

不同攝氧能量對恢復期乳酸排除的影響

目 次

摘要	.....	VII
壹、前言	.....	1
貳、材料與方法	.....	3
一、預備實驗	.....	3
二、受試者	.....	4
三、研究範圍	.....	5
四、正式實驗	.....	5
參、結果	.....	8
一、不同組在恢復期相同實驗處理的乳酸排除	.....	17
二、相同組在恢復期不同實驗處理的乳酸排除	.....	19
三、最適恢復強度	.....	26
肆、討論	.....	31
一、乳酸排除率	.....	31
二、恢復期與標準運動後乳酸比	.....	32
三、安靜與恢復期乳酸比	.....	34
四、最適恢復強度	.....	35
伍、結論	.....	37
陸、參考文獻	.....	38
一、英文部份	.....	38
二、中文部份	.....	41

附錄.....	42
英文摘要.....	46

表 次

表 一、	受試者基本資料.....	5
表 二、	各受試者在休息恢復實驗處理乳酸排除一覽表.....	9
表 三、	各受試者在 40 % $\dot{V}O_2$ max 強度恢復實驗乳酸排除一覽表.....	10
表 四、	各受試者在 60 % $\dot{V}O_2$ max 強度恢復實驗乳酸排除一覽表.....	11
表 五、	各組在恢復期三種實驗乳酸排除率.....	12
表 六、	各組在恢復期三種實驗恢復期與標準運動後乳酸比.....	12
表 七、	各組在恢復期三種實驗安靜與恢復期乳酸比.....	12
表 八、	各組受試者在恢復期三種實驗處理下乳酸排除率組間差異檢討表.....	17
表 九、	各組受試者在恢復期三種實驗處理下恢復期與標準運動後乳酸比組間差異檢討表.....	18
表 十、	各組受試者在恢復期三種實驗處理下安靜與恢復期乳酸比組間差異檢討表.....	19
表十一、	各組受試者在恢復期三種實驗處理下乳酸排除率組內差異檢討表.....	20
表十二、	各組受試者在恢復期三種實驗處理下恢復期與標準運動後乳酸比組內差異檢討表.....	21
表十三、	各組受試者在恢復期三種實驗處理下安靜與恢復期乳酸比組內差異檢討表.....	22
表十四、	各組恢復期最適強度及乳酸排除率對照表.....	23

表十五、各組恢復期最適強度及恢復期與標準運動後乳酸比
對照表..... 24

表十六、各組恢復期最適強度及安靜與恢復期乳酸比對照表..... 25

表十七、各受試者最適強度心跳率一覽表..... 26

附表次

附表一、各受試者恢復期強度設定一覽表.....	42
附表二、各受試者於恢復期各種實驗處理的心跳率.....	43
附表三、各受試者在恢復期各實驗處理的速度、耗氧量、攝氧 量百分比的預測值、實測值及差值.....	44
附表四、乳酸分析之試藥、器材及步驟一覽表.....	45

圖 次

圖一、第一次實驗過程圖.....	7
圖二、第二、三、四次實驗過程圖.....	7
圖三、各受試者在三種實驗處理的乳酸排除.....	13
圖四、各受試者在恢復期三種實驗處理 10 分鐘的乳酸排除率	27
圖五、各受試者在恢復期三種實驗處理 20 分鐘的乳酸排除率	28
圖六、三組受試者在恢復期三種實驗處理實施 10 分鐘的乳酸 排除率.....	29
圖七、三組受試者在恢復期三種實驗處理實施 20 分鐘的乳酸 排除率.....	30

國立臺灣師範大學體育研究所碩士論文

研究生：張瑞豪 指導教授：吳京一博士

不同攝氧能量對恢復期乳酸排除的影響

摘 要

激烈運動後體內乳酸的排除，為下一次運動成績表現 (subsequent performance) 的關鍵所在。本研究的目的是在探討不同攝氧能量者，在電動跑步機上，三次一分鐘全力間斷跑步後，以休息，40% $\dot{V}O_2 \max$ 及 60% $\dot{V}O_2 \max$ 三種實驗處理作為恢復方式的乳酸排除情形。

本研究以中長距離選手，非耐力項目運動選手及非運動員各三名為對象，並以

$$1. \text{ 乳酸排除率} : \frac{\text{標準運動後乳酸值} - \text{恢復期乳酸值}}{\text{恢復時間}}$$

$$2. \text{ 恢復期與標準運動乳酸比} \% : \frac{\text{恢復期乳酸值}}{\text{標準運動後乳酸值}} \times 100$$

$$3. \text{ 安靜與恢復期乳酸比} \% : \frac{\text{安靜乳酸值}}{\text{恢復期乳酸值}} \times 100$$

三個觀點分析乳酸排除情形，得到以下結論：

1. 主動恢復比被動恢復有利於乳酸排除。
2. 以休息為恢復方式，攝氧能量高者的乳酸排除快於攝氧能量低者。
3. 攝氧能量較高者在較高的恢復強度下，比攝氧能量較低者易於排除乳酸。

4. 攝氧能量高者的恢復方式，以採用 45% 至 70% $\dot{V}O_2 \max$ ；攝氧能量低者以採用 40% 至 46% $\dot{V}O_2 \max$ 作為恢復強度時的乳酸排除

比較快。

5. 攝氧能量低者如想要在激烈運動後儘快恢復至安靜時的乳酸值，則在激烈運動後採用休息方式，比採用過高強度的恢復運動更容易排除乳酸。

壹、前 言

人體經過劇烈運動後體力恢復的快慢問題，對於體能訓練及運動競技而言，是一項重要的課題。人體如何在激烈運動後，在體力上得到良好的恢復，則要看運動的特性（4，5，16，28），運動的強度（16，17，23，26），運動的持續時間（4，5，16，23），個人的攝氧能量 (oxygen uptake capacity)（9，29），及所使用的恢復方式而定（4，5，6，8，15，16，20，24，31）。過去被認為；激烈運動後體內乳酸量的多寡為下一次運動成績表現 (subsequent performance) 的關鍵所在，因為體內的乳酸會抑制酵素的活動，使組織對氧的利用率降低（20）。最近，主動恢復 (active recovery) 對乳酸的排除比被動恢復 (passive recovery) 有效（4，5，10，16）的觀點，被教練和選手普遍接受，他們是基於；「主動恢復會使血流量增加，使體內乳酸運送至排除乳酸的器官（10）」的論點。且有人認為；經過訓練者 (trained subjects)，在激烈運動後，以 30% 至 70% $\dot{V}O_2 \max$ 的強度作為恢復運動 (recovery exercise) 最能排除乳酸（5，10，16）。也有人認為（5）激烈運動後以 60% $\dot{V}O_2 \max$ 作為恢復運動，對乳酸排除而言，是為最適合之恢復強度 (optimal recovery intensity)。另外又有人認為（16），60% 至 80% $\dot{V}O_2 \max$ 是一個人在恢復期中用以排除乳酸的臨界強度 (critical level)。但如果從無氧值 (anaerobic threshold) 的觀點來看，有人認為（29），經過訓練者在 70% $\dot{V}O_2 \max$ 下從事相當時間的持續運動還不致出現無氧閾值。而沒有經過訓練者 (untrained subjects) 在 55% ~ 65% $\dot{V}O_2 \max$ 就出現無氧閾值（11，27）。也有人指出，恢復期的最適強度正好稍低於個人的無氧閾值（30）。

綜合以上各點可以看出；未經過訓練者或攝氧能量 (oxygen uptake capacity) 較低者，並不能和經過訓練者或攝氧能量較高者，以同樣的運動強度作為恢復運動而無出現無氧閾值之虞。在許多運動競技項目中，選手的最大攝氧量 (maximal oxygen uptake) 並不很高 (1 , 2)，但是這些選手也同樣會遭遇到激烈運動後體內乳酸的排除問題。因此，作者欲以不同攝氧能量者為對象，探討激烈運動後的血中乳酸排除情形，以作為不同項目的運動員 (athletes) 及非運動員 (non-athletes) 在激烈運動後，選擇適當恢復方式的依據。

貳、材料與方法

一、預備實驗

目的：決定正式實驗時所採用的項目及方法

(一)時 間：民國七十一年二月一日至二月十五日。

(二)受試者：一名，健康情形良好，身高 173 cm，體重 63.5 kg。

(三)實驗項目及方法

1. 最大攝氧量測定；採用 Maksud and Coutts 原地跑步機法 (21)，及 Ohio State 原地跑步機法 (13)。同一受試者接受兩種方法測定結果，Maksud and Coutts 法測得的 $\dot{V}O_2 \max$ 為 56 ml/kg/min，而以 Ohio State 法測得的 $\dot{V}O_2 \max$ 為 52.5 ml/kg/min。但因 Maksud and Coutts 法使用的速度較慢，達到衰竭時間耗時較長，故正式實驗採用 Ohio-State 法。

2. 氣體分析之校正；預備實驗時收集的氣體樣本，由修蘭德 (Scholander) 氣體分析器分析後，再以 Morgan 電氣分析器作氣體分析，二者所得資料，求出一迴歸公式為 $\hat{Y} = 1.029X - 1.012$ ，此公式為正式實驗時，使用電氣分析器分析呼出氣體的校正公式。

