

운동형태에 따른 최대 운동이 심근 산소소비량과 혈중 젖산 농도의 변화에 미치는 영향

가톨릭대학교 강남성모병원 · 고려대학교 사범대학 체육교육과¹⁾ · 혜민병원²⁾

김재성 · 김성수¹⁾ · 장경모²⁾

The effects of different exercise type for maximal exercise on RPP and blood lactate

Kim, Jae-seong, R.P.T., Ph D., Kim, Sung-Soo, M.D.,¹⁾ Jang, Kyung-Mo, R.P.T.²⁾

Dept. of Kangnam St. Mary's Hospital of Catholic University,

Dept. of Physical Education, Korea University¹⁾

Dept. of Hyemin Hospital²⁾

- ABSTRACT -

The purpose of this study was to compare the effects of different exercise types including isokinetic, isometric, and isotonic exercise of same exercise intensity on cardiopulmonary function and blood lactate level.

The subjects of this study included 17 males college students. Each subjects after pretraining measurement performed isokinetic, isometric and isotonic exercise of 1 week interval using Cybex 6000 System, KBI-C and YSI 1500 were used to measure changes in cardiopulmonary function and blood lactate level respectively.

First, comparing changes in RPP relative to exercise type, isokinetic group showed significant difference between before exercise($7.08 \pm 1.12 \text{mg/kg/min}$) and post exercise($18.98 \pm 1.75 \text{mg/kg/min}$). Isometric group showed that significant difference between before exercise($7.89 \pm 0.98 \text{mg/kg/min}$) and post exercise($20.22 \pm 2.41 \text{mg/kg/min}$). Isotonic group showed significant difference between before exercise($8.14 \pm 0.11 \text{mg/kg/min}$) and post exercise ($19.84 \pm 2.30 \text{mg/kg/min}$). Second, comparing changes in blood lactate level relative to exercise type, isokinetic group showed significant difference between before exercise ($2.99 \pm 0.65 \text{mmol}$) and post exercise($6.55 \pm 6.55 \text{mmol}$). Isometric group showed significant difference between before exercise($1.71 \pm 5.48 \text{mmol}$) and post exercise($5.48 \pm 1.97 \text{mmol}$). Isotonic group showed significant difference between before exercise($1.16 \pm 0.48 \text{mmol}$) and post exercise($5.21 \pm 1.28 \text{mmol}$).

The results of this study indicate significant differences RPP in isometric exercise and significant differences blood lactate in isotonic exercise.

Key Words : Isokinetic Ex, Isometric Ex, Isotonic Ex, RPP, Blood lactate.

I. 서 론

인체가 운동과 적절한 조화를 이루는 기능적이고 형태적인 영향, 운동 효과의 향상과 나아가서는 건강유지 및 강화를 가져오기 위한 훈련 효과, 질병 예방과 재활 운동의 수단으로서의 스포츠 의학이 광범위하게 사용되고 있다. 운동의 효과는 여러 차례 같은 행동을 반복함으로써 해당 심혈관계, 근골격계, 호흡기계 등에 변화가 일어나 더욱 탁월하고 효과적으로 운동에 적응할 수 있는 능력이 생기는 것을 말한다.

손상 정도에 따라 수술 등을 포함한 1차적인 치료 후 재활치료 과정에서 근력과 지구력 증진을 위한 재활 프로그램을 제공하게 된다.

재활 운동 프로그램에서 이용되는 치료적 운동의 종류는 손상이나 질병의 형태, 조직의 치유단계, 관절의 상태와 압박이나 내성, 운동 프로그램의 목표, 그리고 환자가 회복되기를 원하는 기능적 활동 정도에 의해 좌우된다(Kisner와 Colby, 1990; DeLisa와 Gans 1993). 전통적으로 근력 및 지구력을 증진시키기 위한 근수축을 유발하는 운동의 형태에는 등속성 운동, 등척성 운동, 등장성 운동으로 나눌 수 있다(DeLisa와 Gans, 1993; Kotte와 Lehmann, 1990).

최근 들어 등속성 운동은 정형 외과적 손상 후 재활 운동치료 과정에서 근육을 재생시키는데 많이 사용되고 있다(Sherman 등 1982). 등척성 운동과 등장성 운동 수행시 심폐기능의 반응에 대하여는 기존에 연구가 활발하게 되어 있으나 등속성 운동 수행시 심폐기능의 반응에 관한 연구는 빈도가 적다.

