

상하지 등속성 운동시 나타나는 심혈관계의 반응

김 춘 경

연세대학교 보건과학대학 재활학과

박 혜 정

아주대학병원 물리치료실

홍 지 아

삼육재활병원 물리치료실

권 혁 철

대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

Abstract

Cardiovascular Responses to Isokinetic Exercise in Upper and Lower Extremities

Kim Chun-keung, B.H.Sc., R.P.T.

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

Park Hae-jung, B.H.Sc., R.P.T.

Dept. of Physical Therapy, Ajou University Hospital

Hong Ji-a, B.H.Sc., R.P.T.

Dept. of Physical Therapy, Sam-yuk Rehabilitation Hospital

Kwon Hyuk-cheol, M.P.H., R.P.T., O.T.R.

Dept. of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Taegu University

The purpose of this study was to establish a baseline in order that individuals may exercise safely. Sixty healthy students who were divided into two groups participated in the experiment. One group exercised both arms and legs at 60 rpm and the other at 90 rpm. There was a significant difference between arm and leg exercise in diastolic blood pressure (DBP) and time to target heart rate (tTHR). DBP decreased more in the upper (U/E) than the lower extremity (L/E), but tTHR increased more in the L/E than the U/E ($p < 0.05$). Systolic blood pressure (SBP) was similar for both arm and leg exercise ($p > 0.05$). There was also no significant difference between 60 rpm and 90 rpm in SBP, DBP or tTHR in either arm or leg exercise ($p > 0.05$). In conclusion, the slope of the linear increase in heart rate was steeper for U/E than L/E work. Therefore L/E exercise is safer than U/E exercise.

Key Words: Cardiovascular responses; RPM; Isokinetic exercise; Upper and lower extremities.

차례

Abstract

- I. 서론
 - II. 연구방법
 - 1. 연구대상
 - 2. 기구
 - 3. 운동절차
 - 4. 분석
 - III. 결과
 - IV. 고찰
 - V. 결론
- 인용문헌

I. 서론

운동시에는 맥박수, 혈압, 호흡수의 증가 등 여러 가지 심호흡계의 변화가 일어나게 되는데 이러한 변화를 잘 파악하여 각 개인에게 맞는 운동프로그램을 선택하는 것이 정상인은 물론이고 심혈관계질환을 가진 환자들에게는 필수적이다. 이 적절한 운동프로그램을 설정하기 위하여 지속적인 심혈관계의 반응을 관찰할 수 있는 등속성 운동기구나 트레드밀을 사용하는데 본 실험에서는 현재 임상에서 치료목적으로 사용하고 있는 등속성 운동기구를 선택하였다.

등속성 운동에서는 일률을 미리 정해 놓은 기구를 사용하게 된다. 이는 역동적 운동의 한 형태로서 근육이 수축 또는 이완하는 속도가 기구에 의해서 조절된다. 환자가 신체를 잘 움직일 수 있고 최대의 일률을 수행할 수 있다면 근육에 최대부하가 주어지고 전 관절가동범위에서 최대의 장

력이 생성된다. 운동속도가 일정하기 때문에 등속성 운동기구가 공급하는 저항은 다양하게 변화한다. 즉, 속도를 증가시키면 저항이 더 커지게 되므로 이용하는 사람들은 이를 조절하여 자신의 역량에 맞는 운동을 할 수 있다. 정상인뿐만 아니라 심혈관계 질환이 있는 사람이나 노인들도 직접 자신의 맥박을 측정하면서 운동할 수 있고 점진적으로 저항을 올리면서 운동하므로써 심혈관계가 운동에 적응할 수 있는 기간이 충분해지므로 안전하다. 또한 운동할때 통증을 느끼는 사람의 경우에도 스스로 속도를 조절하여 그에 맞는 저항을 선택하여 운동할 수 있다는 장점이 있다.

