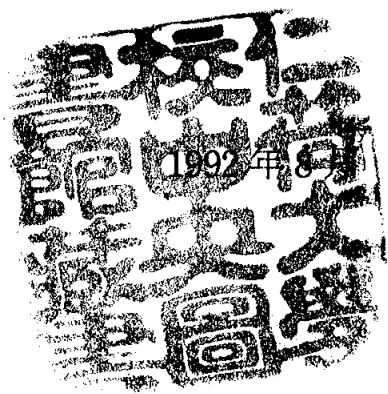


796.07
가 539

教育學碩士學位請求論文

運動強도의變化에 따른 超過酸素消費(EPOC)의 量과
持續時間에 關한 研究

A Study on the Quantity and Duration of EPOC after
Taking Exercise with Exercise Intensity



仁荷大學校 教育大學院

體育教育專攻

李 錫 貫
의 단

241330

Handwritten signature or mark in the bottom right corner.

教育學碩士學位請求論文

運動強도의變化에 따른 超過酸素消費(EPOC)의 量과
持續時間에 關한 研究

A Study on the Quantity and Duration of EPOC after
Taking Exercise with Exercise Intensity

1992年8月

指導教授 金光會

이 論文을 碩士學位論文으로 提出함

仁荷大學校 教育大學院

體育教育專攻

李 錫 貫

本 論 文 을 李 錫 貫 의 碩 士 學 位 論 文 으 로 認 准 함 .

1992 年 8 月 日

主 審

副 審

副 審

目 次

I. 緒 論	1
1. 研究의 必要性	1
2. 研究 目的	3
3. 研究 假說	3
4. 研究의 制限點	4
5. 用語의 定義	4
II. 理論的 背景	5
1. 酸素負債의 理論	5
2. 酸素負債 理論의 批判	7
3. 運動後 超過 酸素消費 (EPOC)	8
III. 研究 方法	11
1. 被驗者	11
2. 實驗 設計 및 日程	12
3. 實驗 道具	13
4. 實驗 方法	14
1) 最大 酸素 攝取量	14
2) 最高 心搏數	14
3) 安定時 心搏數	14
4) 運動 強度의 設定	15
5. 資料 處理	15
IV. 研究結果 및 考察	16
1. 事前實驗	16
2. 運動後 超過 酸素消費(EPOC)의 持續時間	17
3. 運動後 超過 酸素消費(EPOC)의 量	19

4. 運動後 3分間 超過 酸素消費(EPOC)의 量	22
5. 運動後 3分間 EPOC量의 總量對比 比率	26
IV. 結 論	29
參考文獻	30
英文草綠	32

표 목 차

〈표-1〉 피험자의 신체적 특성	11
〈표-2〉 본실험의 순서 및 선수 비선수집단 구성	12
〈표-3〉 실험 도구	14
〈표-4〉 각 피험자별 자전거 에르고미터 강도설정 내용과 처치내용	16
〈표-5〉 피험자의 운동강도별 EPOC 의 지속시간	17
〈표-6〉 선수집단과 비선수집단간 운동강도별 EPOC의 지속시간의 증속 t-검증 결과	18
〈표-7〉 운동후 EPOC의 양	20
〈표-8〉 선수집단과 비선수집단간 운동강도별 EPOC량의 증속 t-검증 결과	21
〈표-9〉 운동후 3분간 EPOC의 양	23
〈표-10〉 선수집단과 비선수집단간 운동강도별 3분간 EPOC량의 증속 t-검증 결과	24
〈표-11〉 피험자의 3분간 EPOC량의 총량대비 비율	26
〈표-12〉 선수집단과 비선수집단간 3분간 EPOC량 총량대비 비율의 증속 t-검증결과	27

그 립 목 차

(그림 - 1) 실험 절차	13
------------------------	----

I. 緒 論

1. 研究의 必要性

운동중에 일어나는 신체의 반응, 적응현상은 운동생리학자들에 의해서 다양한 연구가 이루어져 왔다. 또한 운동중 뿐만아니라 운동후에 일어나는 생리적인 변인들의 변화에 대해서도 의문을 가지고 연구가 이루어졌다. 특히 운동이 끝난 후에도 안정시 보다 더 섭취되는 산소는 무엇을 의미하는가? 이에 대한 연구는 1907년 덴마크의 August Krogh에 의해 처음 이루어졌다.

운동중에 소비되는 산소는 운동강도에 비례하여 증가한다는 것은 잘 알려진 사실이다. 그러나 운동이 끝난 후에도 일정시간 동안 안정시보다 더 많은 산소를 소비하는 것을 볼 수 있다. 이제까지 회복기 중에 안정시의 산소소비량을 초과하여 소비하는 여분의 산소소비 현상을 A. V. HILL 과 그 동료들은 酸素負債 (O₂Debt)라고 불렀으며 이用語는 그동안 가장 널리 사용되어 왔다. 이 견해는 회복기 산소소비량과 운동중의 산소 부족간의 관계를 지나치게 단순화한 것이다.” 그러나 운동후 회복기 중의 酸素消費量을 산소부채라고 명명하는데 대하여는 용어의 의미상 많은 문제점이 제기되고 있을 뿐만아니라 이것이 운동중에 일어나는 에너지 대사와 어떠한 관계를 갖고있는지 이에 대한 연구가 미진한 실정이다.

따라서 운동이 끝난 후 소요되는 산소량에 대하여 많은 학자들이 각자 타당하다고 생각되는 용어들(EPOC, 회복기 산소소비량 등)을 제시하여 왔으나 현재 학자들은 순수하게 기술적인 용어인 “운동후 초과 산소소비량 (EPOC)”이 가장 적절하다고 주장하고 있다. 최근에는 EPOC가 장시간 동안 유지된다는 연구결과가 보고되어 있어 이에 대한 관심과 중요성이 인식되고 있다.

운동후 산소소비량의 점차적인 감소에 대하여 1907년 덴마크의 August Krogh가 보고한

1) 김광희외 4인, 운동생리학,서울:태근문화사,1991.P 71.

이후 영국의 A. V. Hill에 의해서 재차 입증되면서 비교적 타당성 있는 이론으로 받아들여졌다.

그 후 Margaria, Edward, Dill²⁾은 회복기의 대사에 대하여 심도있는 연구를 수행하여 산소부채는 비젯산 산소부채와 젯산 산소부채로 나누어져 전자는 주로 인원질 보충에 후자는 젯산이 글리코겐으로 재전환되는데 이용된다고 주장하였다.

그러나 산소부채라는 용어는 젯산의 제거와 글리코겐을 재전환하는 간에는 직접적인 관계가 없으며, 인간을 대상으로 실험이 수행되지 않았다는 점에서 반론이 제기되었다.³⁾

또한 EPOC의 양에 대하여 Benedict 와 Cathcart⁴⁾는 10분간의 강도높은 운동후 약 7시간 동안 지속된 여분의 산소소량이 휴식수준에 비하여 약 23% 높다고 보고한 반면, Dallosso와 James⁵⁾는 운동 후 8시간 동안에 에너지 소비량에 유의한 증가는 없었다는 상반된 연구결과를 발표하였다.

