

구심성, 원심성, 등척성 운동방법에 따른 혈압과 심박수의 변화

정연태, 김기훈, 구애련
연세대학교 보건과학대학 재활학과

한소영
연세의료원 재활병원 물리치료실

Abstract

Blood Pressure and Heart Rate Responses to Concentric, Eccentric, Isometric Exercises

Jung Yeon-tai, B.H.Sc., R.P.T.

Kim Ki-hun, B.H.Sc., R.P.T.

Marion E. Current, M.P.H., B.P.T., Tea. Cert. P.T.

*Dept. of Rehabilitation, College of Health Science,
Yonsei University*

Han So-young, B.H.Sc., R.P.T.

*Dept. of Physical Therapy, Yonsei Rehabilitation Hospital,
Yonsei University Medical Center*

The purpose of this study is to determine cardiovascular responses to concentric, eccentric and isometric exercise applied to the knee extensor muscle group. Exercise types studied were concentric, eccentric and isometric. The subjects were sixty healthy male volunteers who had no hypertension or cardiac disease. Heart rate, systolic and diastolic blood pressure were recorded prior to starting exercise. The subjects also performed 10RM on right lower extremity. A N-K table was used for three exercises to right knee extensors. Each exercise was selected randomly and applied to each subject 10 times in a 10 second. After each exercise, heart rate, systolic and diastolic blood pressure were recorded immediately. Findings were as follows : concentric contractions had a greater effect on the increase of systolic blood pressure and heart rate than eccentric or isometric contractions. Diastolic blood pressure is influenced only by isometric contractions. Eccentric contractions have less effect on the increase of systolic blood pressure and heart rate than concentric or isometric contractions. We hope that the results of this experiment can be adapted to exercise programs for patients with cardiac disease.

Key Words: Concentric contraction; Eccentric contraction;
Isometric contraction; Blood pressure; Heart rate.

차례

Abstract

- I. 서론
- II. 연구방법
 - 1. 연구대상
 - 2. 실험방법
 - 3. 분석방법
- III. 결과
- IV. 고찰
- V. 결론
- 인용문헌

I. 서론

현재 물리치료사들은 종종 심혈관계 질환자들을 위한 운동훈련(exercise training)을 실행하는 계획표를 만들지만, 운동방법에 따른 적응증이나 금기증에 대한 정확한 자료가 없어서 어떤 종류의 운동을 시켜야 하는지 치료사마다의 일정한 지표가 미비한 상태이다. 치료에 이용되고 있는 운동의 형태에는 구심성운동(concentric exercise)과 원심성운동(eccentric exercise)으로 이루어진 등장성운동(isotonic exercise)과 등척성운동(isometric exercise)이 있는데, 구심성운동과 원심성운동은 중력과 관련되어져서 일어나는 운동이므로 임상에서 흔히 적용되어지는 운동이며, 등척성운동은 특별한 기구없이 손쉽게 시행되는 것이 가능하고 비교적 시간이 적게 들며, 움직일 때 통증이 생기거나 움직일 자체가 금기인 환자의 운동에도 적합한 방법이다.

각각 운동적용과 환자의 신체적 반응에 있어서 Mitchell과 Wildenthal(1974)은 구심성운동과 원심성운동으로 이루어진 운동을 시켰을 때 등척성운동을 시켰을 때보다 심박수(HR:Heart Rate)가 더 증가하였고, 이완기혈압(DBP:Diastolic Blood Pressure)은 등척성운동에서만 증가를 보인 반면, 수축기혈압(SBP:Systolic Blood Pressure)은 두 운동에서

모두 증가한다고 보고하였다. Wescott와 Howes(1983)는 무게를 들어 올리는 운동에 있어서 운동후가 운동전보다 수축기혈압이 최고 34%까지 증가하는데 비해서 어떤 무게이건 간에 이완기혈압은 변화가 없다고 말하였다. 이와는 대조적으로 Greer(1984) 등은 등척성운동, 그리고, 구심성운동과 원심성운동으로 이루어진 운동 모두에서 수축기혈압과 이완기혈압이 모두 증가한다고 하였다. MacDougall(1985)등은 구심성운동을 시킨 경우가 원심성운동을 시켰을 때보다 모든 혈압이 더 증가했다고 보고하였고, Menard(1991)는 구심성운동이 원심성운동보다 수축기혈압과 이완기혈압, 심박수에 있어서 모두 더 큰 증가를 보고하였다.