이러한 등속성 운동에서는 분당회전율과 운동하고자 하는 근육을 선택하여 운동에 다양성을 부여할 수 있다. Pitetti 등 (1987)은 운동시의 심혈관계 반응은 주로 능동적으로 수축하는 근육크기에 의존하며 운동에 의한 심혈관계 반응은 기구에 의존한다기보다 그 운동에 참여하는 근육의 크기에 따라 달라진다고 주장하였다. Keyser 등 (1988)은 상지 측력계의 분당 회전율을 변화시켰을때 일어나는 심혈관계의 변화에 관하여 연구하였으며 회전율이 빠를수록 피로를 빨리 느끼고 심장에 미치는 부담이 더 크다고 하였다. 그러나 아직까지 등속성 운동시 분당회전율의 변화가 심혈관계에 미치는 영향에 관한 연구는 많지 않기때문에 운동시 회전율 선택에 있어서 지침이 될만한 기준이 마련되어 있지않다. 따라서 이 연구에서는 운동할때 회전율의 변화가 심혈관계에 어떠한 영향을 줄 수 있는지 알아보고 상지와 하지를 각각 운동시킨 경우 혈압과 목표심박수에 이르는 시간을 측정하여 심혈관계의 반응에 대한 차이를 보고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

총 60명의 만 18세에서 30세까지의 건강한 남녀 지원자를 대상으로 하였다. 이들 중에 심장병 진단을 받은 사람, 심장병 증상이 있는 사람, 관상동맥질환이 있는 사람, 심혈관계질환의 가족력이 있는 사람, 고혈압, 당뇨병을 가진 사람은 제외하였고 나이, 성별, 몸무게, 키, 위의 질병에 대한 과거병력을 질문하여 기록하였다.

2. 기구

상지운동시 UBE, 하지운동시 Fitron을 사용하였다. 심박동수는 손목에서 요골동맥을 측정하여 1분동안 측정하였다. 혈압은 수은혈압계와 청진기를 사용하여 상완동맥에서 청진하여 측정하였다.

3. 운동절차

대상자를 30명씩 두 집단으로 나누어 각

집단을 분당 60과 90의 회전율로 상하지 운동을 시켰으며 두 집단 모두 하지 운동 시에는 중력의 영향을 받을 수 있으므로 대상자의 몸무게를 고려하여 다시 분류하였다. 우선 대상자가 활동적인지 비활동적인지 구분하였는데 활동적인 것은 지속적으로 3달 이상, 적어도 1주일에 3번, 한번에 15분정도 활동적인 운동을 한 경우를 말하며 본 실험에서는 조깅이나 테니스를 지속적으로 현재까지 하고 있는 사람을 활동적인 집단으로 분류하였다. A집단은 몸무게 73 Kg미만으로 활동적, 비활동적인 경우와 74 Kg이상에서 90 Kg미만이면서 비활동적인 경우로 구분하였다. B집단은 74 Kg이상에서 90 Kg미만이면서 활동적인 경우와 91 Kg이상이고 비활동적인 경우로, C집단은 91 Kg이상이면서 활동적인 경우로 분류하였다 (표1).

대상자를 앉혀 10분동안 활동하지 않게 한 뒤 운동전 혈압과 심박동수를 측정하였다. 상지 운동의 경우 대상자의 어깨와 크랭크의 축을 맞추어 의자의 높이를 조절하였고 회전 운동시 어깨관절에서 과신전

표1. 각 집단을 나누는 기준

몸무게	비활동적	활동적
73 Kg 미만	A	A
74 - 90 Kg	A	B
91 Kg 이상	B	C

표2. 각 집단에서 단계마다 적용되는 일률

단위: kgm/min

집 단	운동 단계(운동시간)			
	I (1분-2분)	II (3분-4분)	III (5분- 6분)	IV (7분-8분)
A	150	300	450	600
B	150	300	600	900
C	300	600	900	1200

(overstretching)이 일어나지 않도록 기구로부터 의자까지의 길이와 크랭크의 길이를 조절하였다. 발받침은 개인에 따라 가장 편안한 자세가 될 수 있게 하였다. 하지 운동의 경우 발판을 끝까지 내렸을때 무릎이 약간 굴곡된 자세가 되도록 의자의 길이를 조절하였고 기구로 체중부하가 주어지지 않게 손잡이를 가볍게 잡도록 했으며 상체는 약간 앞으로 기울이게 하였다. 운동은 각 단계를 1분, 3분, 5분, 7분으로 하였으며 상지 운동시 150 kgm/min에서 시작하여 단계가 올라갈때마다 150 kgm/min씩 일률을 증가시키는 방법으로 하였다. 하지 운동시에는 A, B, C 각 집단별로 운동단계에서 적용하는 일률에 약간의 변화를 주었는데 A의 경우에는 상지와 동일하게 시행하였으며 B집단은 2단계부터 한단계씩 올릴때마다 300 kgm/min씩 일률을 증가시켰고 C집단은 300 kgm/min에서 운동을 시작하여 각 단계마다 300 kgm/min씩의 일률을 증가시켰다(표2).

