

관상 동맥 질환의 Phase II 심장재활
프로그램에서 운동반응에 대한 베타
차단제의 영향

연세대학교 대학원

의 학 과

방 인 결

관상 동맥 질환의 Phase II 심장재활
프로그램에서 운동반응에 대한 베타
차단제의 영향

지도교수 신 지 철

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2003년 6월 일

연세대학교 대학원

의 학 과

방 인 결

방인걸의 석사 학위논문을 인준함

심사위원_____인

심사위원_____인

심사위원_____인

연세대학교 대학원

2003년 6월 일

감사의 글

본 논문을 완성하기까지 모든 방면에 끊임없는 격려와 세심한 배려로 지도해 주신 신지철 지도교수님께 깊은 감사를 드리며, 또한 많은 관심과 격려로써 도움을 주신 백광세 교수님, 박은숙 교수님께 진심으로 감사드립니다. 연구 진행에 많은 도움을 주신 인제대학교 김철 교수님께도 진심으로 감사드립니다.

끝으로 무한한 사랑으로 용기를 주신 부모님께 감사드리며 항상 곁에서 힘이 되어준 아내에게 이 기쁨을 드립니다.

저 자 씬

차 례

국문요약	1
I. 서론	3
II. 재료 및 방법	5
1. 연구대상	5
2. 연구방법	7
3. 통계방법	10
III. 결과	11
1. 최대 운동능력의 변화	11
가. 최대 도달 가능한 운동단계	11
나. 최대 운동시간, 최대 산소소모량, 최대 호흡교환율	11
2. 안정시와 최대 운동시 혈류 역학적 변화	13
가. 안정시 심박수	13
나. 최대 심박수	13
다. 안정시 수축기 혈압	13
라. 최대 수축기 혈압	14
마. 최대 심근부담율	14
3. 최대하 운동시 혈류 역학적 변화	15
가. 최대하 심박수	15
나. 최대하 수축기 혈압	16
다. 최대하 심근부담율	17
4. 최대하 운동시 산소소모량의 변화	18

5. 최대하 운동시 상대적 운동강도 및 운동자각도의 변화	19
가. 최대 산소소모량 백분율	19
나. 여유심박수 백분율	19
다. 운동자각도	19
IV. 고찰	21
V. 결론	26
참고문헌	28
영문요약	30

표 차례

표 1. 대상군의 일반적 특징	5
표 2. 수정된 브루스 프로토콜	7
표 3. 6-20 Borg scale	8
표 4. 최대 도달 가능한 운동단계	11
표 5. 최대 운동시간, 최대 산소소모량, 최대 호흡교환율	12
표 6. 안정시와 최대 운동시 혈류 역학적 변화	14
표 7. 최대하 심박수에 대한 베타 차단제의 영향	15
표 8. 최대하 수축기 혈압에 대한 베타 차단제의 영향	16
표 9. 최대하 심근부담율에 대한 베타 차단제의 영향	17
표 10. 최대하 산소소모량에 대한 베타 차단제의 영향	18
표 11. 상대적 운동강도 및 운동자각도에 대한 베타 차단제의 영향	20

관상 동맥 질환의 Phase II 심장재활 프로그램에서 운동 반응에 대한 베타 차단제의 영향

관상 동맥 질환 환자에서 유산소 운동을 포함한 심장재활 프로그램은 심폐기능 및 기능적 능력을 향상시킨다. 그런데 베타 차단제의 지속적인 투여가 관상 동맥 질환에서 사망률을 감소시킨다고 알려진 반면 심장재활을 통한 운동능력 향상에 미치는 영향에 대해서는 논란이 있다. 이에 본 연구에서는 phase II 심장재활 전후의 운동능력 및 혈류 역학적 변화에 베타 차단제가 미치는 영향에 대해서 알아보하고자 하였다.

연구대상은 경피적 관상 동맥 성형술을 시술받은 관상 동맥 질환 환자 32명으로 베타 차단제 비투여군인 대조군 16명과 베타 차단제 투여군 16명으로 나누었다. 6주간의 Phase II 심장재활 프로그램 동안 여유심박수의 40에서 85%까지 단계적으로 운동강도를 높여 트레드밀과 바이크를 이용한 유산소 운동을 시행하였고, 그 전후로 수정된 브루스 프로토콜에 따른 점진적 증상 제한 운동부하 검사를 시행하였다. 혈압, 심박수, 심근부담율, 산소소모량, 호흡교환율, 운동자각도, 운동시간, 도달 가능한 운동 단계를 측정하여 심장재활 전후를 비교하였고, 베타 차단제 투여 유무에 따라 비교하였다.

연구결과 최대 도달 가능한 운동단계, 최대 운동시간 및 최대 산소소모량은 심장재활 후에 대조군, 베타 차단제 투여군 모두에서 유의하게 증가하였다($p < 0.05$). 최대 도달 가능한 운동단계, 최대 운동시간 및 최대 산소소모량은 심장재활 전 및 후 모두에서 대조군과 베타 차단제 투여군 간에 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 호흡교환율은 심장재활 전후 및 베타 차단제 투여 유무에 따라 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

심장재활 전 안정시 심박수, 최대 심박수는 베타 차단제 투여군이 대조군보다 유의하게 낮았고($p < 0.05$), 안정시 수축기 혈압, 최대 수축기 혈압, 최대 심근부담율은 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 심장재활 후에 안정시 심박수, 최대 심박수, 최대 심근부담율은 베타 차단제 투여군이 대조군보다 유의하게 낮았고($p < 0.05$), 안정시 수축기 혈압, 최대 수축기 혈

압은 유의한 차이가 없었다($p>0.05$). 베타 차단제 투여군에서 심장재활 후에 안정시 심박수는 심장재활 전보다 유의하게 감소하였고($p<0.05$), 대조군에서 심장재활 후에 최대 심박수는 심장재활 전보다 유의하게 증가하였다($p<0.05$).

최대하 심박수, 최대하 심근부담율은 심장재활 전후 비교에서 심장재활 후에 대조군 및 베타 차단제 투여군 모두에서 유의하게 감소하였다 ($p<0.05$). 심장재활 전에 최대하 심박수는 베타 차단제 투여군이 대조군보다 유의하게 낮았고($p<0.05$), 심장재활 전에 최대하 심근부담율은 두 군간에 유의한 차이가 없었다($p>0.05$). 심장재활 후에 최대하 심박수 및 최대하 심근부담율은 베타 차단제 투여군이 대조군보다 유의하게 낮았다 ($p<0.05$). 최대하 수축기 혈압, 산소소모량은 베타 차단제 투여군과 비투여군간에 유의한 차이가 없었다($p>0.05$). 최대하 수축기 혈압은 심장재활 전후 비교에서 심장재활 후에 베타 차단제 투여군의 운동부하 검사 1, 2, 3, 4단계에서, 대조군의 운동부하 검사 2단계에서 유의하게 감소하였다($p<0.05$). 최대하 산소소모량은 심장재활 전후 비교에서 심장재활 후에 베타 차단제 투여군의 운동부하 검사 1, 2, 3단계에서, 대조군의 운동부하 검사 1, 2단계에서 유의하게 감소하였다($p<0.05$).