임상에서는 정형 외과적 손상 부위와 치유시간의 지연, 혹은 관절의 스트레스를 감소시켜 주거나 관절을 유연하게 해주는 것과 재건술 후에 새로운 인

대 형성을 증진 시켜주고 스트레스를 줄여 주기 위하여 최대하 강도를 적용한다. 그러나 일반적으로 등속성 운동은 최대 운동을 적용하는 것을 원칙으로 한다. 최대 운동을 수행함으로써 나타나는 심폐기능의 반응에 대한 운동형태에 대한 지식은 임상에서의 재활 운동치료 뿐만 아니라 운동 생리학적으로도 커다란 의미를 지닌다. 일반인의 손상 후 재활 프로그램을 수행 할 경우에 고혈압, 심근 허혈증, 부정맥 등의 심혈관계 질환을 잠재적으로 보유하고 있을 수도 있다. 심폐기능의 숙련도 유지 및 주의는 재활 프로그램의 필수적인 부분이다. 손상의 어떤 경우에도 심폐기능의 숙련된 상태를 유지 할 수 있는 운동 프로그램을 고안해서 환자에게 제공하여야 한다. 최대 등속성, 등척성, 등장성 운동을 포함한 훈련방법들이 적절한 프로그램화되어서 제공되지 않으므로 심폐기능의 기능적 과부하가 주어지는 동안 위험한 상황들을 유발시킬 수 있기 때문이다.

등속성 운동 동안에 근육에 제공되는 저항은 전체 운동 범위 동안 최대로 주어지기 때문에, 근육 긴장이 전체 운동 범위 동안 최대일 것이라고 하였다. 따라서 심폐기능에 미치는 영향도 클 것이라고 생각한다(Hislop와 Perrine, 1967).

등척성 운동은 다른 운동 형태와 비교해 특별한 기구 없이 수행할 수 있다는 것과 비교적 시간이 적게 들며, 운동으로 인한 근육통 유발 등의 문제점을 최소화 할 수 있으며, 움직일 때 통증이 발생되거나 움직임이 급기증인 관절의 운동에도 유용한 방법이다(DeLisa와 Gans, 1993; Kotte와 Lehmann, 1990). 그러나, 이러한 운동의 장점에도 불구하고 심박수와 혈압이 증가하는 등의 심혈관계의 문제점이 발생되어 심폐기능의 효과가 실제 임상 적용시 제한적 요소로 작용할 수 있다.

등척성 운동시 혈압 및 심박수의 증가는 근육량 (muscle mass)과는 관계가 없으며, 발휘된 근력비율 (muscle strength ratio)에 비례한다고 하였다(Donald 등, 1967; Mitchell와 Wildenthal 1974). 재활의학 분야에서는 혈압이 정상 범위 내에 있는 환자들에게 낮은 강도의 등척성 운동 프로그램을 적용한 결과 유의한 효과가 있다고 보고하였다(Marjorie 등, 1984).

한편, 등장성 운동 동안, 부하에 의해 근육에 제공 되는 저항은 인체 지렛대의 특성에 따라 영향을 받게 되며, 근육 긴장은 운동 범위를 통해 변화하며 단지 짧은 순간 동안 최대가 된다. 이러한 차이는 동일한 근육의 크기에서 심폐기능 등에 차이를 만들지만, 동일한 수준의 강도에서 운동을 수행한 등속성과 등장성 운동에 대한 자료를 제시하지는 못한다.

그러므로, 이러한 특성을 본 연구에서는 근력 및 근지구력 증진을 위한 재활 운동수행 중 일부 환자에게서 심폐기능에 장애가 발생 할 수 있다는 전제 하에 인체의 가장 큰 관절 중 하나이면서 체중 부하를 담당하며, 안정성과 손상 방지 및 정상적인 기능이 중요한 슬관절의 운동 전과 운동 후의 심근 산소 소비량 및 혈중 젖산 농도의 변화를 보고자 한다. 슬관절 운동 시 관절각도와 최대 우력의 관계에 대한 연구는 많이 이루어져 있으나(Knapik와 Ramos, 1980; 윤태식, 1991), 이에 대한 심폐기능의 변화에 대한 보고는 소수에 불과하다. 따라서 본 연구의 목적은 손상 후 재활 운동치료에 도입하여 사용하고 있는 등속성 운동, 등척성 운동, 등장성 운동 등의 세 가지 운동형태에 있어서, 동일한 운동강도를 적용하였을 때 나타나는 심근 산소소비량과 혈중 젖산 농도의 변화를 연구하고, 규명하여 재활 운동 프로그램의 기초 자료를 제공하고자 하는데 두었다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 슬관절 주위에 근골격계 질환이 나 슬관절 손상 경험이 없는 대학교에 재학중인 남학생으로서 20명을 선정하여 본 실험과정을 종료 시 까지 수행한 17명으로 하였다. 대상자 전원은 정상 혈압자로서 특정 건강 식품이나 관련 약물을 복용하지 않으며, 혈액 검사와 심전도상에 이상 소견이 나타나지 않은 건강한 생활을 하였다. 연구 대상자의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1 . Physical characteristics of subjects