EPOC의 지속시간의 경우에도 Edward⁶⁾, Passmore⁷⁾ 그리고 Maehlum⁸⁾ 등이 EPOC가 각각 30분에서 72시간 까지 지속한다고 보고하고 있어 그 결과의 차이가 매우 큰 상태이다. 또한 EPOC를 Hill등과 같이 빠른 요소, 느린요소, 그리고 매우 느린요소로 구분하면 문제는 더욱 복잡해 진다. 이 요소들에 대해서는 아직 구체적으로 밝혀진 바가 없다.

-
- 2) MARGARIA R., H.T. EDWARDS, and D.B. DILL. The possible mechanism of contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in muscular contraction. *Am. J. Physiol.* 106:89-715, 1933.
 - 3) Brooks G.A. and Fashdy T.D. *Exercise Physiology*. New York: John Wiley & Sons, 1984.
 - 4) Benedict, F.G. and E.P. Cathcart. *Muscular Work* Washington, DC: Carnegie Mellon Institute of Research, No. 187. 1913.
 - 5) DALLOSSO H. and JAMES W.P.T. Dietary thermogenesis and exercise. *Proc. Nutr. Soc.* 41:35A, 1982.
 - 6) EDWARD H.T., THORNDIKE A. jr., and DILL D.B. the energy requirement in strenuous muscular exercise. *N. Engl. J. Med.* 213:532-535, 1935.
 - 7) Passmore, R., and Durnin, J.V.G.A., Human energy expenditure, *Phyol. Rev.*, 35:801. 1955.
 - 8) MAEHLUM S., GRANDMONTAGNE M., NEWSHOLME E. A., and SEJERSTED O.M. Magnitude and duration of excess postexercise oxygen consumption in healthy young subject. *Metabolism.* 35(5):425-429, 1986.

특히 EPOC에 대한 국내의 선행연구는 미흡한 실정이다. 운동후 회복기에 대한 연구는 주로 혈중 젖산농도, 심박수, 혈압, 그리고 보다 최근에는 호르몬 반응에 대하여 이루어졌으며, 산소부채나 EPOC를 측정하고 그 기전을 밝히고자 시도된 연구는 거의 없는 실정이다.

이에 운동강도에 따라 EPOC의 양과 지속시간과 변화율이 어떻게 변화하는지를 알아보는 것은 意義가 있을 것이다.

2. 研究 目的

本 研究은 운동강도의 변화에 따른 운동후 超過 酸素消費(EPOC)의 양과 지속시간을 알아보는데 그 目的을 두고 다음과 같은 구체적인 연구문제를 설정하였다.

- 1) 운동선수와 비선수간의 EPOC의 지속시간이 강도별로 차이가 있는지 알아본다.
- 2) 선수와 비선수간에 EPOC의 양이 강도별로 차이가 있는지 알아본다.
- 3) 선수와 비선수간에 3분간 EPOC의 양이 강도별로 차이가 있는지 알아본다.
- 4) 선수집단과 비선수집단간에 3분간 EPOC량의 총량대비 비율이 강도별로 차이가 있는지 알아본다.

3. 研究 假說

本 研究의 目的을 규명하기 위하여 다음과 같은 연구가설을 설정 하였다.

- 1) 운동선수와 비선수간에 EPOC의 지속시간이 강도별로 유의한 차이가 있을 것이다.
- 2) 선수와 비선수간에 강도별로 EPOC의 양이 유의한 차이가 있을 것이다.
- 3) 선수와 비선수간에 3분간 강도별로 EPOC 양이 유의한 차이가 있을 것이다.
- 4) 선수와 비선수간에 3분간 EPOC의 양의 총량대비 비율이 강도별로 유의한 차이가 있을 것이다.

4. 研究의 制限點

본 연구는 다음과 같은 제한점을 갖는다.

- 1) 산소섭취량은 심박수를 통한 간접방법을 사용했으며, EPOC양은 심박수와 시간(分)의 積으로 계산하였다.
- 2) 실험시 피검자의 심리적 요인들은 동일하게 통제하지 못 하였다.
- 3) 본실험에서 처치하는 운동강도는 80%, 60%, 40% HR_{max} 이고, 운동시간은 각 10분으로 설정하였다.

5. 用語의 定義

본 연구에서 사용된 용어는 다음과 같다.

- * EPOC : 운동후 초과 산소소비(Excess Post - exercise oxygen Consumption)가 운동이 끝난후 안정시 수준 이상으로 소비되는 산소를 말한다.
- * EPOC의 지속시간(Duration) : 운동후 증가된 산소소비의 양이 안정시 수준으로 돌아오는데 까지 소요되는 시간.

II. 理論的 背景

1. 酸素負債의 理論

20세기 초 많은 학자들이 운동 후 회복기 중의 생리적 반응을 규명하고자 다양한 연구를 한 결과 산소부채 가설 (O_2 debt hypothesis)이 형성 되었다.

운동후 산소소비량의 점차적인 감소에 대하여 가장 먼저 보고한 사람은 덴마크의 August Krogh였다.⁹⁾ 그 후 개구리에서 절단해 낸 小筋肉의 에너지 대사에 대하여 심도있는 연구를 수행하고 있던 영국의 A. V. Hill에 의해서 재차 입증되면서 비교적 타당성 있는 이론으로 받아들여 졌다. 그 전에 영국의 Fletcher와 Hopkins¹⁰⁾는 산소의 유무에 관계없이 근육은 수축을 하면서 젖산을 축적하고 열을 발생시킨다고 밝혔다. 아울러 그 젖산이 제거되기 위해서는 반드시 산소가 필요하다고 보고하였다. Hill은 수축상태에서 회복하고 있는 근육이 제2의 열 방출을 하는 것을 관찰하고 그열이 수축과 관련된 초기 열량과 비슷하다는 것도 밝혀냈다. 그러나 이 잠재적 열은 산소가 충분한 경우에만 나타났다.¹¹⁾ Hill의 계산에 의하면, 회복기의 잠재적 열량은 근수축시 형성된 젖산 1/5이 산화될 때 방출되는 열량과 같다고 한다. 즉, 그는 젖산의 산화계수 (회복기 중 산화되는 젖산의 비율)가 1/5라고 보고하였던 것이다.¹²⁾

1920년 독일의 Otto Meyerhof¹³⁾는 젖산의 전구체가 글리코젠임을 발견하였다. 개구리의 근육이 수축하도록 실험을 한 결과 글리코젠이 분해되고 비슷한 양의 젖산이 생성되었으며, 회복기 중에는 젖산이 다시 사라지고 소량의 글리코젠이 재 생성되었다. 그는

9) 김광희 외 4인, 전게서, 1991, P.71.

10) FLETCHER W. M. and F.G. HOPKINS. Lactic acid in amphibian muscle. J. Physiol. 35: 247-309. 1907.

11) Ibid.

12) Hill, A.V., The oxidative removal of lactate acid, J. Physiol. Soc. xxi. 1914 Hill, A.V., and Lupton, H., Muscular exercise, Lactic acid, and the supply and utilisation of oxygen. Quart. J. Med. 16: 135-171. 1923.

13) 김광희 외 4인, 전게서, p.71.

젖산의 산화계수가 1/3 이라고 주장하였다.

