

不同運動強度血液的變化

目 次

摘要	VI
壹、緒論	1
一、研究動機	1
二、研究目的	1
貳、文獻探討	3
參、研究方法及步驟	7
一、受試對象	7
二、運動強度	7
三、實驗時間及地點	9
四、實驗項目、器材及分析法	9
五、實驗程序	9
六、實驗條件控制	11
肆、資料處理及結果	12
一、信度檢討	12
二、資料處理	13
伍、分析與討論	36
一、酸鹼度 (pH)	36
二、血紅素 (Hb)	36
三、 PO_2 、 PCO_2 、 $\% SO_2$	37
四、乳酸值	37

五、血糖值.....	38
陸、結論.....	39
參考文獻.....	40
附錄.....	44
英文摘要.....	50

表 次

表 一、受試個人基本資料表	7
表 二、受試者的迴歸方程式及計算所得負荷資料表	8
表 三、再測信度檢討資料表	13
表 四、pH 值變異數分析摘要表	15
表 五、pH 值趨向分析摘要表	16
表 六、pH 值事後比較 q 值表	17
表 七、PCO ₂ 變異數分析摘要表	18
表 八、PCO ₂ 趨向分析摘要表	18
表 九、PCO ₂ 事後比較 q 值表	19
表 十、PO ₂ 變異數分析摘要表	20
表十一、Hb 變異數分析摘要表	20
表十二、Hb 趨向分析摘要表	21
表十三、Hb 事後比較 q 值表	22
表十四、% SO ₂ 變異數分析摘要表	23
表十五、乳酸值變異數分析摘要表	23
表十六、乳酸值趨向分析摘要表	24
表十七、乳酸值事後比較 q 值表	25
表十八、血糖值變異數分析摘要表	26
表十九、血糖值趨向分析摘要表	27
表二十、血糖值事後比較 q 值表	28

圖 次

圖一、第一次實驗過程圖.....	10
圖二、各種運動強度實驗過程圖.....	11
圖三、心跳率在各種不同運動強度間的變化圖形.....	29
圖四、pH 值在各種不同運動強度間的變化圖形.....	30
圖五、Hb 值因各種運動強度變異圖形.....	31
圖六、PCO ₂ 及 PO ₂ 因各種不同運動強度之變異圖形.....	32
圖七、PO ₂ 及 % SO ₂ 在不同運動強度之變化圖形.....	33
圖八、乳酸值在各種不同運動強度的變化圖形.....	34
圖九、血糖值在各種不同運動強度間的變化圖形.....	35

附 表 次

附表一、受試者於休息時各實驗值一覽表.....	44
附表二、受試者於 20 % $\dot{V}O_2$ max 各實驗值一覽表	45
附表三、受試者於 40 % $\dot{V}O_2$ max 各實驗值一覽表	46
附表四、受試者於 60 % $\dot{V}O_2$ max 各實驗值一覽表	47
附表五、受試者於 80 % $\dot{V}O_2$ max 各實驗值一覽表	48
附表六、受試者於力竭時各實驗值一覽表.....	49

國立台灣師範大學體育研究所碩士論文

研究生：王旭亮

指導教授：齊沛林教授

不同運動強度血液的變化

摘 要

血液在人體從事運動時的調節機轉具有很重要的地位，因此探討運動時血液的變化情形，有助於瞭解運動時體內的調節機轉。

本研究以六名健康但未接受運動訓練的男子為受試對象（平均年齡 28 ± 3 歲、身高 168 ± 4 公分、體重 68 ± 6 公斤），以腳踏測力計為運動負荷的工具，探討受試在休息、20%、40%、60%、80%最大氧攝取量，以及力竭等六種情況時，上臂靜脈血液的變化情形。經以重複量數單因子變異數分析法 (One-Way ANOVA of repeated measures)、事後比較法 (a posterior comparison of repeated measures)、以及趨向分析法 (trend analysis) 分析考驗各運動強度間血液的酸鹼度 (pH)、二氧化碳分壓 (PCO₂)、氧分壓 (PO₂)、血紅素 (Hb)、氧飽合度 (% SO₂)、乳酸 (lactic acid) 及血糖 (blood glucose) 等七項變數並經討論後，得到下列結論：

- (一) pH 值隨運動強度的增加而趨向酸性。運動強度越大時，pH 值下降的趨勢越顯著。
- (二) Hb 值因運動強度的增強而增加，運動強度越強時，Hb 值增加的越多，力竭時大約增加 20%。
- (三) 當運動強度為 80% $\dot{V}O_2$ max 時，PCO₂ 值顯著高於 20% 及 40% $\dot{V}O_2$ max 等兩種運動強度 ($P < .05$)，而其他各運動強度之間則沒有顯著差異 ($P > .05$)，在 PO₂ 及 % SO₂ 兩方面，各運動強度

之間均沒有顯著差異 ($P > .05$)。此外並發現 PO_2 及 PCO_2 有互相消長的現象，而 $\% SO_2$ 則隨著 PO_2 的增減而增減。

(四) 乳酸含量隨運動強度的增加而上升，達 $60\% \dot{V}O_2 \max$ 以上時，乳酸會急劇的增加。

(五) 血糖含量因不同的運動強度而有顯著的三次趨向，第一次下降的現象出現於 $20\% \dot{V}O_2 \max$ 時，第二次下降的趨向同時出現於 $80\% \dot{V}O_2 \max$ 及力竭時。

壹 緒 論

一、研究動機

人體在從事運動時，各種機轉 (mechanism) 能作適當的調節，以避免過多的代謝產物破壞細胞的生態環境，才能持續運動。

Astrand (1977)¹ 指出：在某種次極限 (submaximal) 強度的運動時，若氧攝取量 (O_2 uptake) 足供代謝所需，則人體能維持一穩定狀態 (steady state)；當運動強度增大時，則此一穩定狀態被破壞，而造成氧攝取量增加、心跳率加快，於是產生疲勞的現象；若運動強度增大到使人體無法建立穩定狀態，就會出現力竭 (all-out) 的現象。

人體在從事運動時如何作適度的調節，因牽涉的因素很多，所以各種運動的生理現象，仍有待進一步的探討。

血液在體內除擔任各機轉間的轉運工作外，也是一重要的調節機轉，如攜帶氧、排除二氧化碳以及作為緩衝液等功能。依 Mitchell 等人 (1957)² 的研究：正常人從事激烈運動時，氧攝取量約為安靜時的九倍，而增加氧攝取量最主要的二個因素是心輸出量 (cardiac output) 及動脈及靜脈含氧量的差值 ($A-V_{O_2\text{diff}}$)，可見血液在人體運動時的調節機轉中，佔有極重要的地位。因此，探討不同運動強度血液變化的情形，將有助於運動時生理現象的瞭解。

二、研究目的

本研究的主要目的為：探討人體在安靜時、20%、40%、60%、80% 最大氧攝取量 ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) 以及力竭等各種運動強度時，上臂

靜脈血液的酸鹼度 (pH)、二氧化碳分壓 (PCO₂)、氧分壓 (PO₂)、血紅素 (Hb)、氧飽合度 (% SO₂)、乳酸 (lactic acid) 及血糖 (blood glucose) 的變化情形。

貳 文獻探討

一、酸鹼度 (pH)

Mitchell, Sproule, Chapman (1958)³ 研究指出：隨著運動強度的增加，上臂靜脈血液漸趨向酸性，而在安靜時及力竭時分別為 7.36 ± 0.03 及 7.13 ± 0.04 。

Siggaard-Andersen (1964)⁴ 認為：影響血液 pH 值最基本的兩個因素是 PCO_2 及不揮發酸或鹼 (non-volatiled acid or base)。

Hartley, Vogel, Landowne (1973)⁵ 等人指出：靜脈血液的 pH 值隨運動強度的增加而降低，在安靜時、輕微 (mild)、中度 (moderate) 運動及力竭時分別為 7.39 ± 0.02 ， 7.28 ± 0.01 ， 7.24 ± 0.02 、及 7.15 ± 0.02 。

Mathew (1976)⁶ 認為：安靜時人體血液的 pH 值為 $7.3 \sim 7.5$ 。

Åstrand (1977)⁷ 則認為：正常人在安靜時動脈血的 pH 值約為 7.40 ，而混合靜脈血約為 7.37 。

二、二氧化碳分壓 (PCO_2)

Mitchell, Sproule, Chapman (1958)³ 研究指出：安靜時，上臂靜脈血液的 PCO_2 為 45 ± 5 mmHg，在激烈運動時為 71 ± 13 mmHg，若運動強度再增強時，則降為 64 ± 9 mmHg。

Gambino (1964)⁸ 認為：安靜時，人體血液的 PCO_2 為 $30 \sim 50$ mmHg。

正常人在安靜時，靜脈血液的 PCO_2 的範圍在 $41 \sim 45$ mmHg 之間⁹。

Åstrand (1977)¹⁰ 認為：隨著運動強度的增強，靜脈血液的 PCO_2 有漸增的趨勢。

盧明聰 (1979)¹¹ 研究指出：上臂靜脈血液之 PCO_2 在激烈運動及力竭時比安靜時為低 ($P < .05$)。

三、氧分壓 (PO_2)

Mitchell, Sproule Chapman (1958)⁸ 研究指出：正常人在激烈運動及力竭時，上臂靜脈血液的 PO_2 與安靜時比較並未下降。

正常人安靜時，靜脈血液的 PO_2 值為 $25 \sim 40$ mmHg⁹。

Hartley, Vogel, Landowne (1973)⁵ 研究指出：人體靜脈血液的 PO_2 在休息、輕微、適中運動及力竭時分別為 22 ± 1.5 、 21 ± 0.8 、 19 ± 0.7 、 22 ± 1.0 mmHg。

盧明聰 (1979)¹¹ 研究結果：激烈運動時的靜脈 PO_2 較安靜時顯著上升 ($P < .01$)，而力竭時與激烈運動比較亦有顯著上升 ($P < .05$)。

四、血紅素 (Hb)

Kao (1972)¹² 認為：人體運動時，血液的 Hb 值增加 $10 \sim 20\%$ 之間。

Mathew, Fox (1976)¹³ 認為：正常人 Hb 值為 $14 \sim 16$ g/dl，而運動時則增加 $5 \sim 10\%$ 。

盧明聰 (1979)¹¹ 研究指出：Hb 值在力竭時較安靜時顯著增加 ($P < .01$)。

五、氧飽合度 ($\%SO_2$)

Mitchell, Sproule, Chapman (1958)⁸ 研究結果： $\%SO_2$ 在運動時比

安靜時低，但在各種運動強度之間，% SO_2 沒有顯著差異。

人體安靜時，靜脈血液的% SO_2 為 40 ~ 70 %¹⁰。

Martin (1973)¹⁴ 認為：% SO_2 可由氧的解離曲線計算出，但必須考慮 pH 值及溫度的影響。

Hartley, Vogel, Landowne (1973)⁵ 研究指出：人體在安靜時，輕微、適中運動及力竭時，靜脈血液的% SO_2 分別為 34.1 ± 4.21 、 21.1 ± 4.02 、 20.7 ± 0.97 及 19.3 ± 1.20 。