Variable	Mean ± SD
Age(yrs)	21.47 ± 1.87
Height(cm)	173.8 ± 5.43
Weight(kg)	63.29 ± 6.26
VO ₂ (ml/kg/min)	3.86 ± 0.49
RHR(beats/min)	69.88 ± 5.50
SBP(mmHg)	111.9 ± 11.31
DBP(mmHg)	72.65 ± 8.53

2. 실험 설계

본 실험은 4주 동안 실시하였으며 실험절차는 4주 간의 실험기간 동안에 예비 검사(1주), 등속성 운동(2주), 등장성 운동(3주), 등척성 운동(4주)을 Cybex 6000 System을 이용하여 측정하였으며, KBI-C를 이용하여 심폐변인을, YSI 1500을 이용하여 혈중 젖산 농도를 각각 측정하였다. 한편 실험을 착수하기 전에 실험기기, 실험방법에 의한 오차를 최소화하기 위하여 예비검사를 실시하여 실험의 신뢰도 검증과 운동 강도의 보정을 실시한 후 본 실험에 착수하였다. 실험실의 온도는 20~23°C, 습도는 50~60%로 유지하였다.

3. 운동프로그램

1) 등속성 운동

등속성 운동의 프로토콜은 180°/sec의 속도로 25회의 슬관절 최대 구심성 신전/굴곡을 하도록 구성한다. 각각 수축시간 동안 최대 노력은 사전에 우세한 다리로 180°/sec에서 수행한 4회의 최대 반복 검사에서 얻어진 최고값으로 결정된 최대 우력으로 설정한다.

운동 중 피검자는 피검자의 전방에 놓인 컴퓨터 모니터에 나타나는 시각적 피드백과 언어적 명령을 이용하여 각각 반복시 요구되는 힘을 가능한 일정하게 유지하는데 도움을 받도록 한다. 슬관절의 관절 운동범위는 90°를 유지하도록 하였다.

슬관절의 축은 동력계의 지레팔의 회전축에 정렬되어졌으며, 다리의 1/3에 지레팔의 원위 말단부가 닿게 한다. 피검자는 체간과 주동근 이외의 근육군이 동원되지 않도록 대퇴부위를 벨트로 고정하여 자세를 고정시켰다. 가능한 많이 수축하는데 주동근으로 참여하지 않는 근육들은 이완하도록 요구한다.

2) 등장성 운동

등장성 운동은 1RM의 65%를 개인별로 정한 후 슬관절 신전/굴곡을 15회 운동 후 10초 휴식으로 2세트 운동을 수행하였으며, 슬관절의 관절가동범위는 90°를 유지하도록 하였다. 슬관절에 대하여 등장성 운동 측정시 피검자의 자세와 측정 진행 방법은 등속성 운동과 동일하게 실시하였다.

등속성 운동에서와 같이 시각적 피드백과 언어적 명령은 피검자가 각각의 신전/굴곡을 반복하는 동안 요구되는 힘을 일정하게 유지하는데 피검자에게 도움을 주었다.

3) 등척성 운동

등척성 운동은 최대 수의적 수축에서 80°로 동력계 속도를 고정하여 놓고, 최대 수의적 수축으로 신전/굴곡을 각각 20초간 실시 후 10초간 휴식으로 구

성하였다. 최대 수의적 수축은 사전에 4회의 시도에서 피검자가 나타낸 가장 강한 힘으로 결정하였으며, 슬관절의 각도는 80°에서 고정하였다. (완전한 신전은 0°로 고려한다.) 정적 수축의 전체 기간 동안 최대 수의적 수축의 근 긴장은 등속성 운동과 마찬가지로 시각적 피드백과 언어적 명령의 도움으로 항상성을 유지하였다.

