

등장성 혹은 등척성 정리운동이 동적근력회복에 미치는 효과

김문정, 신성녀, 임은교, 이충휘
연세대학교 보건과학대학 재활학과

Abstract

Effect of Recovery on Dynamic Strength after Isotonic or Isometric Cool-Down Exercise

Kim Mun-jung, B.H.Sc., R.P.T.

Shin Sung-nyu, B.H.Sc., R.P.T.

Im Eun-kyo, B.H.Sc., R.P.T.

Yi Chung-hwi, Ph.D., R.P.T., O.T.R.

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

Our purpose of this study was to determine the most effective cool-down exercise. The recovery times of dynamic strength after isometric and isotonic cool-down exercise were measured immediately post cool-down exercise, 30 seconds later and 60 seconds later in 30 normal, healthy men from 19 to 29 years, using dumbbells(Model, Iron). The recovery time of dynamic strength had a significant positive correlation with isotonic and isometric cool-down exercise using the Chi-square method ($p < 0.01$). Sources of significant differences were determined by the Wilcoxon signed-ranks test ($p < 0.01$). The isometric cool-down exercise significantly shortened the recovery time of dynamic strength. We suggest that the isometric cool-down exercise may be more effective than isotonic cool-down exercise in shortening the recovery time of dynamic strength.

Key Words: Cool-Down exercise; Recovery.

차례

Abstract

- I. 서론
- II. 연구방법
 - 1. 연구대상 및 연구기간
 - 2. 실험방법
 - 3. 용어의 정의
 - 4. 분석방법
- III. 연구결과
- IV. 고찰
- V. 결론
- 인용문헌

I. 서론

일반적인 운동 프로그램 구성은 준비운동기(warm-up phase), 주운동기(conditioning phase) 및 정리운동기(cool-down phase)로 구분하여 실시한다. 준비운동의 목적은 심근 및 골격근에 혈류를 증가시키고, 체온을 상승시키며, 근육 및 관절의 손상을 예방하고, 심장에 갑자기 무리한 부담을 주지않는다. 주운동 후의 정리운동은 말초에 Blood Pooling을 방지하고, 현기증과 실신을 예방하며, venous return을 증가시켜 회복을 촉진시킨다. 또한, 신전(extension)운동에 의해 근경련과 근육통을 방지한다. 이런 연구의 효용성은 일반인의 운동 후 근육통 혹은 근경련과 직업 운동선수의 계속적인 경기에 따른 근피로를 가장 효과적으로 해소하고 근력회복을 획득하는데 있다. 근육과 혈액내의 젖산제거 촉진을 위한 조절은 직업 운동선수들에게 잠재적인 잇점이 될 수 있다. 이것은 비교적 짧은 시간내에 피로회복과 근력회복이 요구되는 운동선수들에게는 특히 중요하다. 일반적으로 흔히 사용되는 정리운동의 방법으로는, 주운동의 강도를 낮추어 실시하는 것, 걷기, 조깅, 신장운동(stretching exercise), 오락 경기(recreation game) 등이 있다 (황수

관, 1988). 정적회복(rest recovery)과 동적회복(exercise recovery)의 비교에 있어서, 운동후 젖산의 회복속도는 완전 휴식을 통한 정적회복보다 조깅등과 같은 가벼운 운동을 통한 동적회복이 산소공급을 더 많이 받고 혈액 순환을 원활히 하므로 더 빨리 피로가 회복된다. 정리운동시 속도는 최대운동속도의 65% 속도가 젖산 제거에 효과적이고, 수영 선수들이 가장 편안하다고 느끼는 속도였다 (McMaster, 1989).

이와같이 정리운동의 효과와 일반적인 방법에 관해서는 기존의 논문에서 언급되었으나, 정리운동의 구체적인 운동방법의 종류에 대해서는 언급이 없었다. 보통 흔히 사용되는 정리운동은 전체 신체기능과 심폐기능을 원활히 하는 것에 중점을 두었다. 그러나 단점은 운동종목에 따라 많이 사용된 근육에 동적근력 회복에는 도움을 주지 못한다는 것이다. 예를 들어 일반적인 정리운동은, 역도 선수에게 전체 신체기능과 심폐기능을 원활히 하는 것에는 도움을 줄 수 있으나 역도 경기시 특히 많이 사용된 근육의 동적근력 회복에는 효과적인 도움을 주지 못한다.