盧明聰 (1979)¹¹ 研究結果：激烈運動及力竭時，上臂靜脈血液的% SO_2 較安靜時顯著增加 ($P < .01$)。

六、乳酸值

Åstrand, Hallback, Hedman, Saltin (1962)¹⁵ 研究指出：以參加 10 公里、30 公里及 50 公里越野滑雪競賽的選手作實驗，賽完之後其乳酸值平均分別為 135 mg/dl、68 mg/dl 及 39 mg/dl。

Radahl, Miller, Issekutz (1963)¹⁶ 研究結果：受試者於 1200 kpm 及 1500 kpm 兩種負荷在腳踏測力計連續運動 10 分鐘，血液乳酸值較安靜時顯著增加 ($P < .01$)，但負荷為 900 kpm，運動時間為 60 分鐘時，乳酸只輕微增加。

Karprovich (1971)¹⁷ 認為：正常人在安靜時，血液的乳酸值大約在 10 mg/dl 左右，而人體所能忍受的乳酸值為 130 mg/dl 以下。

Williams, Kalman, Cooper, Harris (1975)¹⁸ 認為：血液乳酸值在低於最大氧攝取量 50% 的運動強度時，並沒有顯著增加，但超過最大氧攝取量 50% 以上的運動時，會急劇的增加。

Åstrand (1977)¹⁹ 認為：血液中乳酸的最高值大約在運動後 5 ~ 10 分鐘出現，而休息 60 分鐘後即能恢復至安靜值。

七、血糖

Karproovich (1971) ²⁰ 認為：從事短時間，而運動強度很大的運動時，血糖值沒有下降，但從事長時間而運動強度不大的運動時，血糖值却顯著下降。

Lamela (1971) ²¹ 指出：正常人血液的血糖值大約為 80 ~ 120 mg/dl。

李志文 (1978) ²² 研究結果：從事 PWC_{170} (Physical Work Capacity) 強度之運動，力竭時上臂靜脈血液之血糖值較安靜時顯著下降 ($P < .01$)。

Massicutte, Anon, Corriveau (1979) ²³ 研究指出：從事為期 10 週，每週三次的訓練後，受試血液中的血糖值與訓練前並沒有顯著差異。

參 研究方法及步驟

一、受試對象

本研究以六名身體健康但未接受運動訓練的男子為受試對象，平均年齡 28 ± 3 歲，身高 168 ± 4 公分，體重 68 ± 6 公斤。受試者個人資料詳見表一。

表一：受試個人基本資料表

受試者	項目	年齡(歲)	身高(公分)	體重(公斤)	職業
1		30	166	65	教師
2		29	172	78	教師
3		24	166	62	大學生
4		28	175	70	教師
5		33	165	68	教師
6		23	165	65	大學生

二、運動強度

本研究運動強度乃根據最大氧攝取量法²⁴ 受試以腳踏測力計 (bicycle ergometer) 為運動負荷的工具，在三種次極限負荷 (submaximal load)

下運動，測量每一種次極限負荷運動時的氧攝取量，再求出以氧攝取量及負荷為變數的迴歸方程式²⁵，配合最大氧攝取量，計算受試者分別在20%、40%、60%、80%最大氧攝取量時的負荷。迴歸方程式的計算公式如下²⁶：

$$\hat{Y} = b_{Y \cdot X}X + a_{Y \cdot X}$$

$$b_{Y \cdot X} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$a_{Y \cdot X} = \bar{Y} - b_{Y \cdot X} \bar{X}$$

本研究受試者的迴歸方程式及計算所得負荷詳見表二。

表二：受試者的迴歸方程式及計算所得負荷資料表

項目 受試者	迴歸方程式	r	20 % $\dot{V}O_2 \text{ max}$ kpm/min	40 % $\dot{V}O_2 \text{ max}$ kpm/min	60 % $\dot{V}O_2 \text{ max}$ kpm/min	80 % $\dot{V}O_2 \text{ max}$ kpm/min
1	$\hat{Y} = 460X - 109$	.9986	100	300	505	710
2	$\hat{Y} = 517X - 229$	.9954	110	445	780	1115
3	$\hat{Y} = 428.4X - 132.6$	.9960	115	360	610	855
4	$\hat{Y} = 486.5X - 175$	.9946	105	370	660	935
5	$\hat{Y} = 306.3X - 13.56$	.9976	170	350	530	710
6	$\hat{Y} = 504.2X - 158$	.9974	95	350	600	850

註： \hat{Y} 代表運動負荷

X代表氧攝取量

三、實驗時間及地點

民國七十年二月中旬進行預備實驗，三月一日至三月八日每晚七時起正式實驗，所有實驗均於師大體育研究所內進行。

四、實驗項目、器材及分析法

(一) 氧攝取量：以採氣袋收集受試者的呼出氣，以氣量計 (Respiratory Test Meter) 測量氣量，並以樣本袋採集混合氣體一升，以許蘭德氣體分析儀 (Scholander Gas Analyzer) 分析樣本的 O_2 及 CO_2 的含量，由空氣中及呼出氣中氧的差值，換算成標準狀態 (STPD) 的氣量，即可得出氧攝取量，計算公式如下²⁷：

$$\dot{V}_{O_2} = \dot{V}_E \left[\frac{1 - (F_{EO_2} + F_{ECO_2})}{1 - (F_{IO_2} + F_{ICO_2})} \right] F_{IO_2} - \dot{V}_E \cdot F_{EO_2}$$

(二) pH、 PCO_2 、 PO_2 ：以血液氣體分析儀 (BME33 blood micro equipment BGA 3 Blood Gas Analyzer) 分析，丹麥 Radiometer 公司製造。

(三) Hb 及 % SO_2 ：以血紅素分析儀 (OSM 2 Hemoximeter) 分析，丹麥 Radiometer 公司製造。

(四) 乳酸：以 Barker and Summerson 方法分析²⁸。

(五) 血糖：以 Folin-Wu 方法分析²⁹。

(六) 心跳率：以胸部電極傳導法，經 Gould 多用途記錄器 (美國製) 記錄心跳率，計算每分鐘前 15 秒的心跳數，再換算成每分鐘的心跳數。

五、實驗程序

本研究共進行五次實驗，作完第一次實驗，由迴歸方程式計算出每位受試於不同強度運動的負荷，間隔一天後，連續四天，進行在各種

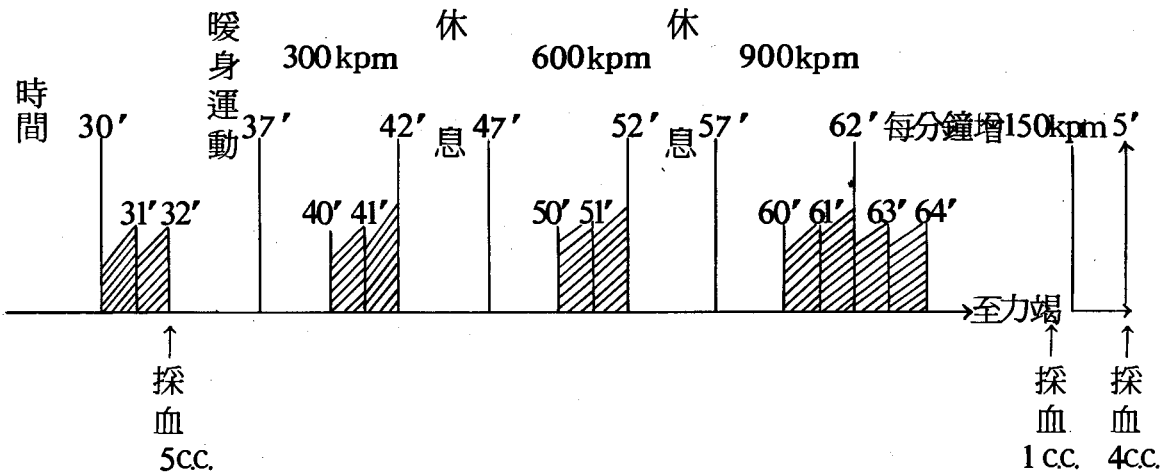
强度運動時的實驗。

(一)第一次實驗過程，如圖一。

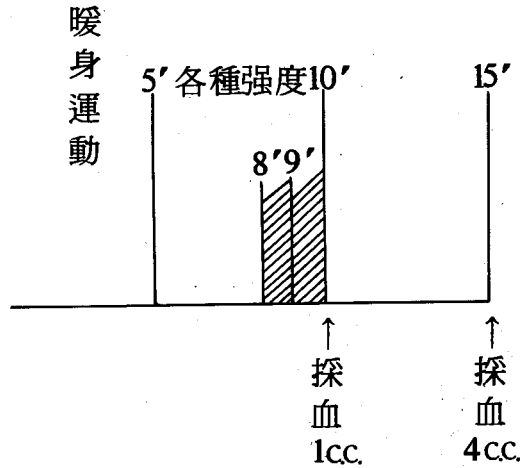
- (1)受試者休息 30 分鐘後：採氣、採血。
- (2)暖身運動 5 分鐘。
- (3)以 300 kpm 負荷運動 5 分鐘：於 3~5 分鐘，每分鐘採氣一袋。
- (4)休息 5 分鐘。
- (5)以 600 kpm 負荷運動 5 分鐘：於 3~5 分鐘，每分鐘採氣一袋。
- (6)休息 5 分鐘。
- (7)以 900 kpm 負荷運動 5 分鐘：於 3~5 分鐘，每分鐘採氣一袋。
- (8)每分鐘增加 150 kpm 負荷直到力竭：每分鐘採氣一袋，運動後採血。

二)各種强度運動時實驗過程，如圖二。


- (1)暖身運動 5 分鐘。
- (2)各種負荷踏車 5 分鐘：於 3~5 分鐘，每分鐘採氣一袋，運動後採血。



圖一：第一次實驗過程圖



圖二：各種運動強度實驗過程圖

註：1.  代表採氣時間。

2. 除安靜時採血 5 cc 外，餘皆於運動後馬上採血 1 cc. 以分析 pH、PCO₂、PO₂、Hb、% SO₂，再於運動後 5 分鐘採血 4 cc.，以分析乳酸及血糖含量。

