VO_{2max})을 기록하였다. 가스 분석은 Quinton metabolic cart(QMC™, USA)를 이용하여 20초 간격으로 분석하였고, 혼합 챔버방식(mixing chamber mode)을 사용하였다. 산소소모량(VO_2)과 호흡교환율(respiratory exchange ratio)을 20초 간격으로 측정하였다. 혈압 및 운동자각도는 각 운동단계 2분에 측정하였다. 약물투여는 운동부하 검사 및 운동 프로그램 중 중단하지 않고 지속하였다. 운동자각도는 6-20 Borg scale¹²을 이용하였다(표 2).

표 2. 운동자각도(Borg scale)

6	
7	전혀 힘들지 않다
8	
9	힘들지 않다
10	
11	보통이다
12	
13	약간 힘들다
14	
15	힘들다
16	
17	매우 힘들다
18	
19	매우 매우 힘들다

다. 지질검사

혈청 지질검사는 심장재활 시작 전후로 10시간 이상의 공복 상태에서 채혈하여 총콜레스테롤, 고밀도 지단백질, 저밀도 지단백질, 중성지방의 수치를 측정하였다.

라. 심실기능 및 관상동맥 혈관검사

심장재활 운동 전과 심장재활 운동 후 6개월에 경흉부 심장초음파를 시행하였으며 좌심실 이완기 말기 직경, 좌심실 수축기 말기 직경, 좌심실 구혈률(ejection fraction, EF%), 분획 단축(fractional shortening, FS), 국소벽 운동장애(regional wall motion abnormality) 점수를 측정하여 각각 비교 분석하였다.

관상동맥 조영술은 초기시술 및 시술 6개월 후에 시행하였다. 병변혈관은 관상동맥 조영술에서 50% 이상의 협착이 있는 혈관으로 설정하였으며 기준직경(reference diameter), 병변중심 직경(mean luminal diameter)을 전자 측정기(electric caliper)를 이용하여 혈관내경을 측정하였다. 관상동맥 내경은 두 명의 심장내과 전문의가 심장주기 및 관측각도를 동일하게 하여 혈관내경을 측정하였고, 운동군과 대조군의 협착직경률(%DS, residual diameter stenosis), 협착증가 정도, 재협착률(restenosis rate), 재관류률(target lesional revascularization)을 계산하여 비교 분석하였다.

3. 통계방법

본 연구의 통계처리는 운동군과 대조군사이의 운동능력과 심초음파소견 및 관상동맥 내경소견은 package SAS program에서 시간요소를 고려한 mixed procedure를 이용하여 비교하였다. 운동군 및 대조군내에서의 비교 변화는 Window용 SPSS/PC⁺ 10.0 통계 프로그램을 이용하여 paired t-test를 적용하였고, 대상수가 적은 대조군내의 비교는 Wilcoxon 부호 순위 검정을 적용하였다. 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 설정하였다.

III. 결 과

1. 연구 대상군의 일반적 특성

운동군과 대조군의 평균 나이는 각각 59.3 ± 9.7 세, 61.8 ± 8.9 세로 차이가 없었으며, 두 군 간의 성별은 운동군이 남자 29명, 여자 11명, 대조군은 남자 21명, 여자 8명으로 두 군사이의 남녀비율 차이는 없었다. 과거력에서 당뇨병, 고혈압, 흡연 등 허혈성 심장질환과 연관된 위험인자에서 두 군 간의 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$) (표 3).

운동군과 대조군의 진단은 대조군에서 불안정성 협심증의 비율이 많았으나 유의한 차이는 없었고, 두 군 간 약물복용의 차이도 없었으며, 관상동맥 조영술에서 혈관병변 수 및 혈관위치에 따른 두 군 간의 의미있는 차이는 없었다($p > 0.05$) (표 3).

표 3. 대상군의 임상특징 및 관상동맥 병변 소견

	운동군 (n=40)	대조군 (n=29)	p-value
나이 (years)	59.3±9.7	61.8±8.9	NS
성별(남 : 여)	29 : 11	21 : 8	NS
신장(cm)	163.1±8.5	160.9±11.4	NS
체중(kg)	66.2±9.8	64.9±10.6	NS
체질량지수 (kg/m ²)	24.8±2.2	25.1±3.8	NS
지질 (mg/dL)			
총 콜레스테롤	184.4±35.2	189.6±39.1	NS
고밀도 지단백질	45.6±11.4	46.7±11.3	NS
중성지방	166.9±81.4	146.8±83.1	NS
저밀도 지단백질	114.8±39.3	113.6±33.0	NS
과거력			
고혈압	27(68%)	17(64%)	NS
당뇨병	10(25%)	4(16%)	NS
흡연	26(65%)	15(60%)	NS
고지혈증	16(40%)	6(23%)	NS
약물복용			
Antianginal drugs	40(100%)	29(100%)	NS
Beta blockers	14(35%)	13(52%)	NS
ACE inhibitors	31(78%)	22(81%)	NS
Lipid lowering agents	20(50%)	16(58%)	NS
진단			
협심증	8(20%)	8(28%)	NS
불안정성 협심증	16(40%)	10(34%)	NS
심근 경색	16(40%)	11(38%)	NS
병변혈관수(개) (1:2:3)	18 : 18 : 4	13 : 13 : 3	NS
병변혈관			
RC ¹	18(45%)	13(58%)	NS
LAD ²	29(78%)	18(66%)	NS
LCx ³	13(35%)	9(36%)	NS