이와같이 운동방법에 따른 혈압과 심박수의 변화를 보고자 한 실험은 많이 있어왔다. 하지만, 구심성운동, 원심성운동, 등척성운동 서로 간의 심혈관계 반응을 비교한 실험에서도 일관성을 보이지 않고 있다.

이러한 사실을 바탕으로 한 본 연구의 목적은 세가지 운동방법인 구심성운동(concentric exercise)과 원심성운동(eccentric exercise), 등척성운동(isometric exercise)을 실행하였을 때에 각각의 수축기혈압(SBP:Systolic Blood Pressure), 이완기혈압(DBP:Diastolic Blood Pressure), 심박수(HR:Heart Rate)의 변화를 비교하여 임상에서 심장질환자를 위해 운동계획표를 작성하고 실행할 때에 운동방법에 따른 심혈관계 반응을 관찰하는데 도움이 되고자 한다. 또한, 순수하게 원심성운동만으로는 혈압과 심박수에 어떤 변화를 가져오는지, 그리고, 어떤 방법의 운동이 더 효과적인지를 알 수 있게 하기 위한 것이다.

II. 연구방법

1. 연구대상

연구대상자는 60명의 건강한 남자로서, 나이는 만 18세에서 29세 사이로 하였고, 세계보건기구(WHO:World Health Organization)에서

정의내려진 고혈압 수치인 140/95mmHg를 넘지 않으며, 실험에 참여하기 전에 심장질환을 앓지 않은 사람중에서 지원자를 택하였다.

2. 실험방법

실험에 쓰이는 기구 및 도구로는 무릎운동기(NK table:Nautilus Knee table), 무릎채, 벨크로(velcro), 전자혈압계(삼성물산 SS-1000), 초시계 등이다. 운동전에 안정시 혈압과 심박수를 측정하고, 운동후에 변화를 측정하였다.

우선 선정된 대상자에게 편안한 자세로 무릎운동기에 앉게 한 뒤 팔을 늘어뜨리게 한 상태에서 안정시의 수축기혈압, 이완기혈압, 심박수를 측정하였다. 본 실험에서 세가지 운동방법에 따른 실험을 하기전에 각각의 대상자에게 적당한 무릎량을 결정하기 위해서 오른쪽 무릎펴짐근(knee extensor)인 대퇴내갈래근(quadriceps femoris)의 10회 반복 최대부하(RM: Repetition Maximum)를 측정하였다.

본 실험에서는 대상자를 무릎운동기에 앉힐 때, 오른쪽 무릎관절(knee joint)이 무릎채를 설치하는 것의 중심과 맞도록 축을 맞추고, 벨크로를 이용해서 다른 보상운동이 일어나지 않도록 잘 고정시켰고, 왼쪽다리는 의자위에 올려놓도록 하였다. 그 다음에 세가지 운동을 순서없이 무작위로 하나씩 골라서 하도록 하였다. 이렇게 함으로써 이월효과(carry-over effect)를 없애고자 했다.

운동 적용은, 첫째, 구심성운동은 시작자세가 고관절(hip joint)이 90°, 무릎관절(knee joint)이 90°, 발목관절(ankle joint)은 정위자세(neutral position)가 되도록 하였다. 각 대상자의 10회반복최대부하에 해당하는 무게로 1번당 1초가 되게 10초동안 10번 수축하도록 했다. 원심성운동이 함께 일어나는 것을 방지하기 위해서 다리를 내릴 때는 무릎채와 다리를 동시에 붙잡아 주어서 내리도록 하였다. 둘째, 원심성운동은 시작자세가 고관절은 90°, 무릎관절은 완전히 펴진 상태가 되도록 하였다. 원심성운동도 각 대상자의 10회반복최대부하에 해당