3. 採血的位置為上臂前窩的靜脈。

六、實驗條件控制

(一) 取得受試者合作，在實驗期間作息正常，除因實驗所需的運動外，均不作其他激烈運動。

(二) 使受試者瞭解整個實驗過程，並嚴格控制實驗的每一步驟。

(三) 儀器在實驗前皆按操作手冊校正⁸⁰。

肆 資料處理及結果

一、信度檢討

本研究以再測信度法 (Test retest reliability) 檢討整個實驗過程的信度，每一種運動強度及休息時皆選取一名受試者作再測實驗，將再測及正式實驗所得的資料，以重複量數單因子變異數分析組內相關法³¹檢討信度。除% SO₂外，其餘各項目皆達 .05 的顯著水準，詳見表三。

重複量數單因子變異數分析組內相關法計算公式如下³²：

$$SS_r = \frac{\sum (\sum X_r)^2}{K} - \frac{[\sum (\sum X_r)]^2}{N}$$

$$SS_w = \sum (\sum X_r^2) - \frac{\sum (\sum X_r)^2}{K}$$

$$MS_r = \frac{SS_r}{n - 1}$$

$$MS_w = \frac{SS_w}{N - n}$$

$$R = \frac{MS_r - MS_w}{MS_r}$$

表三：再測信度檢討資料表

變數 項目	實 驗 值	再 測 值	R 值
pH	7.24 ± 0.05	7.26 ± 0.05	0.92 **
PCO ₂ mmHg	58.14 ± 3.56	56.38 ± 7.36	0.78 **
PO ₂ mmHg	31.34 ± 2.70	32.82 ± 10.13	0.64 *
Hb %	16.52 ± 0.65	16.24 ± 0.78	0.92 **
% SO ₂	39.67 ± 6.00	38.50 ± 5.86	0.34
乳 酸 mg/dl	47.10 ± 24.70	44.38 ± 22.57	0.96 **
血 糖 mg/dl	108.06 ± 13.62	101.80 ± 26.88	0.84 **

** P < .01

* P < .05

二、資料處理

本研所得各項資料，皆以重複量數單因子變異數分析法考驗³³，若有差異時（P < .05），則進行趨向分析³⁴及事後比較³⁵。

(一) 重複量數單因子變異數分析計算公式如下：

$$CT = \frac{1}{k \cdot n} (\sum \sum Y)^2$$

$$SS_t = \sum \sum Y^2 - CT$$

$$SS_{b. subjects} = \frac{1}{k} \left(\sum \sum Y^2 \right) - CT$$

$$SS_{w. subjects} = SS_t - SS_{b. subjects}$$

$$SS_{b. treatment} = \frac{1}{n} \sum \left(\sum Y \right)^2 - CT$$

$$SS_{residual} = SS_{w. subjects} - SS_{b. treatment}$$

$$F = \frac{SS_{b. treatment} / k - 1}{SS_{residual} / N - k - n + 1} = \frac{MS_{b. treatment}}{MS_{residual}}$$

(二) 重複量數事後比較計算公式如下：

$$q = \frac{\bar{X}_j - \bar{X}_j'}{\sqrt{\frac{MS_{res}}{n}}}$$

(三) 重複量數單因子趨向分析計算公式如下：

$$C_{lin} = \sum_{j=1}^6 (C_{1j} T_j)$$

$$C_{quad} = \sum_{j=1}^6 (C_{2j} T_j)$$

$$C_{cub} = \sum_{j=1}^6 (C_{3j} T_j)$$

$$D = n \sum c^2$$

$$SS_{component} = c^2 / D$$

$$SS_{block} = SS_{w. subjects} - SS_{residual}$$

$$MS_{lin} = SS_{lin} / df$$

$$MS_{dep. from lin} = \frac{SS_{res} + (SS_{block} - SS_{lin})}{n(k-1) - 1}$$

$$MS_{quad} = SS_{quad} / df$$

$$MS_{\text{dep. from quad}} = \frac{SS_{\text{res}} + (SS_{\text{block}} - SS_{\text{lin}} - SS_{\text{quad}})}{n(k-1) - 2}$$

$$MS_{\text{cub}} = SS_{\text{cub}} / df$$

$$MS_{\text{dep. from cub}} = \frac{SS_{\text{res}} + (SS_{\text{block}} - SS_{\text{lin}} - SS_{\text{quad}} - SS_{\text{cub}})}{n(k-1) - 3}$$

$$F = \frac{MS_{\text{lin}}}{MS_{\text{dep. from lin}}}$$

$$F = \frac{MS_{\text{quad}}}{MS_{\text{dep. from quad}}}$$

$$F = \frac{MS_{\text{cub}}}{MS_{\text{dep. from cub}}}$$

(四)本研究所得資料皆以 Canon BX-10 計算機處理。

三、結果

(一)酸鹼度 (pH) :

表四：pH值變異數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F
受試者之間	0.008	5		
受試者之內	0.115	30		
處理效果	0.089	5	0.0178	16.48 **
殘餘誤差	0.027	25	0.00108	
全體	0.123	35		

$$F_{.95(5,25)} = 2.60$$

** P < .01

$$F_{.99(5,25)} = 3.85$$

考驗結果，pH值在各種運動強度之間有顯著差異 (P < .01)。

表五：pH 值趨向分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均 方	F
一 次	0.08	1	0.08	74.05 **
誤差	0.03	29	0.0010344	
二 次	0.0046	1	0.0046	4.30 *
誤差	0.03	28	0.0010714	
三 次	0.0015444	1	0.0015444	1.39
誤差	0.03	27	0.0011111	

$$F_{.99(1.29)} = 7.60$$

$$F_{.95(1.29)} = 4.18$$

$$F_{.99(1.28)} = 7.64$$

$$F_{.95(1.28)} = 4.20$$

$$F_{.99(1.27)} = 7.68$$

$$F_{.95(1.27)} = 4.21$$

$$** P < .01$$

$$* P < .05$$

分析結果，pH 值因運動強度不同而為顯著的一次趨向（ $P < .01$ ），而二次趨向亦顯著（ $P < .05$ ）。

表六：pH值事後比較q值表

運動強度 q值	Rest	20 % VO ₂ max	40 % VO ₂ max	60 % VO ₂ max	80 % VO ₂ max	all out
Rest	—	2.12	2.83	4.24	7.07 **	10.61 **
20 % VO ₂ max		—	0.71	2.12	4.95 *	8.49 **
40 % VO ₂ max			—	1.41	4.24	7.78 **
60 % VO ₂ max				—	2.83	6.36 **
80 % VO ₂ max					—	3.54
all out						—

$q_{.95(6.25)} = 4.37$

* $P < .05$

$q_{.99(6.25)} = 5.37$

** $P < .01$

比較結果，pH值在80% $\dot{V}O_2$ max與20% $\dot{V}O_2$ max有差異 ($P < .05$)，與休息時有顯著差異 ($P < .01$)，而力竭時與休息時、20%、40%、60% $\dot{V}O_2$ max皆有顯著差異 ($P < .01$)

(二)二氧化碳分壓 (PCO₂) :

表七：PCO₂ 變異數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F
受試者之間	272.13	5		
受試者之內	1385.24	30		
處理效果	540.66	5	108.13	3.20*
殘餘誤差	844.57	25	33.78	
全體	1657.37	35		

$F_{.05(5,25)} = 2.60$ *P < .05

$F_{.99(5,25)} = 3.85$

考驗結果，PCO₂ 在各種運動強度間有差異 (P < .05)

表八：PCO₂ 趨向分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F
一次	30.89	1	30.89	0.66
誤差	1354.35	29	46.70	
二次	0.69	1	0.69	0.01
誤差	1353.66	28	48.34	
三次	432.69	1	432.69	12.69**
誤差	920.97	27	34.11	

$F_{.99(1,29)} = 7.60$

$F_{.95(1,29)} = 4.18$

$F_{.99(1,28)} = 7.64$

$F_{.95(1,28)} = 4.20$

$F_{.99(1,27)} = 7.68$

$F_{.95(1,27)} = 4.21$

**P < .01

分析結果，PCO₂ 因各種不同運動強度而為顯著的三次趨向 (P < .01)。

表九：PCO₂ 事後比較 q 值表

運動強度 q 值	Rest	20 % VO ₂ max	40 % VO ₂ max	60 % VO ₂ max	80 % VO ₂ max	all out
Rest		1.72	2.12	0.32	2.66	1.54
20 % VO ₂ max		—	0.40	2.04	4.38 *	0.18
40 % VO ₂ max			—	2.44	4.80 *	0.58
60 % VO ₂ max				—	2.35	1.85
80 % VO ₂ max					—	4.20
all out						—

$$q_{.95(6.25)} = 4.37$$

$$* P < .05$$

$$q_{.99(6.25)} = 5.37$$

比較結果，PCO₂ 在 80 % VO₂ max 與 20 % 及 40 % VO₂ max 有差異 (P < .05)，而其他各運動強度之間沒有差異 (P > .05)

。

(三) 氧分壓 (PO₂) :

表十：PO₂ 變異數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F
受試者之間	586.37	5		
受試者之內	6226.97	30		
處理效果	1989.55	5	397.91	2.35
殘餘誤差	4237.42	25	169.50	
全體	6813.34	35		

$F_{.95(5,25)} = 2.60$

$F_{.99(5,25)} = 3.85$

考驗結果，PO₂ 在各種運動強度之間皆沒有差異 (P > .05)。

(四) 血紅素 (Hb) :

表十一：Hb 變異數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F
受試者之間	4.50	5		
受試者之內	22.25	30		
處理效果	16.41	5	3.28	14.04 **
殘餘誤差	5.84	25	0.23	
全體	26.75	35		

$F_{.99(5,25)} = 2.60$

** P < .01

$F_{.99(5,25)} = 3.85$

考驗結果，Hb 在各種運動間有顯著差異 (P < .01)。

表十二：Hb 趨向分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F
一次	14.93	1	14.93	59.18**
誤差	7.32	29	0.25	
二次	1.27	1	1.27	5.88*
誤差	6.05	28	0.22	
三次	0.12	1	0.12	0.54
誤差	5.93	27	0.22	

$$F_{.99(1,29)} = 7.60$$

$$F_{.95(1,29)} = 4.18$$

$$F_{.99(1,28)} = 7.68$$

$$F_{.95(1,28)} = 4.20$$

$$F_{.99(1,27)} = 7.68$$

$$F_{.95(1,27)} = 4.21$$

$$** P < .01$$

$$* P < .05$$

分析結果，Hb 值因各種不同的運動強度而為顯著的一次趨向 ($P < .01$)，但二次趨向亦顯著 ($P < .05$)。

表十三：Hb 事後比較 q 值表

運動強度 q 值	Rest	20 % $\dot{V}O_2 \max$	40 % $\dot{V}O_2 \max$	60 % $\dot{V}O_2 \max$	80 % $\dot{V}O_2 \max$	all out
Rest	—	0.35	1.37	2.94	6.49 **	8.97 **
20 % $\dot{V}O_2 \max$		—	1.72	3.29	6.84 **	9.33 **
40 % $\dot{V}O_2 \max$			—	1.57	5.12 **	7.60 **
60 % $\dot{V}O_2 \max$				—	3.55	6.03 **
80 % $\dot{V}O_2 \max$					—	2.48
all out						—

$$q_{.05(6,25)} = 4.37$$

$$* P < .05$$

$$q_{.01(6,25)} = 5.37$$

$$** P < .01$$

比較結果，Hb 值在 80 % $\dot{V}O_2 \max$ 與 40 % $\dot{V}O_2 \max$ 有差異 ($P < .05$)，與休息時及 20 % $\dot{V}O_2 \max$ 有顯著差異 ($P < .01$)，而在力竭時，與休息時、20 %、40 %、60 % $\dot{V}O_2 \max$ 皆有顯著差異 ($P < .01$)。