운동은 각 대상자의 목표심박수에 이를 때까지 실시했으며 이때까지의 시간을 측정하고 각 단계마다 수동으로 심박동수를 측정하여 변화되는 양상을 보았다. 운동후 1분 뒤에 다시 의자에 앉혀 혈압을 측정하였다. 이때 목표심박수는 최대심박수(220-나이)의 65-70 %에 해당하는 범위로 정하였으며 혈압은 운동전과 운동후에 측정하여 비교하였다. 상지 운동후 하지 운동은 혈압과 심박동수가 안정상태로 돌아올만한 충분한 휴식(적어도 30분 이상)후에 시행하였고 하지 운동을 먼저 시행한 경우도 마찬가지로 하였으며 오염효과(carry-over effect)를 방지하기 위하여 상지와 하지의 운동순서는 대상자들이 오는 순서에 따라 임의로 정하였다.

4. 분석방법

목표심박수에 이르는 시간과 수축기 및 이완기 혈압을 측정하여 첫째, 상지와 하지를 각각 운동시킨 경우에는 짝비교를 하였고 둘째, 분당회전율을 변화시킨 경우는 군비교를 하였으며 유의수준을 0.05로 하였다.

III. 결과

실험에 참가한 대상 인원은 모두 62명이었으나 이중 2명은 운동을 끝까지 수행하지 못하였다. 남자 51명과 여자 9명이 운동을 하였고 여자 9명중 4명이 90 rpm에서, 5명이 60 rpm에서 운동하였다. 본 실험에 참여한 대상자들 중에 과거 병력이 있는 사람은 없었다.

운동 결과 상하지운동시 나타나는 심혈관계의 변화에 있어서는 분당회전율의 변화에 상관없이 다만 상지와 하지만의 비교를 하였다. 이때 하지 운동시 목표심박수에 이르는 시간이 더 길었고 운동 전후 이완기 혈압의 변화는 더 작았다 ($p < 0.05$). 수축기 혈압은 상하지 모두에서 증가하였는데 이 증가폭은 두 집단간에 차이가 없었다 ($p > 0.05$).

분당회전율의 변화에 대해 각 종속변수들은 어떠한 유의한 차이도 보이지 않았다. 따라서 등속성 운동시 회전율의 변화는 목표심박수까지의 시간, 혈압에 영향을 미치지 않았다.

IV. 고찰

운동시 지속적인 심혈관계의 반응을 관찰할 수 있는 등속성 운동기구나 트레드밀을 선택하여 운동할 경우 정해진 양식이 없어 각 연구자에 의하여 선택되는 양식이

조금씩 다르다. Jones와 Campbell(1982)은 Scandinavian, Tri- angula, Stage1 양식등 세가지의 하지 운동에 관한 양식을 연구하였고 Hellerstein과 Franklin (1984)은 상지 운동에 관한 양식을 연구하였으며 Amundsen(1980)와 Monga(1988)의 연구를 보면 연속적으로 운동하는 방법, 각 단계끝마다 휴식시간을 주는 방법, 단계마다 일률을 증가시키는 방법, 각 단계에서 대상자가 유지하는 시간등을 다양하게 선택하여 사용하였다. 본 실험에서는 하지운동시 몸무게를 고려한 방법인 Blair 등(1986)의 양식을 선택하였으며 상지운동시 하지의 운동방법과 동일하게 할 수 있다는 Swaka 등(1983)의 연구 결과를 근거로 하지의 A집단과 동일하게 시행하였다.