하는 무게로 1번당 1초가 되게 10초동안 10번 수축하도록 하였다. 원심성운동의 끝은 오른쪽 하지의 무게에서 벗어나는 지점, 즉, 무릎관절이 90°가 되는 지점으로 하였다. 여기서도 구심성운동이 함께 일어나는 것을 방지하기 위해서 다리를 올릴 때 무릎채와 다리를 동시에 붙잡아서 올리도록 하였다. 셋째, 등척성운동은 시작자세가 고관절은 90°, 무릎관절은 완전히 펴진 상태에서 10회반복최대부하에 해당하는 무게를 10초 동안 유지하도록 했다. 위의 세가지 운동 시행시, 운동을 하는 동안 숨을 참지 말고 호흡을 계속 하라고 하였다. 이는 발살바방법(Valsalva maneuver)을 사용하지 않도록 하기 위한 것으로서, 발살바방법은 힘을 더 내기 위한 보상작용이고, Linsenbardt(1992) 등의 연구에서는 발살바방법과 함께 운동한 경우가 호흡을 계속적으로 한 경우에 비해서 최고 수축기혈압은 11 mmHg, 이완기혈압은 9 mmHg나 증가한다고 보고했다.

각각의 운동이 끝난 후에는 안정시의 혈압과 심박수로 돌아 온 것을 확인하고, 또, 근육도 충분히 휴식되었다고 생각될 때까지 10분에서 20분 정도의 휴식시간을 주었다. 각각의 운동이 끝나자마자 운동전과 마찬가지로 방법으로 대상자의 수축기혈압, 이완기혈압, 심박수를 측정하였다.

3. 분석방법

각각의 운동방법에 따른 측정치들의 운동전과 운동후의 변화가 유의한 지를 보기 위해서 t검정에서의 짝비교(paired t-test)로 유의수준 $p < 0.01$ 이 되게 하였다.

구심성운동, 원심성운동, 등척성운동 각각 운동방법에 따른 수축기혈압, 이완기혈압, 심박수의 수치들을 비교하기 위해서는 일원반복측정에 의한 분산분석(repeated one-way ANOVA: Analysis of Variance)방식으로 유의수준 $p < 0.05$ 이 되게 하였다. 일원반복측정식 분산분석에서 유의한 차이가 있다면 포스트-혹 검정(post-hoc test)을 하였다.

Ⅲ. 결과

대상자는 모두 60명의 건강한 남자였고, 평

균연령은 22.8세이고, 평균신장은 173.2 cm, 평균 체중은 65.3 kg이며, 10회반복최대부하의 평균은 18.4 kg이었다. 안정시의 수축기혈압은 121.1 mmHg이고, 이완기혈압은 80.7 mmHg, 심박수는 74.5 beats/min이었다(표1).

표1. 운동전 대상자들의 기술적 통계 (N=60)

	평균 ± 표준편차
연령 (yr)	22.8 ± 2.7
신장 (cm)	173.2 ± 4.8
체중 (kg)	65.3 ± 7.2
10RM (kg)	18.4 ± 3.5
안정시 수축기혈압 (mmHg)	121.1 ± 7.1
안정시 이완기혈압 (mmHg)	80.7 ± 6.0
안정시 심박수 (beats/min)	74.5 ± 6.0

각각 운동간의 종속변수별로 비교하여 보면, 우선, 수축기혈압은 운동전과 비교하여 운동후의 변화량은 구심성운동에선 11.9 mmHg가 증가하였고, 원심성운동에선 8.5 mmHg가 증가하였고, 등척성운동에서 9.5 mmHg가 증가하였다. 이 세가지 측정값은 운동전과 후를 비교한 t검정에서의 짝비교값은 모두 $p < 0.01$ 로써 .