최대하 운동강도의 여유심박수 백분율, 최대 산소소모량 백분율, 운동자각도는 심장재활 전후 비교에서 심장재활 후에 대조군, 베타 차단제 투여군 모두에서 유의하게 감소하였다($p<0.05$). 두 군간 비교에서 베타 차단제 투여군이 대조군보다 심장재활후 운동부하 검사 1, 2단계에서 여유심박수 백분율이 유의하게 증가하였다($p<0.05$).

결론적으로 관상 동맥 질환 환자들은 phase II 심장재활 후 베타 차단제의 사용 유무와 상관없이 최대하 동일 운동부하에서 낮은 심박수, 낮은 상대적 운동강도, 낮은 운동자각도내에서 운동을 수행할 수 있었으며, 최대 운동능력의 향상을 보였다. 베타 차단제는 최대하 운동부하에서 협심증 역치와 밀접한 연관이 있는 심근부담율을 낮춤으로써 심장에 긍정적인 영향을 미치는 것을 고려할 때, 베타 차단제는 관상 동맥 질환 환자에서 운동능력의 향상에 영향을 주지 않고 심장재활 프로그램동안 광범위하게 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

핵심되는 말: 베타 차단제, 심장재활, 관상 동맥 질환

관상 동맥 질환의 Phase II 심장재활 프로그램에서 운동반응에 대한 베타 차단제의 영향

<지도교수 신 지 철>
연세대학교 대학원 의학과
방 인 결

I. 서론

관상 동맥 질환은 신체적 활동을 제한하는 중요한 장애의 원인이지만 규칙적인 운동은 사망률을 감소시키고, 재발에 대한 이차적 예방에 효과적이며, 기능적 능력을 향상시킨다. 심장질환 환자에서 트레드밀(treadmill)과 바이크(bike)를 이용한 유산소운동은 심폐기능을 개선시켜 일상생활로의 빠른 복귀를 유도하고, 동일한 운동강도에서 보다 낮은 심장근육의 부담하에 운동을 수행할 수 있게 한다. 심장재활의 운동요법은 심박출량을 증가시키고, 심장의 기능을 향상시키며 최대 산소소모량을 증가시킨다.¹ 관상 동맥 질환을 대상으로 일정기간 동안의 심장재활 프로그램의 효과에 대한 많은 긍정적인 논문들이 발표되어 왔다.^{2,3}

그런데 심장재활 프로그램의 운동효과에 영향을 미치는 여러 가지 요소 중 논란이 있는 것이 베타 차단제이다. 베타 차단제는 고혈압, 관상 동맥 질환, 심부전과 같은 심혈관 질환에서 광범위하게 사용되고 있는 약물로 안정시나 운동시 혈류 역학적으로 중요한 영향을 미친다. 베타 아드레날린성 수용체는 주로 심장, 기관지 평활근, 골격근의 혈관과 위장관에 작용하고 지방조직과 골격근, 간에 영향을 미친다. 수용체는 베타 1과 베타 2가 있으며 베타 1은 주로 심장에 작용함으로써 심장 수축력의 증가 및 심박동의 증가를 유발한다. 베타 2 수용체는 근골격계의 혈관 평활근에 작용함으로써 혈관확장, 기관지 확장을 유발한다. 심장은 주로 베타 1 수용체를 가지고 있지만 베타 2 수용체도 포함함으로써 조직 선택성은 절대적이지는 않다. Propranolol과 같은 비선택적 베타 차단제는 기관지 평활근과 골격근 당원분해에 대한 영향 때문에 심근경색, 협심증 환자에서는 심장에 선택적인 베타 1 아드레날린성 차단제 약물이 주로 선호되고 있

다.

베타 차단제와 운동의 관계를 살펴볼 때 고려해야 할 중요한 관점은 다음과 같다. 첫째, 베타 차단제 투여후 나타나는 운동에 대한 급성 반응이다. 이는 운동부하 검사를 통한 관상 동맥 질환의 진단시에 영향을 미칠 수 있다. 둘째, 베타 차단제의 장기간 투여와 더불어 지속적인 운동을 시행하였을 경우에 나타나는 운동에 대한 만성 반응이다. 즉 지속적인 베타 차단제 투여가 운동능력의 향상에 미치는 영향이다. 셋째, 베타 차단제를 투여하는 환자에서 운동처방이다. 이외에도 선택적 베타 차단제인지, 비선택적 베타 차단제인지 고려해야 하며 건강한 사람에 대한 운동반응인지, 심혈관 질환을 가진 환자에 대한 운동반응인지 고려해야 한다. 본 연구는 관상 동맥 질환 환자에서 베타 차단제의 장기간 투여와 더불어 phase II 심장재활 프로그램인 6주간의 유산소 운동을 시행하였을 경우에 베타 차단제가 운동능력의 향상에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 관점에서 실시하였다.

베타 차단제의 장기간 투여 시 유산소 운동에 대한 운동반응에 대해서는 논란이 있다. 최대 산소소모량을 지표로 운동능력의 향상을 평가한 연구에서 정상인에 베타 차단제의 투여는 운동능력의 향상을 제한하는 것으로 알려져 있는 반면, 관상 동맥 질환 환자에서 베타 차단제 투여가 비투여에 비해 운동능력을 향상시키거나 영향을 미치지 않는다는 보고와 일부에서 베타 차단제 투여가 운동능력의 증가율을 감소시킨다는 보고가 있다.

이에 본 연구는 관상 동맥 질환 환자를 대상으로 phase II 심장재활 프로그램 전후에 혈류 역학적 및 운동능력의 변화와 상대적 운동강도의 측면에서 베타 차단제의 지속적 투여가 유산소 운동의 효과에 미치는 영향에 대하여 알아보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구대상

최근에 발병한 관상 동맥 질환을 주소로 심장내과에 입원하여 경피적 관상 동맥 성형술을 시행 받고 재활의학과에 의뢰되어 심장재활 2단계 운동요법을 시행한 환자를 대상으로 하였다. 불안전성 협심증, 불안전성 부정맥, 임상적으로 불안정한 심부전증 및 운동부하 검사의 금기증인 환자는 대상에서 제외하였다. 운동부하 검사를 받기 어려운 만성 폐쇄성 호흡기 질환과 근골격계 질환, 운동부하 검사도중 심장합병증으로 검사를 중단한 경우 및 다리의 피로도, 통증과 같은 국소적인 문제로 검사를 중단한 경우 등은 모두 연구대상에서 제외하였다. 최종적으로 연구의 대상이 된 환자는 총 32명이었다. 이중 베타 차단제를 투여 받지 않는 대조군이 16명이었고, 베타 차단제를 투여 받는 베타 차단제 투여군이 16명이었다.

베타 차단제 투여군에서 비선택적 베타 차단제 약물인 propranolol 투여 환자가 1명, 선택적 베타 차단제 약물인 atenolol 투여 환자가 7명, bisoprolol 투여 환자가 4명, carvedilol 투여 환자가 4명이었다. 대조군에서 베타 차단제 이외의 항고혈압 약물을 투여 받고 있는 환자는 13명이었다.