등속성과 등장성 프로토콜 동안, 운동하는 다리는 최대 우력의 중력 효과를 교정하기 위해 동력계의 자동 사지 체중계에 의해 운동 시작 전에 무게를 측정하였으며, 각 실험 시작 시, 대상자들은 5분 동안의 부하를 걸지 않은 자전거 타기와 스트레칭 운동으로 준비 운동과 10분 동안 정리운동을 수행한다.

4) 심폐기능 측정

호흡가스는 호흡 대 호흡(breathing to breathing) 방법으로 운동 시 자동 호흡가스 분석기(KB1-C)와 연결된 개인용 컴퓨터를 통해 매 30초마다 자동으로 분석하여 산출하였으며, 3명의 피검자가 검사를 종료할 때마다 처음의 방법과 동일하게 다시 0점 조정을 실시하였다.

5) 혈액 채혈 및 분석

운동전과 운동 후에 각각 최대한의 동맥혈화 과정을 거친 후 피검자의 손가락 끝(finger tip)에서 capillary tube(용량 30μl)로 채혈을 하고, 채혈된 혈액은 자동 혈중 젖산 분석기(Lactate analyzer, YSI 1500: U.S.A.)에 주입한 후 기기를 이용하여 혈중 젖산 농도를 분석하였다.

4. 자료 처리

본 연구의 측정 자료는 세 집단의 각 항목의 측정값에 대한 평균(M) 및 표준편차(SD)를 비교하고 유의차 검증은 반복 측정 ANOVA 분석을 하였으며, 통계적 분석은 SAS/STAT (Ver 6.12)을 이용하였다. 통계값의 유의 수준은 $p < 0.05$ 로 한다.

III. 결 과

1. 심근 산소 소비량(RPP)의 변화

각 운동형태별 RPP에 대한 평균 및 표준편차는 Table 2.에서 보는 바와 같이 각 운동형태 별 운동 전과 운동 후의 RPP의 변화는 등속성 운동 집단은 운동 전 $7.80 \pm 1.12 \text{ ml/kg/min}$, 운동 후

Table 2. Mean(SD) of RPP among groups

(단위, ml/kg/min)

	GroupPre	Post
Isokinetic	7.80(1.12)	18.98(1.70)
Isometric	7.89(0.98)	20.22(2.41)
Isotonic	8.14(1.11)	19.84(2.30)

$18.98 \pm 1.70 \text{ ml/kg/min}$ 을 나타내었으며, 등척성 운동 집단은 운동 전 $7.89 \pm 0.98 \text{ ml/kg/min}$, 운동 후 $20.22 \pm 2.41 \text{ ml/kg/min}$ 을 나타내었다. 한편, 등장성 운동 집단은 운동전 $8.14 \pm 1.11 \text{ ml/kg/min}$, 운동 후 $19.84 \pm 2.30 \text{ ml/kg/min}$ 으로 나타내었다.

이에 대한 반복 측정분산분석 결과는 Table 3.에서 보는 바와 같이 각 운동형태별 심근 산소소비량의 반복 측정분산 분석은 집단에 따라 유의한 차이를 나타내지 않았으나, 시간에 있어서는 유의한[F(1, 48)=1746.36, p=0.0001] 차이를 나타내었다. 그러나 집단 및 시간의 상호작용에서는 유의한 차이를 나타내지 않았다.

Table 3. The results of repeated measure ANOVA for RPP among groups

Source	Df	SS	MS	F	Pr>F
Group	2	9.10	4.55	1.20	0.3105
Error	48	182.20	3.80		
Time	1	3512.96	3512.96	1746.36	0.0001*
Group×Time	2	5.67	2.84	1.41	0.2540
Error	48	96.57	2.01		

* P<0.01

2. 혈중 젖산 농도의 변화

각 운동형태별 혈중 젖산 농도에 대한 평균 및 표준편차는 Table 4.에서 보는 바와 같이 각 운동형태 별 운동 전과 운동 후의 혈중 젖산 농도의 변화는 등속성 운동 집단은 운동 전 $2.99 \pm 0.65 \text{ mmol}$, 운동 후 $6.55 \pm 1.71 \text{ mmol}$ 로 나타내었다. 등척성 운동 집단은 운동 전 $1.71 \pm 0.53 \text{ mmol}$, 운동 후 $5.48 \pm 1.97 \text{ mmol}$ 로 나타내었다. 등장성 운동 집단은 운동 전 $1.16 \pm 0.48 \text{ mmol}$, 운동 후 $5.21 \pm 1.28 \text{ mmol}$ 을 나타내었다.