유의하게 증가함은 보였고(표2), 세가지 운동방법간의 차이를 비교한 일원반복측정에 의한 분산분석의 F값은 $p < 0.05$ 이므로 유의한 차이가 있었다(표3). 포스트-훅 검정에서는 구심성운동과 원심성운동간, 구심성운동과 등척성운동간의 비교값에서는 유의한 차이가 있었지만, 원심성운동과 등척성운동 간의 비교값에서는 유의한 차이가 없었다(표6)

표2. 각각 운동전과 후의 수축기혈압의 변화 비교 단위: mmHg

	운동전(Mean±SD)	운동후(Mean±SD)	Prob.
구심성	121.1±7.1	133.0±11.9	0.000
원심성	121.1±7.1	129.6±10.1	0.000
등척성	121.1±7.1	130.6± 8.7	0.000

Mean:평균, SD : 표준편차

표3. 각각 운동간의 종속변수의 분산분석 단위: mmHg

	구심성	원심성	등척성	
	(Mean ± SD)	(Mean ± SD)	(Mean ± SD)	Prob.
수축기혈압	11.9±8.6	8.5±9.2	9.5±6.8	0.017
이완기혈압	1.0±6.0	0.3±5.1	2.4±6.2	
심박수	7.1±7.6	3.6±7.0	6.0±6.6	0.009

Mean: 평균, SD : 표준편차

다음으로 이완기혈압은 운동전과 비교하여 운동후의 변화량이 구심성운동에선 1.0 mmHg 이었고, 원심성운동에선 0.3 mmHg 이었고, 등척성운동에선 2.4 mmHg 이었다. 이 값들 중에서 구심성운동후의 값과 원심성운동후의 값은 p값이 각각 0.186, 0.674로 유의한 증가가 없었

고, 등척성운동후에서만 p값이 0.004로 유의한 차이를 보였다(표 4). 이완기혈압에서는 등척성 운동을 시켰을 때만 유의하게 증가함을 보였기 때문에 일원반복측정에 의한 분산분석을 하지 않았다.

표4. 각각 운동전과 후의 이완기혈압의 변화 비교 단위: mmHg

	운동전(Mean ± SD)	운동후(Mean ± SD)	Prob.
구심성	80.7±6.0	81.8±8.0	0.186
원심성	80.7±6.0	81.0±7.0	0.674
등척성	80.7±6.0	83.1±7.0	0.004

Mean: 평균, SD : 표준편차

운동전과 후를 비교한 t검정에서의 짝비교에서 심박수에서는 운동전과 비교하여 운동후의 변화량이 구심성운동에선 7.1beats/min가 증가하였고, 원심성운동에선 3.6beats/min가 증가하였고, 등척성운동에선 6.0beats/min가 증가하였다. 심박수를 측정 한 세 값도 운동전과 후를 비교한 t검정에서의 짝비교값은 모두 $p < 0.01$ 로써 유의하게 증가함을 보였고(표 5), 세가지 운동방법간의 차이를 비교한 일원반복측정식 분산분석의 F값이 0.009로써 유의한 차이를

보였다(표 3). 포스트-훅 검정에서는 구심성운동과 원심성운동간, 원심성운동과 등척성운동간에서는 유의한 차이가 있었으나, 구심성운동과 등척성운동간에서는 유의한 차이가 없었다(표 6).

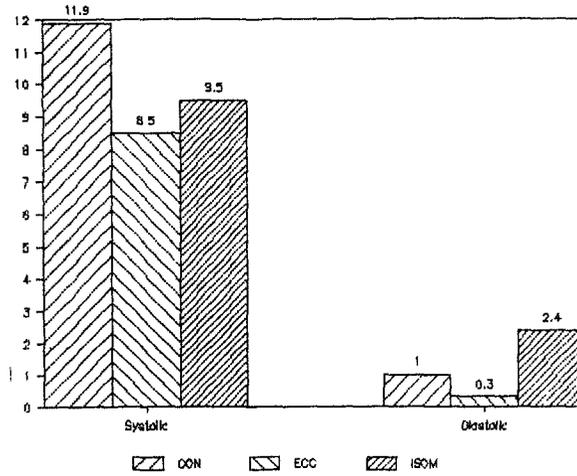


그림1. 각각 운동후의 혈압의 변화량
(CON: Concentric, ECC: Eccentric., ISOM: Isometric)

표5. 각각 운동전과 후의 심박수의 변화 비교 단위: beats/min

운동방법	운동전(Mean±SD)	운동후(Mean±SD)	t-값
구심성	74.5±6.0	81.6±12.1	0.000**
원심성	74.5±6.0	78.0±11.5	0.000**
등척성	74.5±6.0	80.4±11.2	0.000**