3. 非最大運動負荷之設定：由受試者在不同負荷及耗氣量所得的資料，求得該受試者在非最大運動的預測公式為； $\hat{Y} = 0.101X + 3.05$ 。並可計算出該受試者在 20%，40%，60%，70% 及 90% $\dot{V}O_2 \max$ ，於跑步機上坡度 5% 的速度各為 82.2 m/min，103.4 m/min，124.6 m/min，135.2 m/min 及 156.4 m/min。

4. 標準運動 (Standardized exercise) 之設定：目的在提高激烈運動後

血中乳酸之聚積，故採用下列方法實驗；(A)令受試者在跑步機上，以坡度 5%，強度 $90\% \dot{V}O_2 \max$ (即 156.4 m/min)，實施 6 分鐘跑步 (5)。
。(B)令受試者在跑步機上以坡度 5%，強度為 3 次 250 m/min 跑步，每次跑步之間休息 4 分鐘 (16)。結果發現：(a) 6 min 跑步運動後所得的血中乳酸為 82 mg/dl。(b) 3 次 250 m/min 跑步後的乳酸為 167 mg/dl。因此：正式實驗採用 3 次的 1 分鐘跑步。

5. 恢復期強度設定；令受試者於 3 次 1 分鐘跑步後，隨機接受 20 分鐘以休息，20%，40%，60%，70% $\dot{V}O_2 \max$ 為強度的恢復方式。結果發現；(1) 20 分鐘休息的耗氧量平均約 17% $\dot{V}O_2 \max$ 。(2) 20% $\dot{V}O_2 \max$ 的耗氧量僅為 10.5 ml/kg/min，換算成坡度 5% 在跑步機上的速度為 82.2 m/min，速度太慢。(3) 以 60% $\dot{V}O_2 \max$ 為恢復強度的乳酸聚積，自標準運動後的 142 mg/dl，至恢復期 20 分鐘為 42 mg/dl (安靜時為 48 mg/dl)，乳酸排除率為 5 mg/100 ml \times min，以此強度作為恢復運動，乳酸排除低於運動前的乳酸聚積。(4) 以 70% $\dot{V}O_2 \max$ 為恢復強度的乳酸聚積，自標準運動後 167 mg/dl 降至恢復期 20 分鐘 73 mg/dl (安靜時 32 mg/dl)，乳酸排除率為 4.7 mg/100 ml \times min，此強度作為恢復運動，乳酸排除只為安靜時的 43.8%。因此正式實驗時決定採用：休息，40% $\dot{V}O_2 \max$ ，60% $\dot{V}O_2 \max$ 作為恢復期實驗處理。

二、受試者

以中長距離選手 3 名為第一組，非耐力選手 3 名為第二組，及非運動員 3 名為第三組，共 9 名三組男性為受試對象。此三組受試者的最大攝氧量，經過 t 考驗結果，各組之間有顯著差異 ($P < .05$)。受試者的基本資料如表 1。

表1 受試者基本資料

組別	受試者	年齡 (Yrs)	體重 (kg)	最大換氣量 VESTPD (l/min)	最大攝氧量 (l/min)	最大攝氧量 (ml/kg/min)	最大心跳率 (bpm)
第一組	J. T. Chang	19	52	104.830	3.596	69.15	195
	I. H. Liaw	22	65	124.025	4.750	73.08	190
	D. T. Tsai	23	61	102.986	4.052	66.40	200
第二組	M. I. Lin	22	74	112.400	4.541	61.40	200
	C. L. Tsai	21	58.5	120.290	3.620	61.90	220
	K. T. Cheng	22	58	104.486	3.793	64.30	210
第三組	H. S. Chang	26	65	99.752	3.410	52.48	195
	K. U. Cheng	26	62.5	82.430	3.239	51.80	200
	W. S. Sü	20	60.5	76.769	3.493	57.70	210

三、研究範圍

本研究以 9 名，三組不同攝氧能量受試者，接受在原地跑步機上，以坡度 5 %，三次一分鐘速度 250 m/min 至 360 m/min 為標準運動，以 20 分鐘休息，40 % $\dot{V}O_2 \max$ ，60 % $\dot{V}O_2 \max$ 為恢復期實驗處理，觀察對血中乳酸量的消長。

四、正式實驗

每一位受試者共接受 4 次實驗，每次實驗至少間隔一天。實驗期間

自七十一年二月十六日至二月二十八日。第一次實驗為最大攝氧量之測定，第2、3、4次實驗為標準運動及恢復期實驗。第2、3、4次實驗步驟均相同，各受試者於三次250 m/min至360 m/min跑步後，隨機接受休息，40% $\dot{V}O_2$ max 及 60% $\dot{V}O_2$ max 三種恢復期實驗處理。實驗步驟如下：

(一)第一次實驗；如圖 1

1. 各受試者於靜坐休息 30 分鐘後，連續接受三個不同非最大運動強度負荷（坡度 5%）。並於各負荷進行 4 至 5 分鐘時各採氣 1 袋，以求得恢復期 40% $\dot{V}O_2$ max 及 60% $\dot{V}O_2$ max 跑速的預測公式。如附表 1。

2. 以坡度 2%，速度 200 m/min 至 250 m/min 進行實驗，每 2 分鐘坡度增加 2%，直至受試者力竭為止。在實驗進行中，均作心跳率監督 (pulse rate monitoring)，心跳率達 175 bpm 時每分鐘採氣。

(二)第二、三、四次實驗步驟：如圖 2。

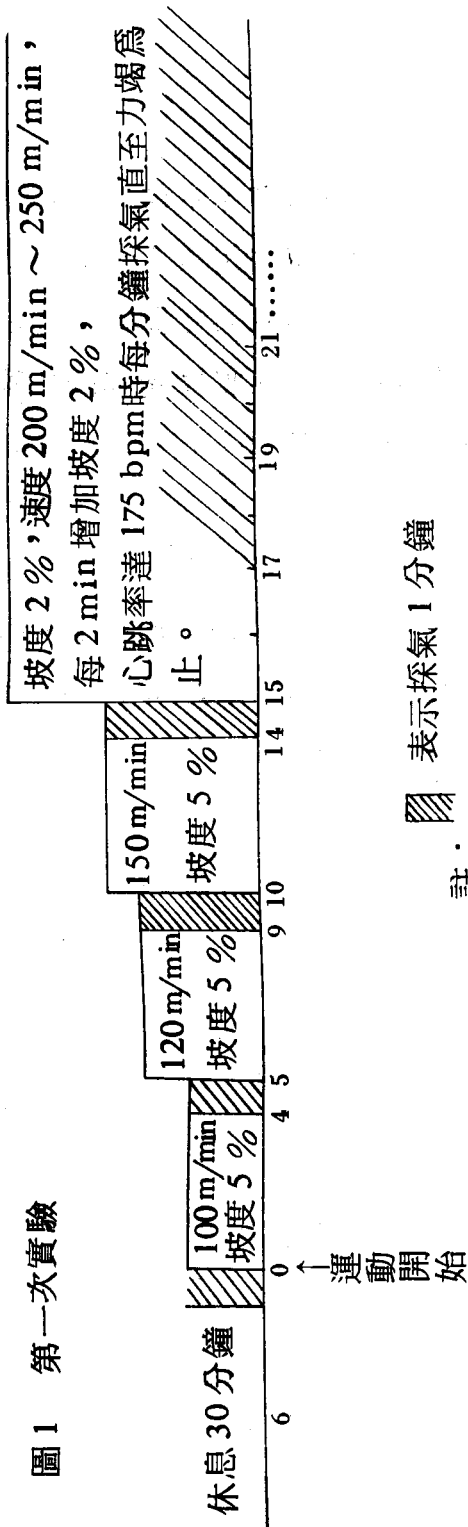
1. 受試者於休息 30 分鐘後，接受坡度 5%，速度 250 m/min ~ 360 m/min 的標準運動實驗，每次跑步之間休息 4 分鐘。第一次跑步前及第 3 次跑步休息 4 分鐘後各採血 1 cc 及各採氣 1 分鐘。

2. 受試者隨機接受休息，40% $\dot{V}O_2$ max 及 60% $\dot{V}O_2$ max 實驗處理，並於恢復期進行至第 10 分鐘及第 20 分鐘時各採血 1 cc，於恢復期進行第 4 ~ 5 分鐘，9 ~ 10 分鐘，14 ~ 15 分鐘，19 ~ 20 分鐘時各採氣 1 分鐘。並在整個實驗過程中作心跳率監督。