그리고 얼마후 영국의 Hill과 그 동료 연구자들은 운동에서 회복하는 인체를 대상으로 실험하였다. 그 실험은 절단된 근육에서 얻은 생화학적, 대사적 결과와 인체생리에 대한 이해를 통합시키려는 의도하에 수행되었다. 그들은 운동중에 개구리 근육의 글리코겐이 분해되고 젖산이 생성된다는 것을 규명했다.¹⁴⁾

아울러 회복기 중에 그 절단된 근육내에 있는 적은 부분 (1/5 - 1/3)의 젖산이 글리코겐으로 재전환된다는 사실도 밝혀냈다. 그리고 이와같은 현상이 운동중 인체내에서도 발생한다는 가정이 논리적이라고 주장하였다. 즉, 산소부채에 대한 Hill - Meyerhof의 의하면 산소부채는 회복기에 1/5의 젖산이 산화되고 4/5가 글리코겐으로 재전환 된다는 주장이다.

Hill과 그 동료 연구자들에 이어 하버드 피로연구 실험실 (Harvard Fatigue Laboratory) 의 Margaria, Edwards, 그리고 Dill은 회복기 대사에 대하여 심도있는 연구를 수행하였다. 피검자로 하여금 이 연구자들이 이용하는 실험처치 (3 - 8분 소요되는 고강도의 운동)에 따라 운동을 하도록 한 결과, 혈중 젖산 농도가 회복기 초기에는 거의 감소하지 않다가 시간이 흐르면서 점차적으로 많이 감소한다는 사실을 발견하였다.¹⁵⁾

이와같은 근거를 바탕으로하여 Margaria와 그 동료 연구자들은 운동 후 산소소비 곡선에서 초기 빠른 단계가 혈중 젖산 농도의 변화와 직접적으로 연관되어 있지 않다고 즉, 젖산대사와 관계가 없다고 주장하였다. 그들은 이 단계를 젖산대사와 관계없다는 의미로 “비젖산 산소부채” 라고 불렀다.

또한 그들은 운동후 산소소비량의 느린 감소 곡선이 젖산을 글리코겐으로 재전환시키는 데 기인하는 혈중 젖산의 감소곡선과 일치한다고 제안하면서, 이 단계를 “젖산 산소부채” 단계라고 명명하였다.¹⁶⁾ 결국 Margaria와 그 동료 연구자들은 Hill의 연구에서

14) Hill, A.V., and Lupton, H., Muscular exercise, Lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *Quart. J. Med.* 16:135-171. 1923.

15) MARGARIA R., H.T. EDWARD, and D.B. DILL. op. cit.

16) Margaria, R., Aghemo, I., and Rovelli, Measurement of muscular power (anaerobic) in man. *J. Appl. Physiol.* 21:1662-1664. 1966.

발전하여 산소부채가 2가지 요인에 기인하는 것으로 해석한 것이다. Margaria 등은 젖산이 운동 직후 빠르게 혈액으로 들어가고 나간다는 사실을 알 수 없었기 때문에, 그들의 “젖산 산소부채”와 “비젖산 산소부채”라는 가정을 수용하게 되었다. 이와같은 이론은 1920년대에 나타나 1930년대에 수정을 거치면서 정립되었다.¹⁷⁾

2. 酸素負債 理論의 批判

산소부채 이론은 다양한 강도와 지속시간의 운동으로 실험하여 Margaria와 그 동료 연구자들의 연구 결과가 특정 운동 시간에만 적용되는 우연적인 것이라는 사실을 Ole Bang이 처음 제기하였다. Bang¹⁸⁾은 장시간 운동을 하면 혈중 젖산 농도가 운동 시작 후 약 10분 안에 최고치에 도달하게 되며, 그 후에는 운동을 계속하는지 여부에 관계없이 혈중 젖산 농도가 감소한다고 보고하였다.

심지어는 회복기의 젖산 농도가 운동강도에 따라서는 회복기 산소소비량이 안정수준으로 돌아온 후에도 계속 증가할 때도 있었다고 하였다. 이 결과들은 젖산이 운동후 산소소비량을 결정한다는 생각과 일치하지 않는 것이다.

Benedict와 Cathcart¹⁹⁾는 인체의 경우에 기초 산소소비량이 운동후 24시간까지 증가된 상태가 지속되었다고 보고하였고, Hill과 Lupton²⁰⁾은 인체의 산소부채 현상을 설명하고자 시도한 연구를 통해 장시간의 최대하 운동후의 산소소비량이 오랫동안 증가된 상태로 유지되었으며 젖산의 제거와 항상 연관돼 있지는 않았다는 사실을 지적하였다.

Rowell²¹⁾과 Schneider²²⁾ 등은 최대하에서 최대의 강도로 단시간 수행하는 여러 조건의

17) 김광희 외 4인, 전게서, 1991, pp 73-74.

18) Bang O. The lactate content of the blood during and after muscular exercise in man. Skand, Arch, Physiol. 74(Suppl.100:49-82, 1963.

19) Benedict, F.G. and E.P. Cathcart. op. cit.

20) Hill, A.V., and Lupton, H. op. cit.

21) ROWELL L. B., K.K. KRANING, T.O. EVANS, J.W. KENNEDY, J.R. BLACKMON, and F. KUSUMI. Spaanchinic removal of lactate and pyruvate during prolonged exercise in man. J. Appl. Physiol. 21:1773-1783, 1966.

22) SCHNEIDER E.G., S. ROBINSON, and J. NEWTON. The oxygen debt in aerobic work. Physiologist 7:247, 1964.

운동 중에 혈중 젖산 농도는 운동시간에 의존하는 반면 운동후 산소소비량은 그렇지 않다고 보고하였다.

운동후 혈중 젖산 농도에 따른 변화 양상과 느린 회복단계의 산소소비량과의 일정한 관계는 지극히 일시적인 현상으로 보인다.²³⁾

이상에서 산소부채 가설에 내포되어 있는 문제점을 제시하였는데, Brooks 등은 그 문제점을 다음과 같이 2가지로 제시하였다.

첫째는 젖산의 제거와 글리코겐 재합성간에는 일시적으로 관계가 있을 뿐, 직접적인 관계가 항상 성립하는 것이 아니라는 점이며,

둘째는 운동후 글리코겐 합성에 대하여 인체를 대상으로 수행되지 않았기 때문에 그 타당성을 인정받기 어렵다는 점이다.

3. 運動後 超過 酸素消費 (EPOC)

세포내 산소소비의 장소가 미토콘드리아이기 때문에 EPOC의 기전에 대한 설명은 세포하 수준 (Subcellular Level)에서 이루어져야 한다.²⁴⁾

운동 중의 주요대사 노폐물은 열(heat)이다. 운동중 방출되는 열로 인하여 활동근과 기타 조직의 온도가 증가한다. 근육과 간에서 추출한 미토콘드리아를 이용하여 Brooks와 그 동료 연구자들은 운동을 통해 증가한 조직온도가 미토콘드리아의 산소소비율을 증가시키고 에너지 보유 효율성을 저하시킨다는 실험결과를 얻었다.²⁵⁾ 즉, 산화과정(산소소비)과 부인산 반응(ATP생성)은 별개라는 점에 유의해야 한다. 일반적으로 이 두 과정은 산화가 부인산반응을 위한 에너지를 제공한다는 점에서 연결되어 있다.