(五) 氧飽合度 (% SO₂) :

表十四：% SO₂ 變異數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F
受試者之間	2399.27	5		
受試者之內	11783.95	30		
處理效果	2432.70	5	486.54	1.30
殘餘誤差	9351.25	25	374.05	
全體	14183.22	35		

$$F_{.95(5,25)} = 2.60$$

$$F_{.99(5,25)} = 3.85$$

考驗結果，% SO₂ 在各種運動強度之間皆沒有差異 (P > .05)。

(六) 乳酸：

表十五：乳酸值變異數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F
受試者之間	514.59	5		
受試者之內	25269.99	30		
處理效果	23871.61	5	4774.32	85.35 **
殘餘誤差	1398.38	25	55.94	
全體	25784.58	35		

$$F_{.95(5,25)} = 2.60$$

$$F_{.99(5,25)} = 3.85$$

** P < .01

考驗結果，乳酸值在各種運動強度之間有顯著差異 (P < .01)。

表十六：乳酸值趨向分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F
一次	20979.00	1	20979.00	141.75**
誤差	4291.88	29	148.00	
二次	2754.28	1	2754.28	50.16**
誤差	1537.61	28	54.91	
三次	100.10	1	100.10	1.88
誤差	1437.51	27	53.24	

$$F_{.99(1,29)} = 7.60$$

$$F_{.95(1,29)} = 4.18$$

$$F_{.99(1,28)} = 7.64$$

$$F_{.95(1,28)} = 4.20$$

$$F_{.99(1,27)} = 7.68$$

$$F_{.95(1,27)} = 4.21$$

** P < .01

分析結果，乳酸個因各種不同運動強度而為顯著的一次趨向 (P < .01) 及二次趨向 (P < .01) 。

表十七：乳酸值事後比較 q 值表

運動強度 q 值	Rest	20 % $\dot{V}O_2 \max$	40 % $\dot{V}O_2 \max$	60 % $\dot{V}O_2 \max$	80 % $\dot{V}O_2 \max$	all out
Rest	—	1.41	2.83	7.70 **	13.39 **	24.24 **
20 % $\dot{V}O_2 \max$		—	1.42	6.28 **	11.97 **	22.83 **
40 % $\dot{V}O_2 \max$			—	4.86 *	10.56 **	21.41 **
60 % $\dot{V}O_2 \max$				—	5.69 **	16.55 **
80 % $\dot{V}O_2 \max$					—	10.86
all out						—

$q_{.95(6.25)} = 4.37$

* $P < .05$

$q_{.99(6.25)} = 5.37$

** $P < .01$

比較結果，乳酸在 60 % $\dot{V}O_2 \max$ 與 40 % $\dot{V}O_2 \max$ 有差異 ($P < .05$)，與休息時及 20 % $\dot{V}O_2 \max$ 有顯著差異 ($P < .01$)。

80 % $\dot{V}O_2 \max$ 與休息時、20 %、40 %、60 % $\dot{V}O_2 \max$ 皆有顯著差異。而力竭時，與各種運動強度皆有顯著差異。

(七) 血糖：

表十八：血糖值變異數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F
受試者之間	511.71	5		
受試者之內	5607.89	30		
處理效果	3179.68	5	635.94	6.55 **
殘餘誤差	2428.21	25	97.13	
全體	6119.60	35		

$$F_{.99(5,25)} = 3.85$$

$$** P < .01$$

考驗結果，血糖在各種運動強度間有顯著差異（ $P < .01$ ）。

表十九：血糖趨向分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F
一次	1799.66	1	1799.66	13.70 **
誤差	3808.23	29	131.32	
二次	2.01	1	2.01	0.01
誤差	3806.22	28	135.94	
三次	803.25	1	803.25	7.22 *
誤差	3002.98	27	111.22	

$$F_{.99(1,29)} = 7.60$$

$$F_{.95(1,29)} = 4.18$$

$$F_{.99(1,28)} = 7.64$$

$$F_{.95(1,28)} = 4.20$$

$$F_{.99(1,27)} = 7.68$$

$$F_{.95(1,27)} = 4.21$$

$$* P < .05$$

$$** P < .01$$

分析結果，血糖因各種運動強度而為顯著的一次趨向 ($P < .01$) 及三次趨向 ($P < .05$)。

表二十：血糖事後比較 q 值表

運動強度 q 值	Rest	20 % $\dot{V}O_2$ max	40 % $\dot{V}O_2$ max	60 % $\dot{V}O_2$ max	80 % $\dot{V}O_2$ max	all out
Rest	—	5.40 **	3.85	2.77	5.68 **	7.25 **
20 % $\dot{V}O_2$ max		—	1.55	2.63	0.28	1.86
40 % $\dot{V}O_2$ max			—	1.08	1.84	3.40
60 % $\dot{V}O_2$ max				—	2.91	4.48 *
80 % $\dot{V}O_2$ max					—	1.57
all out						—