(三)乳酸分析

在第二、三、四次實驗時所採集的血液樣本，以 Barker and Summerson 方法分析血中乳酸 (3)。乳酸分析之試藥，器材及步驟如附表 4。

圖 1 第一次實驗



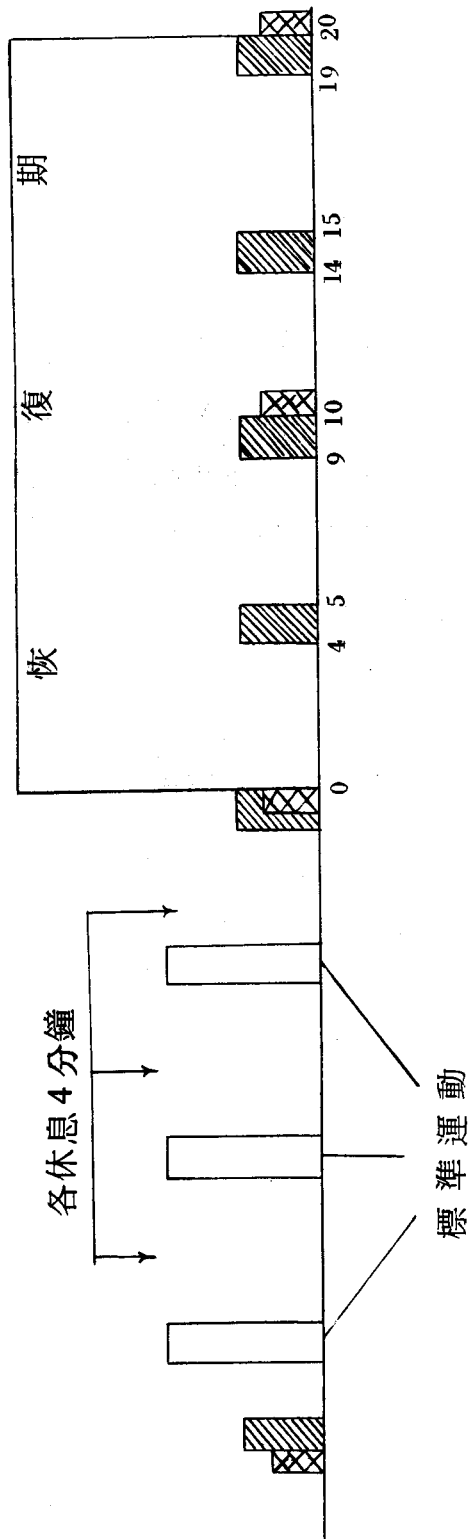
表示採氣 1 分鐘

表示採血 1 CC

註：



圖 2 第二、三、四次實驗



參、結 果

各受試者在恢復期三種實驗處理的心跳率如附表 2，兩種主動恢復 (active recovery) 的耗氧量實測值，及與預測值比較如附表 3。實驗所採集的血液樣本，經乳酸分析後，以下列四種方式表示各受試者在不同實驗處理的乳酸排除 (如表 2、3、4，圖 3a~3i)：1. 實驗過程的乳酸堆積。2. 乳酸排除率。3. 恢復期與標準運動後乳酸比。4. 安靜與恢復期乳酸比。並分別將各不同組受試者在相同實驗處理，及各同組受試者在不同實驗處理下的乳酸排除率，恢復期與標準運動後乳酸比，及安靜與恢復期乳酸比，作組間及組內的 t 考驗 (32)。並根據資料處理結果，找出各受試者、各組在恢復期中乳酸排除的最適強度 (the optimal recovery intensity)。資料處理結果如下 (表 5、6、7)。

表 2 各受試者在休息恢復實驗處理乳酸排除一覽表

受試者	實驗過程 乳酸排除	安靜時	標準 運動後	恢復期		備註
				10分鐘	20分鐘	
J. T. Chang	1	42.5	112.5	81.5	76.0	乳酸排除 1 表示：乳酸聚積量 (mg/dl) 2 表示：乳酸排除率即； $\frac{\text{標準運動乳酸} - \text{恢復期乳酸}}{\text{恢復期時間}} = (\text{mg}/100 \text{ ml} \times \text{min})$ 3 表示：恢復期與標準運動乳酸比，即： $\frac{\text{恢復期乳酸聚積}}{\text{標準運動後乳酸聚積}} \times 100 = (\%)$ 4 表示：安靜與恢復期乳酸比，即： $\frac{\text{安靜乳酸聚積}}{\text{恢復期乳酸聚積}} \times 100 = \%$
	2			3.1	1.825	
	3		100	72.4	67.6	
	4	100		52.1	55.9	
I. H. Liao	1	32.0	129.5	111	76.5	
	2			1.85	2.65	
	3		100	85.7	59.1	
	4	100		28.8	41.8	
D. T. Tsai	1	50.5	193.5	154	121.5	
	2			3.95	3.6	
	3		100	79.6	62.8	
	4	100		32.8	41.6	
M. I. Lin	1	81.0	182.5	160	136	
	2			2.25	2.325	
	3		100	87.7	74.5	
	4	100		50.6	59.6	
C. L. Tsai	1	72.0	192.5	170	114.5	
	2			2.25	3.9	
	3		100	88.3	59.5	
	4	100		42.4	62.9	
K. T. Cheng	1	66.0	166	150	138	
	2			1.6	1.4	
	3		100	90.4	83.1	
	4	100		44.0	47.8	
H. S. Chang	1	17.0	135	115	115	
	2			2.0	1.0	
	3		100	85.2	85.2	
	4	100		14.8	14.8	
K. U. Cheng	1	48.0	119	119	87	
	2			0	1.5	
	3		100	100	73.1	
	4	100		40.3	55.2	
W. S. Sü	1	50.5	114	98	80	
	2			1.6	1.7	
	3		100	86	70.2	
	4	100		51.5	63.1	

表3 各受試在 60% $\dot{V}O_2$ max 強度恢復實驗乳酸排除一覽表

受試者	實驗過程 乳酸排除	安靜時	標準 運動後	恢復期		備註
				10分鐘	20分鐘	
J. T. Chang	1	37	126.5	52.5	42.5	乳酸排除如表 2
	2			7.4	4.2	
	3		100	41.5	33.6	
	4	100		70.5	87.1	
I. H. Liau	1	63	160	130	80	
	2			3.0	4.0	
	3		100	81.3	50	
	4	100		48.5	78.8	
D. T. Tsai	1	60.5	180.5	121	85.5	
	2			5.95	4.75	
	3		100	67	47.4	
	4	100		50	70.8	
M. I. Lin	1	35.5	161.5	117	59	
	2			4.45	5.125	
	3		100	72.4	36.5	
	4	100		30.3	60.2	
C. L. Tsai	1	25	170.5	144.5	77	
	2			2.6	4.675	
	3		100	84.8	45.2	
	4	100		17.3	32.5	
K. T. Cheng	1	49	196	154	117	
	2			4.2	3.95	
	3		100	78.6	59.7	
	4	100		31.8	41.9	
H. S. Chang	1	55	184	178	150	
	2			0.6	1.7	
	3		100	96.7	81.5	
	4	100		30.9	36.6	
K. U. Cheng	1	13.5	150	138	91	
	2			1.2	2.95	
	3		100	92	60.7	
	4	100		9.8	14.8	
W. S. Sü	1	27.5	151.5	135	92.5	
	2			1.65	2.95	
	3		100	89.1	61.1	
	4	100		20.3	29.7	

表 4 各受試者在 40% $\dot{V}O_2$ max 強度恢復實驗乳酸排除一覽表

受試者	實驗過程 乳酸排除	安靜時	標準 運動後	恢復期		備註
				10 分鐘	20 分鐘	
J. T. Chang	1	75.5	118.5	92	74	乳酸排除如表 2
	2			2.65	2.225	
	3		100	77.6	62.4	
	4	100		82.1	102	
I. H. Liaw	1	28.5	145	80.5	39	
	2			6.45	5.3	
	3		100	55.5	26.9	
	4	100		35.4	73	
D. T. Tsai	1	71.5	187	164	66	
	2			2.3	6.05	
	3		100	87	35	
	4	100	147.5	138	95.5	
M. I. Lin	1	71	147.5	138	95.5	
	2			0.95	2.6	
	3		100	93.6	64.7	
	4	100		51.4	74.3	
C. L. Tsai	1	53	159	136	68	
	2			2.3	4.55	
	3		100	85.6	42.8	
	4	100		39	77.9	
K. T. Cheng	1	45.5	139.5	128	73.5	
	2			1.15	3.3	
	3		100	91.8	52.7	
	4	100		35.5	61.9	
H. S. Chang	1	54.5	142.5	126	80.5	
	2			1.65	3.1	
	3		100	88.4	56.5	
	4	100		43.3	67.7	
K. U. Cheng	1	35	147.5	140	85	
	2			0.75	3.125	
	3		100	94.9	57.6	
	4	100				
W. S. Sü	1	63	150	87	62	
	2			6.3	4.4	
	3		100	58	41.3	
	4	100		72	101.6	

表5 各組在恢復期三種實驗乳酸排除率 ($X \pm SD$)

組別	實驗處理		休 息	40 % $\dot{V}O_2$ max	60 % $\dot{V}O_2$ max
	恢復期時間				
第一組	第 10 分鐘		2.97 ± 0.86	3.80 ± 1.88	5.45 ± 1.83
	第 20 分鐘		2.69 ± 0.73	4.53 ± 1.65	4.32 ± 0.32
第二組	第 10 分鐘		2.03 ± 0.31	1.46 ± 0.59	3.75 ± 0.82
	第 20 分鐘		2.54 ± 1.03	3.48 ± 0.81	4.58 ± 0.48
第三組	第 10 分鐘		1.20 ± 0.86	2.90 ± 2.43	1.15 ± 0.43
	第 20 分鐘		1.40 ± 0.29	3.54 ± 0.61	2.53 ± 0.59