DeVris와 Adams(1972)는 동일한 일을 할 경우 작은 근육으로 운동하는 것보다 큰 근육을 사용할 때에 혈압변화가 더 적게 나타난다고 하였다. 트레드밀과 여러 종류의 상지 측력계를 사용하여 운동을 시킨 경우 최고 산소 소모율과 심박동수의 측정치가 각각 비슷하다는 것을 Pitetti 등(1987)과 Blomqvist (1981)가 발견하였다. 이 결과는 운동시의 심혈관계 반응이 주로 능동적으로 수축하는 근육크기에 의존하고 운동에 의한 심혈관계 반응은 기구에 의존한다기 보다는 그 운동에 참여하는 근육의 크기에 따라 달라진다는 것이다. 또 Keyser 등(1989)은 하지 운동시 심박동수의 무산소역치(anaerobic threshold)가 상지 운동시보다 높으며 심박동수와 수축기혈압도 상지 운동시 더 큰폭으로 변화했다고 하였다 ($p < 0.05$). 이는 같은 운동방법과 강도로 운동하였을 경우 하지 운동을 더 오래 할 수 있다는 것을 의미한다. 같은 일률로 운동을 할 경우 상대적으로 하지보다는 상지에 능동적으로 수축에 참여하는 근육이 더 많기 때문에 혈관으로 더 많은 혈

액이 흐르게 되어 수축기 혈압은 높아지고 또한 수축하는 근육은 산소를 필요로 하므로 혈액을 신속하게 근육으로 보내야 하기 때문에 심박동수 또한 급격하게 증가할 것이다. 본 실험 결과에서 상지 운동시 더 급격한 심박동수의 증가를 보였으나 수축기 혈압은 상지와 하지 운동집단 사이에 유의한 차이가 없었고 이완기 혈압은 상지의 경우 하지보다 더 큰폭으로 감소하였다. 이는 운동후 즉시 혈압의 변화를 측정하지 않고 1분 후에 측정하였으며 또 뒤에 기술한대로 대상자들의 운동전 상태가 안정시가 아니었을 가능성이 있기 때문이라 생각한다.

Keyser 등(1988)은 상지 운동시 각 분당 회전율을 30, 60, 70으로 변화시키면서 운동을 시킨 결과 수축기 혈압은 분당회전율 30에서보다 60과 70에서 더 높았고 60과 70의 회전율 사이에는 유의한 차이가 없다고 하였다. 또한 회전율이 30에서 60, 70으로 증가할수록 심박동수의 증가폭은 더 커졌다. 그러므로 속도가 빠를수록 심장에 더 부담되는 운동이 될 것이라 예상하여 상하지 운동시 모두 분당회전율 60보다는 90에서 목표심박수에 이르는 시간이 더 짧고 수축기 혈압의 변화도 클 것이라고 예측했다. 그러나 실제 결과에서는 혈압이나 목표심박수에 이르는 시간 등 모든 종속변수에서 유의한 차이가 없었다. 이 원인을 분석하자면 우선 두 연구에서 사용한 운동방법이 달랐다는 것이다. 선행연구에서는 일정한 운동시간을 정해 놓고 각 분당회전율에 따라 운동시킬때 할 수 있는 최대 일률과 최대 심박수를 측정하였고 본 연구에서는 목표심박수를 정하여 운동시켰을 때 이에 이르는 시간과 심박동수의 변화양상을 보았다. 또 단계설정에 있어서도 선행연구에서는 각 단계를 3분으로 하였으며 전체 운동 시간을 일률적으로 정하였고 본 연구에

서는 각 단계를 1, 3, 5, 7분으로 하여 목표 심박수에 이를때까지 운동을 시켰다. 이 경우 본 연구에서 선택한 방법이 단계를 올릴때마다 심혈관계가 적응할 수 있는 시간적 여유가 생기므로 속도의 영향을 덜 받았을 것이라고 생각한다. 하지만 본 실험 결과는 여러가지 분당회전을 중 단지 두가지만을 비교했고 또 두 회전율간의 차이가 크지 않았기 때문에 운동시 분당회전의 변화가 심혈관계의 반응에 영향을 미치지 않는다고 할 수는 없다.