Table 4. Mean(SD) of blood lactate among groups

(단위, mmol)

Group	Pre	Post
Isokinetic	2.99(0.65)	6.55(1.71)
Isometric	1.71(0.53)	5.48(1.97)
Isotonic	1.16(0.48)	5.21(1.28)

이에 대한 반복 측정분산분석 결과는 Table 5.에서 보는 바와 같이 각 운동형태별 혈중 젖산 농도의 반복 측정분산 분석은 집단에 따라 유의한 차이를 나타내지 않았으나 시간에 있어서는 유의한[F(367.19, 48)=13.87, p=0.0001] 차이를 나타내었으며, 집단 및 시간의 상호작용에서는 유의한 차이를 나타내지 않았다.

Table 5. The results of repeated measure ANOVA for blood lactate among groups

Source	Df	SS	MS	F	Pr>F
Group	2	45.76	22.88	13.87	0.0001*
Error	48	79.18	1.65		
Time	1	367.19	367.19	246.44	0.0001*
Group×Time	2	1.03	0.51	0.34	0.7105
Error	48	71.52	1.49		

P<0.01

IV. 고 찰

근력 및 근지구력, 심폐지구력을 증가시키기 위한 운동형태에는 등속성 운동, 등척성 운동 그리고 등장성 운동으로 나눌 수 있다. 등속성 운동은 Hislop와 Perrine(1967), Thistle 등(1967)에 의하여 개념이 도입된 이후에 근력의 평가와 운동의 신뢰성과 유효성이 있다고 알려져 왔다. 다른 저항 운동과 달리 저항을 세트하는 것이 아니라, 움직임의 속도가 세트되고, 기구에 저항하여 적용되는 힘을 동일한 반응으로 귀결된다. 미리 결정된 움직임의 범위를 통해 연속적이고, 최대 힘을 근육이 발휘하는 것이 이론적으로 가능하다.

등척성 운동은 근육의 적절한 변화나 눈에 보이는 관절의 움직임 없이 근육이 수축할 때 일어나는 한 형태로 Hettinger와 Muller(1953)에 의하여 소개되어졌으며, 물리적으로 수행된 일이 없다고 해도 큰 장력과 힘의 산출이 근육에서 일어난다. 등척성 운동은 저항 운동의 초기에 많이 사용하며, 수축하는 근육의 길이 변화를 나타내지 않고 근육을 수축하기 때문에 정적수축이라고도 한다.

등장성 운동은 근육이 자신의 운동범위 내에서 길어지거나 짧아짐으로서 일정한 부하나 다변적인 부하를 이겨내고 수행되는 역동적인 운동의 한 형태로(Hislop와 Perrine, 1967), DeLorme와 Watkins(1948)에 의하여 체계화되었으며, 이후 Zinowieff(1951) 등에 의해 발전되었다. 저항은 동일하게 유지되지만 운동범위를 통하여 이루어지므로 움직임에 따른 상대적 힘이 요구되는 특성을 가지고 있다.

본 연구는 이상에서 살펴 본 운동형태를 재활 프로그램에 적용할 때 심근 산소소비량의 변화와 혈중 젖산 농도의 변화에 대하여 논의하고자 한다.

일반적으로 운동형태에 따른 근력에 대한 연구는 다수 보고되었지만, 본 연구가 의도하는 운동형태에 따른 심근 산소 소비량 및 혈중 젖산 농도의 변화에 미치는 영향에 대한 연구는 드물다. 본 연구에서는 20대 정상인의 슬관절을 제한적으로 실험 대상으로

하여, 낮은 상관관계를 나타낼 수도 있다.

심근 산소소비량은 심장활동에 의해 소모되어지는 산소의 양을 말하며(Kisner C, Colby, 1990), 심박수와 수축기 혈압의 곱으로 표시하고, 심장 근육이 산소소비량을 간접적으로 용이하게 측정하는 지표이다(Jorgensen 등, 1977). 운동 중에는 심근 산소 소비량에 영향을 주는 주요인자는 심박수와 혈압이 증가하므로 심근 산소 소비량도 증가하게 된다. 본 연구에서의 결과는 운동 전 심근 산소 소비량은 각 집단간에 유의한 차이는 나타나지 않았으나, 운동 후 심근 산소 소비량은 등척성 운동집단에서 유의한 차이를 나타내었다.

