

팔 負荷, 다리 負荷, 등 負荷가 分當換氣量(\dot{V}_E)에 미치는 영향

申君洙*, 河海東**

The Effects of an Hand, Leg and Back Load \dot{V}_E Capacity

Koon - Soo SHIN, Hae - Dong HA

목 차

Abstract	
I. 서론	3. 측정 기구
1. 연구의 필요성	4. 측정 방법
2. 환기량의 개념 및 선행연구	5. 자료 처리
3. 용어 및 약어 정의	III. 연구 결과
II. 연구 방법	IV. 고찰
1. 연구 대상	V. 결론
2. 연구 기간	<참고 문헌>

Abstract

This study aims at investigating the effects upon cardio-respiratory functions such as $\dot{V}O_2$, RER, \dot{V}_E , HR caused by four types of external loading and without loading.

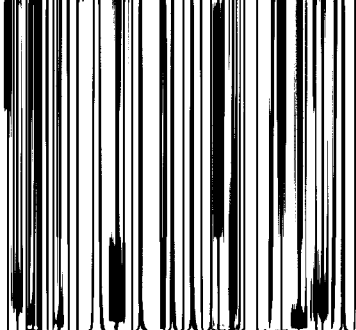
These measurements and analysis are made with the co-operation of 5 male and 5 female college students as subjects.

The results are as follows:

1. During treadmill exercises, All weights were sustained at the same level for 6 minutes, but HW loading was at maximum for 6 minutes to 10.5 minutes, the \dot{V}_E value sequence was LW, BW and NW, but after 10.5 minutes, LW was rapidly increased and the resultant values are shown in the order of LW, HW, BW, NW.

*釜慶大學校 教授(運動生理學專攻)

**韓國海洋大學校 教授(運動生理學專攻)



2. In maximum effort periods, male subjects showed maximum readings for LW of 164.03l and the other values were: HW(126.80l), BW(112.10l), NW(111.71l). Female subjects showed maximum readings for LW of 154.06l, HW(124.56l), BW(97.02l) and NW (96.73l).
3. The R2 of the regression line (above 80.484) was very consistent and showed a significance level ($p < 0.05$) of high validity as well.
4. In maximum effort periods, comparative tests, which had a significance level of $p < 0.05$, showed each weight / loading ratio as : male (0.0437) female (0.0367). So the weight ratios were significantly different. NW(0.0390), HW(0.0001), BW(0.0330), LW(0.0230) were significantly different between male and female subjects.

I . 緒 論

1. 研究의 必要性

인체는 안정시, 즉 酸素供給이 충분한 경우에는 글리코겐(Glycogen)이 완전 연소하여 CO_2 와 H_2O 를 생성하면서 에너지를 방출하나 운동을 하게 되면 운동에 관여하는 근육의 酸素消費가 증가한다. 동시에 CO_2 등의 代謝物質이 축적되므로 循環機能이 항진되어 결국 많은 양의 血液이 운동에 관여하는 근육으로 흐르게 된다. 이와 같은 血流量의 증가는 心搏數와 搏出量의 증가로 근육 속의 에너지원인 아데노신 삼인산(Adenosine triphosphate : ATP), 크레아틴 인산(Creatine phosphate : CP), 글리코겐 등이 감소하여 젖산(Lactic acid)이 축적된다.(小林啓三,1984 ; 八田秀雄,1991) 그리고 젖산함량이 높아지면 筋收縮이 방해를 받게 되어 근육의 收縮能力을 잃게 된다 (Bulbulian 등,1987 ; Hermansen,1969).

신체의 활동수행 능력은 여러가지 요인, 즉 最大酸素攝取量(Maximal oxygen uptake : $\dot{V}O_2$) (官下充正 등,1983 ; 北川 등,1982 ; Garey 등,1974) 無酸素性運動能力 이 근에 적응하는 그리고 정신력 등에 의하여 영향을 받으며 이들 요인들이 運動能力에 미치는 영향은 운동의 종류에 따라 다르다 (Astrand 등,1964 ; Karlsson 등,1975). 즉 단거리 경기나 역도 등과 같은 無酸素性 운동은 주로 짧은 시간에, 저장한 ATP를 발휘하는 능력으로 스피드나 순발력(Power)에 의하여 결정되지만 장거리 경기와 같은 有酸素性運動은 最大 酸素 攝取量, 주행 경제성 (Running economy) 높은 강도의 운동을 장기간 유지할 수 있는 능력, 筋纖維造成, 環境要因 등과 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다 (Costill 등,1973 ; Dirix 등,1988 ; Karlsson 등,1975).

持久力 運動能力의 주요 지표인 最大 酸素攝取량은 훈련중 운동시간(거리)보다 운동강도를 증가시킬때 더 효과적으로 증가되는 것으로 알려져 있다 (Fox 등,1973 ; Gaesser 등,1984).

일부 운동선수들은 운동능력을 증가시키기 위해 발목에 납주머니나 모래주머니를 착용하고 주행훈련을 하는데 그러한 운동훈련이 持久力 運動能力을 효과적으로 증가시킬 수 있는지에 대해서는 다소 알려져 있으나, 그러나 운동화의 무게나 형태등에 따라 에너지값(Energy cost)등에 변동이 일어난다는 보고가 많다 (Bruce등,1974 ; Caltin등,1979 ; Graves등,1988). 또 靜的 운동시에는 정적 수축을 심하게 할수록 血壓과 心搏數는 더 증가되며, 트레드밀주행 중에 손에 물건을 들게하는 靜的 운동을 동시에 하게하면 트레드밀주행만을 했을 때와 같은 運動量, 酸素消耗量이 같을때에도 血壓 및 心搏數가 더 높은 것으로 보고되었다 (Graves등,1987 ; Jackson등,1973).

한편 운동 부하량이 증가함에 따라 혈중 젖산 농도가 급격히 증가하는 시점 또는 이와 관련되어 氣體 交換(Gas exchange)에 급격한 변동이 일어나는 시점에서의 酸素消耗量을 무산소역치 (Anaerobic threshold)라고 정의하였으며, 무산소역치에서의 酸素消耗量은 운동 종류에 따라 차이가 있는 것으로 알려졌다. 즉 Arm cranking 운동시에는 트레드밀 운동시에 비해 靜的 運動要素가 많기 때문일 가능성등을 제시한 바 있다 (Mcardle등,1973).