그러므로 본 연구는 여러가지 운동방법 중에서도 가장 일반적으로 쉽게 적용할 수 있는 등장성 운동(isotonic exercise)과 등척성 운동(isometric exercise)을 이용하여 세분화되고 전문적인 정리운동의 종류를 제공함으로써 동적근력 회복에 효과적인 도움을 주고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상 및 연구기간

본 연구는 서울에 거주하는 만 19세이상 만 29세 이하의 남자 총 30명을 대상으로 선정하였다. 연구대상의 조건은 다음과 같다. 현재 정신적, 신체적 질병, 과거 근골격계 수술이나 질병 경험, 대사성 질환이없는 사람, 헬스 클럽에서 매일 한 시간씩 3개월 이상을 정기적으로 운동한 사람이다.

본 연구는 1993년 7월 3일부터 7월 5일까지 20명을 대상으로 예비 실험을 하여 정상 성인이 피로를 느낄 수 있는 운동의 강도를 측정하였고 1993년 7월 6일부터 7월 27일까지 연구 대상자 30명에게 실험을 실시하였다.

2. 실험방법

본 연구는 서울시 소재의 한 헬스 클럽에서 실시되었다. 실험실 온도는 26도였고, 실험자와 피실험자만이 참석한 가운데 이루어졌다. 실험준비물은 2Kg, 3Kg와 10Kg에서 25Kg까지의 아령, 초시계, 실험안내서, 설문지, 기록지를 준비했다.

실험 순서는 피실험자에게 실험 안내서를 보여 주어 실험의 목적을 인식시키고 설문지 작성 후, 헬스 클럽에서 사용하는 준비운동(warm-up exercise)프로그램을 실시하였다. 그리고 각 개인의 운동성 우세손에 1RM을 측정하는데, 1RM은 팔굽관절 굴곡 완전 관절가동 범위에서 아령을 이용하여 측정하였다. 그리고 피로를 주는 주운동(conditioning exercise)을 실시하고, 무작위순으로 등장성, 등척성 정리운동 중 한가지를 시켰다. 그 후, 각 정리운동마다의 동적근력 회복 효과를 비교해보기 위하여, 정리운동 직후와 그 후 30초 간격으로 1RM수행 여부를 측정하였다. 불이행시는 30초 간격으로 재시도를 하였다.

이 실험은 정리운동의 효과를 비교하기 위한 것이므로 한가지 정리운동에 대한 실험을 하고 48시간이 경과한 후, 다른 종류의 정리운동에 대한 실험을 하였다. 기본 자세는 소매없는 런닝 셔츠와 반바지 차림상태에서 해부학적인 자세를 취한다. 이 해부학적인 자세에서 어깨 넓이 만큼 발을 벌리고 운동성 우세손은 아령이 골반이나 대퇴 부위에 닿지않도록 어깨관절을 약간 외회전시킨다. 이것은 운동성 우세손의 팔굽관절 신전이 방해되거나, 대리 운동이 일어나는 것을 방지하기 위함이다. 그리고 반대손은 허리에 가볍게 놓는다.

각각의 운동 방법은 다음과 같다. 주운동의

방법은 기본실험자세에서 운동성 우세손의 팔굽관절 굴곡과 신전을 3 Kg 아령으로 41회를 구령에 맞추어 2초를 한주기 속도로 시켰다. 주운동 후 곧바로 정리운동을 시켰는데 등장성 정리운동의 방법은 기본 실험자세에서 운동성 우세손 팔굽관절 굴곡과 신전을 2 Kg 아령으로 27회를 피실험자가 편안함을 느끼는 속도로 시켰다. 등척성 정리운동의 방법은 기본 실험자세에서 운동성 우세손 팔굽관절 90도 굴곡 상태에서 2 Kg 아령을 손에 올려 놓아 20초를 유지시킨 후, 5초 휴식을 반복해서 총 104초 동안 시행하였다.