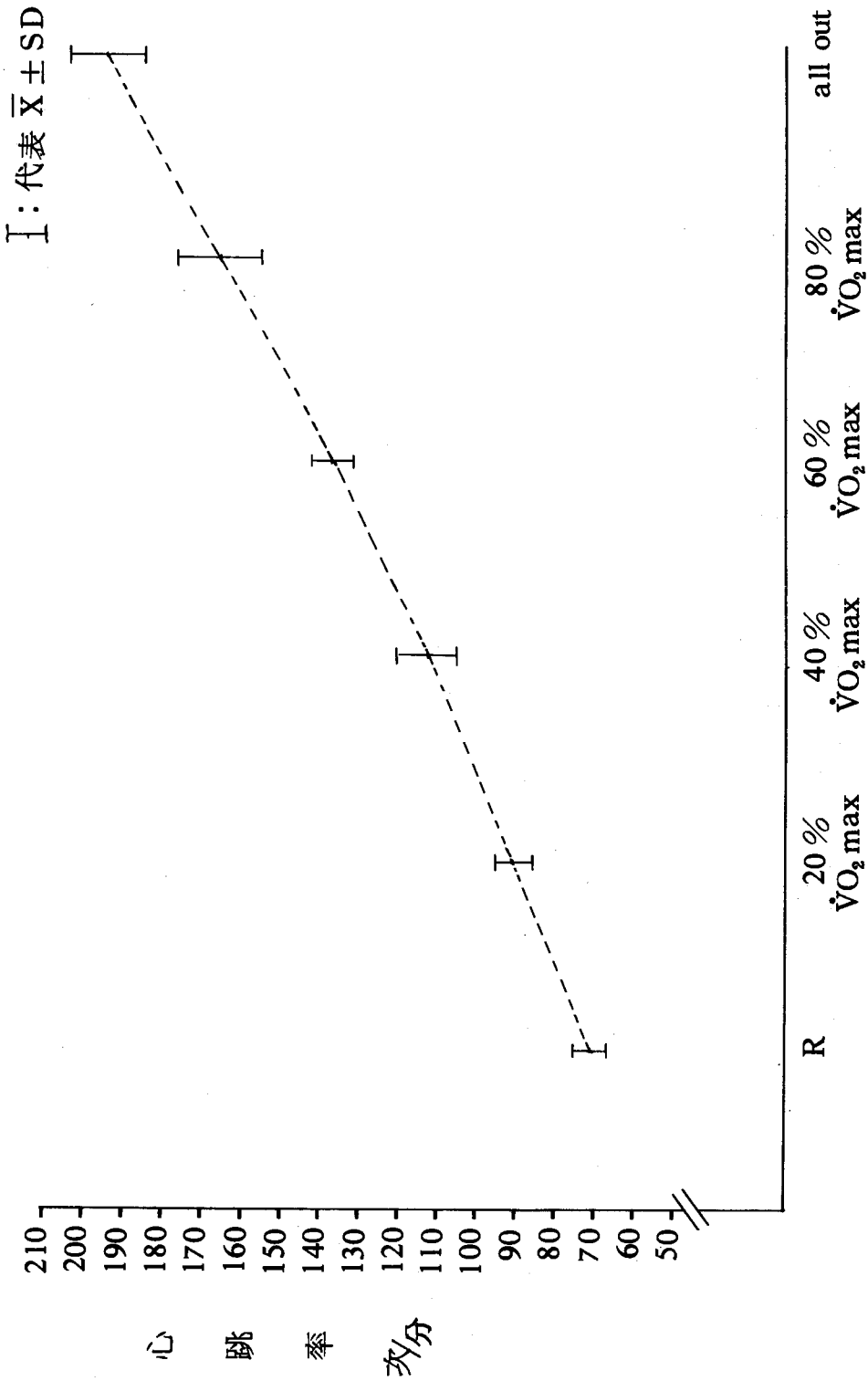
$q_{.95(6.25)} = 4.37$

* $P < .05$

$q_{.95(6.25)} = 5.37$

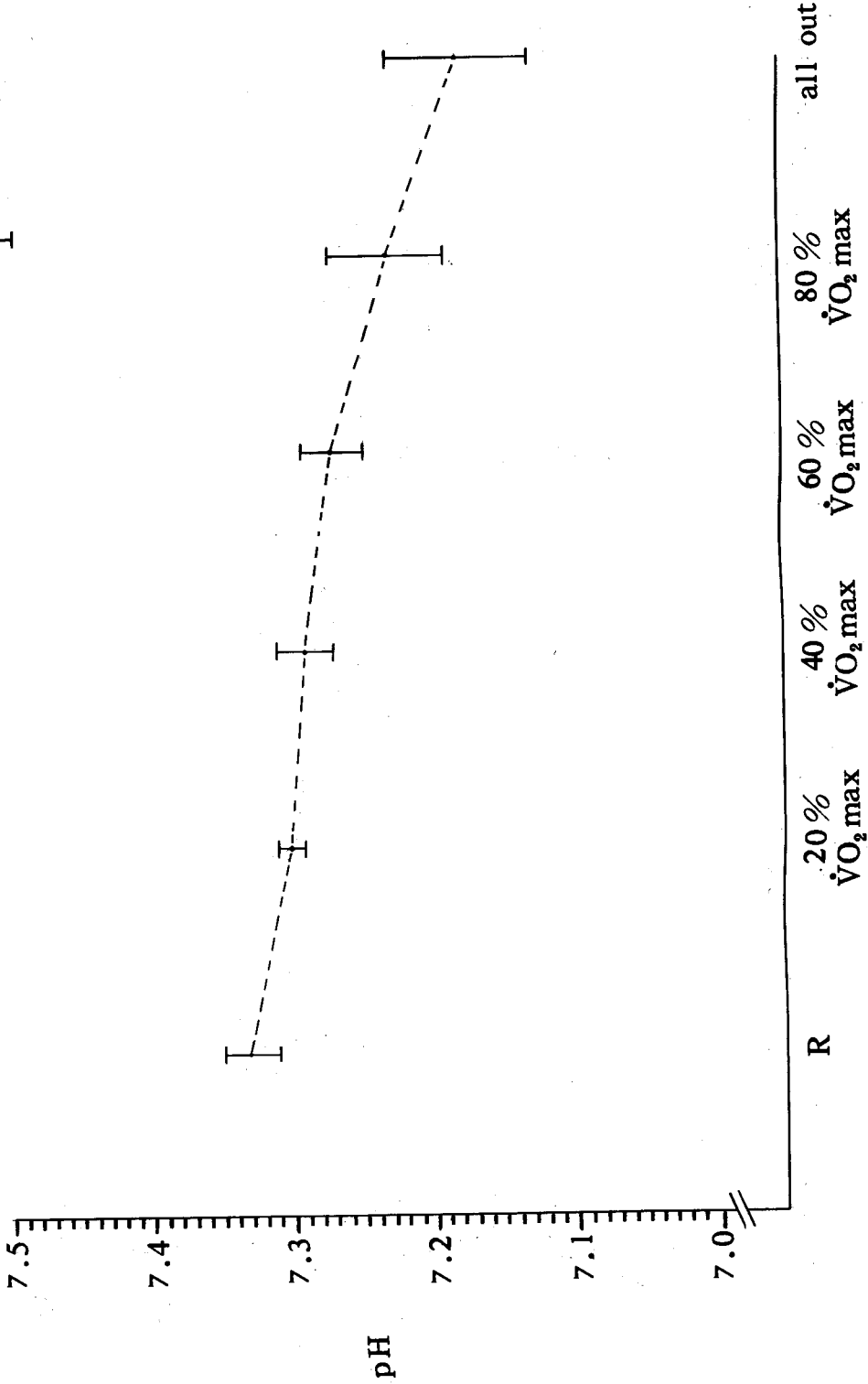
** $P < .01$

比較結果，血糖在休息時與 80 % $\dot{V}O_2$ max 及力竭時有顯著差異 ($P < .01$)，而力竭時與 60 % $\dot{V}O_2$ max 有差異 ($P < .05$)。