분당환기량(\dot{V}_E)은 1분 동안 흡기와 호기되는 공기의 양을 뜻하며, \dot{V}_E 은 1회 호흡량(TV) x 분당 호흡수(f)에 의해 결정된다. 또 운동 중에는 근육의 활동이 증가함에 따라 체내 산소 수요량이 증가하며, 그로 인해 산소섭취량($\dot{V}O_2$)의 증가가 요구 되며, 호흡순환 기능의 촉진이 필요하게 된다. \dot{V}_E 는 운동중에 증가하고 대부분의 분당 환기량의 증가는 수축하는 근육에 의해서 소비되는 산소의 양과 $\dot{V}CO_2$ 의 생성량의 증가와 비례한다. 그러나 \dot{V}_E 가 최대 혹은 최대값 가까이 에 이르렀을 때에는 $\dot{V}O_2$ 와 비례하지 않고 급속히 증가하는 반면에, $\dot{V}CO_2$ 생성량은 \dot{V}_E 와 비례한다. 본 연구를 통하여 팔, 다리, 등에 중량을 負荷하여 \dot{V}_E 에 어떠한 변동이 나타나는지를 밝혀 트레이닝과 운동 처방에 기초 자료를 얻고자 하는데 있다.

2. 換氣量의 概念 및 先行研究

운동 중에는 에너지 대사가 증가하게 된다. 그래서 운동은 활동조직으로서의 적절한 산소공급을 요구하고, 活動組織은 폐포환기, 폐포가스교환, 그리고 폐환류 등의 폐기능 향상을 요구한다. 그것은 호흡의 깊이와 빈도의 증가(폐포환기의 증가), 폐에서 혈액으로의 산소 확산과 血液에서 폐내 공기로의 이산화탄소 확산의 증가(폐환류의 증가)에 의해서 성취되어 진다(김 등, 1992)

폐포에서 가스교환에 필요한 공기의 교환은 폐에서 이루어지며 이것을 換氣라 하며 환기는 호흡운동에 의해서 이루어진다. 산소를 체내에 들여보내기 위해서는 산소를 포함하고 있는 대기를 체내에 들여 보내야 한다. 대기는 호흡운동에 의해 폐에 들어가는데, 이때 폐에 들락거리는 공기의 양을 肺換氣量이라 한다.이 수치가 폐의 환기능력을 나타내고 있다. 이 능력은 호흡근의 발달상태와 폐의 크기에 따라 결정되며, 폐의 크기는 전폐용량(total lung capacity)이라 불리우며 그 내용에는 폐활

량과 환기량이 있다. 환기량은 1분간을 단위시간으로 하여 나타내며 이를 分時換氣量(minute ventilation, \dot{V}_E)라 하며 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다(강 등, 1994).

$\dot{V}_E = TV \times f$ (여기서 TV (Tidal Volume)는 1회 환기량을 나타내며, f (Respiratory rate)는 호흡빈도를 나타낸다.

1회 환기량(TV)과 호흡빈도(f)의 경우는 분당환기량보다 훨씬 개인차가 크다. 즉 1회호흡량과 호흡빈도가 다양하더라도 분당 환기량은 비슷하다는 것이다. 일반적으로 안정시 TV는 400-600 ml이고 f는 10-18회/분이다(김 등, 1992)

TV는 운동강도에 의해 거의 비례하여 증가하는데 최대산소 섭취량이 70-85%에 달하면 거의 최고치에 이르고 그 이후에는 운동강도가 높아져도 큰 변화가 없으며, f는 운동강도가 높아짐에 따라 서서히 증가하게 되는데, 호흡수가 많다는 것은 운동 중에 소모된 에너지를 빨리 회복시켜준다는 것을 의미한다.

一般成人의 TV의 최대치는 평균적으로 남자의 경우 2.0-2.5 l 이고, 여자는 1.5-2.0 l 가 된다. f는 남녀의 차이가 거의 없고 약 40-60회/분 정도가 된다. 그리고 최대산소섭취량이 발현되는 최대운동에서 \dot{V}_E 는 남자의 경우 80-120 l/min, 여자는 60-80 l/min에 달하게 된다. 運動選手의 경우는 一般人보다 높아 남자가 120-180 l/min, 여자는 100 l/min에 이른다. 운동선수의 경우 \dot{V}_E 가 큰 것은 호흡수가 일반인과 차이가 없으므로 호흡량(TV)이 크기 때문이며, 운동선수의 TV는 약 2.5-3.5 l 정도가 된다(강 등, 1994)

운동 중에 V_E 는 증가하는데 이것은 수축하는 근육에 의해 소비되는 산소의 양과 이산화탄소의 생성량의 증가와 비례한다. 그러나 환기량이 최대 혹은 최대치 가까이에 이르렀을 때에는 산소소비량과 비례하지 않고 급속하게 증가한다. 반면에 이산화탄소 생성량은 환기량과 비례한다(김 등, 1992).

進藤(1976)은 1회의 환기량은 운동강도에 비례하여 증가하는바 \dot{V}_{O_2max} 가 70-85%에 달하면 거의 最高値에 도달하고 그후 운동강도가 높아져도 거의 일정하거나 또는 약간 감소하는 경향이 있다고 했다. 또한 호흡수도 운동강도가 높아짐에 따라 서서히 증가하는데 그 增加曲線은 크게 나타나고 폐환기량도 운동강도에 거의 비례하여 증가되기 마련이라고 했다.

Fox and Mathews(1981)는 분당환기량은 수축하는 근육에 의해 분당 소비되는 O_2 양과 분당 생산되는 CO_2 양과 비례되며, \dot{V}_E 는 단련자가 비단련자보다 많이 나타난다고 했다. 아울러 격심한 운동수행시 130-180 l/min 까지 폐환기량이 증가되어 안정시 약 5-6 l/min에 비유할 때 약 25-30배 정도 증가되고 있음을 밝혔다.

Rowell(1965)은 분당환기량이 120-150 l 에 이르는 레벨에서 탈진상태에 놓이게 되면 동맥의 O_2 함량이 감소한다고 보고했다.

최 등(1990)은 12주간 트레이닝을 통하여 안정시 환기량의 변화는 비교군이 실험전 12.46 ± 2.70 l/min 이었던 것이 트레이닝 후에는 12.88 ± 2.44 l/min으로 평균 3.37% 정도 증가하였

는데, 트레이닝군은 12.45 ± 2.45 l/min에서 14.55 ± 2.07 l/min으로 16.87% 정도 매우 유의하게 증가 하였다고 했다.