표 1. 대상군의 일반적 특징

	Phase II 심장재활 전		Phase II 심장재활 후	
	대조군	베타 차단제 투여군	대조군	베타 차단제 투여군
나이(year)	53.1± 6.7	52.8±10.8	-	-
체중(kg)	67.9±11.0	66.7± 9.9	66.3±10.6	67.2±10.4
키(cm)	163.2± 8.3	164.2± 8.1	-	-

값은 평균±표준편차

대조군은 베타 차단제 비투여군

평균 연령은 대조군이 53.1 ± 6.7 세, 베타 차단제 투여군이 52.9 ± 10.8 세 이었으며 두 군간 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$). 두 군 간의 체중, 키는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 심장재활 전후에 체중의 유의한 변화는 없었다($p > 0.05$)(표 1).

성별 분포는 대조군이 남자 12명, 여자 4명, 베타 차단제 투여군이 남자 13명, 여자 3명이었다. 진단명은 대조군이 심근경색 8명, 협심증 8명, 베타 차단제 투여군이 심근경색 13명, 협심증 3명이었다.

2. 연구방법

환자들은 심장재활 프로그램 전후로 운동부하 검사를 받았으며 운동부하 검사로는 수정된 브루스 프로토콜(modified Bruce protocol)을 이용한 점진적 증상 제한 운동부하 검사를 사용하였다(표 2).

표 2. 수정된 브루스 프로토콜

운동단계(3분간격)	속도(mph ¹)	경사도(% grade)
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

¹ mph: mile per hour

Phase II 심장재활 프로그램에서 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)과 바이크(Quinton CORIVAL 400)를 8분씩 교대로 시행하고 3분씩 휴식기를 주면서 30분간 시행하였다. 운동강도는 심장재활 전 시행한 운동부하 검사를 통해 측정된 각 환자의 최대 심박수 및 안정시 심박수를 기준으로 여유심박수(heart rate reserve)를 계산하여 40에서 85%까지 2단계 심장재활 프로그램동안 단계적으로 증가하였다. 목표 심박수는 Karvonen⁴의 공식을 이용하여 산출하였다.

Karvonen의 목표 심박수 산출 공식

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

가스 분석은 Quinton metabolic cart(QMC™)을 이용하여 20초 간격으로 분석하였고, 혼합챔버방식(mixing chamber mode)을 사용하였다. 산소소모량(VO_2)과 호흡교환율(respiratory exchange ratio)을 20초 간격으로 측정하였다. 호흡교환율은 VCO_2 (L/min STDP)를 VO_2 (L/min STDP)로 나눈 값으로 산출하였다. 심박수의 측정 및 심전도의 실시간 감시는 Quinton stress test system(Q4500)을 이용하였다. 혈압 및 운동자각도는 각 운동단계 2분에 측정하였다. 약물투여는 운동부하 검사 및 운동 프로그램 중 중단하지 않고 지속하였다.

상대적 운동강도를 알아보기로 하여 여유심박수 백분율(% HRRmax), 최대 산소소모량 백분율(% VO_{2max})을 이용하였다. 운동자각도는 6-20 Borg scale⁵을 이용하였다(표 3).

표 3. 6-20 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

수정된 브루스 프로토콜에서 각 단계별 여유심박수 백분율은 (측정 심박수-안정 심박수)/(최대 심박수-안정시 심박수)를 이용하여 산출하였

다. 최대 산소소모량 백분율은 산소소모량/최대 산소소모량($VO_2\max$)을 이용하여 산출하였다. 심근부담율은 심박수에 수축기 혈압을 곱하여 산출하였다. 운동부하 검사시 수정된 브루스 프로토콜의 각 운동단계의 도달 여부는 각 단계의 2분이 경과한 경우에 한해 도달한 것으로 판정하였다.

3. 통계방법

본 연구의 통계처리는 베타 차단제의 영향을 보기위해 심장재활 전 및 후에 각각 대조군과 베타 차단제 투여군을 비교하였고 심장재활 전후의 차이를 보기 위해 심장재활 전후를 대조군과 베타 차단제 투여군으로 나누어 비교하였다.

통계처리는 모든 자료를 Window용 SPSS/PC⁺ 10.0 통계 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 대조군과 베타 차단제 투여군의 비교는 student t-test를 적용하였고, 심장재활 전과 후 비교는 paired t-test를 적용하였다. 대조군과 베타 차단제 투여군간의 도달 가능한 운동단계 비교는 Mann-Whitney 검정을 적용하였고, 심장재활 전후 비교는 Wilcoxon 부호순위 검정을 적용하였다. 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 설정하였다.

III. 결과

1. 최대 운동능력의 변화

가. 최대 도달 가능한 운동단계

최대 도달 가능한 운동단계는 대조군에서 심장재활 전 4단계 6명, 5단계 10명에서 심장재활 후 4단계 1명, 5단계 10명, 6단계 5명으로 유의하게 증가하였다($p < 0.05$). 베타 차단제 투여군에서 심장재활 전 4단계 8명, 5단계 8명에서 심장재활 후 4단계 1명, 5단계 9명, 6단계 5명, 7단계 1명으로 유의하게 증가하였다($p < 0.05$).

두 군간 비교에서 최대 도달 가능한 운동단계는 심장재활 전후 각각 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$)(표 4).

표 4. 최대 도달 가능한 운동단계

운동단계	Phase II 심장재활 전		Phase II 심장재활 후	
	대조군	베타 차단제 투여군	대조군 [†]	베타 차단제 투여군 [†]
4단계	6	8	1	1
5단계	10	8	10	9
6단계	0	0	5	5
7단계	0	0	0	1

값은 각 단계에 도달한 환자의 수

대조군은 베타 차단제 비투여군

[†] $p < 0.05$, 심장재활 전 vs 심장재활 후

나. 최대 운동시간, 최대 산소소모량, 최대 호흡교환율

심장재활 전후의 비교에서 대조군 및 베타 차단제 투여군 모두에서 최대 운동시간 및 최대 산소소모량이 심장재활 후 유의하게 향상되었다($p < 0.05$). 대조군에서 최대 운동시간은 심장재활 전 평균 865.6초에서

심장재활 후 평균 984.3초로, 최대 산소소모량은 평균 29.7 ml/kg/min에서 평균 34.7 ml/kg/min으로 유의한 증가를 보였다($p < 0.05$). 베타 차단제 투여군에서 최대 운동시간은 심장재활 전 평균 856.4초에서 심장재활 후 평균 994.9초로, 최대 산소소모량은 심장재활 전 평균 29.0 ml/kg/min에서 심장재활 후 평균 33.6 ml/kg/min으로 유의한 증가를 보였다($p < 0.05$).

대조군과 베타 차단제 투여군 모두에서 최대 호흡교환율은 심장재활 후 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

심장재활 전 및 후의 두 군간 비교에서 최대 운동시간, 최대 산소소모량, 최대 호흡교환율은 대조군과 베타 차단제 투여군 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$)(표 5).