값은 평균±표준편차

¹RC : Rt. coronary artery

²LAD : Lt. anterior descending artery

³LCx : Lt. circumflex artery

2. 심장재활 운동 전후 혈류역학적 변화

가. 운동군과 대조군과의 혈류역학적 변화 비교

심장재활 운동 전의 운동군과 대조군의 초기 혈류 역학적 소견을 비교해보면, 최대 운동시간에서 평균 시간은 운동군 727 ± 177 초, 대조군 665 ± 149 초로 운동군이 더 길었으나 두 군 간의 유의한 차이는 없었다 ($p > 0.05$). 안정시 심박수(회/분)는 운동군이 73.4 ± 11.0 , 대조군이 69.3 ± 11.8 , 최대 산소소모량(ml/kg/min)은 운동군 25.9 ± 6.6 , 대조군 24.3 ± 6.5 으로 모두 운동군에서 높은 경향이 있었으나 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$). 안정시 이완기 혈압은 운동군이 대조군에 비하여 높게 나타났으나($p < 0.05$), 그 외 최대하 운동자각도, 뉴욕 심장협회(NYHA) 단계 등에서 두 군 간의 의미있는 차이는 없었다($p > 0.05$)(표 4).

초기 및 심장재활 운동 후 6개월 시점에서 두 군간의 운동부하 검사를 비교해보면, 안정시의 심박수는 운동군내에서만 분당 평균 73.4초에서 69.7초로 의미있게 감소하였고($p < 0.05$), 대조군은 69.3초에서 68.5초로 의미있는 차이가 없었다. 운동군과 대조군간의 비교에서는 안정시 심박수는 두 군 간의 유의한 차이는 없었으나 최대 심박수는 운동군이 대조군에 비해 증가한 것으로 나타났다($p < 0.05$). 안정시 및 최대 이완기 혈압은 운동군에서 대조군에 비하여 감소하는 경향이 있었으나 유의한 차이는 없었다. 최대 운동시간 및 최대 심근부담률, METs는 심장재활 운동 후 운동군에서 대조군에 비하여 유의하게 증가한 소견이 보였다($p < 0.05$). 동일강도에서의 최대하 심근부담률 및 최대하 운동자각도에서 운동군이 대조군에 비하여 의미있게 낮은 소견을 보였다($p < 0.05$). 운동능력의 지표인 최대 산소소모량에서 운동군이 25.9 ± 6.6 에서 30.2 ± 7.5 로 증가하였고 대조군에서는 24.5 ± 6.5 에서 23.5 ± 5.8 로 약간 감소하는 경향이 있었으며, 두 군 간의 비교에서 운동군이 대조군에 비하여 심장재활 운동 후 최대 산소소모량이 의미있게 증가하는 소견이 나타났다($p < 0.05$)(표 4).

표 4. 심장재활 운동 전후의 혈류역학적 변화

		운동군(n=40)		대조군(n=19)	
		초기	6개월 후	초기	6개월 후
심박수	안정시	73.4±11.0	69.7±12.1 [†]	69.3±11.8	68.5±9.6
	(beat/min) 최대	136.0±28.6	144.3±18.8*	123.5±19.7	122.4±32.6
수축기혈압	안정시	125.3±18.9	119.7±17.4	120.7±16.4	112.4±30.2
	(mmHg) 최대	190.7±27.8	188.8±28.0	180.3±35.2	181.6±41.1
이완기혈압	안정시	82.5±11.3	76.9±10.3	75.2±8.2	77.1±10.8
	(mmHg) 최대	83.2±13.0	80.9±12.6	76.5±10.5	77.9±12.1
심근부담률 ¹	최대	265.9±54.9	272.7±53.0*	232.0±72.8	213.5±78.4 [†]
	최대하	185.5±44.2	139.8±28.0 [†]	166.8±35.9	161.6±51.2
운동시간(sec)		727±177	867±132 ^{†*}	665±149	585±154
NYHA ²	단계	1.4±0.5	1.1±0.2 ^{†*}	1.5±0.7	1.4±0.7
최대하	운동자각도	10.8±2.0	8.7±1.9 ^{†*}	12.1±1.6	12.5±2.8
METs ³		7.4±1.8	8.6±2.2*	6.8±2.2	6.9±1.6
최대 산소소모량		25.9±6.6	30.2±7.5 ^{†*}	24.3±6.5	23.5±5.8

값은 평균±표준편차

¹심근부담률: 심박수×수축기혈압/100 (rate·mmHg/min)

²NYHA: New York Heart Association

³MET: Metabolic equivalent of the task(1 MET=3.5mL O₂ kg/min)

최대 산소소모량 단위: ml/kg/min

[†]: p<0.05: 동일군내의 비교

*: p<0.05: 운동군 vs 대조군

나. 운동군의 혈류역학적 변화

운동군내에서 초기 운동 및 운동 후 2개월, 6개월에서의 운동부하 검사를 통한 운동능력의 변화를 살펴보면, 심장재활 운동 후 2개월에 측정된 안정시 심박수, 3단계 심근 부담률, 3단계 운동자각도, 뉴욕 심장협회(NYHA) 단계는 의미있는 감소 결과가 나타났으며, 최대 운동시간, METs, 최대 산소소모량에서 의미있는 증가소견을 보였다(p<0.05). 심장재활 운동 후 2개월과 6개월에 시행한 검사결과 비교에서 6개월에 측정된 값이 2개월에 측정된 값보다 호전되는 경향을 보였으나 의미있는 차이가 없었다(p>0.05)(표 5).