Mean: 평균, SD: 표준편차

** p < 0.01

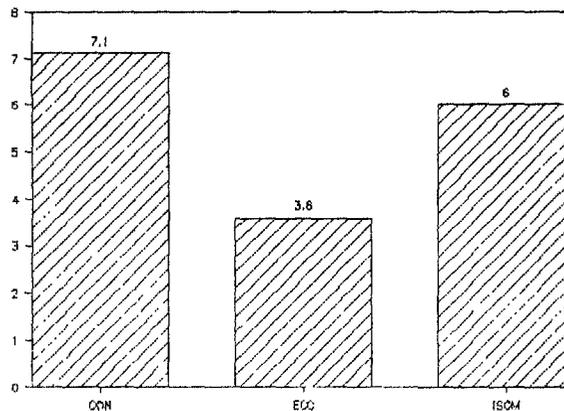


그림2. 각각 운동후의 심박수의 변화량
(CON: Concentric, ECC: Eccentric., ISOM: Isometric)

표6. 각각의 운동간 post-hoc 검정결과

운동방법	운동전(Mean±SD)	운동후(Mean±SD)	Prob.
구심성	74.5±6.0	81.6±12.1	0.000
원심성	74.5±6.0	78.0±11.5	0.000
등척성	74.5±6.0	80.4±11.2	0.000

Mean:평균, SD: 표준편차

동과 원심성운동에서 모두 이완기혈압에서는 변화가 없었다는 점이다. 혈압과 심박수 증가

IV. 고찰

근육의 길이가 짧아지면서 운동이 일어나는 구심성운동을 시켰을 때가 수축기혈압과 심박수에서 가장 큰 증가를 보였고, 이완기혈압에서는 변화가 없었다. 원심성운동을 시켰을 때에도 수축기혈압과 심박수의 증가는 있었지만, 이완기혈압에서는 변화없음을 보였다.

이러한 결과는 Wescott와 Howes(1983)의 실험에서 무게를 들어올리는 운동에 있어서 운동이 끝난 후가 운동전보다 수축기혈압이 최고 34%까지 증가하는데 비해서 어떤 무게이건간에 이완기혈압은 변화가 없었다고 한 보고와 동일한 것이다. 등척성운동을 시켰을 때에는 수축기혈압, 이완기혈압, 심박수에 있어서 모두 증가함을 보였다. 구심성운동과 원심성운동에서는 변화없음을 보인 이완기혈압이 등척성운동에서만 증가함을 보인 것은 등척성운동이 근육의 길이의 변화없이 근긴장도만을 크게 증가시켜 말초혈관에 저항을 크게 높이므로 이에 민감하게 반응하는 이완기혈압이 증가했다고 볼 수 있다.

Menard(1991)의 실험에서는 구심성운동이 원심성운동보다 수축기혈압과 이완기혈압, 심박수에서 모두 더 큰 증가를 보고하였는데, 본 논문과 동일한 결과로는 구심성운동이 원심성운동보다 수축기혈압과 심박수에서는 더 큰 증가를 보인 것이지만, 다른 결과로는 구심성운

기전에 대해서는 아직 확실히 밝혀진 바 없지만, 여러 연구결과에 따르면 그 즉각적인 반응 속도로 볼때 신경인성 기전에 의한 것일 가능성이 가장 높다.

앞에서 말했듯이 이완기혈압은 말초저항과 관계가 커서, 구심성운동과 원심성운동시에는 신경인성 기전에 의해서 혈관이 확장되므로, 저항이 낮아져 이완기혈압에는 변화없음을 보였다고 할 수 있다.