표 5. 최대 운동시간, 최대 산소소모량, 최대 호흡교환율

	Phase II 심장재활 전		Phase II 심장재활 후	
	대조군	베타 차단제 투여군	대조군	베타 차단제 투여군
최대 운동시간 (sec)	865.6±72.1	856.4±94.8	984.3±64.0 [†]	994.9±112.1 [†]
최대 산소소모량 (ml/kg/min)	29.7± 5.0	29.0± 3.8	34.7± 5.8 [†]	33.6± 5.4 [†]
최대 호흡교환율	1.10±0.07	1.07±0.06	1.11±0.07	1.10± 0.06

값은 평균±표준편차

대조군은 베타 차단제 비투여군

[†] $p < 0.05$, 심장재활 전 vs 심장재활 후

2. 안정시와 최대 운동시 혈류 역학적 변화

가. 안정시 심박수

대조군의 심장재활 전후의 안정시 심박수는 심장재활 전 평균 77.5회/분에서 심장재활 후 평균 75.6회/분으로 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p>0.05$). 베타 차단제 투여군의 안정시 심박수는 심장재활 전 평균 68.8회/분에서 심장재활 후 평균 63.3회/분으로 유의한 감소를 보였다 ($p<0.05$).

심장재활 전 및 후의 안정시 심박수는 베타 차단제 투여군이 대조군보다 유의하게 낮았다($p<0.05$)(표 6).

나. 최대 심박수

대조군의 심장재활 전후의 최대 심박수는 심장재활 전 평균 150.9회/분에서 심장재활 후 평균 159.7회/분으로 유의한 증가를 보였다($p<0.05$). 그러나 베타 차단제 투여군에서는 심장재활 전 평균 130.8회/분에서 심장재활 후 평균 138.1회/분으로 증가하였으나 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p>0.05$).

심장재활 전 및 후의 최대 심박수는 베타 차단제 투여군이 대조군보다 유의하게 낮았다($p<0.05$)(표 6).

다. 안정시 수축기 혈압

심장재활 전후의 비교에서 대조군 및 베타 차단제 투여군 모두에서 안정기 수축기 혈압은 심장재활 후 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$).

두 군간의 비교에서 안정시 수축기 혈압은 심장재활 전 및 후 모두에서 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$)(표 6).

라. 최대 수축기 혈압

심장재활 전후의 비교에서 대조군 및 베타 차단제 투여군 모두에서 최대 수축기 혈압은 심장재활 후 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$).

두 군 간의 비교에서 최대 수축기 혈압은 심장재활 전 및 후 모두에서 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$)(표 6).

마. 최대 심근부담율

심장재활 전후의 비교에서 최대 심근부담율은 대조군과 베타 차단제 투여군 모두에서 심장재활 후에 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$).

심장재활 전 최대 심근부담율은 대조군과 베타 차단제 투여군 간에 유의한 차이가 없었다($p>0.05$). 심장재활 후 최대 심근부담율은 베타 차단제 투여군이 대조군보다 유의하게 낮았다($p<0.05$)(표 6).

표 6. 안정시와 최대 운동시 혈류 역학적 변화

	Phase II 심장재활 전		Phase II 심장재활 후	
	대조군	베타 차단제 투여군	대조군	베타 차단제 투여군
안정시 심박수 (beats/min)	77.5± 11.3	68.8± 9.3*	75.6± 9.2	63.3± 9.2 [†] *
최대 심박수 (beats/min)	150.9± 17.1	130.8± 20.4*	159.7± 9.8 [†]	138.1± 21.6*
안정시 수축기혈압 (mmHg)	113.0± 17.8	115.2± 17.9	113.2± 13.0	114.3± 15.3
최대 수축기혈압 (mmHg)	180.9± 36.4	179.3± 30.2	183.8± 22.8	176.5± 22.1
최대 심근부담율 (mmHg·bpm)	27265± 6116	23746± 6548	29338± 3904	24647± 6288*

값은 평균±표준편차, 대조군은 베타 차단제 비투여군

* $p<0.05$, 대조군 vs 베타 차단제 투여군

[†] $p<0.05$, 심장재활 전 vs 심장재활 후

3. 최대하(submaximum) 운동시 혈류 역학적 변화

가. 최대하 심박수

심장재활 전후의 비교에서 대조군의 최대하 심박수는 심장재활 후 운동부하 검사 1단계에서 5단계까지 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 베타 차단제 투여군의 최대하 심박수는 심장재활 후 운동부하 검사 1단계에서 4단계까지 유의하게 감소하였고($p < 0.05$), 5단계에서는 감소하였으나 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$).

심장재활 전 및 후의 최대하 심박수는 베타 차단제 투여군이 대조군보다 운동부하 검사 1단계에서 5단계까지 유의하게 낮았다($p < 0.05$)(표 7).

표 7. 최대하 심박수에 대한 베타 차단제의 영향

운동단계	Phase II 심장재활 전		Phase II 심장재활 후	
	대조군	베타 차단제 투여군	대조군	베타 차단제 투여군
1단계	94.4±10.2	85.6± 9.5*	85.5± 9.4 [†]	76.4± 7.8 ^{†*}
2단계	100.4± 9.5	89.9± 9.7*	91.9± 9.2 [†]	81.7± 7.9 ^{†*}
3단계	108.9±11.3	95.9±11.1*	99.8±11.5 [†]	89.0± 8.0 ^{†*}
4단계	123.8±11.3	111.7±12.7*	116.7±11.4 [†]	102.4± 9.1 ^{†*}
5단계	148.3±11.8	127.3±12.4*	138.1±14.3 [†]	120.5±13.5*
6단계	—	—	154.0±20.0	146.2±20.2

값은 심박수의 평균±표준편차

단위는 회/분

대조군은 베타 차단제 비투여군

* $p < 0.05$, 대조군 vs 베타 차단제 투여군

[†] $p < 0.05$, 심장재활 전 vs 심장재활 후

나. 최대하 수축기 혈압

심장재활 전후의 비교에서 대조군의 최대하 수축기 혈압은 운동부하 검사 1, 3, 4, 5단계에서 유의한 차이를 보이지 않았고($p>0.05$), 2단계에서만 유의하게 감소하였다($p<0.05$). 베타 차단제 투여군의 최대하 수축기 혈압은 심장재활 후 운동부하 검사 1단계에서 4단계까지 유의하게 감소하였고($p<0.05$), 5단계에서는 감소하였으나 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$).

두 군간 비교에서 최대하 수축기 혈압은 심장재활 전 및 후 모두에서 유의한 차이가 없었다($p>0.05$)(표 8).

표 8. 최대하 수축기 혈압에 대한 베타 차단제의 영향

운동단계	Phase II 심장재활 전		Phase II 심장재활 후	
	대조군	베타 차단제 투여군	대조군	베타 차단제 투여군
1단계	136.7±21.8	135.2±32.2	124.3±13.4	120.0±15.4 [†]
2단계	143.3±25.9	137.3±27.4	129.1±15.2 [†]	123.2±13.8 [†]
3단계	149.1±25.1	141.9±28.9	135.6±16.9	127.9±13.9 [†]
4단계	163.1±30.8	157.4±27.7	148.4±19.0	138.0±20.2 [†]
5단계	175.0±35.5	173.1±37.1	174.9±21.0	161.7±22.8
6단계	—	—	184.4±32.9	184.7±13.0

값은 수축기 혈압의 평균±표준편차

단위는 mmHg

대조군은 베타 차단제 비투여군

[†] $p<0.05$, 심장재활 전 vs 심장재활 후

다. 최대하 심근부담율

심장재활 전후의 비교에서 대조군의 최대하 심근부담율은 심장재활 후 운동부하 검사 1단계에서 4단계까지 유의하게 감소하였고($p < 0.05$), 5단계에서는 감소하였으나 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 베타 차단제 투여군의 최대하 심근부담율은 심장재활 후 운동부하 검사 1단계에서 4단계까지 유의하게 감소하였고($p < 0.05$), 5단계에서는 감소하였으나 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$).