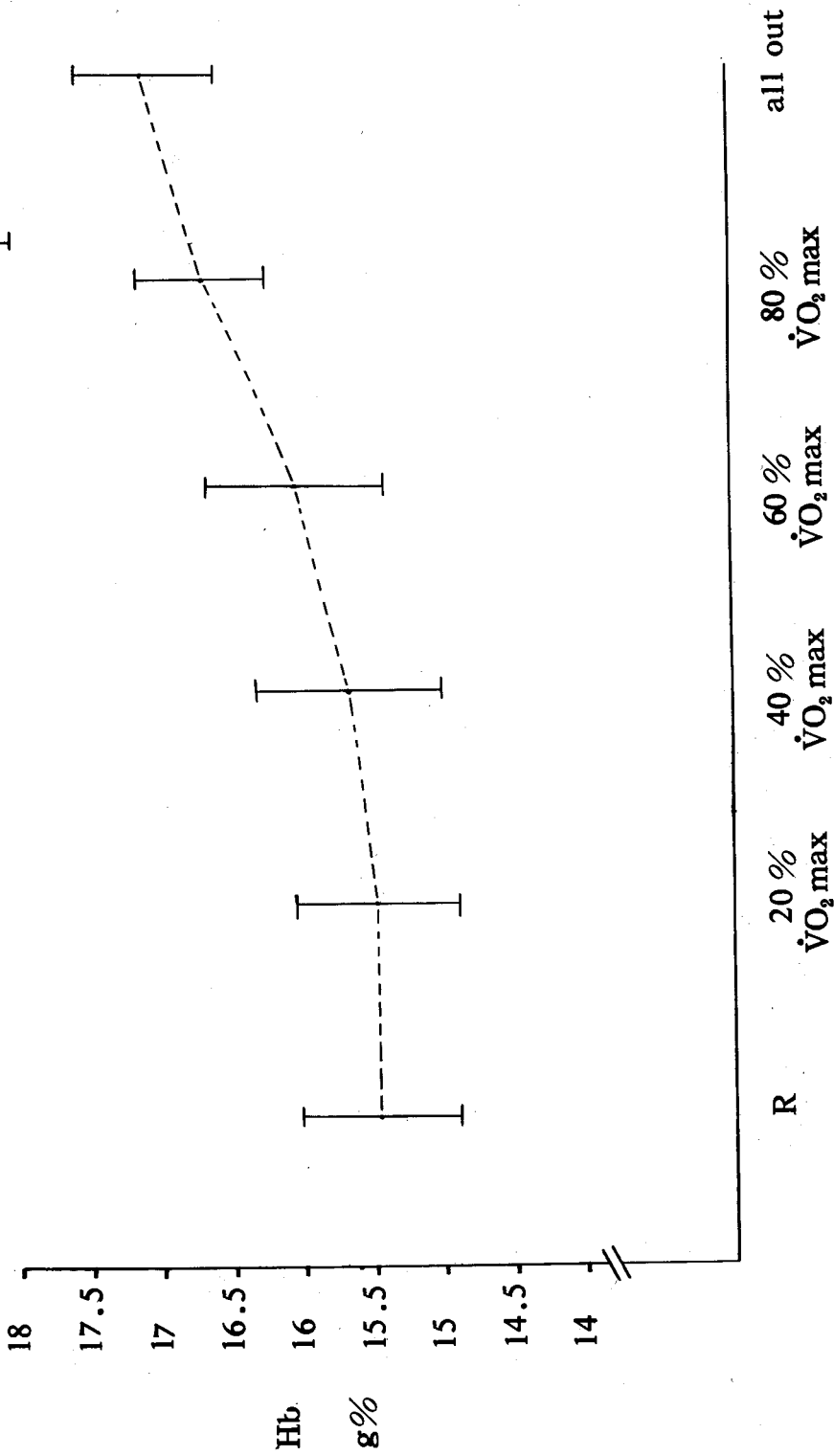
圖三：心跳率在各種不同運動強度間的變化圖形

I : 代表 $\bar{X} \pm SD$

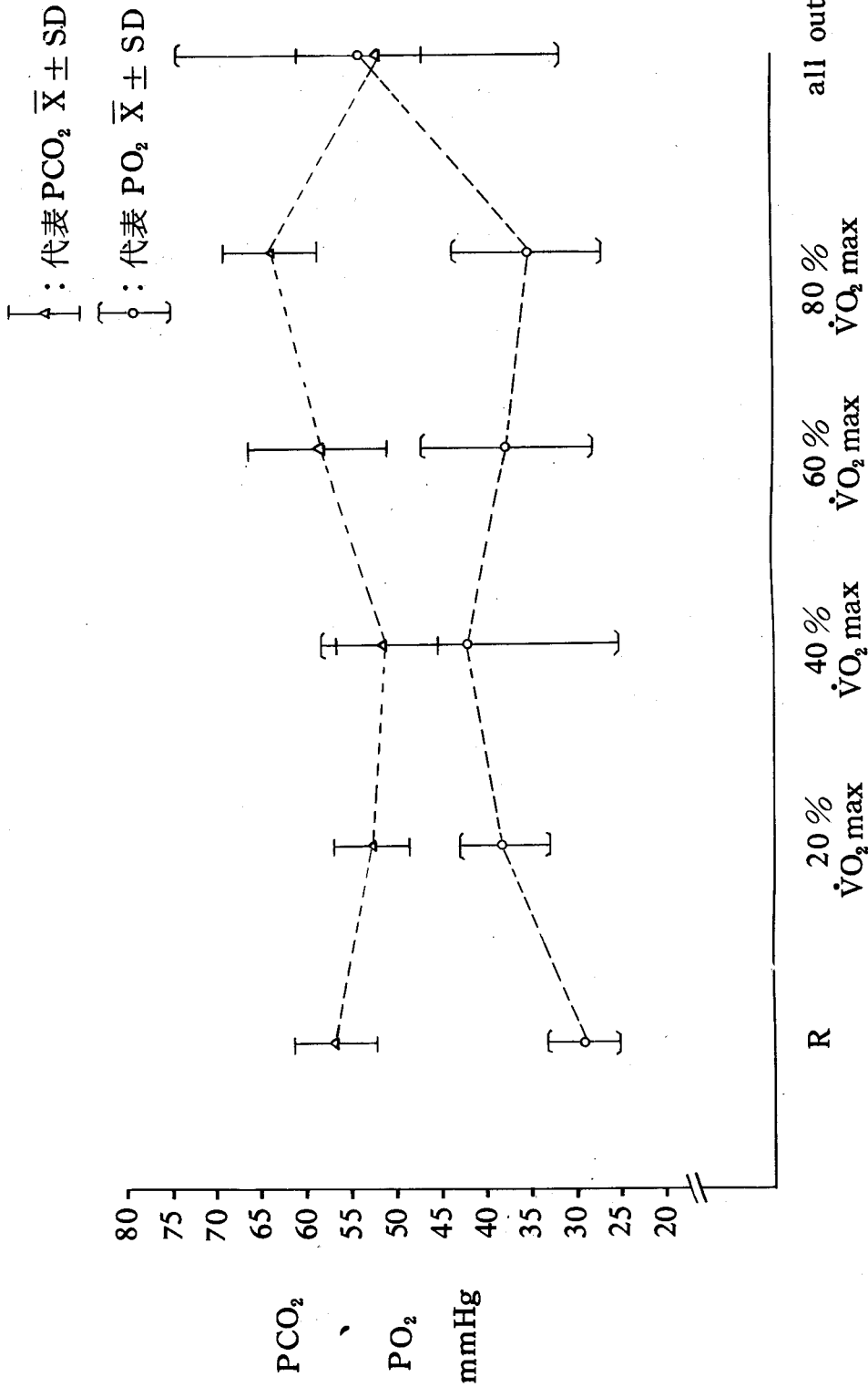


圖四：pH值在各種不同運動強度間的變化圖形

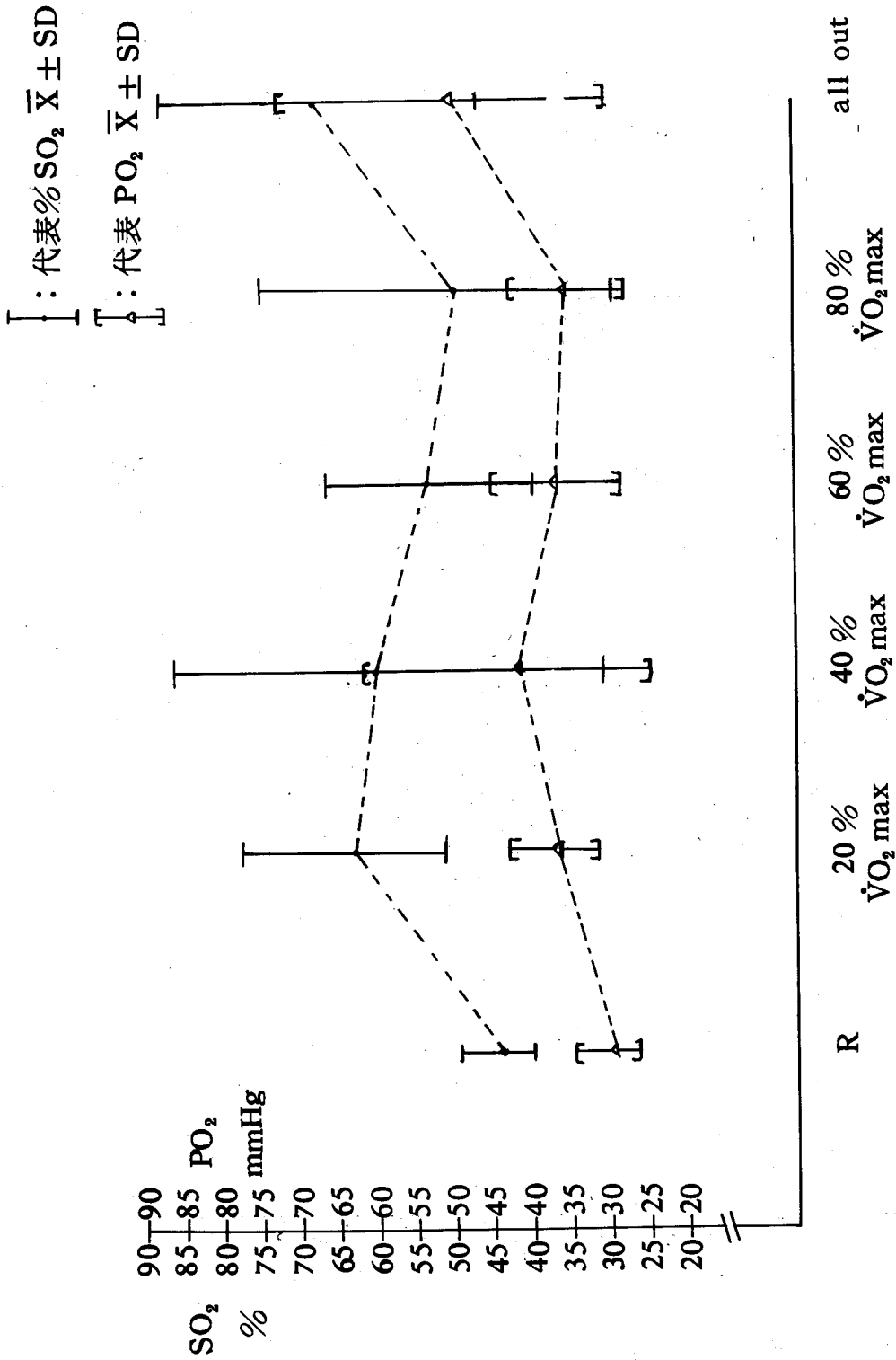
[] : 代表 $\bar{X} \pm SD$



圖五：Hb 值因各種運動強度變異圖形

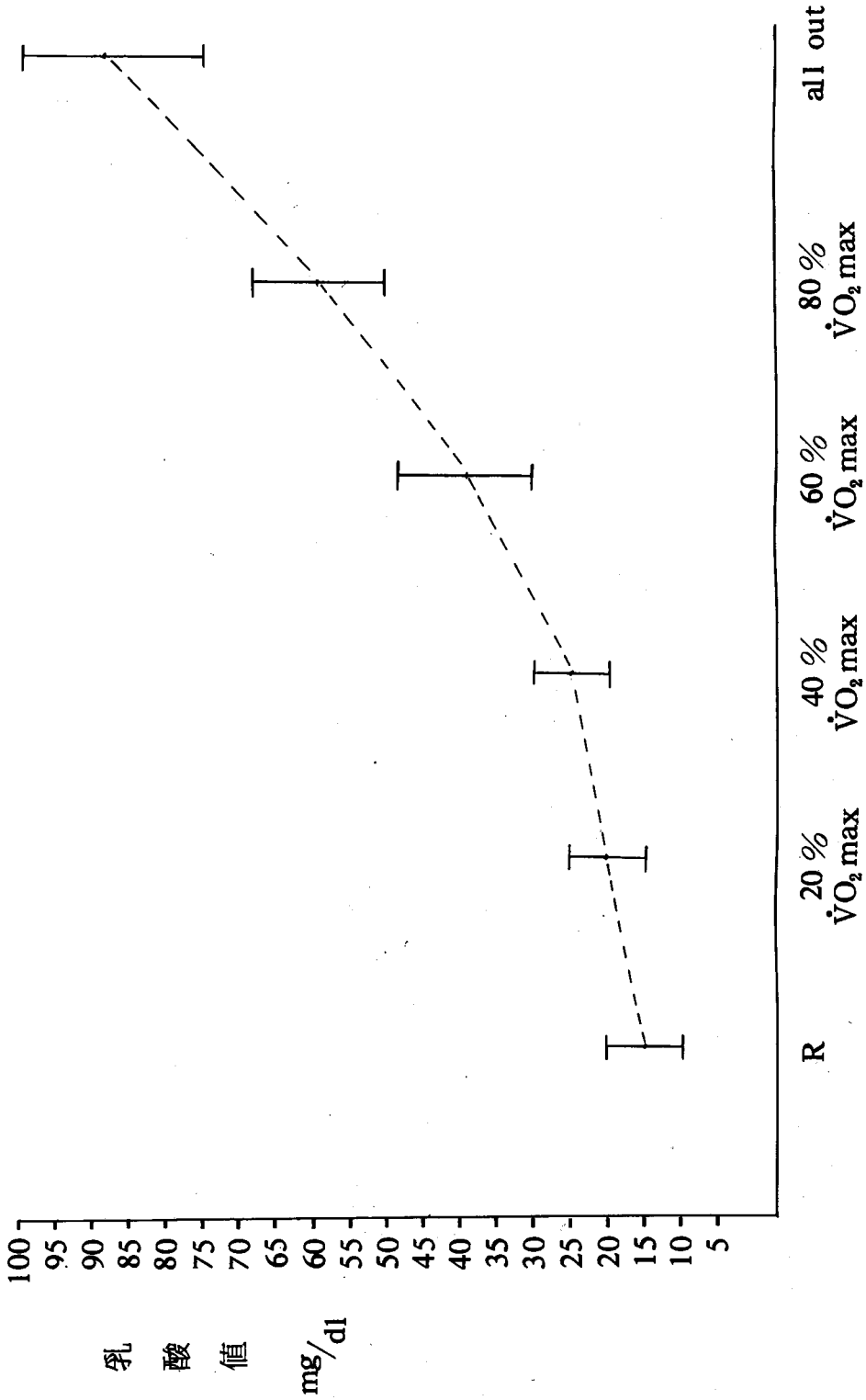


圖六： PCO_2 及 PO_2 因各種不同運動強度之變異圖形



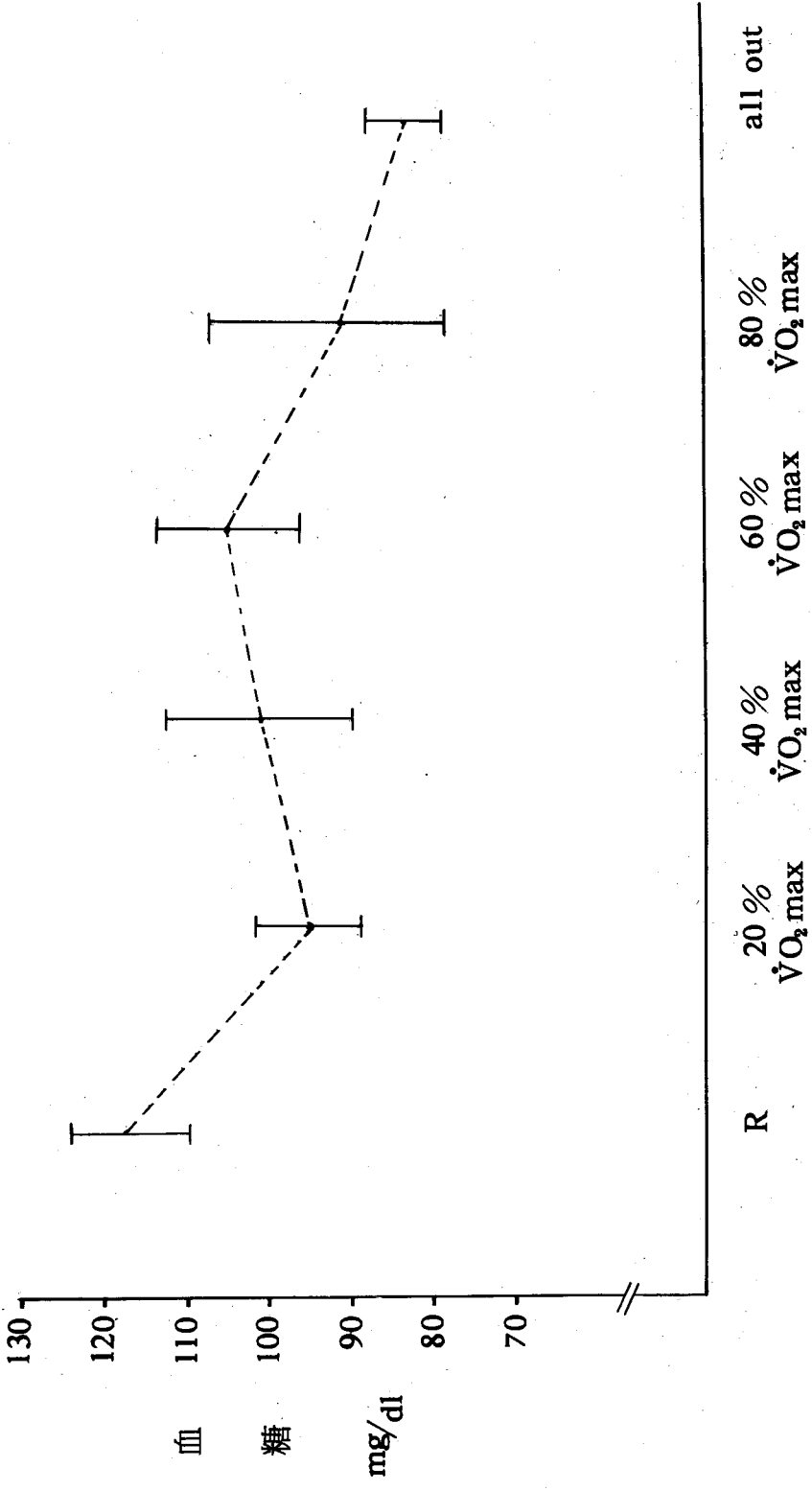
圖七：PO₂ 及 % SO₂ 在不同運動強度之變化圖形

I: 代表 $\bar{X} \pm SD$



圖八：乳酸值在各種不同運動強度的變化圖形

I: 代表 $\bar{X} \pm SD$



圖九：血糖值在各種不同運動強度間的變化圖形

伍 分析與討論

一、酸鹼度 (pH)