심근 산소 소비량에 영향을 주는 인자에는 여러 가지가 있는데 그중 심박수와 심장 내적 요인인 심실의 압력 및 용적, 두께, 혈압 외적 요인인 혈압과 심박출량, 그리고 수축력이 주요인자가 된다(Jorgensen 등, 1977; Braunwald, 1971). 심근에 공급되는 산소량은 동맥의 산소 함량, 헤모글로빈의 산소해리, 관상동맥 혈류량에 의해 결정되고 관상동맥의 혈류량은 대동맥의 이완기 혈압, 관상동맥벽의 혈류 저항, 측부 동맥의 순환상태에 의해 조절된다. 심근 산소 소비량을 직접적으로 측정하는 방법은 관상동맥과 상대동맥에 카테터를 삽입하여 NO 의 포화도 차이를 측정함으로써 얻어지는 것인데(Jorgensen 등, 1977), 이런 방법은 일반적으로 환자에게 적용하기는 어렵다. 따라서 간접적인 측정 방법을 이용하는데, triple product, TTI(tension-time index), 심근 산소 소비량, 심박수 등이 있다. 이 중 심근 산소 소비량은 안정시 뿐만 아니라 운동시에도 심근 산소 소비량을 평가할 수 있는 지표가 되며, 임상적으로도 유용성이 증명되었다(Holmberg 등, 1971; Amsterdam 등, 1974; Gobel 등, 1978).

고강도의 운동을 할 때 심근 산소 소비량은 심근의 장력인 심실의 압력 및 용적, 두께의 증가로 인해 50%가 상승된다고 한다. 또한 심장의 수축력이 높아질수록 산소의 소비량이 증가하며 수축 속도 역시 심근 산소 소비량에 영향을 미친다(Burns와

Covell, 1972). 운동 중에는 심박수와 혈압이 증가하므로 RPP도 증가하게 되어 심근의 산소 소비량도 증가하게 되고, 심근은 혈중에 분포되어 있는 산소의 이용이 혈중 산소의 20%에 지나지 않는데 비하여, 심근의 무려 70~80%를 이용함으로써, 심근의 유산소 능력은 골격근에 비하여 3~4배가 더 높다고 하며, 골격근에서는 운동 중에 더 많은 산소를 이용하기 위하여 혈류량이 더 증가하지 않더라도 동-정맥 산소 분압 차이(A-VO₂)를 증가시켜 유산소 능력을 증가시킬 수 있으나, 심근에서는 안정시에 이미 심근의 동-정맥 산소 분압 차이가 높기 때문에 운동 중에는 더 많은 산소를 심근에 공급하기 위하여, 관상동맥의 혈류량이 증가되어야 한다. 따라서 운동 중에 RPP의 증가는 바로 관상동맥 혈류량 증가를 의미한다. 심근은 휴식시에도 혈액에서 70~75%의 산소를 소모하기 때문에 운동 중의 주된 산소공급은 관상동맥의 혈류 증가에 의해서 이루어진다(Kisner와 Colby, 1990).

운동시 혈중 젖산 농도 측정에 대하여 국내의를 막론하고 많은 연구가 이루어짐에 따라서 각종 스포츠 현장에서 운동시의 근피로 현상과 운동강도 및 운동내성을 평가하기 위하여 혈중 젖산 농도가 하나의 지표로 사용되고 있는 실정이다(위승두, 1995). Powers와 Howly(1996) 혈액 내 젖산 측정은 근육 작용에 의한 젖산 생성과 간과 다른 조직들에 의한 젖산 제거 사이의 균형에 의존한다. 혈중 젖산 농도는 안정시와 가벼운 운동 중에 1mmol/l에 머물게 된다. 운동강도가 증가하면 혈중 젖산은 간과 다른 조직들에 의한 제거율의 감소 혹은 젖산 생성의 가속으로 인해 증가한다.

신체 활동에 의한 대사산물로써 중요한 역할을 하는 젖산을 김성수 등은(1995) 글루코스의 무산소성 대사 결과 생성되는 강산성의 물질로써 신체 활동으로 인하여 체내에 축적되면 조직 세포와 혈액을 생성화 시키기 때문에 운동 피로를 발생시키는 가장 중요한 물질이라고 하였다.

안정시 혈중 젖산 농도는 0.44~1.8mmol/l (Å

strand와 Rodahl, 1991), 1.02~1.13mmol/l (김성수 등, 1993)로 보고하였다.