심장재활 전 및 후의 최대하 심근부담율은 베타 차단제 투여군이 대조군보다 운동부하 검사 1단계에서 5단계까지 유의하게 낮았다($p < 0.05$) (표 9).

표 9. 최대하 심근부담율에 대한 베타 차단제의 영향

운동단계	Phase II 심장재활 전		Phase II 심장재활 후	
	대조군	베타 차단제 투여군	대조군	베타 차단제 투여군
1단계	12928±2508	11720±3644	10617±1533 [†]	9158±1397 ^{†*}
2단계	14372±2774	12492±3444	11879±1923 [†]	10055±1421 ^{†*}
3단계	16278±3341	13771±3838	13556±2448 [†]	11401±1753 ^{†*}
4단계	20162±3915	17794±4603	17357±3015 [†]	14175±2795 ^{†*}
5단계	25980±6055	22379±6804	24207±3911	19583±3954 [*]
6단계	—	—	28567±6534	27136±5211

값은 심근부담율의 평균±표준편차

단위는 mmHg·bpm

대조군은 베타 차단제 비투여군

* $p < 0.05$, 대조군 vs 베타 차단제 투여군

[†] $p < 0.05$, 심장재활 전 vs 심장재활 후

4. 최대하 운동시 산소소모량의 변화

심장재활 전후의 비교에서 대조군의 최대하 산소소모량은 심장재활 전 운동부하 검사 1단계 평균 11.7 ml/kg/min에서 심장재활 후 평균 9.6ml/kg/min으로, 심장재활 전 운동부하 검사 2 단계 평균 13.7 ml/kg/min에서 심장재활 후 평균 12.1 ml/kg/min으로 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 운동부하 검사 3단계에서 5단계까지는 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 베타 차단제 투여군은 심장재활 전 운동부하 검사 1 단계 평균 12.2 ml/kg/min에서 심장재활 후 평균 10.3 ml/kg/min으로, 심장재활 전 운동부하 검사 2단계 14.3 ml/kg/min에서 심장재활 후 평균 12.5 ml/kg/min으로, 심장재활 전 운동부하 검사 3단계 17.1 ml/kg/min에서 심장재활 후 평균 15.6 ml/kg/min으로 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 운동부하 검사 4, 5단계에서는 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$).

두 군간 비교에서 최대하 산소소모량은 심장재활 전 및 후 모두에서 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$)(표 10).

표 10. 최대하 산소소모량에 대한 베타 차단제의 영향

운동단계	Phase II 심장재활 전		Phase II 심장재활 후	
	대조군	베타 차단제 투여군	대조군	베타 차단제 투여군
1단계	11.7±1.3	12.2±2.1	9.6±1.5 [†]	10.3±1.6 [†]
2단계	13.7±1.6	14.3±2.3	12.1±1.5 [†]	12.5±1.4 [†]
3단계	16.4±1.6	17.1±1.8	15.3±1.9	15.6±1.7 [†]
4단계	22.5±2.1	22.2±2.5	21.4±2.9	21.2±1.5
5단계	29.5±3.8	26.9±2.1	28.3±5.0	28.0±3.5
6단계	—	—	33.8±8.7	32.3±6.3

값은 산소소모량의 평균±표준편차

단위는 ml/kg/min

대조군은 베타 차단제 비투여군

[†] $p < 0.05$, 심장재활 전 vs 심장재활 후

5. 최대하 운동시 상대적 운동강도 및 운동자각도의 변화

가. 최대 산소소모량 백분율(% VO₂max)

심장재활 전후의 비교에서 대조군 및 베타 차단제 투여군 모두에서 최대 산소소모량 백분율은 심장재활 후 운동부하 검사 1단계에서 5단계까지 유의하게 감소하였다($p < 0.05$).

두 군간 비교에서 최대 산소소모량 백분율은 심장재활 전 및 후 모두에서 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$)(표 11).

나. 여유심박수 백분율(% HRRmax)

심장재활 전후의 비교에서 대조군 및 베타 차단제 투여군 모두에서 여유심박수 백분율은 심장재활 후 운동부하 검사 1단계에서 5단계까지 유의하게 감소하였다($p < 0.05$).

두 군간 비교에서 심장재활 전 여유심박수 백분율은 유의한 차이를 보이지 않았고($p > 0.05$), 심장재활 후 여유심박수 백분율은 베타 차단제 투여군이 대조군보다 운동부하 검사 1, 2단계에서 유의하게 높았다($p < 0.05$)(표 11).

다. 운동자각도

심장재활 전후의 비교에서 대조군 및 베타 차단제 투여군 모두에서 운동자각도는 심장재활 후 운동부하 검사 1단계에서 5단계까지 유의하게 감소하였다($p < 0.05$).

두 군간 비교에서 운동자각도는 심장재활 전 및 후 모두에서 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$)(표 11).

표 11. 상대적 운동강도 및 운동자각도에 대한 베타 차단제의 영향

운동단계	Phase II 심장재활 전		Phase II 심장재활 후	
	대조군	베타 차단제 투여군	대조군	베타 차단제 투여군
1단계				
% VO ₂ max	39.6± 7.7	42.8±10.0	28.1± 4.6 [†]	31.5± 8.1 [†]
% HRRmax	23.0±11.4	27.3±12.1	11.8± 4.5 [†]	18.7± 7.6 ^{†*}
운동자각도	7.6± 1.0	7.6± 1.4	7.0± 0.0 [†]	7.1± 0.5 [†]
2 단계				
% VO ₂ max	46.5± 9.1	50.0±10.6	35.4± 5.5 [†]	38.1± 8.2 [†]
% HRRmax	31.4±12.1	34.5±12.3	19.5± 6.1 [†]	25.7± 7.5 ^{†*}
운동자각도	8.9± 1.9	9.1± 2.7	7.0± 0.0 [†]	7.3± 0.7 [†]
3단계				
% VO ₂ max	55.2± 8.1	59.7±10.0	44.9± 7.0 [†]	47.5± 9.0 [†]
% HRRmax	43.1±12.8	43.9±14.2	29.3± 7.8 [†]	35.6± 9.5 [†]
운동자각도	10.4± 2.1	10.3± 2.8	7.6± 1.0 [†]	7.8± 1.2 [†]
4단계				
% VO ₂ max	75.3± 8.1	77.4±10.8	62.4±10.2 [†]	64.6±10.6 [†]
% HRRmax	63.7±14.1	68.6±14.6	49.5± 9.8 [†]	53.7±13.2 [†]
운동자각도	13.0± 1.8	13.9± 1.6	10.1± 1.5 [†]	10.6± 1.3 [†]
5단계				
% VO ₂ max	92.6± 4.6	89.3± 6.1	80.4± 9.7 [†]	83.2± 9.1 [†]
% HRRmax	88.5± 7.8	84.6± 7.7	73.7±13.9 [†]	78.1±13.7 [†]
운동자각도	14.7± 1.0	15.5± 1.8	12.3± 1.7 [†]	13.0± 1.1 [†]
6단계				
% VO ₂ max	—	—	90.6±10.6	87.3±12.2
% HRRmax	—	—	87.9±18.5	92.1± 9.6
운동자각도	—	—	16.1± 1.8	17.2± 1.5