엔진은 산소를 소비하고 연료를 이용하여 충분한 속도로 달릴 수 있지만, 전달과 분화가 순서대로 이루어지지 않으면 바퀴가 돌아갈 수 없다는 결과가 초래된다. 운동을

23) Brooks, G.A., op.cit.

24) Brooks G.A. and G.A. Gaesser. Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. Med. Sci. Sports Exerc. 16(1):29-43, 1984.

25) Ibid.

26) 김광희 외 4인, 전계서, p.78.

통해 증가된 온도는 산화과정과 부인산반응간의 연결을 느슨하게 하는 효과를 갖고 있다.

20세기 초 이래로 Dubois가 기초대사량 (Basal Metabolic Rate : BMR)에 대하여 연구한 결과, 체온이 1° 씩 증가할 때마다 BMR이 약 13%씩 증가한다고 보고하였다. 즉, 이는 운동 후의 증가된 체온이 EPOC의 양과 관련되어 있다는 점을 시사해 주는 것이다. 매우 흥미로운 생리적 현상 중 하나이면서, 운동에 관심있는 학생들에게는 친숙하지 않은 것이 일부 동물이 몸을 떨지 않고 체온 상승을 하는 현상이다. 대부분의 포유동물은 추운 지방에서 적당한 체온에 도달하기 위해서 몸을 땀다. 그러나 1주일이나 10일이 지나면 내부체온 유지를 위한 적당한 열을 발생시키면서도 더 이상 떨지 않는다.(예 : 토끼). 이 때 그 동물의 기초대사량은 2 - 3배 증가할 것이다. 토끼가 그러한 상태에 도달할 수 있는 과정을 설명하는 몇가지 개연적인 이론이 있다. 하나의 이론은 산화 과정이 부인산반응(phosphorylation)으로부터 분리된다는 것이다. 이러한 분리가 일어나는 부위는 체핵(body core)내의 갈색 지방 축적물(brown fat deposits)뿐만 아니라 갈색근일 수도 있다.

동면하는 동물의 갈색 지방 축적물은 비슷한 능력을 갖고 있다. 예를 들어, 갈색 지방은 동면하고 있는 동물의 살아있는 기관 주위의 적정 온도를 유지하기 위하여 기능한다. 산화과정을 부인산반응에서 분리하는 특별한 물질은 지방산으로 추정된다. 운동중에 일어나는 지방의 분해 및 지방산의 방출이 운동후 산소소비량에 비슷한 효과를 갖는다고 해석할 수 있다.

몸을 떨지 않고 체온을 상승시키는 기전을 설명하는 다른 하나의 이론은 노르에피네프린이라는 호르몬이 세포막을 통과하는 나트륨 이온(Na^+)과 칼륨이온(K^+)의 투과성을 증가시키는데 직,간접적인 원인이 된다는 것이다. 이와 같은 이온의 투과성 증가를 상쇄하기 위해서 세포막의 $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 펌프가 더욱 활성화된다. 이 펌프는 ATP형태의 에너지 공급을 필요로 한다. 이 펌프의 활동을 위하여 증가된 ATP 요구량은 미토콘

트리아의 산화성 부인산반응에 의해 충족된다. 이에 따라 산소소비량이 증가한다. 이에 아울러 갑상선 호르몬과 당성 피질성 스테로이드군(glucocorticoids) 역시 $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+$ 펌프 활성화에 공헌할 수 있다고 밝혀졌다. 운동은 Na^+ 와 K^+ 의 균형, 그리고 호르몬 수준에 영향을 미치므로 이러한 요인들은 운동후 산소소비량 증가의 한 원인이 될 것이다.

Carafoli 와 Lehninger²⁸⁾는 모든 동물 연구를 통하여 Ca^{++} 이 조직에서 절단해 낸 미토콘드리아에 대하여 비슷한 효과를 보인다고 밝혀냈다. 칼슘 이온은 두 가지 방법으로 산소소비량을 증가시킨다.

첫째, 미토콘드리아는 칼슘 이온과의 친화력이 상당히 높으며, 필요한 때에는 칼슘 이온을 높은 비율로 은폐한다. 이러한 과정은 에너지를 필요로 하며, 이는 ATP생성과 관련되지 않는 산소소비량을 증가시키는 결과를 초래한다.

둘째, 미토콘드리아내에 증가된 Ca^{++} 은 궁극적으로 산화과정과 부인산반응을 연결하는 기전에 영향을 미친다. 이 과정 역시 산소소비량의 증가를 초래한다.

운동중 각 근육이 수축할 때에는 Ca^{++} 이 근장 세망(sarcoplasmic reticulum)에서 방출된다. 팔각근뿐만 아니라 심장근에서도 이때 방출된 Ca^{++} 중의 일부가 미토콘드리아에 흡수되는 것으로 보인다. 미토콘드리아에 의해 일어나는 이러한 기전은 회복기 중에 작용하여 운동 도중에 축적된 Ca^{++} 를 처리하지만, 아직 이 구체적인 과정은 밝혀지지 않았다. 그러나 분명한 것은 운동중 미토콘드리아에 의해 축적된 Ca^{++} 이 회복기뿐만 아니라 운동 중에도 영향을 미친다는 점이다.

Brooks는 이상과 같이 산소부채 이론의 단순성과 오류를 지적하고, 운동후 회복기 중에 산소소비량이 증가하는 원인으로서는 운동중 사용한 에너지 보충과 젖산의 제거뿐만 아니라 체온, 지방산과 이온, 그리고 칼슘이온 등 몇가지 요인을 제시하였다. 아울러 그는 적절한 용어로서 EPOC를 제시하였으며 이 용어는 최근 광범위하게 받아들여지고 있다.

28) CARAFOLI E. and A.L. LEHNINGER. A survey of the interaction of calcium ions with mitochondria from different tissues and species. *Biochem.J.*122:681-690, 1971.

III. 研究 方法

1. 被驗者

본 연구의 피험자는 건강하고 심폐계에 병력이 없는 B여중 사격부에 재학 중인 6명의 여학생 선수와 6명의 여학생 비선수로 이들의 신체적 특성은 <표 - 1>과 같다.

피험자는 본 연구의 실험에서 제시되는 운동강도 및 시간에 따라 끝까지 운동을 수행할 수 있는 신체적 능력을 갖춘 자로 한정하였고, 본 연구의 의의를 이해하고 자발적으로 참여하는 자를 우선적으로 선정하였으며, 실험동의서의 서명을 받았다.

< 표 - 1 > 피험자의 신체적 특성

성 명	연 령 (세)	신 장 (cm)	체 중 (kg)	최대산소섭취량 (ℓ/min)	체중당 최대산소섭취량 (ml / kg / min)	
선 수	Y J H	16	158	47	3.0	63.8
	A M Y	16	156	44	3.1	70.5
	L H N	16	153	47	2.9	61.7
	C Y M	15	163	61	3.9	63.9
	L M Y	15	156	50	2.6	52.0
	K H M	15	159	46	2.9	63.0
M	15.5	157.5	49.2	3.07	62.48	
SD	0.5	3.1	6.1	0.44	5.98	
비 선 수 집 단	C M H	14	160	49	2.7	55.1
	P S Y	14	144	38	2.1	55.3
	J J H	14	160	44	2.2	50.0
	K K H	14	157	52	2.7	51.9
	K J H	14	156	45	2.7	60.0
	K S A	14	160	57	2.2	38.6
M	14	156.2	47.5	2.43	51.82	
SD	0	6.2	6.7	0.29	7.32	

2. 實驗 設計 및 日程

본 연구에서는 사전실험과 본실험을 수행하였다.