表6 各組在恢復期三種實驗恢復期與標準運動後乳酸比 ($X \pm SD$)

組別	實驗處理		休 息	40 % $\dot{V}O_2$ max	60 % $\dot{V}O_2$ max
	恢復期時間				
第一組	第 10 分鐘		79.20 ± 5.44	73.37 ± 13.20	63.27 ± 16.46
	第 20 分鐘		63.17 ± 3.48	41.40 ± 15.19	43.67 ± 7.20
第二組	第 10 分鐘		88.80 ± 1.16	90.30 ± 3.40	78.60 ± 5.06
	第 20 分鐘		72.37 ± 9.76	53.40 ± 8.95	47.10 ± 9.60
第三組	第 10 分鐘		90.40 ± 6.80	80.40 ± 16.08	92.60 ± 3.13
	第 20 分鐘		76.17 ± 6.50	51.80 ± 7.44	67.80 ± 9.70

表7 各組在恢復期三種實驗安靜與恢復期乳酸比 ($X \pm SD$)

組別	實驗處理		休 息	40 % $\dot{V}O_2$ max	60 % $\dot{V}O_2$ max
	恢復期時間				
第一組	第 10 分鐘		37.90 ± 10.10	53.70 ± 20.36	56.30 ± 10.03
	第 20 分鐘		46.40 ± 6.69	94.40 ± 15.37	78.90 ± 6.65
第二組	第 10 分鐘		45.67 ± 3.55	41.97 ± 6.80	26.47 ± 6.50
	第 20 分鐘		56.77 ± 6.48	71.37 ± 6.85	44.87 ± 11.50
第三組	第 10 分鐘		35.50 ± 15.36	46.77 ± 19.30	20.30 ± 8.60
	第 20 分鐘		44.37 ± 21.15	70.17 ± 24.70	27.03 ± 9.10

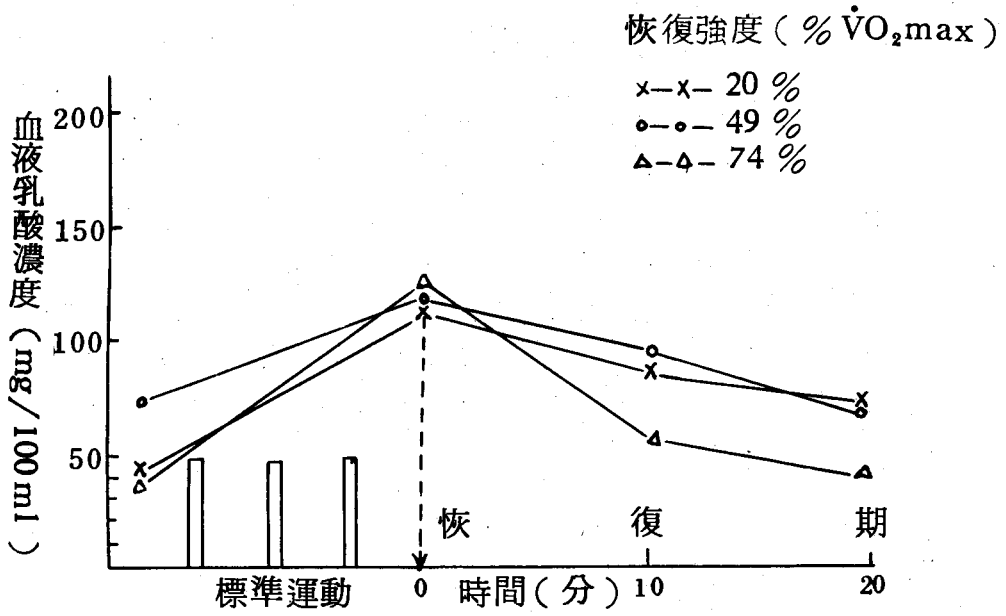


圖 3-a J. T. Chang

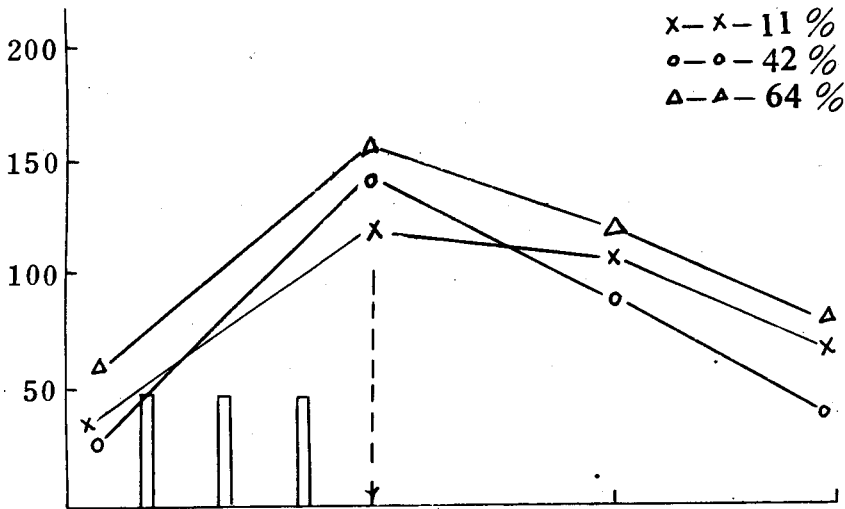


圖 3-b I. H. Liau

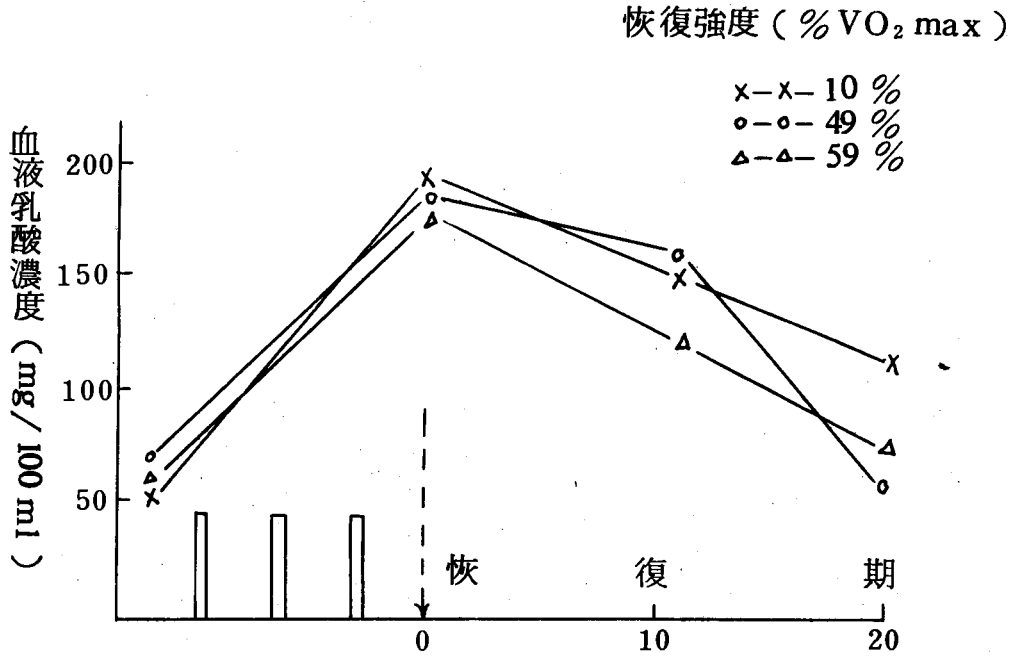


圖 3-c D.T. Tsai 時間 (分)