실험 불이행의 조건은, 우선 기본 실험자세에서는 양어깨가 수평이 되지 못한 경우, 등장성 정리운동과 주운동에서는 대리 운동으로 인해 어깨를 위로 치켜올리는 경우, 운동성 우세손의 팔굽관절 굴곡 완전 가동 범위를 수행하지 못한 경우, 같은 속도로 운동하는 도중 운동성 우세손의 팔굽관절 신전 상태에서 3초 이상 정지했을 경우로 정했다. 그리고 등척성 정리운동에서는 운동성 우세손의 팔굽관절이 90도 굴곡상태를 유지하지 못했을 경우로 보았다. 관찰자간의 신뢰도를 위해서, 실험시 운동 수행 여부는 3명의 실험자 중 두사람이 동시에 동의했을 때로 정했다.

3. 용어의 정의

(1)1RM(Repetition-Maximum): 한 번만에 완전 가동 범위를 통해서 들어올릴 수 있는 최대의 무게

(2)등장성 수축(isotonic contraction): 근육 자체의 길이가 짧아지는 구심성 수축과 근육 길이가 길어지면서 수축하는 원심성 수축으로 나눌 수 있다.

(3)등척성 수축(isometric contraction): 운동 부하는 변하더라도 근육 자체의 길이는 변하지 않는 수축으로 훈련기구가 간단하고 부하를 최대로 줄 수 있다.

(4)운동성 우세손: 본 실험은 팔굽관절 굴곡근을 이용하기 때문에 글씨를 쓰는 것과 같은 섬

표1. 등장성, 등척성 정리운동후의 1RM수행의 시간별 인원수

운동 종류	운동직후	30초시	60초이후	
등장성	4(13.3)	14(46.7)	12(40.0)	30(100)
등척성	20(66.7)	5(16.7)	5(16.7)	30(100)
	24(40.0)	19(31.7)	17(28.3)	60(100)

제한 동작을 하는 소동작 우세손보다 운동시에 강한 힘과 모멘텀(momentum)을 발휘할 수 있는 운동성 우세손이 더 적합하다고 보았다. 예를 들어, 글씨는 오른손으로 쓰고 테니스 라켓이나 공 던지기는 왼손을 사용하는 경우, 운동성 우세손을 왼손으로 정한다.

4. 분석 방법

분석 방법은 우선, 각 항목의 부호 대장을 만들어 결과 자료를 입력한 후, Statistical Package for the Social Sciences/Personal Computer+(SPSS/PC+) 통계 프로그램을 사용하였다. 먼저, 정리운동 종류와 동적근력 회복 시간과의 상호 관련성을 검증하기 위해서 Chi-square 검정을 하였다. 그리고 등장성, 등척성 정리운동간의 동적근력 회복 시간 차이를 검증하기 위해서 Wilcoxon 부호 순위검정(Wilcoxon Signed-Ranks Test)을 사용하였다. 이때 순위로서 운동 직후는 3점, 30초시는 2점, 60초이후는 1점으로 정하였다.

Ⅲ. 연구결과

각 개인의 운동성 우세손의 1RM을 측정해서 주운동후, 임의로 등장성과 등척성 정리운동을 선택하여 수행하고, 운동 직후로부터 30초 간격으로 1RM수행여부를 측정하였다.

1RM수행 결과의 분포가 등장성 정리운동시

총 30명 중 운동직후 4명(13.3%), 30초시 14명(46.7%), 60초 이후 12명(40.0%)이고, 등척성 정리운동시 총 30명 중 운동직후 20명(66.7%), 30초시 5명(16.7%), 60초 이후에 수행한 사람이 5명(16.7%)이었다.

표1에서 보듯이, 등척성 정리운동은 운동직후에 1RM 수행이 우세했고 등장성 정리운동은 30초이후에 1RM 수행이 우세하였다. 정리운동 종류와 동적근력 회복과의 관련성을 검증하기 위해 Chi-square 검정을 하였다. 두 변수간의 교차빈도표가 산출되며 관련성을 검증하기 위한 Chi-square값이 17.81218 이며 자유도가 2로서 유의도는 0.00014이다. 유의도가 0.01보다 작은 값을 가지므로 두변수간에 상호 독립적이라는 귀무가설은 기각되고 상호관련성이 있다는 연구 가설은 기각되지 않는다. 즉, 정리운동종류와 동적근력 회복시간에는 상호관련성이 있다.