표 5. 운동군의 심장재활 운동 전후 혈류역학적 변화

		초기	운동 2개월 후	운동 6개월 후
심박수	안정시	73.4±11.0	68.7±11.6 [†]	69.7±12.1
	(beat/min) 최대	136.0±28.6	142.1±18.6	144.3±18.8
수축기혈압	안정시	125.3±18.9	117.0±20.7	119.7±17.4
	(mmHg) 최대	190.7±27.8	188.3±27.9	188.8±28.0
이완기혈압	안정시	82.5±11.3	76.0±12.8	76.9±10.3
	(mmHg) 최대	83.2±13.0	79.2±14.1	80.9±12.6
심근부담률 ¹	최대	265.9±54.9	265.3±54.7	272.7±53.0
	최대하	185.5±44.2	137.5±31.1 [†]	139.8±28.0
운동시간(sec)		727.2±177.1	863.2±122.8 [†]	867.0±132.0
NYHA ² 단계		1.4±0.5	1.1±0.2 [†]	1.1±0.2
운동자각도(3단계)		10.8±2.0	8.7±1.8 [†]	8.7±1.9
METs		7.4±1.8	8.3±1.8 [†]	8.6±2.2
최대 산소소모량		25.9±6.6	29.2±7.5 [†]	30.2±7.5

값은 평균±표준편차

¹심근부담률: 심박수×수축기혈압/100 (rate·mmHg/min)

²NYHA: New York Heart Association

³MET: Metabolic equivalent of the task(1 MET=3.5mL O₂ kg/min)

최대 산소소모량 단위: ml/kg/min

[†]: p<0.05: 동일군내의 비교

3. 심장재활 운동 전후 혈청 지질의 변화

초기 운동군과 대조군의 혈청 콜레스테롤 수치에 차이는 없었다. 그러나, 심장재활 프로그램 6개월 후의 총 콜레스테롤(mg/dL) 평균값은 운동군 163.6±30.8, 대조군 206.9±25.2으로 의미있는 차이를 보였으며, 중성지방(mg/dL) 평균값은 운동군 142.3, 대조군 238.5이었고, 저밀도 지단백질(mg/dL) 평균값은 운동군 83.7, 대조군 105.6으로 운동군이 대조군에 비하여 의미있는 차이를 보였다(p<0.05). 고밀도 지단백질(mg/dL)에서는 평균값이 운동군 51.5, 대조군 53.6 으로 두 군 간의 유의한 차이는 없었다(p>0.05)(표 6).

표 6. 심장재활 운동 전후 지질의 변화

	운동군 (n=19)		대조군 (n=11)	
	초기	운동 6개월 후	초기	운동 6개월 후
총 콜레스테롤	184.4±35.2	163.6±30.8 [†]	189.6±39.1	206.9±25.2
고밀도 지단백질	45.6±11.4	51.5±16.9	46.7±11.3	53.6±6.7
중성지방	166.9±81.4	142.3±78.6 [†]	146.8±83.1	238.5±124.5
저밀도 지단백질	114.8±39.3	83.7±25.7 [†]	113.6±33.0	105.6±28.7

값은 평균±표준편차

지질단위: mg/dL

[†]: p<0.05: 운동군 vs 대조군

4. 심장재활 운동 전후 심초음파 소견의 변화

심장재활 운동 전후의 심초음파 소견에서는 운동군과 대조군에서의 이완기 및 수축기 좌심실말기 직경은 의미있는 차이가 없었다(p>0.05). 평균 좌심실 구혈률은 운동군에서 심장재활 운동 전 60.0±10.2에서 심장재활 운동 후 65.4±10.7로 운동전에 비하여 의미있는 차이를 보였으나 (p<0.05), 대조군과의 비교에서는 유의한 차이가 없었다. 분획 단축 및 좌심실의 심벽 움직임 평가를 평가하는 국소벽 운동장애 점수에서 두 군 간의 유의한 차이는 없었다(p>0.05)(표 7).

표 7. 심장재활 운동 전후 심초음파 소견의 변화

	운동군 (n=27)		대조군 (n=18)	
	초기	운동 6개월 후	초기	운동 6개월 후
좌심실말기 직경(cm)				
이완기	5.0±0.5	5.1±0.6	4.9±0.8	4.7±0.8
수축기	3.3±0.5	3.2±0.7	3.2±0.9	3.0±0.6
좌심실 구혈률(EF%)	60.0±10.2	65.4±10.7 [†]	62.7±10.6	64.5±8.6
분획 단축(%)	33.9±6.1	36.7±7.6	37.7±10.6	34.4±9.1
국소벽운동장애 점수	18.1±2.5	17.9±2.6	17.7±2.4	18.5±4.7

값은 평균±표준편차

[†]: p<0.05: 운동군내에서의 비교

5. 심장재활 운동 전후 관상동맥 조영술 소견의 변화

초기 관상동맥 조영술 소견에서 운동군은 18명 36혈관, 대조군은 11명 18혈관에서 50%이상 협착의 병변이 있었다. 병변혈관의 협착길이 (mm)는 운동군 및 대조군에서 평균 18.9 ± 8.8 와 19.0 ± 8.4 으로 두 군 간의 차이는 없었다. 두 군 간의 기준직경 및 병변중심 직경의 차이는 없었으며 협착직경률(Residual diameter stenosis, %DS)도 운동군 $69.9 \pm 16.9\%$, 대조군 $72.3 \pm 15.8\%$ 으로 유의한 차이는 없었다 ($p > 0.05$) (표 8).

관상동맥 성형술 직후와 심장재활 운동 6개월 후의 협착직경률의 변화는 운동군에서 25.2%에서 45.0%로, 대조군에서는 14.5%에서 54.1%로 각각 협착이 증가된 소견을 보였으나 평균 협착증가 정도는 운동군 19.9% 대조군이 39.5% 증가하여 운동군에서 협착증가 정도가 유의하게 감소된 소견을 보였다 ($p < 0.05$) (표 8).