就本研究得到的資料而言，上臂靜脈血液的 pH 值隨著運動強度的增加漸趨酸性（見圖四），以單因子重複量數變異數分析及事後比較的結果發現：80% $\dot{V}O_2$ max 時，pH 值顯著低於 20% $\dot{V}O_2$ max 及休息時等兩種狀況（ $P < .05$ ）。力竭時 pH 值除與 80% $\dot{V}O_2$ max 外均顯著低於其他各種運動強度（ $P < .01$ ）（見表六）。以趨向分析的結果，上臂靜脈血液 pH 值呈明顯的一次趨向（ $P < .01$ ）（見表五）。當運動強度小於 60% $\dot{V}O_2$ max 時，pH 值沒有顯著下降（ $P > .05$ ），但若運動強度再增強時，則血液 pH 值即有顯著下降的現象，此點與 Hartley 等人（1973）⁵ 的研究相符合。

O. Siggaard-Andersen (1964)⁴ 認為影響血液 pH 值的原因是 PCO_2 與不揮發的酸或鹼 (non-volatilized acid or base)。Mathew 等人(1976)⁸⁶ 指出：因運動而使血液 pH 值降低的主要因素是乳酸的堆積，而 Åstrand (1977)⁸⁷ 認為血紅素也是影響 pH 值的重要因素。本研究以 Siggaard-Andersen 常模準線 (Alignment Nomogram) 檢討後發現。增加的 PCO_2 並不會使血液的 pH 值下降太多，即血液 pH 值下降主要是由於代謝酸 (metabolic acid) 堆積的結果。

二、血紅素 (Hb)

由本研究得知，血紅素隨運動強度的增加而有漸增的趨勢（見圖五）。在 60% $\dot{V}O_2$ max 運動強度以下時無顯著差異（ $P > .05$ ），但當運

動強度上升到 $80\% \dot{V}O_2 \max$ 時，則血紅素顯著升高。在力竭時，除 $80\% \dot{V}O_2 \max$ 外，血紅素值顯著高於其他運動強度 ($P < .01$) (見表十三)。

在不同強度運動時，血紅素增加的百分比不同，運動強度越大時，增加的百分比越高，在力竭時大約增加 20% 左右，此結果與 Kao (1972)¹² 和 Mathew (1976)¹³ 的研究相合。

Kao (1972)³⁸ 認為運動時血紅素增加是因人體的脾臟能釋出紅血球。Mitchell 等人 (1957)² 則指出：從事運動時血容比 (hematocrit) 會顯著增加，因此運動時血紅素百分比相對的增高。

三、 PO_2 、 PCO_2 、 $\%SO_2$

本研究中，當運動強度在 $80\% \dot{V}O_2 \max$ 時，上臂靜脈血液之 PCO_2 值顯著高於 20% 及 $40\% \dot{V}O_2 \max$ 等兩種運動強度 ($P < .05$)，而在其餘各種運動強度之間則無顯著差異 ($P > .05$) (見表九)。在 PO_2 及 $\%SO_2$ 方面，各運動強度之間均沒有顯著差異 ($P > .05$) (見表十、表十四)。此外， PCO_2 與 PO_2 有互相消長的現象 (見圖六)，而 $\%SO_2$ 則隨著 PO_2 的增減而增減 (見圖七)。

造成上述結果的原因，可能與採血的部位有關³⁵，因本研究採血的位置是不直接參與運動之上臂的前窩靜脈，所以，如欲以血液氣體分壓及氧的飽和度區分運動強度時，必須考慮採血的位置是否為直接參與運動的部位。

四、乳酸值

由本研究得知：血液中乳酸值隨著運動強度的增強而升高 (見圖八)，在 $40\% \dot{V}O_2 \max$ 以下時，乳酸值並沒有顯著增加 ($P > .05$)，但 $60\% \dot{V}O_2 \max$ 比 $40\% \dot{V}O_2 \max$ 顯著增加 ($P < .05$)，而 $80\% \dot{V}O_2 \max$

與力竭等兩種強度則顯著高於其他各種強度 ($P < .01$) (見表十七) , 此一發現與 Loventzen (1962)⁴⁰、Knuttgen (1962)⁴¹、Williams (1975)¹⁸ 等人的研究符合。

乳酸是無氧 (anaerobic) 代謝的產物，在糖類代謝過程中，若氧供應不足，則丙酮酸 (pyruvate) 因無法進入克氏環 (Krebs cycle) 便會轉化為乳酸而堆積在血液中。Åstrand 等人 (1961)⁴² 指出：在十分鐘內即能達力竭的運動強度下，乳酸的堆積量則不因達到力竭時間的長短而有顯著的差異，而與缺氧的多寡成正比。

五、血糖值

從本研究結果得知：血糖值在 20%、80% $\dot{V}O_2$ max 及力竭時比安靜時顯著下降 ($P < .01$)，而力竭時比 60% $\dot{V}O_2$ max 亦有顯著降低 ($P < .05$) (見表二十)。經趨向分析結果：除明顯的一次趨向外，亦有明顯的三次趨向 (見表十九、圖九)。

第一次下降的現象是在 20% $\dot{V}O_2$ max 時，造成此種現象的原因可能是運動的強度不足以刺激肝醣轉化為血糖的機轉所致；第二次下降是在 80% $\dot{V}O_2$ max 及力竭時，造成血糖值下降的原因可解釋為從事較激烈運動時，消耗大量的血糖所致，這種結果與 Reichard (1961)⁴³ 及 Williams (1975)¹⁸ 的研究脗合。

陸 結 論

本研究以腳踏測力計 (bicycle ergometer) 爲決定運動負荷的工具，探討六名健康但未接受正式運動訓練的成年男子在休息時、20%、40%、60%、80% $\dot{V}O_2 \max$ 時以及力竭等六種情況下，上臂靜脈血液的變化情形，經分析討論後，獲得下列結論：

- 一、pH 值隨運動強度的增強而趨向酸性，運動強度越大時 pH 值下降的趨勢越明顯。
- 二、Hb 值因運動強度的增強而增加，在力竭時大約增加 20%。
- 三、80% $\dot{V}O_2 \max$ 時， PCO_2 值顯著高於 20% 及 40% $\dot{V}O_2 \max$ 等兩種運動強度 ($P < .05$)，而其他各運動強度之間則沒有顯著差異 ($P > .05$)。在 PO_2 及 % SO_2 兩方面，各運動強度之間均沒有顯著差異 ($P > .05$)，此外，並發現 PO_2 及 PCO_2 間有互相消長的現象，而 % SO_2 則隨著 PO_2 的增減而增減。
- 四、乳酸含量隨運動強度的增加而上升，達 60% $\dot{V}O_2 \max$ 以上時，乳酸會急劇的增加。
- 五、血糖含量因不同的運動強度而有顯著的三次趨向，第一次下降的現象出現於 20% $\dot{V}O_2 \max$ 時，第二次下降的趨向同時出現於 80% $\dot{V}O_2 \max$ 及力竭時。

參考文獻

1. Åstrand, P.O., and Rodohl K.: Textbook of Physiology. McGraw-Hill Book Co., New York, 2nd ed., 1977, p.295.
2. Mitchell, J.H., Sproule, B.J. and Chapman, C.B.: The Physiological Meaning of Maximal Oxygen Intake Test. J. Clin. Invest. Vol. 37, 1957, pp.538-547.
3. Mitchell, J.H. Sproule, B.J. and Chapman, C. B.," Factors Influencing Respiration During Heavy Exercise, J. Clin. Invest., Vol.37, 1958, pp.1693-1701.
4. Siggaard-Andersen, O.: Review of Copenhagen Method For pH, PCO₂ Measurements. Symposium of Annual Meeting of The Canadian Society of Clinical Chemists. 1964.
5. Hartley, L.H., Vogel, J.A., and Landowne, M.: Central, Femoral, and brachial circulation during exercise in hypoxia. J. Appl. Physiol. Vol.34, No.1, 1963, pp.87-90.
6. Mathew, D.K., and Fox, E.L.: The Physiological Basis of Physical Education and Athletics, W.B. Saunders Co., Philadelphia, 2nd ed., 1976, p.193.
7. 同註 1 , p. 136.
8. Gambino, S. R.: The Clinical Value of Routine Venous pH and PCO₂ Determinations. Symposium of Annual Meeting of The Canadian Society of Clinical Chemists. 1964.
9. IL213 Digital pH Blood Gas Analyzer Instructions, Instrumentation Laboratory Inc., Nov. 1973, p.44.
10. 同註 1 , p. 237.