Wilcoxon 방법을 통해 등척성 정리운동이 등장성 정리운동보다 작은 경우의 평균순위는 8.50이며 등척성 정리운동이 등장성 정리운동보다 큰 경우의 평균순위는 10.61로서 차이를 보여주고 있는데 이를 검증한 결과 유의확률이 $p=0.0003$ 으로서 두 변수의 위치 모수가 같다는 가설(H_0)은 기각되었다. 표2에서 보듯이, 등척성 정리운동이 등장성 정리운동보다 1RM수행 시간이 더 빠른 경우수가 19가지이므로, 정리운동으로서의 등척성 정리운동은 동적근력 회복에 유의하였다.

표2. 등장성, 등척성 정리운동의 동적근력 회복 시간 차이

평균 순위	경우수	
8.50	1	등척성정리운동 < 등장성정리운동
10.61	19	등척성정리운동 > 등장성정리운동
	10	등척성정리운동 = 등장성정리운동
합 계	30	

IV. 고찰

운동 후 정리운동(cool-down exercise)의 효과에 대해서 다수의 연구가 행해져 왔으나 정리운동 종류에 따른 효과에 대하여는 구체적인 언급이 없었다. 그래서 본 연구를 하게 된 배경은, 정리운동을 나누어서 적용하여 그 효과를 비교하여서 효율성이 높은 정리운동을 제공하고자 한다. 또한 체육지도자에게는 정리운동의 중요성을 재인식 시킴과 동시에 정리운동 종류에 따른 동적근력회복에 대한 연구에 대해 관심을 가지도록 하는 것이다. 그러므로서 운동선수들에게 연속적인 경기에 따른 근력저하를 정리운동을 통해 재빠른 동적근력회복에 도움을 주고자 한다.

정리운동의 효과를 측정하는 방향은 여러가지가 있다. 예를 들어 혈액검사를 통한 젖산 제거 정도, 혈압, 심박수의 측정, 동적근력 측정, 최대 산소 소모량등이 있다. 본 연구에서는 그 중에서 동적근력측정 방법을 선택해서 정리운동 효과를 보고자 했다. 동적근력측정(dynamic strength test)은 보통 1RM값을 측정함으로써 평가된다.

또한, 주운동의 강도는 예비실험을 통해서 정하였다. 정리운동을 적용하기 전에 피로를 느끼게 하는 주운동의 강도는, 최대부하검사시 최대심박수(target heart rate)의 80% 혹은 최대산소섭취량의 70%를 상한선으로 할 때 사고 발생이 없었다고 하는 운동처방기초(김성수, 1991)에 근거하여서, 예비실험으로 얻어진 최

대운동강도의 80%를 주운동의 강도로 정하였다. 그리고 정리운동의 운동강도는 주운동 강도의 65%를 적용시켰다. 결론적으로 주운동의 강도는 최대운동강도의 80%가 되고, 정리운동의 강도는 최대운동강도의 52%가 된다. 따라서 최대등척성수축의 60-70%를 시킬 때 근내압이 증가하여서 혈액순환 장애가 생긴다(Byrd와 Hills, 1971)는 문헌결과에 대한 위험성을 배제할 수 있었다. 본 연구는 단순히 아령무게와 횡수, 시간, 속도만을 가지고 운동강도를 결정한 부분에서 객관성이 떨어진다는. 최대산소섭취량을 측정하기에는 장비와 경비가 많이 필요해서 현실적으로 불가능 했다. 그리고 측정이 비교적 쉬운 최대심박수의 80%를 이용하는 것이 첨가되었다면 더욱더 정확한 연구결과를 얻을 수 있었을 것이다.

실험방법을 설계하는 데에 있어서 또 하나의 제한점이 있었다. 정리운동인 등장성운동과 등척성 운동의 운동강도를 동일하게 하는 방법이다. 등장성과 등척성운동의 운동강도자체만을 비교한 논문은 없었다. 그래서 다른 연구를 위해서 사용했던 방법을 응용하여 적용했으므로 두 운동 종류의 강도에 대한 타당도와 신뢰도는 미약하다. 본 연구의 결과가 신뢰도와 타당도를 더욱더 인정받기 위해서는 등장성과 등척성운동의 동일한 운동부하량에 대한 비교기준표가 만들어져야 한다. 왜냐하면 전제조건인 정리운동의 운동부하량이 동일해야만 동적근력의 차이가 유의하다고 인정될 수 있기 때문이다. 또한 등속성운동도 운동부하량 비교기준표의 항목에 들어가야 한다. 본 연구에서 유독