본 실험을 개시하기 1주일 전 사전실험에서는 점증부하 운동검사를 실시하였다. 이 실험을 통해 최대산소섭취량을 측정하였으며, 그 측정치를 근거로 하여 본실험에서 이용할 운동강도를 설정하였다.

본 실험에서 각 피험자들은 80%강도, 60%강도, 40%강도로 3회의 운동실험에 참여하였다. 이에 따라 6명의 선수집단(실험집단)과 6명의 비선수집단(비교집단)이 구성되었다. 3회의 실험간에 1주일씩의 간격을 두었으며, 아울러 실험기간 1주일 전,후에는 격렬한 신체운동을 하지 못하도록 통제하였다.

실험도구 및 실험실의 여건상 1일 실험인원을 3명으로 하였으며, 12명의 피험자 (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L)의 실험순서는 <표 - 2>와 같이 정하였다.

< 표 - 2 > 본실험의 순서 및 선수 비선수집단 구성

본 실험			
1차 실험(80% 강도)			
A(선 수)	D(선 수)	G(비선수)	J(비선수)
B(선 수)	E(선 수)	H(비선수)	K(비선수)
C(선 수)	F(선 수)	I(비선수)	L(비선수)
2차 실험(60%강도)			
A(선 수)	D(선 수)	G(비선수)	J(비선수)
B(선 수)	E(선 수)	H(비선수)	K(비선수)
C(선 수)	F(선 수)	I(비선수)	L(비선수)
3차 실험(40%강도)			
A(선 수)	D(선 수)	G(비선수)	J(비선수)
B(선 수)	E(선 수)	H(비선수)	K(비선수)
C(선 수)	F(선 수)	I(비선수)	L(비선수)

본 실험의 독립변인은 80%강도, 60%강도, 40%강도의 운동부하이며, 종속변인은 운동후 회복기중 시간대별 심박수이다. 본 연구의 사전실험과 본 실험은 이상에서 제시한 실험 설계를 토대로 1992년 3월 16일 부터 4월 30일까지 약 7주간에 걸쳐 인하대학교 운동생리학 실험실에서 수행되었다. 실험 일정을 요약하면 (그림 - 1)과 같다.

* 3월 16일 3월 21일	3월 23일 3월 24일	3월 25일	3월 26일 4월 22일	* 4월 23일 4월 30일
피험자선정	사전 실험	각피험자의	본 실험	자료 처리
B 여중 사격선수 6명, 비 선수 6명 (12명)	점중부하 운동검사 올아웃시 최대산소섭 취량 측정	80 %, 60 %, 40 % 강도설정	Vo ² H R R E R 측 정 36회 실시	운동 강도

(그림 - 1) 실험 절차

3. 實驗 道具

본 연구에서 사용한 시험 도구는 <표 - 3>과 같다.

〈 표 - 3 〉 실험 도구

실 험 도 구	모 델 명	비 고
1. Schdlander Gas Analyzer	Yagami	JAPAN
2. Heart Checker	Senoh	JAPAN
3. Bicycle Ergometer	Monark	SWEDEN
4. Dry gasmeter	Shinagawa	JAPAN
5. Douglas bag	Sibada	JAPAN
6. Metronome	Nikko	JAPAN
7. Stop Watch	Casio	JAPAN

4. 實驗 方法

1) 最大 酸素 攝取量

최대산소섭취량은 피험자를 자전거 에르고 미터에서 50rpm의 속도로 0 kp에서 0.5 kp씩 2분 간격으로 점증부하시켜 all out 될때까지 운동을 하여 Heart Checker에 기록된 심박수를 Astrand의 모노그램을 이용하여 최대산소섭취량을 구하였다.

2) 最高 心搏數

최고 심박수는 자전거에르고 미터에서 최대산소섭취량 측정방법과 같은 방법으로 운동을 시키어 기록된 최대 심박수로 하였다.(이 때 Heart Checker를 이용 심박수를 구했다.)

3) 安定時 心搏數

안정시 실험전 10분간 누워 있도록 하여 Heart Checker에 기록된 최저 심박수로 하였다.

4) 運動 強度의 設定

운동강도의 설정은 최고 심박수 기준으로 다음과 같은 공식에 의해 설정하였다.

$$\% \text{ 심박수} = (\text{최고 심박수} - \text{안정시 심박수}) * \% \text{운동강도} + \text{안정시 심박수}$$

점중부하(1.0kp, 1.5kp, 2.0kp)시 기록된 심박수를 이용하여 심박수와 작업량과의 회귀 방정식을 구하고 이 방정식을 이용하여 80%, 60%, 40%의 운동강도(작업량)를 설정하였다.

5. 資料 處理

- 1) 각 개인별 심박수를 통해 전피험자의 최대산소섭취량의 평균과 표준편차를 구하였다.
- 2) 전피험자의 단위체중당 최대산소섭취량의 평균과 표준편차를 구하였다.
- 3) 선수집단과 비선수집단의 운동강도별 회복기중 산소소비의 지속시간의 차이를 분석하기 위하여 종속 t - 검증을 하였다.
- 4) 선수집단과 비선수집단간의 운동강도별 회복기중 산소소비량의 차이를 분석하기 위하여 종속 t - 검증을 하였다.
- 5) 선수집단과 비선수집단간에 운동강도별 회복기중 3분간 산소소비량의 차이를 분석하기 위하여 종속 t - 검증을 하였다.
- 6) 선수집단과 비선수집단간에 운동강도별 회복기중 3분간 산소소비량의 총량대비 비율의 차이를 분석하기 위하여 종속 t -검증을 적용하였다.

III. 研究結果 및 考察

운동강도의 변화에 따른 운동후 EPOC의 양과 지속시간을 알아보기 위하여 수행한 사전실험과 본실험의 결과는 다음과 같다.

1. 事前實驗

본실험을 실시하기 전에 검증부하 운동검사를 실시하여 각 피험자에게 부과할 운동강도를 정하였다. 그 강도는 각 피험자의 최대산소섭취량의 80%, 60%, 40%로서 그 결과와 해당 자전거 에르고미터 처치내용은 <표 - 4>와 같다.

< 표 - 4 > 각 피험자별 자전거 에르고미터 강도설정 내용과 처치내용

피험자			80%강도	60%강도	40%강도	에르고미터 처치내용	
			(kpm/min)	(kpm/min)	(kpm/min)	rpm	min
선수집단	Y J H	750	570	420	50	10	
	A M Y	770	620	360	50	10	
	L H N	680	540	320	50	10	
	C Y M	700	570	420	50	10	
	L M Y	610	510	300	50	10	
	K H M	730	550	310	50	10	
	M	706.7	560.0	355.0	50	10	
SD	57.5	36.9	54.3	0	0		
비선수집단	C M H	720	490	300	50	10	
	P S Y	660	470	270	50	10	
	J J H	620	450	300	50	10	
	K K H	720	510	230	50	10	
	K J H	850	640	310	50	10	
	K S A	720	570	270	50	10	
	M	715.0	521.7	280.0	50	10	
SD	77.9	71.1	29.7	0	0		

〈표 - 4〉에서 보는 바와 같이, 피험자 YJH의 경우 사전 점증부하 운동검사시 최대 산소섭취량의 80%수준에서의 운동강도가 750kpm이었으므로 본실험에서 80%의 운동 강도를 750kpm으로 설정하였다.