값은 평균±표준편차

대조군은 베타 차단제 비투여군

* p<0.05, 대조군 vs 베타 차단제 투여군

[†] p<0.05, 심장재활 전 vs 심장재활 후

IV. 고찰

심혈관 질환을 가진 환자에서 유산소 운동은 심장 및 골격근, 혈관에서 생리적 적응을 유발한다. 생리적 적응을 통해 최대 운동 시간 동안 동맥과 정맥사이의 산소량 차이가 커지고, 심근과 골격근에 기질의 전달 능력이 향상된다.² 운동은 최대 심박출량을 증가시킬 뿐만 아니라 좌심실의 수축기 능력을 향상시키고 최대 심박수와 1회 박출량을 증가시킨다. 최대 하 운동강도에서 낮은 심박수에서 높은 부하의 운동을 할 수 있게 하고, 최대 산소소모량의 증가를 가져온다.^{1,6,7} 근골격계에는 산화효소의 활성화가 증가하고 근섬유면적이 증가하며, 혈관에는 모세혈관의 밀도가 증가한다. 심혈관 질환 환자에서 유산소 운동을 포함한 심장재활 프로그램은 기능적 능력의 향상을 가져오고, 삶의 질에 대한 자기 만족도를 증가시키고, 심혈관 질환에 의한 사망률을 감소시킨다.^{3,8}

그런데 심혈관 환자에서 운동능력의 향상에 대한 평가 및 운동처방 시 고려해야 할 중요한 요소로서 베타 차단제가 있다. 베타 차단제와 운동에 대한 기존의 연구 결과를 살펴보면 먼저 건강한 사람에게 베타 차단제를 단기간 투여한 후 시행한 운동에 대한 반응은 최대 운동부하에서 최대 산소소모량, 최대 심박수, 최대 수축기 혈압, 최대 심근부담율이 감소하고, 최대 하 운동부하에서 심박수와 수축기 혈압이 감소한다.⁹ 하지만 최대 하 동일 운동부하에서 베타 차단제 투여 유무에 따른 산소소모량의 차이는 없다. 베타 차단제의 운동자각도에 대한 영향은 연구자에 따라 차이가 있어 최대 하 운동강도에서 베타 차단제 유무에 따라 운동자각도의 차이가 없다는 보고가⁹ 있는 반면 베타 차단제를 투여하는 사람이 쉽게 피로하고 높은 운동자각도 수치를 보인다는 보고도 있다.¹⁰

건강한 사람에서 장기간의 베타 차단제와 유산소 운동 시에 나타나는 만성 운동 반응은 일반적으로 최대 산소소모량과 운동 수행 시간의 증가이다. 하지만 증가율은 비투여군에 비해 감소한다.⁹ 건강한 사람에서 선택적 차단제와 비선택적 베타 차단제를 비교한 연구에서 지구력 운동 후 선택적 베타 차단제 투여군이 비선택적 베타 차단제 투여군보다 향상된 운동 능력을 보이는 것으로 알려져 있다.^{11,12}

관상 동맥 질환 환자를 건강한 사람에 비교한 연구에서는 지구력 운동에 의해 관상 동맥 질환 환자군에서 보다 좋은 최대 산소소모량의 증가를

볼 수 있었다. 이는 정상인에 비해 운동 초기의 저하된 운동능력 때문에 향상될 높은 가능성을 가지고 있고, 정상적인 치유과정도 포함하고 있기 때문으로 생각된다.⁹ 심장질환 환자를 대상으로 한 연구에서 베타 차단제의 투여군이 비투여군보다 운동능력이 호전되거나 동등한 최대 산소소모량의 증가를 관찰할 수 있다는 보고가^{3,14} 있는 반면 일부 연구에서는 심장 질환 환자에서 베타 차단제 투여군이 비투여군에 비해 정상인과 마찬가지로 최대 산소소모량의 증가율이 감소되어 있다는 보고가 있다.^{15,16} 선택적 베타 차단제와 비선택적 베타 차단제의 비교에서는 차이가 없음을 보고한 연구도 있고, 임상적으로 의미는 적지만 선택적 베타 차단제 투여군에서 미세하게 운동능력이 향상되므로 선택적 베타 차단제를 선호한다는 보고도 있다.¹²

본 연구에서 관상 동맥 환자들을 대상으로 베타 차단제 투여군과 비투여군으로 나누어 6주간의 유산소 운동을 시행한 결과 베타 차단제의 투여 유무와 상관없이 최대 운동능력을 나타내는 최대 산소소모량 및 최대 운동 가능 시간이 증가하였다. 선택적 베타 차단제와 비선택적 베타 차단제의 비교는 비선택적 약물을 투여 받는 환자수의 제한으로 비교할 수 없었다. 본 연구 결과 관상 동맥 환자에서 베타 차단제가 운동 후 최대 산소소모량의 향상에 영향을 미치지 않는 것으로 생각되며 베타 차단제의 투여가 심장재활 프로그램에 참여하는데 제한 요인으로 작용하지 않을 것으로 생각된다.

호흡교환율은 운동강도에 따라 점차적으로 증가하는데 낮은 운동강도에서 0.7-0.8, 중등도 운동강도에서 1, 최대에서 1.1-1.3의 수치를 보인다.⁷ 호흡교환율 1은 최대 젖산의 안정시 상태보다 높은 수준으로, 이는 무산소성 역치(anaerobic threshold)보다 높은 수준이다.¹⁷ 무산소성 역치 수준이 최대 산소소모량의 50에서 65%정도이고, 혈중 젖산 축적 시점이 최대 산소소모량의 75에서 85% 정도임을 고려할 때 호흡교환율은 최대 운동능력에 근접하였는지의 판정기준이 될 수 있다. 본 연구에서 심장재활 전후 두 군이 모두 호흡교환율이 최대 운동강도에 해당하는 1.1-1.3 값에 근접한 수치를 보였으며, 두 군 간의 유의한 차이는 없었다. 이를 통해 두 군 모두에서 심장재활 전후에 최대 강도의 운동부하 검사를 실시하였음을 알 수 있었다.