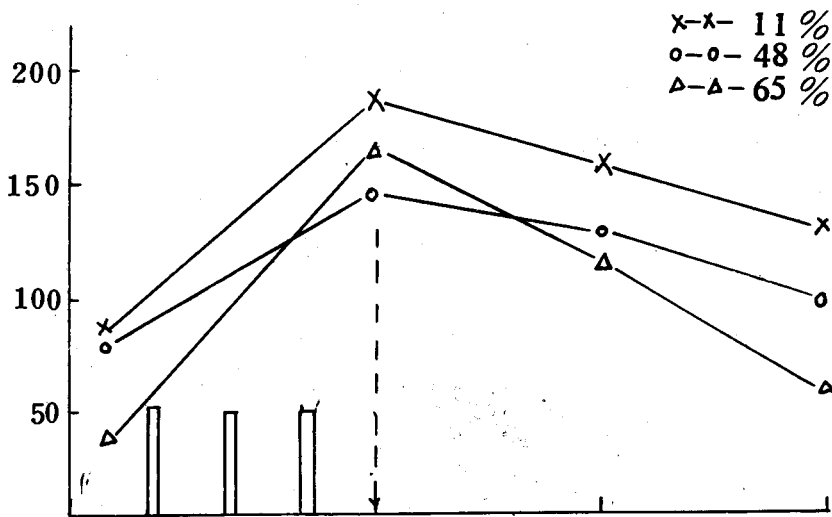
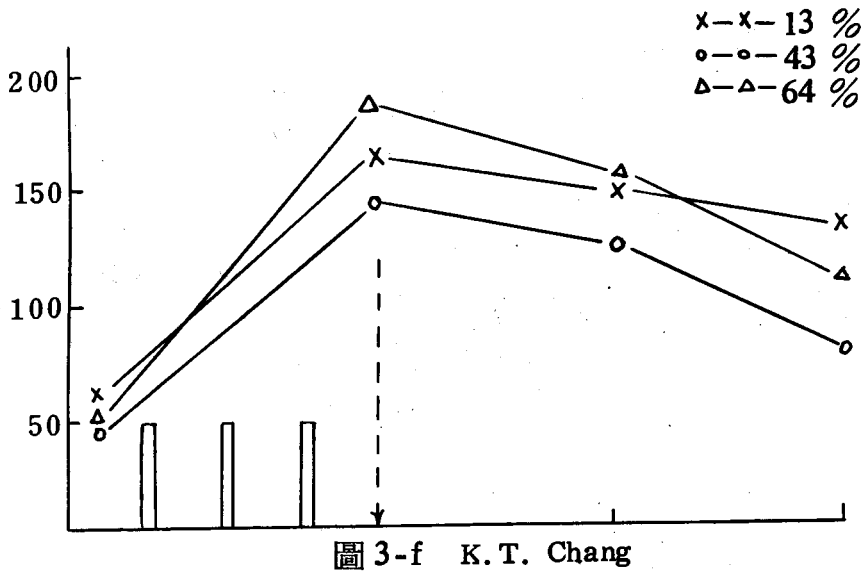
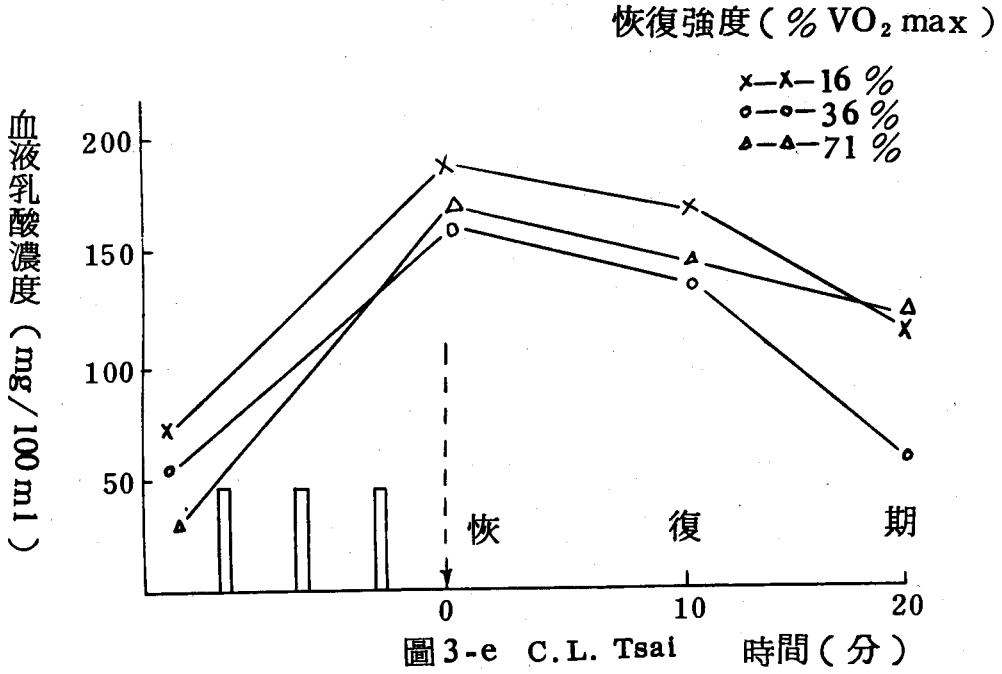
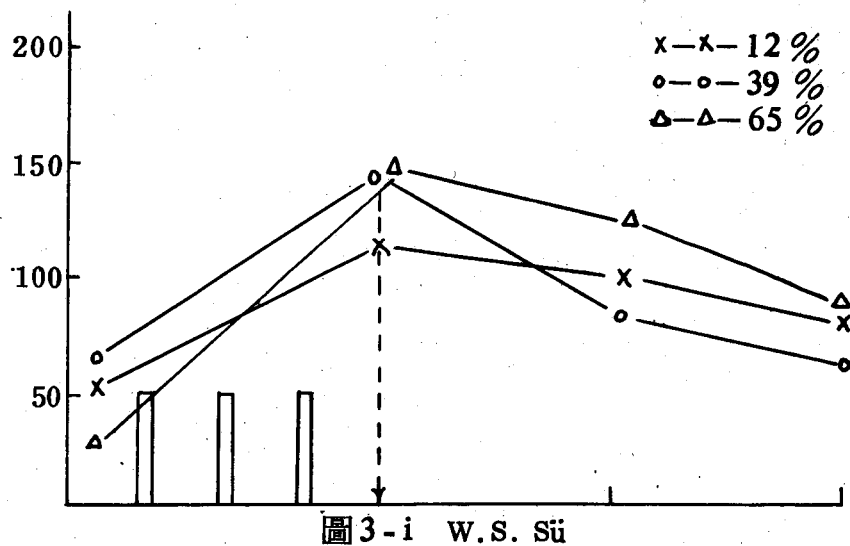
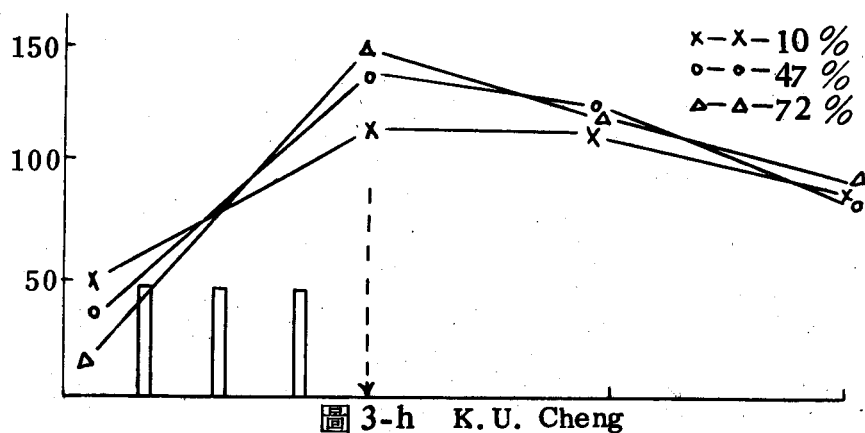
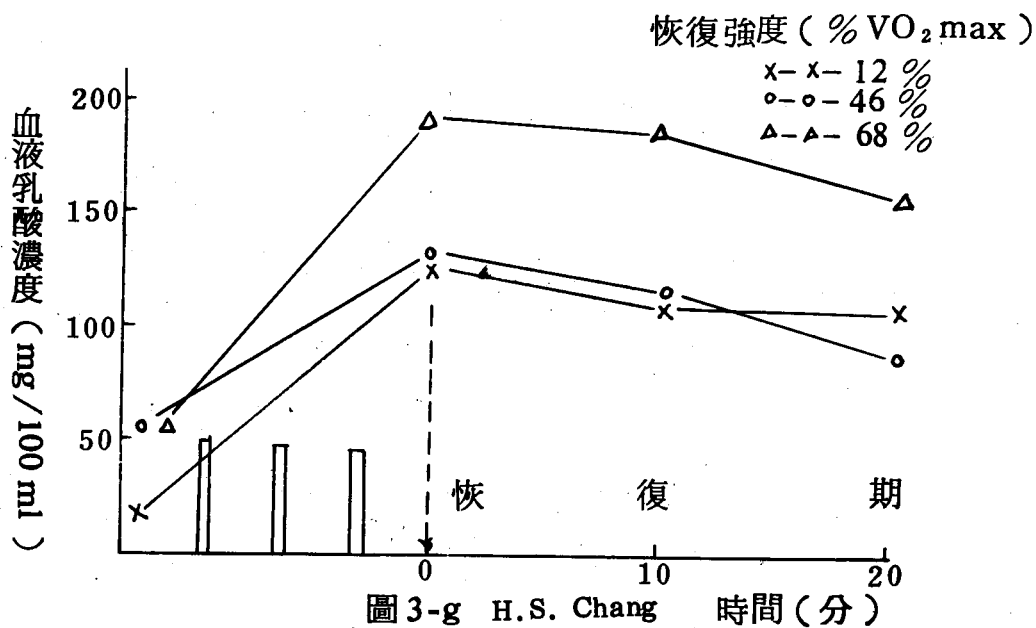


圖 3-d M.I. Lin





一、不同組在恢復期相同實驗處理的乳酸排除

不同組在相同實驗處理下的乳酸排除，以 t 值考驗各組組間差異結果如下：

(一) 乳酸排除率 (表 8)

三組在休息及 $40\% \dot{V}O_2 \max$ 時均無差異，而在 $60\% \dot{V}O_2 \max$ 處理下，第一組及第二組，均比第三組的乳酸排除率為快 ($P < .05$)。