Mitchell 등(1980)의 연구에서는 혈압과 심박수는 자주 변하므로 정확하게 대상자의 혈압과 심박수를 알기 위해서 여러차례 측정하였지만, 본 실험에서는 안정시혈압과 심박수를 측정할 때, 운동시작 전에 한 번만 측정하여서 대상자의 정확한 안정시혈압과 심박수를 측정할 수 없었다. 또, 운동후 혈압과 심박수 측정시에 각각의 운동이 끝난 후에 바로 측정하려고 노력하였지만, 측정자마다 혈압계의 커프(cuff)를 감는 시간에 차이가 있어서 운동직후에 대상자마다 측정되어진 혈압과 심박수가 약간 감소하는 영향을 미쳤다고 생각된다. 운동후 바로 혈압과 심박수를 측정하는 경우에는 MacDougall(1985)의 실험에서처럼 동맥혈관에 직접 관을 투입하여 측정하는 것이 더 정확할 수 있을 것이다. 또한, 운동이 끝난 후에 바로 측정하는 것 이외에 1분후 또는 3분후 정도로 여러번 측정하는 방법도 고려되어져 운동후 시간의 지남에 따른 변화를 관찰한다면 더욱 의의가 있을 것이다. 실험시 통제할 수 없었던 요인들 중에

하나는 운동을 하는 도중에는 호흡을 계속하라는 구두 지시를 하고, 입모양을 살펴보았지만, 대상자 중에는 제대로 수행하지 못한 사람도 있었다고 생각된다. 또, 운동시간에 있어서 등척성운동의 경우에는 시계를 보고 10초를 정확히 측정하였기 때문에 문제가 없지만, 구심성운동이나 원심성운동의 경우에는 1분당 1초가 되도록 지시를 하였지만, 대상자마다 1초에 대한 개념이 다르므로 운동의 속도를 일정하게 하지 못하였고, 운동 전체시간에도 약간의 차이가 있었다고 생각된다.

결과적으로 두 개의 값을 제외하고는 운동전에 대한 운동후 변화량에서 평균의 값보다 표준편차의 값이 크다는 것이다. 이것은 통계상으로는 유의한 차이를 보였지만, 임상에 적용시켰을 때 유의한 의미를 가질 지가 의문이다. 이런 결과가 나온 이유를 명백히 설명할 수는 없지만, 아마도 대상자간의 개인차가 크고, 측정기구인 전자혈압계의 오차와 측정자들간의 오차가 있기 때문이라고 생각된다.

V. 결론

구심성운동을 시켰을 때 수축기혈압과 심박수의 증가가 가장 컸고, 원심성운동을 시켰을 때는 수축기혈압과 심박수의 증가에 영향을 미치기는 했지만, 세가지 운동방법 중에서 가장 적은 영향을 미쳤다. 이완기혈압에는 등척성운동만이 영향을 주었다.

인용문헌

강두희. 생리학.개정 3판, 연세대학교 의과대학 생리학교실, 신광출판사, 1988:8-56-8-63.
Greer M, Dimick S, Burns S. Heart rate and blood pressure response to several methods of strength training. Phys Ther. 1984;64:179-183.

Hill DW, Butler SD. Haemodynamic responses to weightlifting exercise. Sports Medicine. 1991;12:1-7.
Linsensbart ST, Thomas TR, Madsen RW. Effect of breathing techniques on blood pressure response to resistance exercise. Br J Sports Med. 1992;26:97-100.
Conghurst JC, Stebbins CL. The isometric athlete. Cardiology Clinics. 1992;10:281-294.
MacDougall JD, Tuxen D, Sale G, et al. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. J Appl Physiol. 1985;58:785-790.
Menard RM, Penn AM, Lee JWK, et al. Relative metabolic deficiency of concentric and eccentric exercise determined by ³¹P magnetic resonance spectroscopy. Arch Phys Med Rehabil. 1991;72:976-983.
Mitchell JH, Payne FC, Saltin B, Schibye B. The role of muscle mass in the cardiovascular response to static contractions. J Physiol. (Lond) 1980; 309: 45-54.
Mitchell JH, Windenthal K. Static(isometric) exercise and the heart: physiological and clinical considerations. Ann Rev Med. 1974;25:369-381.
Naughton J. Exercise training for patients with coronary artery disease. Sports Medicine. 1992;14:304-319.
Wescott W, Howes B. Blood pressure response during weight training exercise. National Strength and Conditioning Association Journal. 1983;5:67-71.