표 8. 심장재활 운동 전후 관상동맥 조영술 소견의 변화

	운동군 (n=19)	대조군 (n=11)
병변혈관 수	36	18
스텐트 삽입혈관 수	21	14
병변 협착길이 (mm)	18.9 ± 8.8	19.0 ± 8.4
기준직경 (mm)	2.80 ± 0.60	3.05 ± 0.77
병변중심직경 (mm)	0.82 ± 0.47	0.80 ± 0.44
협착직경률 (%DS ¹)		
PTCA ² 시술 전	69.9 ± 16.9	72.3 ± 15.8
PTCA 시술 직후	25.2 ± 27.9	14.5 ± 23.1
심장재활 6개월 후	45.0 ± 16.9	54.1 ± 17.6
협착증가 정도 (%)	$19.9 \pm 28.5^\dagger$	39.5 ± 30.3

값은 평균 ± 표준편차

¹%DS: Residual diameter stenosis

²PTCA: Percutaneous transluminal coronary angioplasty

†: $p < 0.05$

스텐트를 삽입한 관상동맥에서 혈관의 협착직경률이 50%이상된 재협착 혈관은 운동군에서는 21혈관 중 6혈관이었고 대조군에서는 14혈관 중 10혈관이 재협착된 것으로 나타났으며 두 군 사이에서 재협착율이 의미있는 차이를 보였다($p<0.05$) (표 9). 관상동맥 조영술 추적검사에서 협심증 증상 또는 과도한 관상동맥 협착으로 재관류시술(target lesional revascularization, TLR)을 받은 경우는 운동군이 29%, 대조군은 50%으로 두 군 간의 의미있는 차이는 없었다($p>0.05$) (표 9).

표 9. 스텐트 삽입 혈관의 재협착 소견의 변화

	운동군 (n=19)	대조군 (n=11)
스텐트 삽입 혈관 수	21	14
협착직경률 (%DS ¹)		
PTCA ² 시술 전	79.7±14.0	77.5±13.7
PTCA 시술직후	3.1±8.7	3.3±8.6
심장재활 6개월 후	40.4±21.4	56.3±19.5
협착증가 정도 (%)	37.3±23.2	53.1±17.7
재협착 혈관 수	6	10
TLR ³ 혈관 수	6	7
재협착률 (%)	6/21 (29%) [†]	10/14 (71%)
재관류율 (%)	6/21 (29%)	7/14 (50%)

값은 평균±표준편차

¹%DS: Residual diameter stenosis

²PTCA: Percutaneous transluminal coronary angioplasty

³TLR: Target lesional revascularization

[†]: $p<0.05$

IV. 고 찰

유산소 운동은 심장 및 골격근, 혈관에서 다양한 생리적 적응을 유발하는데 최대 운동 시간 동안 동맥과 정맥사이의 산소량 차이가 커지고, 심근과 골격근에 기질의 전달 능력이 향상된다.¹³ 그리고, 유산소 운동은 최대 심박출량을 증가시킬 뿐만 아니라 좌심실의 수축기 능력을 향상시키고 최대 심박수와 1회 박출량을 증가시킨다. 최대하 운동강도에서 낮은 심박수에서 높은 부하의 운동을 할 수 있게 하고, 최대 산소소모량의 증가를 가져온다.^{14,15} 허혈성 심장질환 환자들의 질병의 재발과 이로 인한 사망률이 일반인에 비해 높게 나타나고 있는 가운데 운동부하 검사는 이러한 심혈관계사건을 예측하는데 유용하게 활용되고 있으며 지속적인 유산소 운동을 통한 심장재활은 심폐반응과 기능을 개선시켜 일상생활로의 빠른 복귀를 가능하게 한다.¹ 또한, 심장재활 운동은 체구성비를 개선시키고 심장의 작업능력의 지표라 할 수 있는 최대 산소섭취량을 증가시켜 동일 운동강도에 대한 심근부담률과 자각 증상을 감소시킴으로 심혈관계 질환의 2차 예방이라는 측면에 기여한다.² 심장재활 운동에 의하여 개선되는 운동 능력의 변화는 심장 자체의 중심성 효과보다는 말초성 효과가 더 큰 것으로 알려져 있는데, 이는 유산소 운동을 통하여 말초 근육에서 유산소계 효소수와 미토콘드리아의 수 및 크기가 증가되고 더 활성화되며 마이오글로빈 수치와 증가, 횡문근으로의 모세혈관의 증가 등을 통하여 산소를 더 효율적으로 이용하게 함으로써 가능한 것으로 밝혀져 있다.^{16,17,18} 따라서, 심장혈관 질환 환자에서 유산소 운동을 포함한 심장재활 프로그램은 기능적 능력의 향상을 가져오고, 삶의 질에 대한 자기만족도를 증가시키며 심장혈관 질환에 의한 사망률을 감소시킨다.^{17,18}

허혈성 심장질환 환자를 건강한 사람과 비교한 연구에서는 지구력 운동으로 환자군에서 보다 좋은 최대 산소소모량의 증가를 볼 수 있다.¹⁸ 이는 정상인에 비해 운동 초기의 저하된 운동능력 때문에 향상될 높은 가능성을 가지고 있고, 정상적인 치유과정도 포함하고 있기 때문으로 추정하고 있다.¹⁹

심근 산소소모량은 심박수와 수축기 혈압의 곱인 심근부담률(rate pressure product)로 나타내며 이는 심장근육의 산소소모량을 간접적으로 용이하게 측정하는 지표이다. 이것은 심장에 가해지는 부담 정도를 나타내며