혈압과 심박동수를 두가지 다 수동으로 측정하였기 때문에 운동중에 맥박이 잘 잡히지 않아 측정이 힘들었고 개인간의 오차를 최대한 줄이기 위하여 한 사람이 계속 측정하였다. 또한 이 변수들은 시간과 날씨, 그리고 식사 유무의 영향을 받았다고 생각한다. 실험시간이 오전 또는 오후로 일정하게 정해진 것이 아니라 아침 9시부터 저녁 7시까지 하였기 때문에 각 시간대별로 대상자들의 상태가 달랐다. 특히 오후 실험을 할 때에는 대상자들이 대부분 식사를 하고 오거나 운동을 하다 왔기때문에 혈압이 많이 높아진 상태여서 휴식시간을 충분히 주어야 했으므로 실험시간이 상당히 오래 걸렸다. 또한 실험시간이 여름이었기 때문에 대상자들이 운동시 쉽게 피로를 느끼는 경향이 있었다.

본 실험에서는 분당회전에 있어서 60과 90의 두가지만을 선택하여 비교하였으나 더 다양하게 선택하여 각각 비교한다면 분당회전의 변화가 운동시 심혈관계의 반응에 미치는 영향을 자세히 알 수 있을 것이고 또 노인이나 심혈관계 질환자들을 대상으로 연구한다면 심혈관계 질환자들의 운동에 대한 기본적 지침을 더 세밀하게 세울 수 있어 안전하면서 치료에 도움이 되는 운동을 시킬 수 있을 것이라 생각한다.

V. 결론

등속성 운동시 각 단계별로 일률을 점점 증가시키는 방법을 선택하였을 때 같은 일률로 운동할 경우, 상지의 운동보다는 하지 운동시 심박동수가 천천히 증가하였고, 분당회전의 변화에 대한 심혈관계 반응에는 유의한 차이가 없었다. 그러므로 퇴행성 질환의 예방 또는 치료의 목적으로 노인이나 심혈관계 질환자들에게 이용할 경우 우선 상지 운동보다는 심장에 부하를 적게 주는 하지 운동을 시키는 것이 더 안전할 것이다.

인용문헌

- 강두희. 생리학.개정 3판, 신광출판사; 1988; 14장 16-32.
- Amundsen LR, Takahashi M, Carter CL, et al. Exercise response during wall-pulley versus bicycle ergometer work. *Phys Ther.* 1980;60 (Feb): 173-178.
- Blair SN, Gibbons LW, Painter P, et al. Guidelines for exercise testing and prescription.3rd ed, Philadelphia, PaLea & Febiger; 1986; 17-18.
- Blomqvist CG, Lewis SF, Taylor WF, et al. Similarity of hemodynamic responses to static and dynamic exercise of small muscle groups. *Circ Res.* 1981; 48 (Suppl I): 187-192.
- DeVries H, Adams G. Total muscle mass activation vs relative loading of individual muscle as determinants of exercise response in order man. *Med*

- Sci Sports. 1972; 4: 146-154.
- Hellerstein HK, Franklin BA. Evaluating the cardiac patient for exercise therapy. In: Franklin BA, Rubenfire M, eds. Symposium on cardiac rehabilitation. Clin Sports Med. 1984; 3: 371-393.
- Jones NL, Campbell EJM. Clinical Exercise Testing. 2nd ed, Philadelphia, WB Saunders Co, 1982.
- Keyser RE, Andres FF, Woita DM, et al. Variation in cardiovascular response accompanying differences in arm cranking rate. Arch Phys Med Rehabil. 1988; 69 (Nov): 941-945.
- Keyser RE, Mor D, Andres FF. Cardiovascular response and anaerobic threshold for bicycle and arm ergometer exercise. Arch Phys Med Rehabil. 1989; 70: 687-691.
- Kisner C, Colby LA. Therapeutic exercise. 2nd ed, Philadelphia, F.A. Davis Co; 1990: 70, 91-92.
- Monga TN, Deforge DA, Williams J, et al. Cardiovascular response to acute exercise in patient with cerebrovascular accidents. Arch Phys Med Rehabil. 1988; 69: 937-940.
- Pitetti KH, Snell PG, Stray-Gundersen J. Maximal response of wheelchair-confined subjects to four types of arm exercise. Arch Phys Med Rehabil. 1987; 68: 10-13.
- Sawka MN, Foley ME, Pimental NA, et al. Determination of maximal aerobic power during upper-body exercise. J Appl Physiol. 1983; 54: 113-117.