이(1990)는 Treadmill을 이용해서 운동강도 80% $\dot{V}O_{2max}$ 로 1일 15분씩 주당 3일간으로 8주간 트레이닝을 통하여 트레이닝군의 경우 안정시 7.97 ± 1.08 l/min에서 트레이닝 후 9.80 ± 1.43 l/min으로 약간 증가했으나, 최대운동시의 최대환기량은 122.84 ± 13.64 l/min에서 129.28 ± 11.76 l/min으로 5.24%가 유의하게 증가하였다고 했다.

3.用語 및 略語 定義

본 논문에서 사용된 중요한 생리적 요인에 관한 用語 및 略語는 다음과 같다.

- 1) NW (No weight) : 非負荷로 負荷하지 않은 負荷條件을 말한다.
- 2) HW (Hand weight) : 팔 負荷로 좌·우 팔목에 중량을 負荷한 조건을 말한다.
- 3) BW (Back weight) : 등 負荷로 좌·우 견갑골 중앙의 등에 중량을 負荷한 조건을 말한다.
- 4) LW (Leg weight) : 다리 負荷로 좌·우 발목에 중량을 負荷한 조건을 말한다.
- 5) RBP (Resting blood pressure) : 안정시 血壓(mmHg)
- 6) VC(vital capacity) : 肺活量(L/min) : 最大吸氣後에 내 품을 수 있는 最大容量
- 7) RHR (Resting heart rate) : 안정시 心搏數(bpm)
- 8) $\dot{V}O_2$ (Oxygen uptake) : 酸素攝取量(l/min) : 분당 섭취할 수 있는 酸素攝取量
- 9) $\dot{V}O_2/kg$ (A unit of weight oxygen uptake) : 단위체중당 酸素攝取量(ml/min) : 단위체중당 분당 섭취할 수 있는 酸素攝取量
- 10) RER (Respiratory exchange ratio) : 호흡교환율 : 분당 소비된 酸素의 양에 대한 분당 배출된 二酸化炭素의 비율
- 11) HR (Heart rate) : 心搏數(bpm)
- 12) MNW (Male no weight) : 남자의 無負荷
- 13) MHW (Male hand weight) : 남자의 팔 負荷
- 14) MBW (Male back weight) : 남자의 등 負荷
- 15) MLW (Male leg weight) : 남자의 다리 負荷
- 16) FNW (Female no weight) : 여자의 無負荷
- 17) FHW (Female hand weight) : 여자의 팔 負荷
- 18) FBW (Female back weight) : 여자의 등 負荷
- 19) FLW (Female leg weight) : 여자의 다리 負荷
- 20) TF (Test for lack of fit) : 適合缺如檢定: 함수관계에 대한 線形 回歸線이 타당한지의

여부를 검정

- 21) RT (Residual test) : 잔차 검정: 어떤 변수의 관측값에서 참값을 뺀 양
- 22) ND (Normal distribution) : 정규성: 관측값들이 정규분포를 따르는 모집단에서 취해졌는지를 검정
- 23) IV (Independent variable) : 독립성: 관측값들이 다수의 인자들에 의해 분할되어 있는 경우. 그 인자들이 서로 독립적으로 관측값에 영향을 미치는지를 검정

II. 研究 方法

1. 研究 對象

본 연구의 대상은 미국 The University of Kansas 비선수군 남녀 각각 5명씩으로 총 10명으로 했다.

연구 대상 선발은 교양체육을 수강하는 학생들을 대상으로 연구계획을 설명한 후 지원자 남자 12명, 여자 9명 중에서 백인으로 체중, 신장과 연구시간을 고려하여 무작위(Random sampling)로 선발하였으며 연구대상의 신체적 특성은 <Tab. 1> 과 같다.

Tab. 1. Characteristic of Subjects

	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	RBP (mmHG)	VC (l/min)	Body fat (%)	RHR (bpm)
Male	20.1	179.00	76.50	120/80	4770.0	23.00	64.0
SD	1.0	5.00	5.50	10/00	450.0	2.00	3.0
Female	20.5	172.00	63.33	120/80	4178.5	24.00	67.0
SD	1.0	2.00	3.00	0/00	320.0	2.00	2.0

* RBP : Resting Blood Pressure. VC : Vital Capacity.
RHR : Resting Heart Rate.

2. 研究 期間

연구 대상자에 대한 사전 자료를 정리한 후 각종 측정에 대한 위험성, 특성 및 방법 등에 대하여 주의시키고 측정에 앞서 미리 측정 승인서를 받았다.

팔 負荷, 다리 負荷, 등 負荷가 分當換氣量(\dot{V}_E)에 미치는 영향

측정은 1994년 2월 1일부터 20일에 측정하였고 96년 8월 - 12월에 자료를 분석하였으며, 측정시 피험자 개개인의 피로나 심리적 상태를 고려하여 충분한 시간적 여유가 있을 때 측정하였으며, 팔 부하, 다리 부하, 등 부하의 측정 항목별 interval을 10분이상 배려하여 자기의 능력을 최대로 발휘할 수 있도록 하였다.

3. 測定 機具

본 연구를 위해 사용된 기구는 <Tab. 2>와 같다.

Tab. 2. The instrument of test

Instrument	Model	Company
ECG Monitoring System	621 B	Quinton Instrument Co
Treadmill Control		"
Oxygen Analyer	LB-1	"
Medical Gas Analyer(Co2)	LB-2	"
Data System	IBM	Zenith
Gas Tank	O ₂ :15.1% Co ₂ :4.98%	Linde Gas Co
ECG Electrode	NDM	Daton Co
Parafilm	M	Greenwich Co
Alcohol Swab	B-D	Becton Dickinson Co
Glove	NDM	Dayton Co
Nose Clip	"	"
Mouth Piece	"	"
Spirometer	"	Olathe Co
Stop Watch		Quinton Instrument Co
Stethoscope	14730xP	"
Mercury Sphygmanometer		"
Lange Skinfold Caliper		Cienetific Industries Co
Body Load		"
Height Scale		"
Weight Scale		"

4. 測定 方法

본 연구는 팔 負荷, 다리 負荷, 등 負荷와 負荷를 주지 않는 4가지 조건으로 하며, 부하를 주는 조건은 3kg의 부하로 <Tab.3> 과 같이 Maximum Bruce Treadmill test protocol로 측정하였다.