수치가 증가할수록 심근의 에너지 효율이 떨어짐을 의미한다. 일반적으로 운동 중 심근의 허혈성은 동일한 심근부담률에서 나타나므로 심근부담률은 협심증 역치와 밀접한 연관이 있고, 심근부담률의 감소는 환자의 협심증 발생을 방지하는데 중요한 역할을 한다.¹ 본 연구에서 운동군내에서 심장재활 운동 후 최대하 심근부담률이 의미있게 낮게 나타났다 ($p < 0.001$). 하지만 운동군과 대조군과의 비교에서는 낮아진 경향은 보였으나 유의한 차이는 나타나지 않았다. 이는 대조군에서도 관상동맥 성형술 후 심근부담률이 심장의 정상적인 치유과정으로 자연적인 회복의 영향을 받았던 것으로 추정되나 심장재활 운동 후 6개월에 검사된 대조군의 대상이 적어 검사값의 변이가 크게 나타난 것도 영향을 준 것으로 생각된다.

일반적으로 심장질환 환자에서 유산소 운동 후 안정시 및 최대하 운동시 심박수는 감소하나 최대 심박수에는 변화가 없는 것으로 알려져 있다,²⁰ 본 연구에서는 운동군에서 안정시 심박수는 감소하여 Moldover 등의 연구 결과와 일부 일치하였으나,²¹ 최대 심박수는 증가하여 다른 결과를 보였다. 이는 심장재활 초기에 환자들이 심장기능의 회복 중으로 완전히 조건화가 되지 않은 것과 심장재활 운동 후의 두번째 검사에 대하여 적응 효과가 있었던 것으로 생각된다.

허혈성 심장질환 환자들은 여러 종류의 약을 복용한다. 약물을 복용한 후 짧은 시간 내에 수행하는 운동에 비하여 몇 시간이 지난 후에 수행하는 운동은 더 높은 심박수가 조장될 수 있기 때문에 약물 복용후 일정한 시간대에 운동을 수행하는 것이 바람직하다고 한다.²² 간혹 정리운동을 시행하지 않은 경우 하지에 혈액이 저류되고, 정맥 순환이 감소하여 이차적으로 심박출량이 감소함에 따라 저혈압이 더욱 악화될 수 있으므로 심폐질환 환자는 운동 수행 시 반드시 정리운동을 시행하여야 한다.²² 특히 혈관이완제, ACE inhibitor 등은 운동 후 저혈압을 악화시킬 수 있기 때문에 정리운동은 필수적이다. 본 연구에서는 운동군에서 약물 복용 2시간 후 운동을 수행하였고, 정리운동을 10분 이상 하도록 하였다.

운동의 힘든 정도 및 운동강도를 표현할 때 심박수, 산소소모량의 절대적인 값보다 개개인의 운동부하 검사를 통해 측정된 최대 여유심박수 및 최대 산소소모량의 상대적인 백분율과 운동자각도를 이용하는 것이 합리적이다. 특히 운동자각도인 Borg scale은 개개인의 차이가 있지만 운동

부하 검사간의 차이가 적고, 운동부하 검사 시 느끼는 피로도와 일상생활에서 느끼는 피로도와 일치하는 장점을 가지고 있다. 그러므로 동일 운동 단계에서 심장재활 후 낮아진 운동자각도 소견을 보이는 것은 일상생활 속에서 같은 강도의 일을 할 때 힘든 정도가 낮다는 것을 의미한다고 볼 수 있다. 기존의 연구에 의하면 상대적인 심박수와 상대적인 산소소모량의 관계는 일정한 연관성이 있다고 하였는데,¹⁹ 본 연구에서도 심장재활 후 최대하 운동강도에서 운동군이 대조군에 비하여 운동자각도가 의미있게 감소하였고, 이러한 결과는 최대하 운동강도에서 낮아진 피로도로 동일한 운동을 수행할 수 있음을 의미한다. 그러므로, 심장질환 환자들은 흉통, 호흡곤란, 피로와 같은 여러가지 증상들에 있기에 심장재활을 통한 피로도의 감소는 환자들로 하여금 보다 활동적인 신체활동을 할 수 있게 만든다.

유산소 운동은 관상동맥 혈류량을 증가시켜 심근의 산소공급을 원활하게 하고 심장기능을 향상시키며 심박출량을 증가시키고 최대 산소섭취량을 증가시킨다고 하였다.⁵ 본 연구에서도 심장재활 운동군이 대조군에 비하여 최대 운동시간, 최대 산소소모량, 최대 심근부담률에서 운동군이 대조군에 비하여 유의한 증가소견을 보였다. 또한 본 연구에서는 심장재활 운동군에서 운동능력의 호전시기를 알아보기 위하여 심장재활 운동 후 2개월과 6개월에 각각 운동부하 검사를 시행하여, 심장재활 운동 전 초기 및 운동 후 2개월, 6개월에서의 운동능력의 변화를 살펴보았다. 심장재활 운동 후 2개월에 측정된 안정시 심박수, 뉴욕 심장협회 단계, 최대하 심근 부담률, 최대하 운동자각도에서 의미있는 감소 결과가 나타났으며 최대 운동시간, METs, 최대 산소소모량에서 의미있는 증가소견을 보였다. 심장재활 운동 후 2개월과 6개월의 결과를 비교하면 운동능력 지표가 호전되는 경향을 보였으나 유의한 차이는 없었는데, 이는 운동능력의 주된 호전반응은 심장재활 운동 2개월이내에 나타남을 알 수 있다. 이후의 운동은 증가된 운동능력의 지속적 유지에 도움을 주는 것으로 생각된다.