산소소모량은 심박출량과 동정맥간 산소농도차이에 의해서 결정되며 심

박출량은 1회 박출량과 심박수에 의해 결정된다. 심장질환 환자들이 운동을 시행하면 최대 심박수와 1회 박출량의 증가로 최대 심박출량이 증가하며 최대 산소소모량도 증가한다. 심장질환 환자에서 일정 운동부하에서 최대하 심박출량이 감소함에도 불구하고 산소소모량이 유지되는데, 그 이유는 운동후 동정맥간 산소 분압차이(AV O₂ difference)의 증가에 의한 것으로 볼 수 있다.¹ 본 연구에서 높은 운동단계에서는 심장재활 전후 산소소모량의 차이가 없었던 반면 낮은 운동단계에서는 산소소모량이 심장재활 후 감소하는 소견을 보였다. 낮은 운동단계에서 산소소모량이 감소하는 이유는 심장재활 후 말초 에너지 대사를 위한 근육과 혈관의 기능의 개선으로 에너지 효율성의 증가에 의한 것으로 생각된다. 반면 높은 운동단계에서 심장재활 전후 일정한 산소소모량을 보이는 것은 동정맥간 산소 분압 차이의 증가가 산소소모량에 영향을 주기 때문인 것으로 생각된다. 본 연구에서 베타 차단제의 투여 유무는 관상 동맥 질환 환자에서 유산소 운동에 따른 산소소모량의 변화에 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

심근의 산소 섭취량은 주로 심근 벽의 장력(wall stress, 좌심실압력*부피/좌심실 두께), 심박수, 수축력에 의해 결정된다. 심근의 산소 섭취량은 운동 중 직접적인 방법으로 결정하기 어렵기 때문에 심박수와 수축기 혈압의 곱인 심근부담율에 의해 추정된다. 일반적으로 운동 중 심근의 허혈성은 동일한 심근부담율에서 나타나므로 심근부담율은 협심증 역치와 밀접한 연관이 있다. 그러므로 유산소 운동과 베타 차단제 투여를 통한 심근부담율의 감소는 환자의 협심증 발생을 방지하는데 중요한 역할을 한다.¹ 본 연구에서 베타 차단제 투여군이 최대하 심박수와 심근부담율이 낮은 것을 볼 때 관상 동맥 질환 환자에서 베타 차단제 투여군은 협심증 역치 아래서 보다 높은 운동강도의 일을 수행할 수 있을 것으로 생각된다. 이외에도 안정시 심박수, 안정시 심근부담율, 최대하 수축기 혈압은 심장재활 후 감소하고 최대 심박수는 증가하는데 본 연구에서 베타 차단제는 안정시 심박수와 최대하 수축기 혈압을 유의하게 감소시키는 반면 최대 심박수의 증가는 제한하는 것을 알 수 있었다. 이는 전반적으로 심근부담율과 마찬가지로 심장에 부담을 감소시키는 요인이 될 것으로 생각된다.

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 운동부하 검사간의 차이가 적고, 운동부하 검사 시 느끼는 피로도와 일상생활에서 느끼는 피로도와 일치하는 장점을 가지고 있다. 그러므로 동일 운동단계에서 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 연관성을 가지고 있고, 이는 베타 차단제를 투여하는 환자와 투여하지 않는 환자군에서 동일하게 적용된다.⁹ 본 연구에서도 베타 차단제의 투여 유무와 상관없이 심장재활 프로그램 후 최대하 운동강도에서 여유심박수 백분율, 최대 산소소모량 백분율 및 운동자각도가 감소하였고, 베타 차단제의 투여 유무에 따라 유의한 차이가 없었다. 이러한 결과는 최대하 운동강도에서 낮아진 피로도로 동일한 운동을 수행할 수 있음을 의미한다. 심혈관 질환 환자들은 흉통, 호흡곤란, 피로와 같은 여러 가지 증상들에 의해 일상생활의 제한을 받게 되는데 심장재활을 통한 피로도의 감소는 환자들로 하여금 보다 활동적인 신체활동을 할 수 있게 만든다. 그러므로 심장재활은 베타 차단제의 사용유무와 관계없이 관상 동맥 질환 환자에서 일상생활의 기능적 향상을 가지고 올 것으로 생각한다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 관상 동맥 질환 환자에서 베타 차단제의 투여군과 비투여군을 무작위로 선정하지 못하고 심장내과 전문의의 처방에 의존함으로써 생긴 두 군 간의 내재적 편견이 있다. 둘째, 본 연구에서는 베타 차단제 투여군이 심장재활 프로그램 동안 일상생활 속에서도 약물을 지속적으로 투여함으로써 운동부하 검사 시에 중단하지 않고 지속하였다. 이로 인해 베타 차단제의 투여군과 비투여군간의 운동능력의 차이를 근본적으로 비교하기 어려웠다. 즉 베타 차단제 투여군이 약물을 투여받지 않았을 때의 운동능력의 향상에 대한 평가가 근본적으로 불가능하였다. 셋째, 베타 차단제 투여군의 대상 환자수의 한계로 인해 선택적, 비선택적 약물에 따른 비교가 어려웠다.

결론적으로 본 연구 결과 2 단계 심장재활 프로그램 후에 심장 질환 환자들은 베타 차단제의 투여 유무에 상관없이 향상된 운동능력을 보임을 알 수 있었다. 베타 차단제가 상대적 운동강도를 낮추고 심근부담을 감소시킴으로써 심장에 긍정적인 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 베타

차단제의 투여가 관상 동맥 환자에서 사망률을 감소시킨다는 기존의 보고를 고려할 때 베타 차단제는 관상 동맥질환 환자에서 운동능력의 향상에 영향을 주지 않고 심장재활 프로그램 동안 광범위하게 사용될 수 있을 것으로 생각된다. 향후 운동강도 및 운동기간, 환자의 심근의 손상정도, 약물의 선택성을 고려하는 세분화된 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결론

경피적 관상 동맥 성형술을 시술받은 관상 동맥 질환 환자 32명을 대상으로 베타 차단제 투여군과 대조군으로 나누어 6주 동안 트레드밀과 바이크를 이용한 심장재활 프로그램을 시행하고 그 전후로 운동부하 검사를 시행하여 혈압, 심박수, 심근부담율, 산소소모량, 호흡교환율, 운동자각도, 운동시간, 도달 가능한 운동단계를 측정 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 심장재활 후 최대 운동시간, 최대 산소소모섭취량은 베타 차단제의 사용 유무와 상관없이 유의하게 증가하였다. 최대 호흡교환율은 심장재활 전후 및 두 군 간에 유의한 차이가 없었다.
2. 심장재활 후 베타 차단제는 안정시 심박수는 낮추고 최대 심박수의 증가를 제한하였다.
3. 안정시 수축기 혈압과 최대 수축기 혈압은 심장재활 전후에 베타 차단제의 사용유무와 상관없이 유의한 차이가 없었다. 최대하 수축기 혈압은 베타 차단제 투여군에서 심장재활 후 유의하게 감소하였으나 두 군 간에는 차이가 없었다.
4. 심장재활 후 최대하 운동부하에서 심박수 및 심근부담율이 유의하게 감소하였으며, 베타 차단제 투여군이 대조군보다 유의하게 심박수 및 심근부담율이 감소하였다. 심장재활 후 최대 심근부담율은 베타 차단제 투여군에서 유의하게 감소하였다.
5. 심장재활 후 최대하 운동부하에서 여유심박수 백분율, 최대 산소소모량 백분율, 운동자각도가 베타 차단제의 사용유무와 상관없이 유의하게 감소하였다.