Treadmill test는 대상자가 처음에 벨트(Belt)의 양쪽 밖에 양발을 벌리고 선다. 그리고 준비

운동을 위해서 1.2mph와 0% 경사에서 약 3분간 가볍게 걷는다. 다음에 시작과 동시에 첫부하의 속도는 1.7mph, 경사는 10%로 증가된다. 이 단계와 그 다음 모든 단계는 3분 동안 지속되며, 다음 단계는 0.5 - 0.9 mph 속도로 증가하며 경사는 2%씩 증가한다. Treadmill test는 의지적으로 더 이상 지속할 수 없을 때까지 실시하며, 테스트가 끝나고 정리운동(Cool down)을 위하여 1.7mph 속도와 0%의 경사에서 120bpm 이하의 심박수가 될 때까지 걷는다.

All out의 판단은 갑작스런 혈압의 저하 (20mmHg이상)나 지나친 혈압상승, Data system의 기록상승 중지, 갑작스런 심박수 증가 (25bpm 이상), 당황하거나 얼굴이 창백해 질 때, 불쾌감을 나타내거나 구토증세를 나타낼 때, 보행실조 등을 할때 Treadmill 운동을 중지시켰다.

이러한 측정을 위해서 측정 30분전에 측정 기자재를 Set-up시키며, 측정실 온도는 $21^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$ 로 유지시키며, 습도는 $55 \pm 5\%$ 의 수준을 유지했다.

Gas calibration은 Balance Nitrogen, O_2 15/1%, CO_2 4.98%가 혼합된 표준 Gas를 사용하며 O_2 와 CO_2 -Analyzer를 보정했다.

漸增的 부하운동시 ECG monitor를 통하여 심박수 변화를 관찰하기 위하여 대상자의 가슴에 ECG electrode를 부착시키고, 테스트 도중 땀이나 움직임에 의한 noise를 방지하기 위하여 Electrode의 표면에 Surgical tape로 다시 고착시켰으며, 측정 바로 전에 대상자의 체중과 기압을 Data System에 입력하여 BTPS상태로 보정했다.

Treadmill 운동중 생리적 변화상태를 측정하기 위하여 운동부하는 컴퓨터에 의해 자동적으로 작동되는 Data System을 사용하며 컴퓨터와 연결된 자동 Gas 분석기를 이용하여 운동중의 분당환기량(\dot{V}_E)을 매 30초마다 측정하였다.

5. 資料 處理

본 연구에서 실시한 측정결과의 모든 자료는 The University of Kansas의 National Supercomputing Network(KUHUB)상에서 IMSL(International Mathematical and Statistical Library) Software Packages를 사용하여 Data 분석을 하며 통계분석은 다음과 같은 방법으로 실시했다.

- (1) 각 부하 조건별 차이 비교
- (2) 시간에 따른 각 측정 항목간의 상관관계와 단순회귀분석
(Simple regression analysis)
- (3) 분산분석 (Analysis of variable : ANOVA)을 통한 유의성 및 잔차 검정

팔 負荷, 다리 負荷, 등 負荷가 分當換氣量(\dot{V}_E)에 미치는 영향

Tab. 3. Maximum Bruce treadmill test protocol

Stage	Duration(min)	Speed(mph)	Grade(%)
Warm up	3	1.2	0
1	3	1.7	10.0
2	3	2.5	12.0
3	3	3.4	14.0
4	3	4.2	16.0
5	3	5.0	18.0
6	3	5.5	20.0
7	3	6.0	22.0
Cool down HR가 120bpm 이하		1.2	0

* (村山正博등, 1986; Osness등, 1991)

Ⅲ. 研究 結果

본 연구는 신체부위별 重量負荷가 呼吸循環機能에 미치는 영향을 알아보기 위해 負荷條件別로 \dot{V}_E 를 측정 분석하였으며, 또한 각 負荷條件別과 呼吸循環機能과의 차이점을 알아보기 위해 單純回歸分析, 分散分析을 실시한 결과는 아래와 같다.

1. 分當換氣量(\dot{V}_E : 男)

본 연구에서 \dot{V}_E 에 대한 變化를 <Tab.4>와 <Fig.1>에서 보면 6분 30초까지는 NW가 38.315 l/min, HW가 39.318 l/min, BW가 37.833 l/min, 그리고 LW가 43.343 l/min으로 HW가 제일 높았지만 거의 같은 수준을 유지했다. 그러나 7분부터 NW가 40.438 l/min, HW가 54.265 l/min, BW가 42.963 l/min, 그리고 LW가 48.905 l/min으로 HW가 제일 높고 그 다음이 LW가 높은 증가를 보였으며, BW와 NW는 비슷한 증가를 보였다. 그러나 10분 30초를 기점으로 해서 11분에는 NW가 71.522 l/min, HW가 89.175 l/min, BW가 82.272 l/min, 그리고 LW가 92.525 l/min로 오히려 HW보다 LW가 더 높게 증가하기 시작하여 LW는 Maximal exercise에서 급격히 증가하는 상태를 나타내었다. 또 BW와 NW는 BW가 다는 높긴 하였지만 비슷한 수준으로 계속 증가하여 4가지 負荷 조건중에서 가장 낮게 나타났다.

申 君 洙 / 河 海 東

Tab.4. Time series data of \dot{V}_E

Time(min)	MNW	MHW	MBW	MLW	FNW	FHW	HBW	FLW
0.5	22.093	18.338	14.392	20.635	18.995	18.215	11.093	17.940
1.0	21.065	21.888	17.932	19.323	22.050	20.430	12.823	18.058
1.5	19.528	22.222	20.975	19.020	19.385	20.420	14.523	17.535
2.0	19.815	23.960	22.440	20.110	21.015	22.000	17.428	15.803
2.5	21.540	26.243	21.613	22.978	21.815	24.975	19.665	16.682
3.0	23.995	28.097	25.938	25.403	26.358	26.763	18.433	22.088
3.5	28.068	33.860	26.473	30.965	26.798	29.198	22.007	23.950
4.0	29.930	35.498	27.678	32.268	28.700	29.333	23.783	28.475
4.5	31.603	37.515	31.953	30.955	27.023	30.310	25.850	27.153
5.0	30.995	39.403	32.780	34.810	29.935	33.570	24.865	29.493
5.5	35.063	41.990	34.493	38.685	31.288	35.335	32.118	30.090
6.0	37.188	45.595	38.230	41.410	31.873	37.183	31.983	32.743
6.5	38.315	39.318	37.833	43.343	33.792	39.358	35.912	34.928
7.0	40.438	54.265	42.693	48.905	34.775	47.248	39.225	37.280
7.5	42.953	58.373	38.680	48.055	36.995	51.838	42.398	39.410
8.0	45.980	60.807	46.237	51.022	38.465	54.273	46.798	41.915
8.5	52.853	64.230	51.380	57.890	41.257	58.718	53.685	45.045
9.0	61.320	68.280	55.135	63.770	49.373	63.903	55.370	55.415
9.5	62.780	80.540	61.093	72.018	57.313	68.013	59.965	61.660
10.0	63.380	83.290	71.418	77.598	59.570	77.810	68.628	64.640
10.5	65.400	84.188	76.125	84.963	61.933	78.903	71.195	70.900
11.0	71.522	89.175	82.272	92.525	62.768	81.790	74.963	81.980
11.5	77.368	97.185	89.640	102.140	71.303	88.083	82.055	94.750
12.0	83.450	102.457	98.898	115.528	79.017	95.503	88.087	106.065
12.5	88.670	108.747	92.283	121.673	89.117	100.577	95.787	115.790
13.0	94.950	117.430	96.003	133.957	87.380	115.070	97.925	122.850
13.5	96.993	123.950	103.633	143.053	85.810	124.560	96.890	135.780
14.0	100.247	129.225	103.735	156.445	88.130	-	97.020	154.060
14.5	105.063	126.800	112.100	164.030	96.730	-	-	-
15.0	107.890	-	-	-	-	-	-	-
15.5	111.705	-	-	-	-	-	-	-