Andres 등은 심장재활 운동이 허혈성 심장질환의 진행을 늦추는데, 관상동맥 질환의 위험인자를 조절하며 특히 유산소 운동의 효과는 혈청내 콜레스테롤의 조절에 도움이 된다고 하였다.²³ 관상동맥의 동맥경화증은 협심증 및 심근 경색을 유발시킬 수 있고, 저밀도 지단백질은 동맥경화를 유발하는 지단백질로 작용하고, 고밀도 지단백질은 그에 반대작용을 한

다. Heath 등은 관상동맥 질환자에서 심장재활 후 운동능력의 지표인 최대 산소소모량의 증가 뿐 아니라 총 콜레스테롤, 저밀도 지단백질 및 중성지방의 수치가 감소되고 고밀도 지단백질의 수치가 증가함을 보고하였다.²⁴ Philip 등은 관상동맥질환 환자 중 3개월간 심장재활 운동의 수행여부에 따른 지질의 변화에서 운동군이 대조군에 비하여 저밀도 지단백질이 의미있게 낮아짐을 보고한 바 있다.²⁵ 본 연구에서도 6개월간 심장재활 운동 전후의 운동군과 대조군의 지질 수치를 비교했을 때 총 콜레스테롤, 저밀도 지단백질 및 중성지방의 수치가 의미있게 감소하였다. 그러나 고밀도 지단백질은 운동군과 대조군에서 이전의 연구들과 달리 증가하는 경향은 있었으나 두 군 간의 유의한 차이는 없었다.

심장질환 환자의 안정시나 운동상황에서의 심전도 자료와 혈류역학적 변인 기록들, 그리고 심장초음파를 통한 심실기능 즉 좌심실 구혈량, 심박출량, 심실용적, 심실내압, 심실크기, 심실벽운동 등의 자료들은 심장질환의 진단, 처방 및 재활에 유용하게 활용된다. Keteyian 등은 대부분의 심장질환은 좌심실 구혈량의 감소와 좌심실 이완 및 수축기능이 저하되는데 장기간의 유산소 운동이 환자들의 최대 산소소모량을 증가시켜 주기 때문에 생존율을 높여준다고 하였다.²⁶ 또한, Andres 등도 심장질환자의 좌심실 이완 말기 혈액량과 심박출량을 증가시켜서 최대 산소소모량이 증가되어 심장질환의 진행을 느리게 한다고 하였다.²³ 하지만, Lee 등은 심장재활 유산소운동이 운동능력의 회복에는 도움이 되지만 이러한 운동능력의 회복이 실제 심실기능의 호전과는 연관이 없다는 보고를 한 바 있다.²⁷ 본 연구에서는 좌심실 구혈률에서 운동군과 대조군에서 심장재활 전후로 모두 증가하는 경향을 보였으나, 운동군에서만 심장재활 운동 전후로 유의한 증가가 있었다. 이는 Chau 등이 2,3 단계 심장재활 후 좌심실 구혈률이 증가한 결과와 일치한다.²⁸ 대조군과의 비교에서 유의한 차이가 없었던 것은 좌심실기능의 호전이 유산소운동 뿐 아니라 다른 인자 즉 관상동맥 성형술, 약물치료, 위험인자 조절 등 다양한 인자들에 의해서 영향을 받는 것에 기인하는 것으로 생각된다.

허혈성 심장질환 환자에서 심장재활 운동의 수행이 관상동맥질환의 진행에 긍정적인 결과를 나타내는지에 대하여는 아직 의문이 많다. Hambrecht 등은 초기 허혈성 심장질환 환자에서 초기 및 12개월째에 관상동맥 조영술로 추적관찰한 결과에서 운동군이 대조군에 비하여 협착

의 진행을 늦추며 일부 호전되는 결과를 보고하였다.⁸ Belardinelli 등은 관상동맥 성형술 후 심장재활운동 여부에 따른 혈관내경 추적검사를 시행하였는데 운동군에서 대조군에 비하여 기능적인 운동능력에 호전 및 관상동맥 협착증가 정도를 감소시키지만 재협착율(restenosis rate)에는 영향이 없는 것으로 보고하였다.⁹ 본 연구에서도 관상동맥 협착소견의 비교에서 운동군과 대조군 모두에서 협착이 진행된 것으로 나타났으나 운동군이 대조군에 비하여 협착증가 정도는 의미있게 감소된 소견이 나타났다. 하지만 본 연구에서는 스텐트 삽입혈관의 재협착율은 Belardinelli 등의 연구와 달리 운동군 29%, 대조군이 71%로 운동군이 의미있게 낮은 소견을 보였다. 이러한 결과로 보아 운동군에서 관상동맥 혈관의 호전은 유산소 운동을 포함한 심장재활 운동이 관상동맥질환의 여러 위험인자들의 조절에 도움이 되어 협착의 진행예방에 도움이 된 것으로 생각된다. Haverkate F 등은 허혈성 심장질환 환자중 고위험군에서 6주간의 심장재활 프로그램후 C-reactive protein 농도가 35%의 감소를 보고한 바 있는데,²⁹ 본 연구의 결과도 운동으로 인한 항염증효과가 협착예방에 도움이 된 것으로 생각되나 이에 대한 전향적인 연구가 필요할 것이다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 운동군은 대조군에 비하여 각 개인의 치료에 대한 적극성이 있는 것으로 생각되는데 이는 대조군보다 심리 행동적인 면에 긍정적인 영향으로 작용하였을 것으로 생각된다. 또한, 운동을 하지 않았던 대조군에서 운동군에 비해 치료에의 의지가 적어 약물 복용 순응도(drug compliance)가 감소되고 위험인자 조절 및 생활방식의 조절의 정도도 미흡한 점이 많았을 것으로 추정되는데, 본 연구에서는 이에 대한 영향을 통제하기 어려웠다. 둘째, 대조군에서는 2개월째 기간의 운동부하 검사를 시행하지 못함으로써 6개월 추적검사기간 동안 운동능력의 변화를 확인할 수 없어 운동군과 심장재활 후 기간에 따른 비교가 어려웠다. 셋째, 운동군에 비하여 대조군에서는 각 검사항목의 수행률이 낮아 실제 통계 비교에서 대상의 적은 바 본 연구의 결과를 일반화시키는 것은 한계가 있을 것으로 생각된다. 앞으로 보다 많은 대조군을 통한 비교 연구가 필요할 것이다.