表 8 各組受試者在恢復期三種實驗處理下乳酸排除率組間差異檢討表

組別 比較	實 驗 處 理		40% $\dot{V}O_2 \max$		60% $\dot{V}O_2 \max$	
	休 息	休 息	第 10 分 鐘	第 20 分 鐘	第 10 分 鐘	第 20 分 鐘
第一組~第二組	1.225	0.159	2.100	0.940	1.472	-0.410
第一組~第三組	1.903	1.802	0.611	0.924	4.030**	2.650*
第二組~第三組	1.082	1.407	-1.169	-0.070	3.280*	2.797*

$$t_{.95(4)} = 2.132 \quad * P < .05$$

$$t_{.99(4)} = 3.747 \quad ** P < .01$$

(二) 恢復期與標準運動後乳酸比 (表 9)

1. 在休息實驗處理時；第二組和第三組沒有差異 ($P > .05$)。第一組和第二組有差異 ($P < .05$)。第一組和第三組有很顯著的差異 ($P < .01$)。

2. 在 $40\% \dot{V}O_2 \max$ 實驗處理時；第一組和第二組有很顯著的差異 ($P < .005$ 及 $P < .05$)，第一組和第三組在恢復期的第 20 分鐘時有差異 ($P < .05$)。第二組和第三組在恢復期第 10 分鐘有差異 ($P < .05$)。

3. 在 $60\% \dot{V}O_2 \max$ 實驗處理時；各組之間均有極顯著的差異 (P

< .005)。以恢復期與標準運動後乳酸比的觀點看乳酸排除，以休息為恢復方式時，第一組比第二組、或第三組易於排除乳酸。以 $40\% \dot{V}O_2 \max$ 為恢復方式，在恢復期第 10 分鐘時，第一組及第三組均的乳酸排除快於第二組。在恢復期第 20 分鐘時，第一組的乳酸排除快於第二組及第三組，而第二組和第三組之間沒有差異。以 $60\% \dot{V}O_2 \max$ 為恢復方式，在恢復期進行 10 分鐘時，第一組的乳酸排除快於第二組及第三組。而第二組快於第三組。在 20 分鐘時，第一、二組之間沒有差異，而這兩組的乳酸排除均快於第三組。

表 9 各組受試者在恢復期三種實驗處理下恢復期與標準運動後乳酸比組間差異檢討表

組別 比較	實 驗 處 理		$40\% \dot{V}O_2 \max$		$60\% \dot{V}O_2 \max$	
	休 息	時 間	第 10 分 鐘	第 20 分 鐘	第 10 分 鐘	第 20 分 鐘
第一組~第二組	-2.890*	第 10 分 鐘	-5.858***	-3.448*	-4.660***	-1.180
第一組~第三組	4.516**	第 20 分 鐘	-1.830	-3.080*	-9.340****	-8.281***
第二組~第三組	0.800		3.164*	0.557	-6.900***	-6.647***

$$t_{.95(4)} = 2.132$$

$$* P < .05$$

$$t_{.99(4)} = 3.747$$

$$** P < .01$$

$$t_{.995(4)} = 4.604$$

$$*** P < .005$$

$$t_{.9995(4)} = 8.610$$

$$**** P < .0005$$

(三) 安靜與恢復期乳酸比 (見表 10)

1 在休息實驗處理時；第一組和第二組，第二組和第三組之間有差異 ($P < .05$)。而第一組與第三組之間無差異。亦即；第二組的乳酸排除快於第一組及第三組。

2 在 $40\% \dot{V}O_2 \max$ 實驗處理時；第一組快於第二組 ($P < .05$ 及 $P < .005$)，第一組於恢復期進行 20 分鐘時快於第三組 ($P < .005$)

。而第二、三組之間無差異。

3 在 $60\% \dot{V}O_2 \max$ 實驗處理時；第一組的乳酸排除很顯著地快於第二及第三組 ($P < .0005$)。而第二組也快於第三組 ($P < .05$ 及 $P < .005$)。以安靜與恢復期乳酸比來看乳酸排除，除了在休息實驗處理外，第一組在 $40\% \dot{V}O_2 \max$ 及 $60\% \dot{V}O_2 \max$ 二種處理時均快於第二、三組。而第二組僅在 $60\% \dot{V}O_2 \max$ 處理時快於第三組。

表 10 各組受試者在恢復期三種實驗處理下，安靜與恢復期乳酸比組間差異檢討表

組別 比較	實 驗 處 理		40 % $\dot{V}O_2 \max$		60 % $\dot{V}O_2 \max$	
	休 息	40 % $\dot{V}O_2 \max$	60 % $\dot{V}O_2 \max$	休 息	40 % $\dot{V}O_2 \max$	60 % $\dot{V}O_2 \max$
恢復 期時 間	第 10 分 鐘	第 20 分 鐘	第 10 分 鐘	第 20 分 鐘	第 10 分 鐘	第 20 分 鐘
第一組~第二組	-2.967*	-4.030**	3.175*	6.893***	10.350****	11.270****
第一組~第三組	0.671	0.540	1.570	5.400***	11.760****	18.459****
第二組~第三組	3.299*	3.330*	-1.326	0.301	2.240*	5.545***

$$t_{.95(4)} = 2.132$$

$$* P < .05$$

$$t_{.99(4)} = 3.747$$

$$** P < .01$$

$$t_{.995(4)} = 4.604$$

$$*** P < .005$$

$$t_{.9995(4)} = 8.610$$

$$**** P < .0005$$

二、相同組在恢復期不同實驗處理的乳酸排除

相同組在不同實驗處理下的乳酸排除，以 t 值考驗各組組內差異的結果如下：

(一) 乳酸排除率 (見表 11)。

第一組在休息和 $40\% \dot{V}O_2 \max$ ，及在 $40\% \dot{V}O_2 \max$ 和 $60\% \dot{V}O_2 \max$ 均無顯著差異。但以 $60\% \dot{V}O_2 \max$ 的乳酸排除率，快於休息方式 ($P < .05$)。第二組在休息和 $40\% \dot{V}O_2 \max$ 無顯著差異。於恢復期

第 10 分鐘， $60\% \dot{V}O_2 \max$ 的乳酸排除率快於 $40\% \dot{V}O_2 \max$ ($P < .05$)。而 $60\% \dot{V}O_2 \max$ 也快於休息方式 ($P < .05$)。第三組除了在 $40\% \dot{V}O_2 \max$ 時乳酸排除率快於休息方式之外 ($P < .05$)，其餘在休息和 $60\% \dot{V}O_2 \max$ 及 $60\% \dot{V}O_2 \max$ 和 $40\% \dot{V}O_2 \max$ ，均無顯著差異。

表 11 各組受試者在恢復期三種實驗處理下乳酸排除率組內差異檢討表

組別 比較	第一組		第二組		第三組	
	第 10 分鐘	第 20 分鐘	第 10 分鐘	第 20 分鐘	第 10 分鐘	第 220 分鐘
休息~ $40\% \dot{V}O_2 \max$	-0.708	-1.677	0.848	-0.977	-1.322	-3.185*
休息~ $60\% \dot{V}O_2 \max$	-2.132*	-2.245*	-2.280*	-2.342*	-0.063	1.699
$40\% \dot{V}O_2 \max$ - $60\% \dot{V}O_2 \max$	-1.209	-0.207	-2.720*	1.366	1.461	1.300

$$t_{.95(4)} = 2.132$$

$$t_{.99(4)} = 3.747$$

$$t_{.995(4)} = 4.604$$

$$t_{.9995(4)} = 8.610$$

$$* P < .05$$

$$** P < .01$$

$$*** P < .005$$

$$**** P < .0005$$

(二) 恢復期與標準運動後乳酸比 (見表 12)

第一組於恢復期進行 10 分鐘時， $60\% \dot{V}O_2 \max$ 的乳酸排除快於 $40\% \dot{V}O_2 \max$ ($P < .05$) 及休息 ($P < .005$)。在 20 分鐘時， $40\% \dot{V}O_2 \max$ 及 $60\% \dot{V}O_2 \max$ 均顯著地快於休息方式 ($P < .005$)。而 $40\% \dot{V}O_2 \max$ 及 $60\% \dot{V}O_2 \max$ 之間沒有差異。第二組於恢復期進行 10 分鐘時， $60\% \dot{V}O_2 \max$ 比 $40\% \dot{V}O_2 \max$ 及休息方式有利於乳酸排除 ($P < .005$)。第 20 分鐘時， $40\% \dot{V}O_2 \max$ 及 $60\% \dot{V}O_2 \max$

均比休息方式有利於乳酸排除 ($P < .005$)。而 $40\% \dot{V}O_2 \max$ 和 $60\% \dot{V}O_2 \max$ 二種方式之間沒有差異。第三組於恢復期進行 10 分鐘時 $40\% \dot{V}O_2 \max$ 比休息及 $60\% \dot{V}O_2 \max$ 易於排除乳酸 ($P < .05$ 及 $P < .005$)。在第 20 分鐘時， $40\% \dot{V}O_2 \max$ 比休息及 $60\% \dot{V}O_2 \max$ 有利於乳酸排除 ($P < .0005$ 及 $P < .005$)。