팔 負荷, 다리 負荷, 등 負荷가 分當換氣量(\dot{V}_E)에 미치는 영향

<Tab. 5>에서 남자의 單純 回歸 분석 결과를 보면 回歸 直線에 대한 설명력은 MNW(93.341), MHW(93.116), MBW(83.658), MLW(87.487)순으로 나타나 아주 높았으며, 이 回歸 直線에 대한 유의성 검정에서도 모두 유의하다는 결과를 얻었다. 그리고 잔차의 검정을 보면 정규성에서 MNW와 MLW는 만족하나 MHW와 MBW는 약간 벗어났다. 또한 독립성에서는 모두 약간 벗어났다.

<Tab. 6>의 分散 分析에서 回歸 係數에 대한 유의성 검정에서도 P-value가 0.05보다 모두 적어 유의하다는 것을 알 수 있다.

Tab. 5. Simple regression analysis of \dot{V}_E (M)

	MNW	MHW	MBW	MLW	
R2		93.341	93.116	83.658	87.487
P-value		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Regression		y = 4.513 + 6.352x	y = 4.225 + 7.886x	y = 1.888 + 6.934x	y = -5.075 + 9.214x
TF	P-value	0.0000	0.0000	0.0335	0.0000
RV	ND	N	AN	AN	N
	IV	AN	AN	AN	AN

Tab.6. Analysis of variance of \dot{V}_E

	R ²	F-value	Df	Coef(P-value - prob t)	TP	
					P(1)	P(2)
MNW	93.341	0.0000	115	$\beta 0$ (3.275 - 0.0014) $\beta 1$ (39.798 - 0.0000)	0.0390	
MHW	93.116	0.0000	106	$\beta 0$ (2.528 - 0.0130) $\beta 1$ (37.507 - 0.0000)	0.0010	0.0437(M)
MBW	83.658	0.0000	109	$\beta 0$ (0.782 - 0.4359) $\beta 1$ (23.404 - 0.0000)	0.0330	
MLW	87.487	0.0000	108	$\beta 0$ (-0.859 - 0.0658) $\beta 1$ (27.224 - 0.0000)	0.0230	
FNW	81.224	0.0000	103	$\beta 0$ (3.586 - 0.0005) $\beta 1$ (20.903 - 0.0000)	0.0390	
FHW	91.522	0.0000	97	$\beta 0$ (2.634 - 0.0098) $\beta 1$ (32.025 - 0.0000)	0.0010	0.0367(F)
FBW	90.577	0.000	102	$\beta 0$ (-0.903 - 0.3688) $\beta 1$ (31.003 - 0.0000)	0.0330	
FLW	80.484	0.0000	99	$\beta 0$ (-1.246 - 0.2157) $\beta 1$ (20.001 - 0.0000)	0.0230	

2. 分當換氣量(\dot{V}_E : 女)

\dot{V}_E 에 대한 변화를 Tab.4.와 Fig.2.에서 보면 Treadmill 운동을 시작하고 6분 30초까지는 NW가 33.792 l/min, HW가 39.358 l/min, BW가 35.912 l/min 그리고 LW가 34.928 l/min으로 HW가 최고 5.566 l/min에서 최저 3.446 l/min까지 높긴 하였지만 4가지 負荷條件이 거의 비슷한 수준을 나타내었다. 그러나 7분부터 10분까지는 NW, BW 그리고 LW는 비슷한 수준을 유지하면서 증가했지만, HW는 다소 큰 폭으로 증가하는 추세를 나타내었다. 10분 30초를 기점으로 해서 11분부터는 NW가 62.768 l/min, HW가 81.790 l/min 그리고 BW가 74.963 l/min 그리고 LW가 81.980 l/min으로 오히려 LW가 HW보다 높게 나타내면서 all out시까지 급상승하는 경향을 나타내었다. 그 다음이 HW였으며, BW와 NW는 12분 30초까지

팔 負荷, 다리 負荷, 등 負荷가 分當換氣量(\dot{V}_E)에 미치는 영향

는 증가하다가 BW, NW 순으로 all out까지 거의 수평상태를 유지했다.

<Tab.7>에서 여자의 單純回歸 分析 결과를 보면 回歸直線에 대한 설명력은 FHW(91.522), FBW(90.577), FNW(81.224), FLW(80.484)순으로 나타나 아주 높았고, 이 回歸直線에 대한 유의성 검정에서도 모두 유의하다는 결과를 얻었다. 그리고 잔차 검정을 보면 정규성에서도 모두 만족하게 나타났으며, 독립성은 모두 약간 벗어났다.

<Tab.6>의 分散分析에서 回歸係數에 대한 유의성 검정에서도 P-value가 0.05보다 모두 적어 유의하다는 것을 알 수 있다.