최대 운동시에는 9.1mmol/l, 최대 운동시 집단 별로 회복기 5분에서 7.54~9.90mmol/l (Åstrand와 Rodahl, 1991)를 나타내었다.

본 연구에서는 안정시 혈중 젖산 농도는 1.16~2.99 mmol/l 를, 운동 후에는 회복기 5분에서 5.21~6.55mmol/l 를 나타내었다.

혈중 젖산 농도의 증가는 산소공급이 부족한 상태에서 무산소 대사과정으로 에너지(ATP)를 생산하게 됨에 따라 나타나는 현상으로, 혈중 젖산 농도가 축적되는 점을 젖산역치(lactate threshold, LT)라고 하여 유산소 운동능력을 평가하는 기준으로 활용하고 있다(Pascoe 등, 1990).

Kindermann, Simon, Keul(1979)은 최대하 운동 중의 혈중 젖산 농도는 지구성 운동 능력의 훌륭한 지표가 될 수 있다고 하였다. Hermansen과 Stensvold (1972)는 안정시 근육과 혈액 내에 축적되어 있는 젖산의 농도는 약 1mmol/kg으로 낮다. 이러한 젖산 농도는 40% O₂max 수준의 강도로 운동할 때까지 변화를 보이지 않았다가 운동강도가 높아지므로 인해 축적량이 점차 증가하며 일정한 지점에 이르러서는 급격히 증가하게 된다고 보고하였다. 운동 중에는 4mmol/kg 이상의 젖산이 축적되는데, 이것의 의미는 간에서 젖산 흡수력이 감소하고 혈액 내 젖산 축적이 빠른 속도로 증가하기 때문이다. 혈중 젖산은 운동의 형태에 따라 상이한 수준으로 축적됨을 선행된 연구(Costill, 1986)들을 통하여 알 수 있다.

V. 결 론

운동의 형태 즉 등속성 운동, 등척성 운동, 등장성 운동 등을 비교·분석하여 심근 산소 소비량 및 혈중 젖산 농도 등의 변화를 규명하기 위하여 일반 대학생 17명을 대상으로 Cybex 6000 System을 이용하여 운동 수행 후 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 운동형태별 심근 산소 소비량은 등속성 운동 집단은 운동 전 $7.80 \pm 1.12 \text{ ml/kg/min}$, 운동 후 $18.98 \pm 1.75 \text{ ml/kg/min}$ 로 유의한 차이를 나타내었다. 등척성 운동 집단은 운동 전 $7.89 \pm 0.98 \text{ ml/kg/min}$, 운동 후 $20.22 \pm 2.41 \text{ ml/kg/min}$ 로 유의한 차이를 나타내었다. 등장성 운동 집단은 운동 전 $8.14 \pm 1.11 \text{ ml/kg/min}$, 운동 후 $19.84 \pm 2.30 \text{ ml/kg/min}$ 로 유의한 차이를 나타내었다.

둘째, 운동형태별 혈중 젖산 농도의 변화는 등속성 운동 집단은 운동 전 $2.99 \pm 0.65 \text{ mmol}$, 운동 후 $6.55 \pm 6.55 \text{ mmol}$ 로 유의한 차이를 나타내었다. 등척성 운동 집단은 운동 전 $1.71 \pm 0.53 \text{ mmol}$, 운동 후 $5.48 \pm 1.97 \text{ mmol}$ 로 유의한 차이를 나타내었다. 등장성 운동 집단은 운동 전 $1.16 \pm 0.48 \text{ mmol}$, 운동 후 $5.21 \pm 1.28 \text{ mmol}$ 로 유의한 차이를 나타내었다.