表 12 各組受試者在恢復期三種實驗處理下恢復期與標準運動後乳酸比組內差異檢討表

組別 比較	第一組		第二組		第三組	
	第 10 分鐘	第 20 分鐘	第 10 分鐘	第 20 分鐘	第 10 分鐘	第 20 分鐘
休息~ $40\% \dot{V}O_2 \max$	1.905	7.107 ^{***}	0.991	6.187 ^{***}	2.949 [*]	9.207 ^{****}
休息~ $60\% \dot{V}O_2 \max$	4.803 ^{***}	8.410 ^{***}	5.769 ^{***}	8.102 ^{***}	-0.985	2.934 [*]
$40\% \dot{V}O_2 \max$ - $60\% \dot{V}O_2 \max$	2.616 [*]	-0.677	5.693 ^{***}	2.064	-3.927 ^{**}	-5.453 ^{***}

$$t_{.95(4)} = 2.132$$

$$t_{.99(4)} = 3.747$$

$$t_{.995(4)} = 4.604$$

$$t_{.9995(4)} = 8.610$$

$$* P < .05$$

$$** P < .01$$

$$*** P < .005$$

$$**** P < .0005$$

(三) 安靜與恢復期乳酸比 (見表 13)

第一組於恢復期進行 10 分鐘時， $60\% \dot{V}O_2 \max$ 及 $40\% \dot{V}O_2 \max$ 二者均比休息方式很顯著地有利於乳酸排除 ($P < .005$ 及 $P < .01$)。而 $40\% \dot{V}O_2 \max$ 及 $60\% \dot{V}O_2 \max$ 二者沒有差異。在第 20 分鐘時， $40\% \dot{V}O_2 \max$ 及 $60\% \dot{V}O_2 \max$ 均遠比休息方式有利於乳酸排除 ($P < .0005$)。而 $40\% \dot{V}O_2 \max$ 也比 $60\% \dot{V}O_2 \max$ 易於排除乳酸 ($P < .005$)。第二組於恢復期進行 10 分鐘時， $60\% \dot{V}O_2 \max$ 比 40%

$\dot{V}O_2 \max$ 及休息方式有利於乳酸排除 ($P < .005$)。而休息和 40 % $\dot{V}O_2 \max$ 二者沒有差異。第 20 分鐘時，40 % $\dot{V}O_2 \max$ 和 60 % $\dot{V}O_2 \max$ 二種方式均比休息方式有利於乳酸排除 ($P < .005$ 及 $P < .01$)。而 40 % $\dot{V}O_2 \max$ 也較 60 % $\dot{V}O_2 \max$ 易於排除乳酸 ($P < .0005$)。第三組於恢復期進行 10 分鐘時，40 % $\dot{V}O_2 \max$ 比 60 % $\dot{V}O_2 \max$ 及休息方式有利於乳酸排除 ($P < .005$ 及 $P < .05$)。而休息方式也比 60 % $\dot{V}O_2 \max$ 易於排除乳酸 ($P < .01$)。在 20 分鐘時，40 % $\dot{V}O_2 \max$ 比 60 % $\dot{V}O_2 \max$ 及休息方式顯著地有利於乳酸排除 ($P < .005$ 及 $P < .0005$)。而休息方式也比 60 % $\dot{V}O_2 \max$ 易於排除乳酸 ($P < .005$)。

表 13 各組受試者在恢復期三種實驗處理下安靜與恢復期乳酸比組內差異檢討表

組別 比較	第一組		第二組		第三組	
	第 10 分 鐘	第 20 分 鐘	第 10 分 鐘	第 20 分 鐘	第 10 分 鐘	第 20 分 鐘
休息~ 40 % $\dot{V}O_2 \max$	-4.039 ^{**}	-8.200 ^{***}	1.622	-5.641 ^{***}	-2.701 [*]	-5.375 ^{***}
休息~ 60 % $\dot{V}O_2 \max$	-5.786 ^{***}	-12.550 ^{****}	8.545 ^{***}	3.958 ^{**}	4.380 ^{**}	4.447 ^{**}
40 % $\dot{V}O_2 \max$ - 60 % $\dot{V}O_2 \max$	-0.665	4.660 ^{***}	5.996 ^{***}	8.726 ^{****}	7.070 ^{***}	10.468 ^{****}

$t_{.95(4)} = 2.132$
 $t_{.99(4)} = 3.747$
 $t_{.995(4)} = 4.604$
 $t_{.9995(4)} = 8.610$

$* P < .05$
 $** P < .01$
 $*** P < .005$
 $**** P < .0005$

表 14 各組恢復期最適強度及乳酸排除率對照表 ($\bar{X} \pm SD$)

恢復期 時間 實驗處理	第 10 分 鐘			第 20 分 鐘		
	休 息	40% $\dot{V}O_2$ max	60% $\dot{V}O_2$ max	休 息	40% $\dot{V}O_2$ max	60% $\dot{V}O_2$ max
第一組 乳排 酸除	2.97 ± 0.86	3.8 ± 1.88	5.45 ± 1.83	2.69 ± 0.73	4.53 ± 1.65	4.32 ± 0.32
	15.2 ± 3.8	48.5 ± 3.2	66.2 ± 4.3	12.4 ± 5.0	45.2 ± 3.5	65.1 ± 7.2
第二組 乳排 酸除	2.03 ± 0.31	1.47 ± 0.59	3.75 ± 0.82	2.54 ± 1.03	3.48 ± 0.81	4.58 ± 0.48
	15.6 ± 2.5	41.6 ± 6.8	68.0 ± 3.4	10.6 ± 1.0	42.7 ± 3.2	65.1 ± 3.0
第三組 乳排 酸除	1.2 ± 0.86	2.9 ± 2.43	1.15 ± 0.43	1.4 ± 0.29	3.54 ± 0.61	2.53 ± 0.59
	12.5 ± 0.99	46.3 ± 4.2	65.9 ± 5.6	10.2 ± 0.7	41.8 ± 3.0	70.6 ± 1.5

註：乳酸排除 (mg / 100 ml × min) ，恢復強度 (% $\dot{V}O_2$ max)

表 15 各組恢復期最適強度及恢復期與標準運動後乳酸比對照表 ($\bar{X} \pm SD$)

恢復期 時間 實驗處理	第 10 分 鐘			第 20 分 鐘		
	休 息	40 % $\dot{V}O_2$ max	60 % $\dot{V}O_2$ max	休 息	40 % $\dot{V}O_2$ max	60 % $\dot{V}O_2$ max
第 一 組 乳 排 酸 除	79.2 ± 5.44	73.37 ± 13.2	63.27 ± 16.46	63.17 ± 3.48	41.4 ± 15.19	43.67 ± 7.2
第 一 組 恢 強	15.2 ± 3.8	48.5 ± 3.2	66.2 ± 4.3	12.4 ± 5.0	45.2 ± 3.5	65.1 ± 7.2
第 二 組 乳 排 酸 除	88.8 ± 1.16	90.3 ± 3.4	78.6 ± 5.06	72.37 ± 9.76	53.4 ± 8.95	47.1 ± 9.6
第 二 組 恢 強	15.6 ± 2.5	41.6 ± 6.8	68.0 ± 3.4	10.6 ± 1.0	42.7 ± 3.2	65.1 ± 3.0
第 三 組 乳 強 酸 度	90.4 ± 6.8	80.4 ± 16.08	92.6 ± 3.13	76.17 ± 6.5	51.8 ± 7.44	67.8 ± 9.7
第 三 組 恢 強	12.5 ± 0.99	46.3 ± 4.2	65.9 ± 5.6	10.2 ± 0.7	41.8 ± 3.0	70.6 ± 1.5

註：乳酸排除 (%) ， 恢復強度 (% $\dot{V}O_2$ max)

表 16 各組恢復期最適強度及安靜與恢復期乳酸比對照表 ($\bar{X} \pm SD$)

恢復期 時間 實驗處理	第 10 分 鐘			第 20 分 鐘		
	休 息	40% $\dot{V}O_2$ max	60% $\dot{V}O_2$ max	休 息	40% $\dot{V}O_2$ max	60% $\dot{V}O_2$ max
第 一 組 乳 酸 排 除	37.9 ± 10.1	53.7 ± 20.36	56.3 ± 10.03	46.4 ± 6.69	94.4 ± 15.37	78.9 ± 6.65
第 一 組 恢 復 度	15.2 ± 3.8	48.5 ± 3.2	66.2 ± 4.3	12.4 ± 5.0	45.2 ± 3.5	65.1 ± 7.2
第 二 組 乳 酸 排 除	45.67 ± 3.55	41.97 ± 6.8	26.47 ± 6.5	56.77 ± 6.48	71.37 ± 6.85	44.87 ± 11.5
第 二 組 恢 復 度	15.6 ± 2.5	41.6 ± 6.8	68.0 ± 3.4	10.6 ± 1.0	42.7 ± 3.2	65.1 ± 3.0
第 三 組 乳 酸 排 除	35.5 ± 15.36	46.77 ± 19.3	20.3 ± 8.6	44.37 ± 21.16	70.17 ± 24.7	27.03 ± 9.1
第 三 組 恢 復 度	12.5 ± 0.99	46.3 ± 4.2	65.9 ± 5.6	10.2 ± 0.7	41.8 ± 3.0	70.6 ± 1.5

註：乳酸排除 (%)，恢復強度 (% $\dot{V}O_2$ max)

三、最適恢復強度 (the optimal recovery intensity)