2. 運動後 超過 酸素消費(EPOC)의 持續時間

최대산소섭취량의 80%, 60%, 40%강도로 각각 10분간 운동한 선수집단(실험집단)과 비선수집단(비교집단)의 EPOC의 지속시간은 〈표 - 5〉과 같다.

〈 표 - 5 〉 피험자의 운동강도별 EPOC 의 지속시간
(단위: 분)

피험자	80%강도	60%강도	40%강도	
선수집단	Y J H	140	60	3
	A M Y	140	55	4
	L H N	75	70	8
	C Y M	80	62	7
	L M Y	120	65	5
	K H M	110	35	12
	M	110.8	57.8	6.5
SD	25.9	11.2	3.0	
비선수집단	C M H	100	90	50
	P S Y	115	80	58
	J J H	76	56	29
	K K H	105	95	45
	K J H	135	45	35
	K S A	80	70	40
	M	101.8	72.7	42.8
SD	20.1	17.8	9.6	

< 표 - 6 > 선수집단과 비선수집단간 운동강도별 EPOC의 지속시간의 종속 t-검증 결과

강도별	집단구분	피험자수	평균	자유도	t 값	p 값
80%	선수집단	6	110.8(±25.9)	5	0.67	0.10
	비선수집단	6	101.8(±20.1)			
60%	선수집단	6	57.8(±11.2)	5	1.74	0.05
	비선수집단	6	72.7(±17.8)			
40%	선수집단	6	6.5(± 3.0)	5	8.89	0.0005
	비선수집단	6	42.8(± 9.6)			

<표 - 6>에서 제시한 바와 같이, 80%강도에서 선수집단의 EPOC의 지속시간이 110.8±25.9 min이었고, 비선수집단의 EPOC의 지속시간이 101.8±20.1 min으로서 선수집단이 비선수집단보다 9분 정도 길었으나 양집단간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

60%강도에서 선수집단의 EPOC의 지속시간은 57.8±11.2 min이었고 비선수집단의 EPOC의 지속시간은 72.7±17.8 min으로서 80%의 운동강도와는 달리 운동선수 집단이 14.8분 빠른것으로 나타났으며 통계적으로도 95% 수준에서 유의한 것으로 나타났다.

40%강도에서 선수집단의 EPOC의 지속시간은 6.5±3.0 min이었고 비선수집단의 EPOC의 지속시간은 42.8±9.6 min으로서 60% 운동강도와 마찬가지로 운동선수 집단이 36.3 분 빠르게 나타났으며 통계적으로는 99.9% 수준에서 유의한 것으로 나타났다.

이렇게 볼 때 운동강도가 높은 경우는 선수와 비선수간에 EPOC양의 차는 적고 낮은강도에서는 선수와 비선수간에 차이가 난다고 할 수 있다.

또한 선수집단의 경우 운동강도 비율이 80%와 60%는 20%의 차이가 있지만 EPOC의 지속시간의 비율은 110.8분을 100%로 보았을때 57.8분은 52.18%가 되는데 이 차이는 47.8%가 된다. 이것은 강도변화에 따른 감소율보다 EPOC의 지속시간의 감소율이 2배 정도 큰 것으로 나타났다.

선수집단의 운동강도 비율이 60%와 40%간에는 20%의 차이가 있으나 EPOC의 지속시간의 비율은 57.8분을 100%로 보았을때 6.5분은 11.24%가 되는데 이 차이는 88.76%가 된다. 이것은 강도변화에 따른 감소율보다 EPOC의 지속시간의 감소율이 4.5배나 되는 것으로 현저한 차이를 나타내고 있다.

비선수집단의 경우 운동강도의 비율이 80%자와 60%간에는 20%차이가 있으나 EPOC의 지속시간의 비율은 101.8분을 100%로 보았을때 72.7분은 71.36%가 되는데 이 차이는 28.64%가 된다. 이것은 강도변화에 따른 감소율보다 EPOC의 지속시간의 감소율이 1.4배가 되는 차이이다.

비선수집단의 경우 운동강도의 비율이 60%와 40%간에는 20%의 차이가 있으나 EPOC의 지속시간의 비율은 72.7분을 100%로 보았을때 42.8분은 58.94%가 되는데 이 차이는 41.06%가 된다. 이것은 강도 변화에 따른 감소율보다 EPOC의 지속시간의 감소율이 2배에 해당되는 차이이다.

3. 運動後 超過 酸素消費(EPOC)의 量

최대산소섭취량의 80%, 60%, 40%강도로 각각 10분간 운동한 선수집단과 비선수집단의 EPOC의 양은 <표 - 7>과 같다.

선수집단과 비선수집단간 운동강도별 EPOC의 양에 대한 평균편차검증을 실시한 결과는 <표- 8>과 같다.

< 표 - 7 > 운동후 EPOC의 양

(단위 : 심박수·분)

피검자		80%강도	60%강도	40%강도
선 수 집 단	Y J H	1573	654	44
	A M Y	2062	648	60
	L H N	776	696	113
	C Y M	872	763	117
	L M Y	1941	943	100
	K H M	1025	611	83
	M	1374.8	719.2	86.2
SD	510.9	110.7	26.9	
비 선 수 집 단	C M H	1710	824	280
	P S Y	1507	831	511
	J J H	1078	724	297
	K K H	876	874	33
	K J H	1726	777	69
	K S A	1349	771	74
	M	1374.3	800.2	210.7
SD	313.8	45.6	169.7	

<표- 8> 선수집단과 비선수집단간 운동강도별 EPOC량의 종속 t-검증 결과

강도별	집단구분	피험자수	평균	자유도	t 값	p 값
80%	선수집단	6	1374.8(± 510.9)	5	0.004	0.10
	비선수집단	6	1374.3(± 313.8)			
60%	선수집단	6	719.2(± 110.7)	5	1.66	0.05
	비선수집단	6	800.2(± 45.6)			
40%	선수집단	6	86.2(± 26.9)	5	1.78	0.05
	비선수집단	6	210.7(± 169.7)			

<표- 8>에서 제시한 바와 같이, 80%강도에서 선수집단의 EPOC의 총량이 1374.8±510.9 HR.min이었고, 비선수집단의 EPOC의 총량이 1374.3±313.8 HR.min으로서 양집단간의 EPOC의 총량간에는 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났다.

60%강도에서 선수집단의 EPOC의 양은 719.2±110.7 HR.min이었고 비선수집단의 EPOC의 양은 800.2±45.6 HR.min으로서 양집단의 EPOC의 양의 차는 81 HR.min로서 통계적으로는 95% 수준에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

40%강도에서 선수집단의 EPOC의 양은 86.2±26.9 HR.min이었고 비선수집단의 EPOC의 양은 210.7±169.7 HR.min으로서 양집단간의 EPOC의 양의 차는 125 HR.min로서 통계적으로 95% 수준에서 유의한 차이가 있었다.