참 고 문 헌

- 김성수 등. 생활체육 참여기간이 최대운동능력과 유산소운동 시 생리학적 변인에 미치는 영향. 대한스포츠의학회지. ;11(1): 93-102, 1993.
- 김성수, 정일규. 운동 생리학. 대경 출판사. 서울. 1995
- 위승두. 운동부하 강도가 혈중 암모니아 및 젖산 농도에 미치는 영향. 대한스포츠의학회지. 13(2): 183-97, 1995.
- 윤태식. 슬관절 등척성 수축시 우력 양상과 심혈관계에 미치는 영향, 대한재활의학회지, 15: 387-97, 1991
- Abbadie C and Besson JM. c-fos expression in rat lumbar spinal cord during the development of adjuvant-induced arthritis. Neuroscience, 48(4): 985-993, 1992.
- Amsterdam EA, Hughes III JL, DeMaria AN, Zelis R, Mason DT. Indirect assessment of myocardial oxygen consumption in the evaluation of mechanisms and therapy of angina pectoris. Am. J. Cardiol., 33: 737-43, 1974
- Åstrand, P.O. Rodahl, K. Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise, McGraw Hill College Div; 3rd ed. 1991
- Braunwald E. Control of myocardial oxygen consumption. Am. J. Cardiol. 27: 416-32, 1971.
- Burns JW, Covell JW. Myocardial oxygen consumption during isotonic and isolumic contraction in the intact heart. Am. J. Physiol. 223:1491-97, 1972.
- Costill DL. Inside running: Basis of sports physiology. Indianapolis, Beuckmark press. ; 97-109, 1986.
- DeLisa JA, Gans BM. Rehabilitation Medicine. Principles and practice. 2nd ed. Philadelphia, J.B. Lippincot 526-54, 1993
- DeLorme TL, Watkins A. Technics of progressive resistance exercise. Arch. Phys. Med. Rehabil. ;29, 1948.
- Donald KW, Lind AR, McNicol GW, Hum-phreys PW, Taylor SH, Staunton HP. Cardiovascular response to sustained(static) contractions. Circ. Res. ;suppl 1, 15-32, 1967.
- Gobel FL, Nordstorm LA, Nelson RR, Jorgen CR, Wang Y. The rate-pressure product as an index of myocardial oxygen consumption during exercise in patients with angina pectoris. Circ. ;57: 549-56, 1978.
- Hermansen L, Stensvold I. Production and removal of lactate during exercise in man. Acta. Physiol. Scand., ;86(2):191-201, 1972.
- Hettinger T, Muller EA. Muskeileistung und Muskeltraining. Arbeitsphysiologie, ;15: 111-26, 1953.
- Hislop HJ, Perrine J. The isokinetic concept of exercise. Phy. Ther. ;47,114, 1967.

- Holmberg S, Wieslaw S, Varnauskas E. Coronary circulation during heavy exercise in control subjects and patients with coronary heart disease. *Acta. Med. Scand.* :190: 465-73, 1971.
- Jorgensen CR, Gobel FL, Taylor HL, Wang Y. Myocardial blood flow and oxygen consumption during exercise. *Am. NY. Acad. Sci.* :301: 213-223, 1977.
- Kindermann W, Simon S, Keul J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* :42(1):25-34, 1979.
- Kisner C, Colby LA. *Therapeutic Exercise Foundations and Techniques*. 2nd ed. F.A. Davis Co, 1990
- Knapik JJ, Ramos MU. Isokinetic and isometric torque relationships in the human body. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* :61: 64-7, 1980.
- Kotte FJ, Lehmann JF. *Physical medicine and rehabilitation*. 4th ed., Philadelphia, W.B. Saunders. :496-8, 1990.
- Mitchell JH, Wildenthal K. Static(isometric) exercise and the heart: Physiological and clinical considerations. *Ann. Rev. Med.* :25, 362-81, 1974.
- Marjorie G, Susan D, Stephane B. Heart rate and blood pressure response to several method of strength training. *Phys. Ther.* :64(2): 179-83, 1984.
- Pascoe DD, Costill DL, Robergs RA, Davis JA, Fink WJ, Pearson DR. Effects of exercise mode on muscle glycogen restorage during repeated days of exercise. *Med Sci Sports Exerc.* :22(5):593-8, 1990.
- Powers SK, Howley ET. *Exercise Physiology*. 3rd ed., New York, McGraw-Hill inc. :151-76, 1996.
- Rowell LB, Marx HJ, Bruce RA, Conn RD, Kusumi J. Reductions in cardiac output central blood volume with thermal stress in normal men during exercise. *J. Clin. Invest.* :45:1801-16, 1966.
- Sherman WM, Pearson DR, Habansky AJ, Vogelgesang DA, Costill DL. Isokinetic rehabilitation after surgery. *Am. J. Sports. Med.* :10(3): 155-61, 1982.
- Thistle HG, Hislop HJ, Moffroid M, Lowman EW. Isokinetic contraction, A new concept of resistive exercise. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* :48: 279-82, 1967.
- Zinowieff AN. Heavy resistance exercise. The Oxford technique. *Br. J. Phys. Med.* :14: 129-9, 1951.