등속성 정리운동이 포함되지 못한 것은 현실적인 이유 때문이다. 등속성운동 기구인 Cybex기계가 실험장소에 마련되지 못하였고, 실제적으로 Cybex기계가 대중화와 일반화되어 있지 못했기 때문이다. 그래서 가장 쉽게 적용할 수 있는 등장성과 등척성운동을 시행했으나 등속성운동을 포함시키지 못한 것이 아쉬움으로 남는다. 추후 동일한 주제로 연구가 진행된다면 등척성, 등장성 정리운동뿐만 아니라 등속성운동도 포함하여 생리학적으로 동일한 운동부하량에 대한 비교기준표를 만들고 동적근력회복에 대한 비교연구도 필요하다고 생각된다.

기존의 연구에서는, 생리적으로 동일한 운동부하량 적용문제에 있어 총 등장성 운동시간의 2배를 등척성 운동시간에 적용시켰다. 등척성 운동시간을 등장성 운동시간의 2배로 적용하고, 중간 휴식시간은 총 운동시간에 포함되지 않았다(Morris, 1977). 그러나 본 실험에서의 방법은, 등장성 운동시간(52초)의 2배를 등척성 운동시간(104초)에 적용시킨 것은 같으나 중간 휴식시간을 포함한 104초를 실시하므로 정적회복(rest recovery)효과를 통제하였다. 그 이유는 등척성수축의 최대수축시간은 7초-10초이고, 등척성수축을 실제적으로 104초 동안 동일한 강도로 지속적으로 유지하기는 불가능하므로 20초 마다 5초의 휴식시간을 적용시켜서 104초 동안 실시하였다. 그리고 또 다른 이유로 등장성운동은 근수축과 근이완 과정을 통해서 pumping 작용을 함으로써 혈액순환의 장애를 받지않는 반면, 등척성수축은 근내압(intra-muscular pressure)의 계속적인증가로 인해서 pumping작용이 없으므로 근육내에 혈류량이 감소되어 말초기관이 저산소증에 빠질 수 있다. 따라서 정리운동의 효과를 기대할 수 없으므로 이러한 요인들을통제하기 위해서 등척성 운동에는 중간휴식시간이 꼭 필요하다고 생각된다.

본 연구의 결과에서와 같이, 등척성 정리운동이 등장성 정리운동보다 동적근력회복이 더 빠른 이유는 phasic muscle fiber가 tonic muscle fiber 보다 운동 후 회복양상이 더 길

므로, 등장성운동 후 MVC(Maximal Voluntary Contraction)향상이 등척성운동 후보다 더 느리게 일어나기 때문이고(Morris, 1977) Slow와 Fast-twitch fiber의 기능적 특징 때문이다. Slow-twitch fiber는 Myoglobin함유량과 말초혈관의 밀도가 높고 피로도가 낮은 반면에, Fast-twitch fiber는 Myoglobin함유량과 말초혈관의 분포도가 낮고 피로도가 높은 특성이 있다.(황 수관, 1988). 물론 등장성 정리운동을 할 경우에 Phasic muscle fiber와 Fast-twitch fiber만이 작용하고 Tonic과 Slow-twitch fiber는작용하지 않는다고 볼 수는 없다. 그러나 등장성 운동시에는 주로 Phasic muscle fiber와 Fast-twitch fiber가 주로 활성화되고 등척성 운동시에는 Tonic muscle fiber와 Slow-twitch fiber가 주로 활성화 되므로 동적근력회복양상은 등장성 정리운동보다 등척성 정리운동이 더 빠르다.

또한, 여러가지 운동 방법중 등척성 운동은 다른 운동에 비해 특별한 기구없이 손쉽게 신체의 거의 모든 근육에서 시행하는 것이 가능하고 비교적 시간이 적게 들며, 운동으로 인한 근육통 유발등의 문제점을 배제할 수 있고, 움직일 때 통증이 생기거나 움직일 자체가 금기인 관절의 운동에도 적합한 방법이다.

이러한 등척성 운동 잇점을 고려하여 각각의 정리운동에 따른 세분화되고 전문적인 운동프로그램 개발에 더욱 많은 연구가 필요하다고 생각된다.