이는 운동강도별 지속시간과 마찬가지로 운동강도가 높을수록 선수와 비선수간의 EPOC양의 차는 적고 운동강도가 낮을수록 차가 많이 난다고 할 수 있다. 이는 운동강도

즉 운동형태에 따라 에너지 대사체계가 다르고 이에 따른 회복체계도 차이가 있기 때문이 아닌가 사료된다.

또한 선수집단의 경우 운동강도 비율이 80%와 60%간에는 20%의 차이가 있으나 EPOC의 양의 비율은 1375 HR.min을 100%로 보았을때 1374 HR.min은 99.9%가 되는데 이 차이는 4%가 된다. 이것은 강도변화에 따른 감소율과 EPOC의 양의 감소율과 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

선수집단의 경우 운동강도 비율이 60%와 40%간에는 20%의 차이가 있으나 EPOC의 양의 비율은 719 HR.min을 100%로 보았을때 86.2 HR.min은 11.99%가 되는데 이 차이는 88.01%가 된다. 이것은 강도변화에 따른 감소율보다 EPOC양의 감소율이 4.4배에 해당되는 차이이다.

비선수집단의 경우 운동강도 비율이 60%와 40%간에는 20%의 차이가 있으나 EPOC의 양의 비율은 800를 100%로 보았을때 211은 26.4%가 되는데 이 차이는 73.6%가 된다. 이것은 강도변화에 따른 감소율보다 EPOC의 양의 감소율이 거의 4배 정도 큰 것으로 나타났다.

4. 運動後 3分間 超過 酸素消費(EPOC)의 量

최대산소섭취량의 80%, 60%, 40%강도로 3분간 운동한 선수집단과 비선수집단의 EPOC의 양은 <표 - 9>과 같다.

선수집단과 비선수집단간 운동강도별 3분간 EPOC량에 대한 평균차 검증을 실시한 결과는 <표 - 10>과 같다.

< 표 - 9 > 운동후 3분간 EPOC의 양

(단위 : 심박수·분)

피험자		80%강도	60%강도	40%강도
선 수 집 단	Y J H	172	165	44
	A M Y	250	153	55
	L H N	167	134	98
	C Y M	145	144	95
	L M Y	160	152	91
	K H M	132	74	47
	M	171.0	137.0	71.7
SD	37.8	29.7	23.3	
비 선 수 집 단	C M H	193	141	85
	P S Y	171	98	76
	J J H	185	149	108
	K K H	134	120	31
	K J H	208	177	48
	K S A	204	104	65
	M	182.5	131.5	68.8
SD	24.9	27.3	24.9	

<표 - 10> 선수집단과 비선수집단간 운동강도별 3분간 EPOC량의 종속 t-검증 결과

강도별	집단구분	피험자수	평균	자유도	t 값	p 값
80%	선수집단	6	171.0(±37.8)	5	0.62	0.10
	비선수집단	6	182.5(±24.9)			
60%	선수집단	6	137.0(±29.7)	5	0.33	0.10
	비선수집단	6	131.5(±27.3)			
40%	선수집단	6	71.7(±23.3)	5	0.21	0.10
	비선수집단	6	68.8(±24.9)			

<표 - 10>에서 제시한 바와 같이, 80%강도에서 선수집단의 3분간 EPOC의 양이 171.0±37.8 HR.min이었고, 비선수집단은 182.5±24.9로서 양집단간의 3분간 EPOC의 양간에는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

60%강도에서 선수집단의 3분간 EPOC의 양은 137±29.7 HR.min이었고 비선수집단은 131.5±27.3 로서 양집단간의 3분간 EPOC의 양간에는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

40%강도에서 선수집단의 3분간 EPOC의 양은 71.7 ± 23.3 HR.min이었고 비선수집단은 68.8 ± 24.9 로서 양집단간 3분간 EPOC의 양간에는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

이와같이 운동후 3분간의 EPOC양에 있어 선수와 비선수간에 각 운동강도별 차이가 없는것은 무산소과정인 80% 강도에서도 총 EPOC양의 차이가 선수와 비선수간에 없었으며 유산소 운동강도라고 할 수 있는 60%와 40%의 운동강도에서는 비젯산산소부채가 거의 차이가 없기 때문이 아닌가 사료된다.

또한 선수집단의 경우 운동강도 비율이 80%와 60%간에는 20%의 차이가 있으나 3분간 EPOC양의 비율은 171.0 HR.min을 100%로 보았을때 137.0 HR. min은 80.12%가 되는데 그 차이는 19.88%가 된다. 이것은 강도변화에 따른 감소율과 EPOC양의 감소율이 통계적으로 일치하는 것으로 나타났다.

선수집단의 경우 운동강도 비율이 60%와 40%간에는 20%의 차이가 있으나 3분간 EPOC양의 비율은 137.0 HR.min을 100%로 보았을때 71.7 HR.min은 52.34%가 되는데 그 차이는 47.66%가 된다. 이것은 강도변화에 따른 감소율보다 EPOC양의 감소율이 2.4배에 해당되는 차이이다.

비선수집단의 경우 운동강도 비율이 80%와 60%간에는 20%의 차이가 있으나 3분간 EPOC양의 비율은 182.5 HR.min을 100%로 보았을때 131.5 HR.min은 72.05%가 되는데 이 차이는 27.95%가 된다. 이것은 강도변화에 따른 감소율보다 3분간 EPOC양의 감소율이 1.4배에 해당되는 것으로 나타났다.

비선수집단의 경우 운동강도의 비율이 60%와 40%간에는 20%의 차이가 있으나 3분간 EPOC의 양의 비율은 131.5 HR.min을 100%로 보았을때 68.8 HR.min은 52.32%가 되는데 그 차이는 47.68%가 된다. 이것은 강도변화에 따른 감소율보다 EPOC양의 감소율이 2.4배에 해당되는 차이이다.

5. 運動後 3分間 EPOC量의 總量對比 比率

최대산소섭취량의 80%, 60%, 40%강도의 선수집단과 비선수집단의 3분간의 EPOC양의 총량대비 비율은 <표 - 11>과 같다.

< 표 - 11 > 피험자의 3분간 EPOC량의 총량대비 비율

(단위: 십박수·분)

피 험 자	80%강도	60%강도	40%강도	
선 수 집 단	Y J H	10.93	25.23	100.00
	A M Y	12.12	23.61	91.67
	L H N	21.52	19.25	86.73
	C Y M	16.63	18.87	81.20
	L M Y	8.24	16.12	91.00
	K H M	12.88	12.11	56.63
	M	13.7	19.2	84.5
SD	4.3	4.4	13.7	
비 선 수 집 단	C M H	11.29	11.66	30.36
	P S Y	11.35	11.79	14.82
	J J H	17.16	20.58	36.36
	K K H	15.30	13.73	93.94
	K J H	12.05	22.78	69.57
	K S A	15.12	13.49	87.84
	M	13.7	16.6	55.5
SD	2.3	4.0	29.9	

선수집단과 비선수집단간 운동강도별 3분간 EPOC량의 총량대비 비율의 종속 t-검
 중결과는 <표- 12>과 같다.