Tab. 7. Simple regression analysis of \dot{V}_E (F)

	FNW	FHW	FBW	FLW	
R2	81.224	91.522	90.577	80.484	
P-value	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
Regression	y = 6.966 + 5.254x	y = 4.214 + 6.981x	y = -1.517 + 6.826x	y = -3.490 + 7.535x	
TF	P-value	0.0001	0.0000	0.0003	0.0000
RT	ND	N	N	N	N
	IV	AN	AN	AN	AN

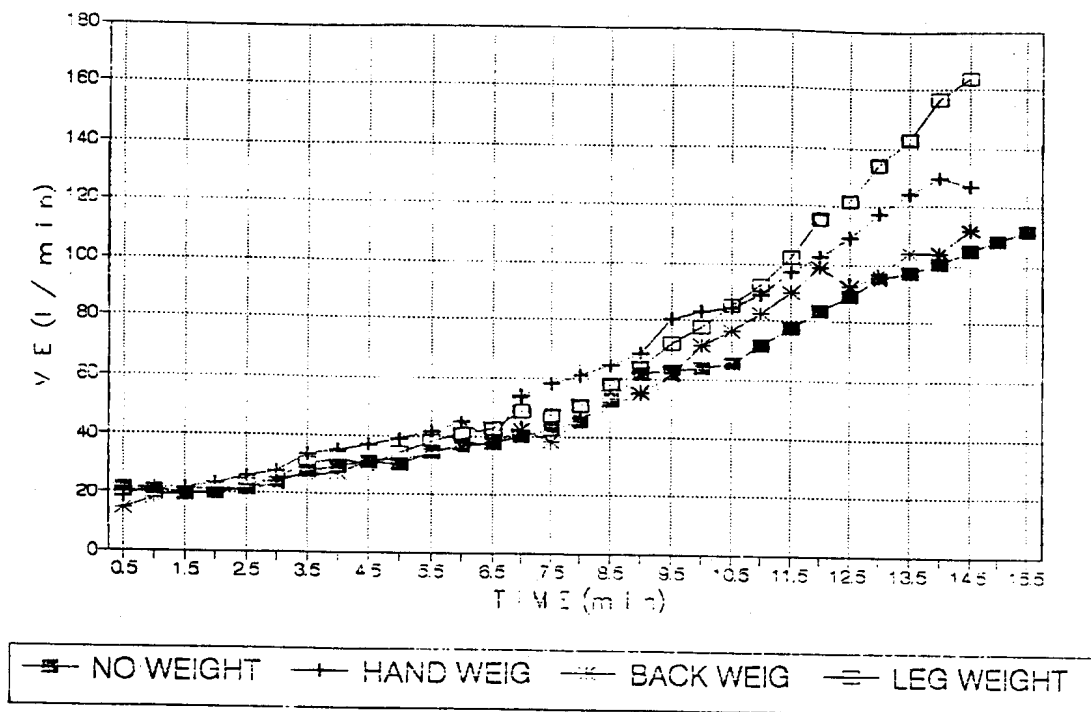


Fig. 1. \dot{V}_E data variations on times(M)

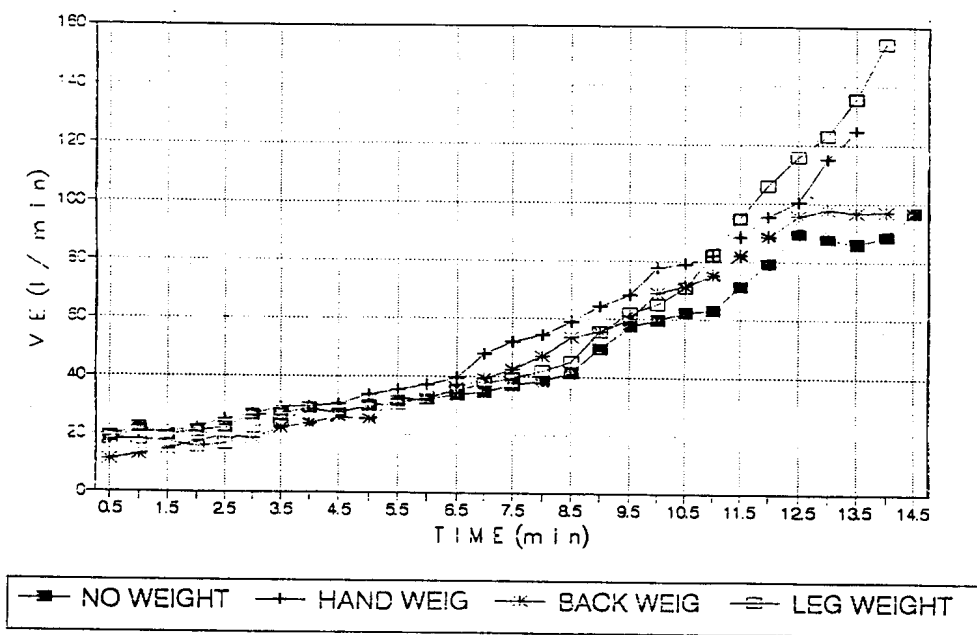


Fig. 2. \dot{V}_E data variations on times(F)

IV. 考 察

1. 分當換氣量(\dot{V}_E)

호흡에 대한 변화는 팔 운동시가 다리 운동시보다 같은 運動強度에서 더 크다. 呼吸量 증가는 주기적으로 변하는 呼吸量에 呼吸頻度가 증가하여 이루어지고 있다. 呼吸量의 차이는 $\dot{V}O_2$ max값이 정확했을 때 분명하다. 몸 전체의 動·靜脈 산소차는 같은 $\dot{V}O_2$ 수준이나 강도에도 팔 운동시와 다리 운동시의 차가 아주 적다(Astrand 등,1968; Rasmussen 등,1975). 이것은 혈행의 흐름이나 조직내에 酸素의 추출에 크게 공헌하지 않는다는 것을 제시한다. 최근의 연구에서 고도로 훈련된 자는 팔 운동시 호흡과 산소추출이 다리 운동시와 비슷하다고 제시했다(Miles 등,1989; Pendergast 등,1979). 본 연구의 <Tab. 4>와 <Fig. 1>에서 6분 30초까지는 거의 같은 수준을 유지했으나 7분부터는 다소의 차이를 나타내면서 HW가 제일 높고 그 다음이 LW 그리고 BW와 NW는 비슷한 상태를 나타내었다. 그러나 10분 30초를 기점으로 해서 11분에는 LW가 HW보다 더 높게 증가하기 시작하여 LW는 maximal exercise에서 급격히 증가하는 상태를 나타내었다. all out시 NW는 111.705 l/min이고 HW가 126.800 l/min, BW가 112.100 l/min, 그리고 LW가 164.030 l/min으로 LW가 가장 높고 그 다음이 HW, 그리고 NW와 BW는 비슷한 수준을 나타내었다.