결론적으로 심장재활 프로그램 후 관상 동맥 질환 환자에서 베타 차단제의 사용 유무와 상관없이 심장재활의 효과에 의해 최대하 운동부하에서 낮은 심박수, 낮은 심근부담율, 낮은 상대적 운동강도 및 운동자각도를 보이며, 최대 운동능력의 향상을 보인다. 베타 차단제는 최대하 운동부하에서 협심증 역치인 심근부담율을 낮춤으로써 심장재활 환자들이 동일한 운동부하에서 심장에 적은 부담으로 운동을 시행할 수 있게 한다. 베타

차단제 투여 유무는 심장재활 프로그램의 참여의 제한 요인이 되지 않을 것으로 생각되며 베타 차단제는 관상 동맥 질환 환자에서 운동능력의 향상에 영향을 주지 않고 심장재활 프로그램동안 광범위하게 사용될 수 있을 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. Ades PA. Cardiac rehabilitation and secondary prevention of coronary heart disease. *N Engl J Med* 2001;345:892-902.
3. 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.
4. 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.
5. Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales. 1st ed. Champaign: Human kinetics; 1998.
6. American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 5th ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1995.
7. American College of Sports Medicine. ACSM's resource manual for guidelines for exercise testing and prescription. 4th ed. Philadelphia: Williams & Wilkins; 1998.
8. Oldbrige NB, Guyatt GH, Fischer ME, Rimm AA. Cardiac rehabilitation after myocardial infarction: combined experience of randomized clinical trials. *JAMA* 1988;260:945-950.
9. 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.
10. Hunter AM, St Clair Gibson A, Derman WE, Lambert M, Dennis SC, Noakes TD. The effect of selective β_1 -blockade on EMG signal characteristics during progressive endurance exercise. *Eur J Appl*

Physiol 2002;88:275–281.

11. Van Baak MA. β -adrenoreceptor blockade and exercise an update. Sports Med 1988;4:209–225.

12. Brammell HL, Ewy G. Workshop II: Modification of exercise training adaptations by chronic beta blockade. Am J Cardiol 1985;55:169D–171D.

13. Pratt CM, Welton DE, Squires WG Jr, Kirby TE, Hartung GH, Miller RR. Demonstration of training effect during chronic β -adrenergic blockade in patients with coronary artery disease. Circulation 1981;64:1125–1129.

14. Fletcher GF. Exercise training during chronic beta blockade in cardiovascular disease. Am J Cardiol 1985;55:110D–113D.

15. Ades PA, Gunther PG, Meyer WL, Gibson TC, Maddalena J, Orfeo T. Cardiac and skeletal muscle adaptations to training in systemic hypertension and effect of beta blockade (metoprolol or propranolol). Am J Cardiol 1990;66:591–596.

16. Wilmore JH, Wambsgans KC, Kunkel RC, Baron SB, Ewy GY, Goolsby JP, et al. Effect of beta-adrenergic blockade on achievement of the trained state in post-MI patients: non-selective *vs* beta-selective blockers. J Cardiopulm Rehabil 1990;10:50–57.

17. Nieuwland W, Berkhuisen MA, Van Veldhuisen DJ, Rispens P. Individual assessment of intensity-level for exercise training in patients with coronary artery disease is necessary. Int J Cardiol 2002;84:15–20.

Abstract

Exercise response in coronary artery disease with beta blockers
during phase II cardiac rehabilitation

Inkeol Bang

*Department of Medicine
The Graduate School, Yonsei University,*

(Directed by Professor Ji Cheol Shin)

A cardiac rehabilitation(CR) program including aerobic exercise is needed to improve the cardiopulmonary function as well as the functional ability of patients with coronary artery disease. Chronic beta blocker therapy has been shown to be effective in decreasing the mortality rate of coronary artery disease. However, there is controversy regarding its effect on improving the exercise capacity. The purpose of this study was to evaluate the effects of beta blockers on exercise ability and the hemodynamics after phase II CR.

The subjects enrolled in this study were 32 coronary artery disease patients, who treated with percutaneous transluminal coronary angioplasty. They were divided into two groups: 16 patients in the beta blocker group and 16 patients in the non beta blocker group. Phase II CR with aerobic exercise was done during the 6 weeks. The exercise intensity was increased gradually from 40% to 85% of the heart rate reserve. The exercise modes used were the treadmill and bicycle. Before and after phase II CR, a graded symptom limited exercise test was done using a modified Bruce protocol. The blood pressure, heart rate, double product(RPP), oxygen uptake, respiratory

exchange ratio(RER), and the rating of perceived exertion(RPE) were measured and compared .

The results show that, in both groups, the maximum arrived stage, the maximum exercise time and the maximum oxygen uptake were significantly higher after CR compared to that before CR($p < 0.05$). There were no significant differences in the maximum arrived stage, the maximum exercise time and the maximum oxygen uptake between the beta blocker and non beta blocker groups($p > 0.05$). The RER was similar in each group in both the pre and post CR.

Before CR, resting heart rate and the maximum heart rate was significantly lower in the beta blocker group than in the non beta blocker group($p < 0.05$). There were no significant differences in the resting systolic blood pressure, the maximum systolic blood pressure, the maximum RPP between the beta blocker and non beta blocker groups($p > 0.05$).

After CR, the resting heart rate, the maximum heart rate, the maximum RPP were significantly lower in the beta blocker group than in the non beta blocker group($p < 0.05$). There were no significant differences in the resting systolic blood pressure and the maximum systolic blood pressure between the beta blocker and non beta blocker groups($p > 0.05$). In a comparison of post to pre CR in the beta blocker group, the resting heart rate was significantly lower in the post CR than the pre CR($p < 0.05$). In addition, in the non beta blocker group, the maximum heart rate was significantly higher in the post CR than the pre CR($p < 0.05$).

The submaximum heart rate and submaximum RPP was significantly lower in the post CR than the pre CR in both groups($p < 0.05$). Prior to CR, the submaximum heart rate was significantly lower in the beta blocker group than in the non beta blocker group($p < 0.05$). However, the RPP in both groups was similar. After CR, the maximum heart rate, and the submaximum RPP were significantly lower in the beta blocker group than in the non blocker group($p < 0.05$). There were no

significant differences in the submaximum systolic pressure and oxygen uptake between both groups($p>0.05$). In a comparison of post CR to pre CR, the submaximum systolic pressure was significantly lower after CR at stage 1, 2, 3, and 4 in the beta blocker group and at stage 2 in the non beta blocker group($p<0.05$). In a comparison of post CR to pre CR, the submaximum oxygen uptake was significantly lower after CR at stage 1, 2, and 3 in the beta blocker group and at stage 1, and 2 in the non beta blocker group($p<0.05$).

The percentage of the maximum heart rate reserve(% HRRmax), the percentage of maximum oxygen uptake, and the RPE were significantly lower after CR in both groups($p<0.05$). After CR, the % HRRmax was higher at stage 1, and 2 in the beta blocker group than in the non beta blocker group($p<0.05$).

In conclusion, coronary artery disease patients had a lower heart rate, a lower relative intensity, and a lower RPE at the submaximum exercise intensity post CR than pre CR. The maximum exercise capacity increased with or without the beta blocker. The beta blocker lowered the RPP that is associated with the angina threshold and had a positive effect on the heart. Considering this point, a beta blocker can be widely used in CR without having a negative effect on the improvement in the exercise capacity in coronary artery disease patients.

Key Words: beta blocker, cardiac rehabilitation, coronary artery disease