V. 결 론

본 연구는 허혈성 심장질환 환자들을 대상으로 급성기를 벗어난 직후부터 유산소 운동을 포함한 심장재활 프로그램 2, 3단계의 수행유무에 따라 허혈성 심장질환 환자에서 운동 부하검사 및 대사 및 혈청 지질변화, 심 초음파 및 관상동맥 조영술 후 운동 수행능력과 심장의 기능적, 구조적 평가를 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 심장재활 프로그램을 수행한 운동군에서 대조군에 비하여 최대 운동시간, 최대하 심근부담률, 최대하 운동자각도, 최대 산소소모량에서 의미있는 호전 반응을 보였다.
2. 심장재활 운동 전후 혈중 지질의 변화는 운동군이 대조군에 비하여 총 콜레스테롤, 저밀도 지단백질, 중성지방의 혈청 농도가 의미있게 감소하였다.
3. 심초음파를 이용한 좌심실의 기능평가에서 운동군은 심장재활 운동 전후 좌심실 구혈률이 유의하게 증가하였으나 대조군과의 비교에서는 차이가 없었다.
4. 관상동맥 조영술을 통한 관상동맥의 협착 정도는 운동군에서 대조군에 비하여 심장재활 운동 후 협착증가 정도가 의미있게 감소된 소견을 보였다.
5. 스텐트 삽입 관상동맥의 재협착률은 대조군에 비하여 운동군에서 심장재활 운동 후 의미있게 낮은 소견을 보였으나 재관류률은 차이가 없었다.

결론적으로 허혈성 심장질환 환자에서 심장재활 운동의 수행은 운동능력의 향상을 가져오고, 혈청 지질대사, 좌심실기능의 호전 및 관상동맥의 협착증가 정도를 감소시키는 것으로 보아 심장재활 운동을 통한 적절한 유산소 운동이 관상동맥 질환의 여러 위험인자의 조절에 도움이 되는 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Fletcher GF, Balady GJ, Amsterdam EA, Chaitman B, Eckel R, Fleg J, et al. Exercise standards for testing and training: A statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation* 2001;104:1694-1740.
2. American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 5th ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1995.
3. Buttrick PM, Scheuer J. Exercise and the heart. In: Schlant RC, Alexander RW, editors. *Hurst's the heart*, 8th ed, New York: McGraw-Hill; 1995. p.359-361
4. Sharkey BJ, Graetzer DG: Specificity of exercise, training and testing. In: ACSM's Resource manual for guidelines for exercise testing and prescription, 2nd ed, Philadelphia: Lea & Febiger; 1993. p.82-92
5. 추진아,홍경표,제세영,홍선희,박원하,조병렬. et al. 심근경색증 환자에 있어서 심장재활의 효과. *순환기* 1997;27: 3: 342-349
6. Oberman A, Cleary P, LaRosa JC, Hellerstein HK, Naughton J. Changes in risk factors among participants in long-term exercise rehabilitation program. *Adv Cardiol* 1982; 31:168-175, 1982
7. Cannistra LB, Davidoff R, Picard MH, Balady GJ. Moderate-high intensity exercise training after myocardial infarction: effect on left ventricular remodeling. *J cardiopulm Rehabil* 1999; Nov-Dec :19(6):373-80.
8. Hambrecht R, Niebauer J, Marburger C, Grunze M, Kalberer B, Hauer K, et al. Various intensities of leisure time physical activity in patients with coronary artery disease: Effect on cardiorespiratory fitness and progression of coronary atherosclerotic lesions. *Am J Cardiol* 1993; 22: 468-77
9. Belardinelli R, Paolini I, Cianci G, Piva R, Georgiou D, Purcaro

- A. Exercise training intervention after coronary angioplasty: the ETICA trial. *J Am Coll Cardiol* 2001; Jun 1;37(7) :1891–1900
10. Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O. The effect of training on heart rate: a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn* 1957;35:307–315.
 11. Bruce RA, Kusumi F, Hosmer D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *American Heart Journal* 1973;85(4):546–562.
 12. Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales. 1st ed. Champaign: Human kinetics; 1998.
 13. Ades PA. Cardiac rehabilitation and secondary prevention of coronary heart disease. *N Engl J Med* 2001;345:892–902.
 14. Brannon FJ, Foley MW, Star JA, Saul LM(eds). Physiologic adaptations to aerobic exercise. In: *Cardiopulmonary rehabilitation*, 3rd ed, Philadelphia: FA Davis Company; 1998. p.73,76–77
 15. Holloszy JO. Biochemical adaptations in muscle: effects of exercise on mitochondrial oxygen uptake and respiratory enzyme activity in skeletal muscle. *J Bio Chem* 1967; 242: 2278–2282
 16. Scheur J, Tipton CM. Cardiovascular adaptations to physical training. *Ann Rev Physical training. An Rev Physiol* 1997; 39: 221–251
 17. O'Connor GT, Buring JE, Yusuf S, Goldhaber SZ, Olmstead EM, Paffenbarger RS Jr, et al. An overview of randomized trials of rehabilitation with exercise after myocardial infarction. *Circulation* 1989; 80:234–244.
 18. Oldbrige NB, Guyatt GH, Fischer ME, Rimm AA. Cardiac rehabilitation after myocardial infarction: combined experience