<Tab. 4>와 <Fig.2>에서, 여자의 \dot{V}_E 는 6분까지는 거의 비슷한 수준을 유지했으나 7분부터 HW가 다소 큰 폭으로 증가하기 시작했다. 10분 30초를 기점으로 11분부터는 오히려 LW가 HW보다 높게 나타내면서 급상승하는 경향을 나타내었다. all out 시에 NW는 96.730 l/min이고 HW는 124.560 l/min BW는 97.020 l/min 그리고 LW는 154.060 l/min으로 LW가 가장 높았고 그 다음이 HW, BW, NW순으로 나타났다.

分當換氣量은 운동중에 증가한다. 대부분의 分當換氣量의 증가는 수축하는 근육에 의해서 分當 消費되는 O_2 의 양과 분당 생산되는 CO_2 양의 증가와 비례한다. \dot{V}_E 는 최대 혹은 최대하에 이르렀을때만 $\dot{V}O_2$ 와 비례하지 않는다. 그것은 最大下運動時에는 O_2 消費量보다는 CO_2 제거의 필요성에 따라서 \dot{V}_E 가 더 조절이 된다는 것을 뜻한다. 최대하 운동시 $\dot{V}O_2$ 보다는 \dot{V}_E 가 더 증가한다는 것은 \dot{V}_E 가 심장 및 호흡기의 능력을 억제하는 것 같지는 않다는 것을 말한다 (Fox 등,1973). 운동으로 인한 $\dot{V}O_2$ max를 Fox(1976) 등은 남·여선수인 경우 180 l/min과 130 l/min까지 오른다고 했는데, 이것은 안정시 5-8 l/min에 비해 25-30배나 높은 수치이다. 또 Saltin(1967)등은 안정시 6 l/min정도에서 100 l/min 또는 150 l/min까지 증가되어 극단적인 경우는 200 l/min에 이르는 경우도 있다고 했고, Ekblom(1970)은 219 l/min으로 Costill(1970)은 165.1 l/min으로 보고한 것에 비교하면 본 연구에서는 男·女共히 NW와 BW는

아주 낮은 수준이나 LW는 상당히 근접한 수준까지 다달해 各負荷條件別 차이를 나타내었으며 男·女사이에 뚜렷한 차이를 나타내었다. 이와같이 운동으로 인한 \dot{V}_E 의 대폭 증가는 호흡의 심도와 빈도수가 증가되므로 가능하다. 특히 호흡근이 작용하기 때문에 필연적으로 환기에 필요한 O_2 消費量이 증가한다. 실제로 심한 운동을 할 때 호흡근이 소비하는 O_2 는 인체가 소비하는 全 消費量의 8~10%나 된다 (Fox 등, 1973). \dot{V}_E 가 120 l/min 이상으로 體內에서 소비되는 酸素量의 증가는 아마도 전적으로 호흡근에 소비되기 때문으로 사료된다. 본 연구 대상의 \dot{V}_E max가 낮은 것은 非運動群으로 $\dot{V}O_2$ 나 $\dot{V}CO_2$ 및 작업능력이 낮기때문에 \dot{V}_E max도 낮다. \dot{V}_E 가 낮으면 작업능률도 낮게 마련이다. 즉 운동을 하지 않는 사람은 운동을 하는 사람에 비해 주어진 $\dot{V}O_2$ 에서는 \dot{V}_E 가 커야 한다는데 근거를 찾을 수 있다.

All out시 평균차 검증($p < 0.05$)에서 p-value가 男子(0.0437), 女子(0.0367)로 負荷條件別로 유의한 차가 있었으며 男·女사이에 NW(0.0390), HW(0.0001), BW(0.0330), LW(0.0230)로 유의한 차가 있었다.

이와같이 Treadmill운동을 시작하고 最大下 運動까지(12분 前·後)는 NW보다 높은 것은 靜的 운동요소가 추가된 것으로 생각되며(Gollnick 등, 1972; Nelson 등, 1974) HW가 가장 높은 것은 HW가 LW나 BW보다 적절한 血行이나 충분한 산소운반에도 불구하고 팔 운동시가 다리 운동시보다 單位體重當 $\dot{V}O_2$ 가 낮기 때문이며, 또한 팔 근육은 다리 근육보다 모세혈관의 비율이 낮고 산소조직이 발달하지 못해 팔 운동시가 다리 운동시보다 낮은 運動負荷를 요구하고 있기 때문이라고 생각된다 (Davies 등, 1972 ; Klassen 등, 1970 ; Miles 등, 1989). 그러나 最大下 運動 이후(12분 前·後)부터 LW가 급격히 상승하면서 LW, HW, BW, NW순으로 나타는 것은 Treadmill 주행을 할 때 重量移動過程에서 발생하는 운동의 관성이나 중량으로 인한 주법의 변동때문일 것으로 생각된다 (Davies 등, 1972).

V. 結 論

一般大學生 男·女 各 5名씩을 대상으로 팔 負荷, 다리 負荷, 등 負荷, 非負荷 등이 最大有酸素能力(maximal aerobic power)에 어떤 변화를 가져오는지 구명하기 위하여 \dot{V}_E 측정 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. Treadmill운동을 시작하고 6분까지는 비슷한 수준을 유지했으나 그 이후는 팔 負荷가 가장 높았고 등 負荷와 다리 負荷는 비슷했으며 非負荷가 가장 낮았다. 그러나 10분 30초부터는

팔 負荷, 다리 負荷, 등 負荷가 分當換氣量(\dot{V}_E)에 미치는 영향

다리 負荷가 급상승하면서 가장 높았고 그 다음이 팔 負荷, 등 負荷, 非負荷 順으로 나타났다.

2. All out시 남자의 分當換氣量이 다리 負荷가 164.03 l, 팔 負荷 126.80 l, 등 負荷 112.10 l, 非負荷 111.71 l 順으로 나타났으며, 여자는 다리 負荷가 154.06 l, 팔 負荷 124.56 l, 등 負荷 97.02 l, 非負荷 96.73 l 順으로 나타났다.

3. 回歸直線에 대한 설명력(최하 80.484이상)이 아주 높았으며 유의성 검정($P < 0.05$)에서도 모두 유의했다.

4. All out시 평균차 검증($p < 0.05$)에서 p-value가 남자(0.0437), 여자(0.0367)로 각부하조건 별로 유의한 차가 있었으며 男,女사이에 非負荷(0.0390), 팔負荷(0.0001), 등負荷(0.0330), 다리負荷(0.0230) 모두 유의한 차가 있었다.