11. 盧明聰：「力竭運動對血液內氣體、酸鹼度、血紅素及氧飽合度之影響」，師範大學體育研究所集刊，第六輯，民國68年，pp.139~195.
12. Kao, F.F.: An Introduction to Respiratory Physiology, Excerpta Medica Offices., Amsterdam, 1972, p.251.
13. 同註6，pp.195~196.
14. Martin, D.J.: A Programmed Text on Blood Gas Analysis, Corning-Eel Scientific Instruments, 1973, p.14.
15. Åstrand, P.O., Hallback, I., Hedman, R. and Saltin, B.: Blood lactates after Prolonged severe exercise. J. Appl. Physio., Vol.18, No.3, 1963, pp.619-622.
16. Rodahl, K. Miller, H.I. and Issekutz B.: Plasma free fatty acids in exercise, J. Appl. Physiol, Vol.19, No.3, 1964, pp.489-492.
17. Karprovich, P.V.: Physiology of Muscular Activity. W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1971, p.172.
18. Williams, C. Kelman, G.R. Coverper, D.C. and Harvis, C.G.: Changes in Plasma FFA Concentration before and after reduction in high intensity exercise. J. Sports Med., Vol.15, 1955, pp.2-12.
19. 同註1，p.309.
20. 同註18，pp.179~180.
21. Lamela, A.: Introduction to Medical Laboratory Methods, Medical Department, Harper & Row, Publishers, Inc., 1971, p.141.
22. 李志文：「氨基丁二酸鉀鎂鹽對運動成績及消除疲勞之效果」，師範大學體育研究所集刊，第五輯。民國67年，pp.113~148.
23. Massicottee, D.R., Avon, G. and Corrivean, G.: Comparative effects of aerobic training on men and woman. J. Sports Med., Vol.19, 1979, pp.23-32.
24. 同註6，pp.71~73.
25. 林清山：「心理及教育統計學」，東華書局，台北，66年修訂二版。

- ， pp. 136 ~ 150.
26. 同註 25 ， pp. 142 ~ 143 .
27. 同註 6 ， p. 527 .
28. Barker, S.B. : Methods in Enzymology, (Preparation and Colorimetric Determination of Lactic Acid). The Johns Hopkins University Maryland, Vol.III, 1955., pp.241-246.
29. Ashwell, G. : Methods in Enzymology, (Colorimetric Analysis of Sugars). The Johns Hopkins University, Maryland, Vol.III, 1955, pp. 73-105.
30. Radiometer 公司印製 BME33 Blood microequipment BGA Blood gas analyzer OSM 2 hemoximeter operating Instruction.
31. Verducci, F.J. : Measurement concepts in Physical Education. C. V. Mosby Company, 1980, pp.85-99.
32. 同註 31 ， pp. 88 ~ 89 .
33. 同註 25 ， pp. 283 ~ 287 .
34. 同註 25 ， pp. 389 ~ 393 .
35. 同註 25 ， p. 301 .
36. 同註 6 ， p. 3370 .
37. 同註 1 ， pp. 137 ~ 138 .
38. 同註 12 ， pp. 251 .
39. 同註 6 ， p. 199 .
40. Lorentzen, F.V. : Lactic acid in blood after various combinations of exercise and hypoxia. J. Appl. Physiol Vol.17, No.4, 1962, pp. 661-664.
41. Knuttgen, H.G. : Oxygen debt, lactate, Pyruvate, and excess lactate after muscular work. J. Appl. Physiol., Vol.17, No.4, 1962, pp.639-644.
42. Åstrand, P.O. and Saltin, B. : Oxygen uptake during the first

minutes of heavy muscular exercise. J. Appl. Physiol., Vol.16, No.6, 1961, pp.971-976.

43. Reichard, G.A., Issekutz, B., Kimbel, P., Richard, C.P., Hochella, N.J. and Weinhouse, S.: Blood glucose metabolism in man during muscular work. J. Appl. Physiol., Vol.16, No.6, 1961, pp.1001-1005.

附表一：受試者於休息時各實驗值一覽表

項目 受試者	O ₂ l/min	每分 單位體重 攝氧量 ml/kg/min	心跳率 次/分	酸鹼度	二氧化碳 分壓 mmHg	氧分壓 g/dl	血紅素 g/dl	氧飽和度	乳酸 mg/dl	血糖 mg/dl
1	0.35	5.38	67	7.316	59.2	29.2	15.8	47.5	10.6	109.0
2	0.38	4.87	72	7.326	53.0	30.3	14.9	47.5	9.7	121.0
3	0.43	6.94	72	7.325	60.3	31.2	-16.0	39.1	23.0	120.5
4	0.37	5.29	72	7.393	55.9	24.6	14.8	44.8	15.8	109.0
5	0.36	5.29	76	7.320	56.2	35.7	14.9	46.4	14.9	112.0
6	0.22	3.38	70	7.333	60.9	25.4	16.2	43.7	14.1	122.3
平均數	0.35	5.18	72	7.330	57.6	29.4	15.4	44.8	14.7	115.6
標準差	0.07	1.14	3	0.020	3.1	4.1	0.6	3.2	4.7	6.3

附表二：受試者於 20% $\dot{V}O_2$ max 各實驗值一覽表

項目 受試者	O_2 l/min	每單位體重 攝氧量/kg/min	心跳率 次/分	酸鹼度	二氧化碳 分壓 mmHg	氧分壓 mmHg	血紅素 g/dl	氧飽和度	乳酸 mg/dl	血糖 mg/dl
1	0.61	9.38	90	7.324	51.5	39.0	15.5	68.0	13.8	86.5
2	0.65	8.33	84	7.309	57.5	33.6	15.0	48.5	12.6	99.8
3	0.74	11.94	90	7.282	48.1	36.2	15.9	55.2	23.3	98.1
4	0.66	9.43	76	7.295	55.8	48.5	14.8	80.9	24.3	85.2
5	0.76	11.18	90	7.305	56.3	34.7	14.8	50.6	22.5	95.3
6	0.76	11.69	102	7.327	51.8	37.2	16.2	70.4	17.5	98.5
平均數	0.69	10.32	92	7.30	53.5	38.5	15.4	62.3	19.0	93.9
標準差	0.06	1.47	6	0.01	2.6	5.4	0.6	12.8	5.1	6.4

附表三：受試者於 40% $\dot{V}O_2$ max 各實驗值一覽表

項目	O_2 l/min	每分鐘 單位體重 攝氧量 ml/kg/min	心跳率 次/分	酸鹼度	二氧化碳分 壓 mmHg	氧分壓 mmHg	血紅素 g/dl	氧飽和度	乳酸 mg/dl	血糖 mg/dl
受試者 1	1.01	15.54	114	7.291	62.2	36.2	15.6	53.3	19.7	80
2	1.32	16.92	108	7.306	45.7	58.7	15.5	89.5	17.0	111.8
3	1.07	17.26	108	7.273	54.7	29.4	16.3	39.5	24.9	101.5
4	1.30	18.57	120	7.335	46.4	66.6	14.5	93.1	23.2	100.3
5	1.04	15.29	120	7.279	54.0	23.5	15.7	24.4	31.1	110.2
6	1.14	17.54	118	7.294	52.3	35.1	16.6	50.3	24.1	97.1
平均數	1.14	16.85	115	7.290	52.6	41.6	15.7	58.4	23.3	100.2
標準差	0.13	1.24	6	0.020	6.1	17.1	0.7	27.5	4.8	11.4

附表四：受試者於 60% $\dot{V}O_2$ max 各實驗值一覽表

項目 受試者	O ₂ l/min	每分鐘 單位體重 攝氧量 m/kg/min	心跳率 次/分	酸鹼度	二氧化碳 分壓 mmHg	氧分壓 mmHg	血紅素 g/dl	氧飽和度	乳酸 mg/dl	血糖 mg/dl
1	1.28	19.69	132	7.240	69.1	25.4	15.7	33.0	41.8	100.9
2	1.87	23.97	144	7.290	47.9	53.7	16.2	80.5	47.0	113.5
3	1.71	27.58	138	7.256	59.0	29.2	16.7	42.0	37.0	113.5
4	1.53	21.86	136	7.294	56.1	35.8	15.0	58.1	40.8	106.5
5	1.57	23.09	138	7.314	51.7	31.8	15.9	36.8	26.3	88.0
6	1.76	27.08	140	7.274	66.2	40.5	16.6	55.9	36.2	104.5
平均數	1.62	23.87	138	7.270	58.3	36.1	16.0	51.1	38.2	104.5
標準差	0.20	3.03	4	0.020	8.20	10.1	0.03	17.6	7.0	9.5

附表五：受試者於 80% $\dot{V}O_2$ max 各實驗值一覽表

項目 受試者	O ₂ l/min	每分鐘 單位體重 攝氧量 ml/kg/min	心跳率 次/分	酸鹼度	二氧化碳 分壓 mmHg	氧分壓 mmHg	血紅素 g/dl	氧飽和度	乳酸 mg/dl	血糖 mg/dl
1	1.58	24.31	174	7.260	60.8	41.1	16.0	57.9	58.7	111.3
2	2.53	32.44	180	7.176	66.4	26.2	17.3	30.1	62.6	87.7
3	2.04	32.90	162	7.201	62.0	28.8	16.9	31.7	61.2	78.7
4	2.15	30.71	162	7.242	58.6	34.2	16.8	49.3	62.0	92.7
5	2.19	32.21	156	7.264	61.5	25.5	16.9	30.0	37.8	75.0
6	2.10	32.31	158	7.286	74.1	48.1	16.4	95.6	51.1	111.2
平均數	2.09	30.81	165	7.230	63.9	34.0	16.7	49.1	55.6	92.8
標準差	0.30	3.27	10	0.040	5.60	9.0	0.5	25.7	9.7	15.6

附表六：受試者於力竭時各實驗值一覽表

項目 受試者	O ₂ l/min	每分鐘 單位攝氧量 mg/kg/min	心跳率 次/分	酸鹼度	二氧化碳分 壓 mmHg	氧分壓 mmHg	血紅素 g/dl	氧飽和度	乳酸 mg/dl	血糖 mg/dl
1	2.22	34.15	204	7.194	52.6	51.1	16.8	78.5	88.3	77.0
2	3.25	41.67	204	7.174	46.1	69.4	17.8	90.2	93.3	80.0
3	2.88	46.45	192	7.145	53.3	40.9	17.1	49.3	85.0	88.7
4	2.85	40.71	192	7.118	66.66	38.9	17.5	55.0	110.8	90.0
5	2.94	43.24	196	7.293	45.6	86.7	16.7	94.0	71.7	89.6
6	2.50	38.46	180	7.199	59.7	31.6	17.3	45.9	83.2	93.5
平均數	2.77	40.78	195	7.180	53.9	53.1	17.2	68.8	88.7	86.5
標準差	0.36	4.20	9	0.050	8.0	21.0	0.4	21.4	13.0	6.5

Shiuh-Lianq Wang Hematological Response to Graded Workload
Master Thesis. 1981. pp. 45 (Pei-Lin Chi)

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the hematological response to six graded workloads on the bicycle ergometer. The blood samples for hematological analysis were drawn from the antecubital vein.

Both the one-way ANOVA for the repeated measures and the trend analysis were used to analyze the results that obtained in this study, and the conclusions were as following:

1. Units of pH decreased with increasing workload until the all-out condition reached.
2. Hb increased in response to various levels of workloads, there were 20% higher than in resting condition at all-out condition.
3. PCO_2 value at 80% $\dot{V}O_2$ max. of workload was significantly higher than both in 20% $\dot{V}O_2$ max. and 40% $\dot{V}O_2$ max. ($P < .05$), but no significant changes among the other workloads. There was no significant difference in PO_2 and % SO_2 at all level of workloads, also.
4. Blood sugar was found significant cubic trend effect in response to different workload, the first drop appeared at 20% $\dot{V}O_2$ max., the

second drop appeared both at 80% VO_2 max. and all-out.

5. Lactic acid increased with increasing workload until the all-out condition reached.