- of randomized clinical trials. JAMA 1988;260:945–950.
19. Pollock ML, Lowenthal DT, Foster C, Pels AE, Rod J, Stoiber J, et al. Acute and chronic responses to exercise in patients treated with beta blockers. J Cardiopulm Rehabil 1991; 11 :132–144.
 20. Meyer K, Samek, L, Pinchas A, Baier M, Betz P & Roskamm H. Relationship between ventilatory threshold and onset of ischaemia in ECG during stress testing. European heart journal 1996; 16(5):623–30.
 21. Moldover JR, Stein J. Cardiopulmonary physiology. In: Doweck JA, Myers SJ, Gonzalez EG, Lieberman JS editors. The physiologic basis of rehabilitation medicine, 2nd ed, Stonhem: Butterworth–Heinemann; 1994. p.134–135
 22. Bryant PR. Exercise and sports in person with medical illness: Guidelines and precaution. In: Buschbacher RM, Bradodom RL, editors. Sport medicine and rehabilitation, 1st ed, Philadelphia: Hanley & Belfus; 1994. p.281
 23. Andres GD, Timothy DN, Helen J, Liz D. Effect of myocardial ischemia on left ventricular function and adaptability to exercise training. Med Sci Sports Exerc. 1999; 31;8:1094–1101
 24. Heath GW, Ehsani AA, Hagberg JM, Hinderliter JM, Goldberg AP. Exercise training improves lipoprotein lipid profiles in patients with coronary artery diseases. American heart journal 1983; 105;6:889–894.
 25. Philip AA, Patrick DS, Eric TP, Martin B, Karen FM, Robert C. Lipid lowering in the cardiac rehabilitation setting. J Cardiopulm Rehabil 1999; 19;4:225–260.
 26. Keteyian SJ, Levine AB, Brawner CA, Kataoka T, Rogers FJ, Schairer JR, et al. Exercise training in patients with heart failure. A randomized, controlled trial. Ann Intern Med

1996;5;124(12):1051-7

27. Lee AP, Blessey R, Sanmarco ME. Long term effects of physical training on coronary patients with impaired ventricular function. *Circulation* 1979; 60;7;1519-1526
28. Chau j, Yu CM, Cheung BM, Lam KB, Fong YM, Ho YY, et al. Effect of active cardiac rehabilitation program on functional and clinical status of atients after AMI or PTCA. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 2000; 27;1;A1
29. Haverkate F, Tompson SG, Pyte SD, Gallimore JR, Pepys MB. Production of C-reactive protein and risk of coronary events in stable and unstable angina. *Lancet* 1997; 349;462-6.

Abstract

The effectiveness of cardiac rehabilitation on exercise capacity, ventricular function and changes of coronary artery in patients with ischemic heart disease

Jae Ki Ahn

*Department of Medicine
The Graduate School, Yonsei University*

(Directed by Professor Jae Ho Moon)

A cardiac rehabilitation(CR) program including activity of daily living and aerobic exercise is necessary to improve the cardiopulmonary function as well as the functional ability of patients with ischemic heart diseases. we investigated the effect of aerobic exercise-based cardiac rehabilitation on exercise capacity, ventricular function and changes of coronary artery in patients who received percutaneous transluminal coronary angioplasty(PTCA).

The subjects who enrolled in this study were 69 coronary artery disease patients who had been treated with PTCA. They were divided into two groups: 40 patients in the exercise training group and 29 patients in control group. The exercise group performed aerobic exercise for 6months(CR Phase II and III) and control group did not. The exercise intensity was increased gradually from 50% to 85% of the heart rate reserve. Before and after 6 months, the both groups took a symptom limited graded exercise test using modified Bruce protocol, echocardiography and coronary angiography. The respiratory gas analysis was also carried out throughout the exercise test. In addition, the blood

pressure, heart rate, possible exercise time, rate pressure product(RPP), oxygen consumption and the rating of perceived exertion(RPE) were measured.

The results showed that, in exercise group, the maximal exercise time, the maximal RPP, the maximal oxygen consumption were significantly higher after CR compared to the control group($p<0.05$). The submaximal RPP and submaximal RPE were significantly lower after CR in exercise group compared to the control group($p<0.05$). In the lipid profiles, the serum levels of total cholesterol, triglyceride and low-density lipoprotein were significantly lower in exercise group than in the control group($p<0.05$). In the echocardiography, although the ejection fraction was significantly higher after CR in exercise group($p<0.05$), however there was no significant difference between exercise group and control group($p>0.05$). The angiographic restenosis rate, in exercise group, was significantly lower after CR compared to the control group($p<0.05$). The residual diameter stenosis was significantly lower in exercise group compared to the control group($p<0.05$).

In conclusion, our findings indicate that cardiac rehabilitation results in not only the significant improvement of functional capacity but also decreased restenosis rate of coronary artery in patients with ischemic heart disease.

Key Words: cardiac rehabilitation, coronary angiography, ischemic heart disease, maximal oxygen consumption