〈 參 考 文 獻 〉

- 강희성,오대성,이석인(1994). 운동생리학, 서울 : 교학사, 153.
- 김광희 외 4명(1992). 운동생리학, 서울 : 태근문화사, 285-294.
- 이영덕(1990). 지구성 트레이닝이 최대산소섭취량과 혈액성분에 미치는 효과, 한국체육학회지 제 29-1호,
- 최성근(1990). 장시간의 줄넘기 훈련이 운동수행능력에 미치는 영향, 한국체육학회지 제 29-1호,
- 進藤(1976). 運動生理學概論, 東京, 大修館書店, 148.
- 官下 充正, 渡邊(1983). 現代體育と スポーツ 大系, 8, 86-88
- 北川, 山本高司(1982). 體育授業における 10歳 男子の エネルギー 代謝 率と 心搏數の 關係, 體育科學, 10, 8 - 13
- 小林 啓三(1984). 脂肪酸動員力らみき 運動と ホルモン, J. J Sports Sci, 3 - (6), 436 - 438
- 八田秀雄(1991). 運動中および 運動後における 乳酸の 代謝と その トレーク 効果, 體育の科學, 41 - (4), 305 - 308
- 村山 正博, 坂本 靜男(1986). 單一急激運動 負荷方式における ST變化と 循環および 血中カテコラミン 動態, 體育科學, 14, 153 - 157
- Astrand, I, Guharay, A.,(1968). Circulatory responses to arm exercise with different arm positions, J. Appl. Physiol, 25 - (5), 528 - 532
- Astrand, P, Ekblom, B.,(1964). Intra-arterial blood pressure during exercise with different muscle groups, Swedish sports federation, 253 - 256
- Bruce, R.A, Kusumi, F.,(1974). Cardiovascular mechanisms of functional

- aerobic impairment in patients with coronary heart disease, *circulation*, 49, 696 - 702
- Bulbulian, R, Darabos, B, Naua, S.,(1987). Supine rest and lactic acid removal following maximal exercise, *J. Sports Med*, 27, 151 - 153
- Caltin. M.J, Dressendorfer, R.K, (1979), Effect of shoe weight and energy cost of running, *Med Sci Sports Exercise*, 11, 80
- Carey, P, Stenland, S.,(1974). Comparison of oxygen uptake during maximal work on the treadmill and the rowing ergometer, *Med and Sci in Sports*, 6 - (2), 101 - 103
- Costill, D.L, Thomason, H.,(1973). Fractional utilization of aerobic capacity during distance running, *Med Sci Sports Exercise*, 5, 245 - 253
- Costill, D.L.,(1970). Metabolic responses during distance running, *J. Appl. physiol*, 28 - (3), 251-255.
- Davies, C.T, Prampero, E.D.,(1972). Kinetics of cardiac output and respiratory gas exchange during exercise and recovery, *J. Appl. Physiol*, 32 - (5), 618 - 625
- Dirix, A, Knuttgen, H.G, Tittel, K., 1988). *The Olympic Book of Sports Medicine*, (Blackwell scientific publications), P. 40 - 45
- Ekblom, B.,(1970). Effect of physical training on circulation during prolonged severe exercise, *Acta physiology scand*, 78, 145-158
- Fox, E.L, Bartel, R.L.,(1973). Intensity and distance of interval training program and changes in aerobic power, *Med Sci Sports Exercise*, 5 - (1), 18 - 22
- Fox, E.L, Mathews, D.K.,(1976). *The physiological basic of physical education and athletics*, W.B. Saunders Company, 166-167.
- Gaesser, G.A, Rich R.G.,(1984). Effects of high and low intensity exercise training on aerobic capacity and blood lipid, *Med Sci Sports Exercise*, 16 - (3), 269 - 274
- Gollnick, P.D, Armstrong, R.B.,(1972). Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men, *J. Appl. physiol*, 33 - 3, 312 - 319
- Graves, J.E, Martin, D, Miltenberger, L.A.,(1988). Physiological responses to walking with hand weights, wrist weight and ankle weight, *Med Sci*

- Sports Exercise, 20 - (3), 265 - 271
- Graves, J.E, Polleck, M.L, Montain, S.J.,(1987). The effect of hand-held weights on the physiological response to walking exercise, Med Sci Sports Exercise, 19 - (3), 260 - 265
- Hermansen, L.,(1969). Anaerobic energy release, Med and sci in Sports, 1 - (1), 32 - 38
- Jackson, D.H, Reeves, T.J.,(1973). Isometric effects on treadmill exercise response in healthy young men, Am J of cardiology, 31, 344-350
- Karlsson, J, Petersen, F.B.,(1975). Effects of previous exercise with arm or legs on metabolism and performance in exhaustive exercise, J. Appl. Physiol, 38 - (5), 763 - 767
- Klassen, G.A, Andrew, G.M.,(1970). Effect of training on total and regional blood flow and metabolism in paddlers, J. Appl. Physiol, 28 - (4), 397 - 406
- Mcardle, W.D, Katch,F.I, Pechar, G.S.,(1973). Comparison of continuous and discontinuous treadmill and bicycle tests for max Vo₂. Med and Sci in sports, 5 - (3). 156 - 160
- Miles, D.S, Cox, M.H.,(1989), Cardiovascular responses to upper body exercise in normals and cardiac patients, Med. Sci. Sports Exerc, 21 - (5), S126 - S131
- Nelson, R.R, Gobel, F.L.,(1974), Hemodynamic predictors of myocardial oxygen consumption during static and dynamic exercise, circulation, 50, 1179 - 1187
- Pendergast, D, Cerretelli, P.,(1979). Aerobic and glycolytic metabolism in arm exercise, J. Appl. Physiol, 47 - (4), 754 - 760
- Rasmussen, B, Klausen, K.,(1975). Pulmonary ventilation, blood gases, and blood PH after training of the arms or the legs, J. Appl.Physiol, 38 - (2), 250 - 256
- Rowell, L. B.,(1965). Splanchnic metabolism in exercising man. J. appl. physial., 20. 1032-1097
- Saltin, B. Astrand, p.o.,(1967). Maximal oxygen uptake in athletes, J. App. physiol, 23, 353.

QUESTION 1

The following table shows the number of people who attended a concert in each of the five years from 2000 to 2004. The number of people who attended the concert in each year is given in the table below.

Year	Number of people
2000	120
2001	150
2002	180
2003	210
2004	240

Use the table to answer the following questions. (10 marks)

- (a) How many people attended the concert in 2002?
- (b) How many people attended the concert in 2004?
- (c) How many people attended the concert in 2000?
- (d) How many people attended the concert in 2001?
- (e) How many people attended the concert in 2003?

QUESTION 2

The following table shows the number of people who attended a concert in each of the five years from 2000 to 2004. The number of people who attended the concert in each year is given in the table below.