<표 - 12> 선수집단과 비선수집단간 3분간 EPOC량 총량대비 비율의 종속 t-검증결과

강도별	집단구분	피험자수	평균	자유도	t 값	p 값
80%	선수집단	6	13.7(±4.3)	5	0.005	0.10
	비선수집단	6	13.7(±2.3)			
60%	선수집단	6	19.2(±4.4)	5	1.08	0.10
	비선수집단	6	16.6(±4.0)			
40%	선수집단	6	84.5(±13.7)	5	2.16	0.025
	비선수집단	6	55.5(±30.0)			

<표 - 12>에서 제시한 바와 같이, 80%강도에서 선수집단의 3분간 EPOC량의 총량대비
 비율이 13.7%이었고, 비선수집단은 13.7%로서 양집단간의 3분 EPOC량의 총량대비 비
 율간에는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

60%강도에서는 선수집단의 3분간 EPOC량의 총량대비 비율은 19.2%이었고 비선수 집단은 16.6%로서 양집단간의 3분간 EPOC의 총량대비 비율간에는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

40%강도에서는 선수집단의 3분간 EPOC량의 총량대비 비율은 84.5%이었고 비선수 집단은 55.5%로서 양집단간의 3분간 EPOC량의 총량대비 비율간에는 통계적으로 95% 수준에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

V. 結 論

本 研究는 운동강도의 변화에 따른 운동후 超過 酸素消費(EPOC)의 量과 持續時間을 알아보기위하여 부천시 소재한 B여중에 재학중인 사격선수 6명과 일반 여학생 6명을 피험자로 하여, 최대산소섭취량의 80%,60%,40%강도로 각각 10분간 운동한후 EPOC의 양과 지속시간을 선수집단과 비선수집단을 비교 분석한 결과 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 운동강도 80%와 60%의 EPOC 지속시간은 선수집단(110.8 ± 25.9 분, 57.8 ± 11.2 분)과 비선수집단(101.8 ± 20.1 , 72.7 ± 17.8 분)간에 차이가 없었으며, 40%강도에서는 선수집단(6.5 ± 3.0 분)이 비선수집단(42.8 ± 9.6 분)보다 적었다. ($P < 0.001$)
2. 운동강도 80%의 EPOC 양은 선수집단(1374.8 ± 510.9 HR.min)과 비선수 집단(1374.0 ± 313.8 HR.min)간에 차이가 없었으나 60%와 40%강도에서는 선수집단(719.2 ± 110.7 , 86.2 ± 26.9 HR.min)이 비선수집단(800.2 ± 45.6 , 210.7 ± 169.7 HR.min)보다 많았다. ($P < 0.05$)
3. 운동강도별 3분간 EPOC의 양이 모든 강도에서 양집단간에 차이가 없었다.
4. 운동후 3분간 EPOC량의 총량대비 비율이 80%강도와 60%강도에서는 선수집단 (13.72 %, 19.20%)과 비선수집단(13.71%, 16.58%)간에 유의한 차이가 없었으나, 40% 강도에서는 선수집단($84.54\% \pm 13.7$)의 비율이 비선수집단($55.48\% \pm 29.93$)의 비율보다 높았다. ($P < 0.05$)

參 考 文 獻

- 1) 김광희외 4인, 운동생리학,서울:태근문화사,1991.
- 2) Bang O. The lactate content of the blood during and after muscular exercise in man. *Skand,Arch,Physiol.*74(Suppl.100:49-82,1963.
- 3) Benedict,F.G.and E.P.Cathcart. *Muscular Work* Washington, DC:Carnegie Mellon Institute of Research,1913,No.187.
- 4) Brooks G.A.and Fashdy T.D.*Exercise Physiology*. New York:John Wiley & Sons, 1984.
- 5) Brooks G.A.and G.A. Gaesser.*Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption:a review.**Med.Sci. Sports Exerc.*16(1):29-43,1984.
- 6) CARAFOLL E. and A.L. LEHNINGER. A survey of the interaction of calcium ions with mitochondria from different tissues and species.*Biochem.J.*122:681-690, 1971.
- 7) DALLOSSO H. and JAMES WPT. Dietary thermogenesis and exercise. *Proc. Nutr. Soc.* 41:35A,1982.
- 8) EDWARD H.T., THORNDIKE A. jr.,and DILL D.B. the energy requirment in strenuous muscular exercise. *N. Engl.J. Med.* 213:532-535,1935.
- 9) FLETCHER W.M. and F.G. HOPKINS. Lactic acid in amphibian muscle.*J.Physiol.* 35: 247-309.1907.
- 10) Hill,A.V.,The oxidative removal of lactate acid.*J.Physiol.Soc.*xxi.1914.
- 11) Hill,A.V.,and Lupton,H.,Muscular exercise,Lactic acid,and the supply and utilisation of oxygen. *Quart.J.Med.*16:135-171.1923.
- 12) Magaria, R.,Aghemo,I.,and Rovelli, Measurement of muscular power(anaerobic) in man. *J. Appl.Physiol.*21:1662-1664.1966.
- 13) MAEHLUM S., GRANDMONTAGNE M., NEWSHOLME E. A., and SEJERSTED O.M. Magnitude and duration of excess postexercise oxygen consumption in healthy young

subject. *Metabolism*. 35(5):425-429,1986.

- 14) MARGARIA R., H.T. EDWARDS, and D.B. DILL. The possible mechanism of contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in muscular contraction. *Am. J. Physiol.* 106:89-715, 1933.
- 15) Passmore, R., and Durnin, J.V.G.A., Human energy expenditure, *Physiol. Rev.*, 35:801. 1955.
- 16) ROWELL L. B., K.K. KRANING, T.O. EVANS, J.W. KENNEDY, J.R. BLACKMON, and F. KUSUMI. Spontaneous removal of lactate and pyruvate during prolonged exercise in man. *J. Appl. Physiol.* 21:1773-1783, 1966.
- 17) SCHNEIDER E.G., S. ROBINSON, and J. NEWTON. The oxygen debt in aerobic work. *Physiologist* 7:247, 1964.

ABSTRACT

A Study on the quantity and duration of EPOC after taking exercise with exercise intensity

Lee, suk - Kwan

The study purports to analyse and measure the quantity and duration of EPOC with exercise intensity in order to investigate how it has changed.

The subjects used for this study are six shooters and six non-athletics belong to Buchun Buk girls' middle school. Taking exercise for ten minutes with each intensity 80,60,40% of VO₂ max, the results analyzed quantity and duration of EPOC are as follows;

1. The duration of EPOC between 80% and 60% was no difference between athlete group (110.8±25.9 min, 57.8±11.2 min) and the other group. Athlete group, on the other hand, was shorter than the other group (42.8±9.6 min) in that of intensity of 40%. (P<0.001)

2. The quantity of EPOC with intensity of 80% was no difference between athlete group (1374.8±510.9 HR min) and the other group (1374.0±318.8 HR min). But Athlete group(719.2±110.7, 86.2±26.9 HR min) was more than the other group (800.2±45.6, 210.7±169.7 HR min) in that of intensity of 40% and 80%. (P<0.05)

3. There was no difference in the quantity of 3 min EPOC of all exercise intensity.

4. The total quantity ratio of 3 min EPOC with intensity of 80% and 60% was no difference between athlete group (13.72%,19.20%) and non-athlete group (13.71%,16.58%). But Athlete group ratio (84.54%±13.7) was more than the other group (55.48%±29.93) in that of intensity of 40%. (P<0.05)