V. 결론

본 연구는 20대의 건강한 정상 남자 총 30명을 대상으로 팔굽관절 굴곡근에 등장성과 등척성 정리운동을 적용시켜서 1RM 수행 여부를 통해 동적근력 회복차이를 비교하였다.

Chi-square를 통해 정리운동종류와 동적근력 회복시간과의 상호관련성을 알아본 결과 타당도가 인정되었고, Wilcoxon방법을 통해 알아

본 결과 등척성 정리운동이 동적근력회복에 등장성 정리운동보다 더욱 효과적이었다.

인용문헌

- 김성수, 채정룡, 권양기. 스포츠 의학 입문: 운동 처방의 기초. 2nd ed 보경문화사. 1991.
- 이금세. 체육 과학 전서 4권. 바이오테카닉스: 제3편 신체 운동의 생리 해부학적 기초. 동화문화사. 1985.
- 전태원, 박현, 김기진. 최대 운동 부하후 회복 기증 심박수, 산소섭취량 변화와 유산소성 운동 능력과의 관계분석. 서울대학교 체육 연구소 논문. 1988;9:47-53.
- 조명진. 운동 생리학: 4장. 운동을 발현시키는 기능, 5장. 운동을 지속시키는 기능. 고문사. 1983;93-127.
- 황수관. 운동 생리 : 강두희. 생리학; 3rd ed. 연세대학교 의과대학 생리학교실: 신평출판사. 1979.
- Byrd RJ, Hills WL. Strength, endurance, and blood flow responses to isometric training. *The Research Quarterly*. 1971; 42:357-361.
- Clarke DH. The role of contraction duration muscular fatigue. *The Research Quarterly*. 1978;49:12-19.
- Cooper RG, Stokes MJ, Gibson H, Richard HTE. Minimizing fatigue functional electrical stimulation of muscle. *Clinical Rehabilitation*. 1989; 3: 333-340.
- Coyle EF, Coggan AR, Hopper MK, Walters TJ. Determinants of endurance in well-trained cyclists. *Journal of Applied Physiology*. 1988;64:2622-2630.
- De Varies HA. Method for evaluation of muscle fatigue and endurance on electromyographic fatigue curves. *Am J Phys Med*. 1968;47:125-135.
- Jones DA, Newham DJ, Torgan C. Mechanical influences on long-lasting human muscle fatigue and delayed-onset pain. *J Physiol*. 1989;412:415-427.
- Kroll W. Isometric strength fatigue patterns in female subjects. *The Research Quarterly*. 1971;42:286-298.
- McMaster WC, Stoddard T, Duncan W. Enhancement of blood lactate clearance following maximal swimming. *Am J Sports Med*. 1989;17:472-477.
- Borris AF. Effects of fatiguing isometric and isotonic exercise on fractionated patellar tendon reflex components. *The Research Quarterly*. 1977;48:121-127.
- Morris AF, Clarke DH, Dainis A. University of Maryland. Time to maximal voluntary isometric contraction (MVC) for five different muscle groups in college adults. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 1983;54:163-168.
- Peters EM, Noakes TD, Raine RI, Terblanche SE. Muscle glycogen repletion during postexercise recovery. *Am J Physiol*. 1987;253:E305-311.
- Renaud JM, Kong M. The effects of isotonic contractions on the rate of fatigue development and the resting membrane potential in the sartorius muscle of the frog, *Rana pipiens*. *Canadian Journal of Physiology of Pharmacology*. 1991;69:1754-1759.
- Scully RM, Barnes MR. *Physical Therapy: Musculoskeletal causes*. New York: J.B.Lippincott Company. 1989.
- Seow CY, Stephens NL. Fatigue of mouse diaphragm muscle in isometric and isotonic contractions. *Journal of Applied Physiology*. 1988;64:2388-2393.
- Shaver LG. Relation of maximum isometric

strength and relative isotonic endurance of the elbow flexors of athletes. The Research Quarterly. 1972;43:82-88.

Svoboda M. Influence of dynamic muscular fatigue and recovery on static strength. The Research Quarterly. 1973;44:389-395.

Toshio M, Hiroaki T, Takayoshi Y, et al. Relationship between myoelectric signals and blood lactate during incremental forearm exercise. Am J Phys Med. 1984;63:122-132.