由三種實驗處理所得資料，經過乳酸排除率，恢復期與標準運動後乳酸比，及安靜與恢復期乳酸比的分析，並找出各組受試者在三種乳酸排除情形下的相對強度 ($\% \dot{V}O_2 \max$)，是為本研究中各組受試者在恢復期的最適強度 (表 14，15，16 及圖 4，5，6，7)。

三種實驗處理的過程所記錄的心跳率 (見附表 2) 中，配合乳酸排除，得知各受試者在相對恢復強度下的心跳率，是為本研究中各受試者恢復期最適心跳率 (見表 17)。

表 17 各受試者最適強度心跳率一覽表

受 試 者	最適強度心跳率 $X \pm SD$ (bpm)	安靜心跳率	最大心跳率
J. T. Chang	144.6 ± 3.6	65	195
I. H. Liau	131.2 ± 1.6	66	190
D. T. Tsai	154 ± 1.7	70	200
M. I. Lin	155.8 ± 4.5	70	200
C. L. Tsai	178.0 ± 4.0	84	220
K. T. Cheng	174.4 ± 3.0	75	210
H. S. Chang	129.5 ± 5.0	73	195
K. U. Cheng	150.5 ± 6.8	74	200
W. S. Sü	160.9 ± 5.7	72	210

註：最適強度心跳率資料得自附表 2 ($X \pm SD$)

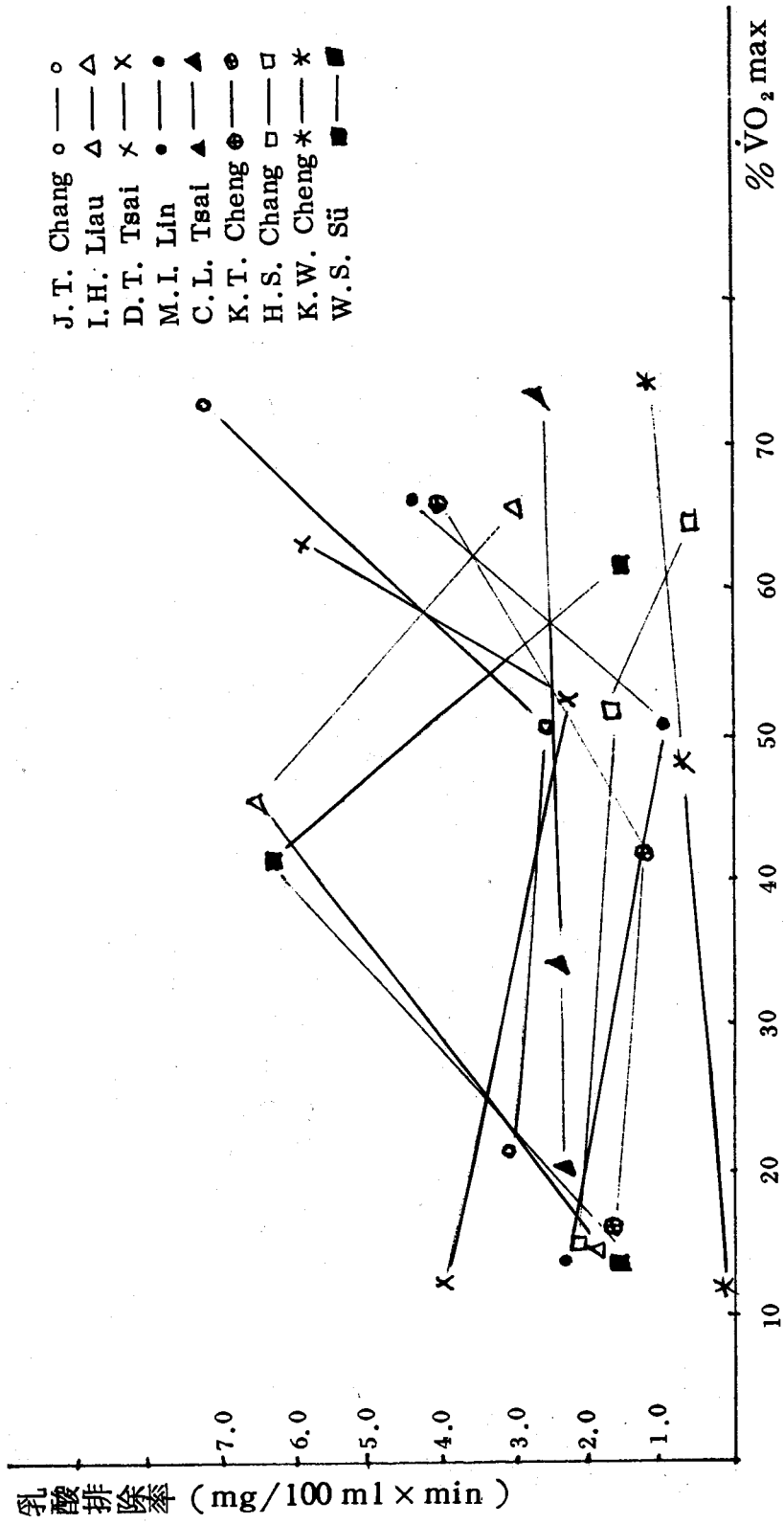


圖 4 各受試者在恢復期三種實驗處理 10 分鐘的乳酸排除率 (mg/100 ml x min)

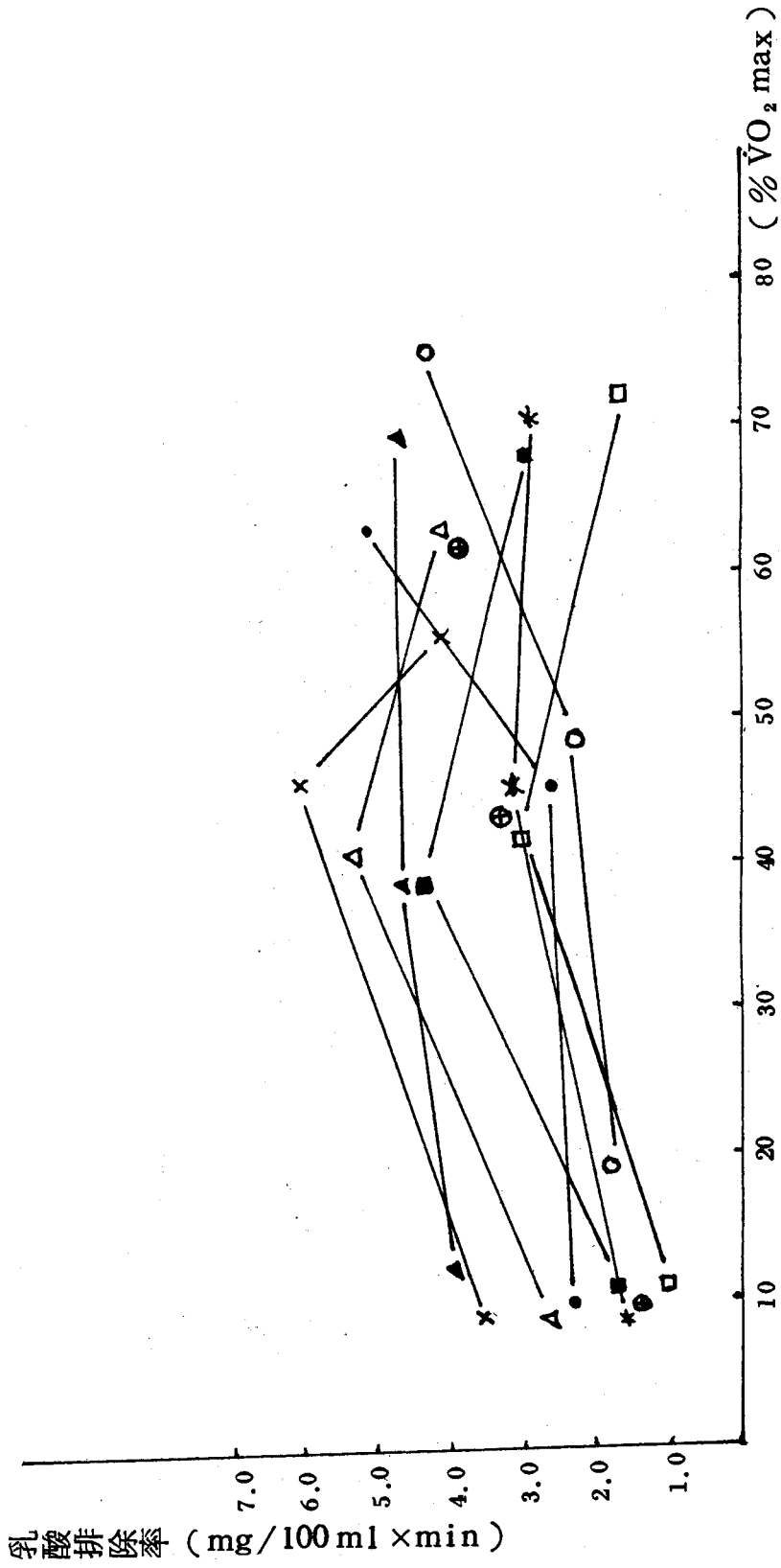


圖 5 各受試者在恢復期三種實驗處理下 20 分鐘的乳酸排除率 (mg/100 ml x min)

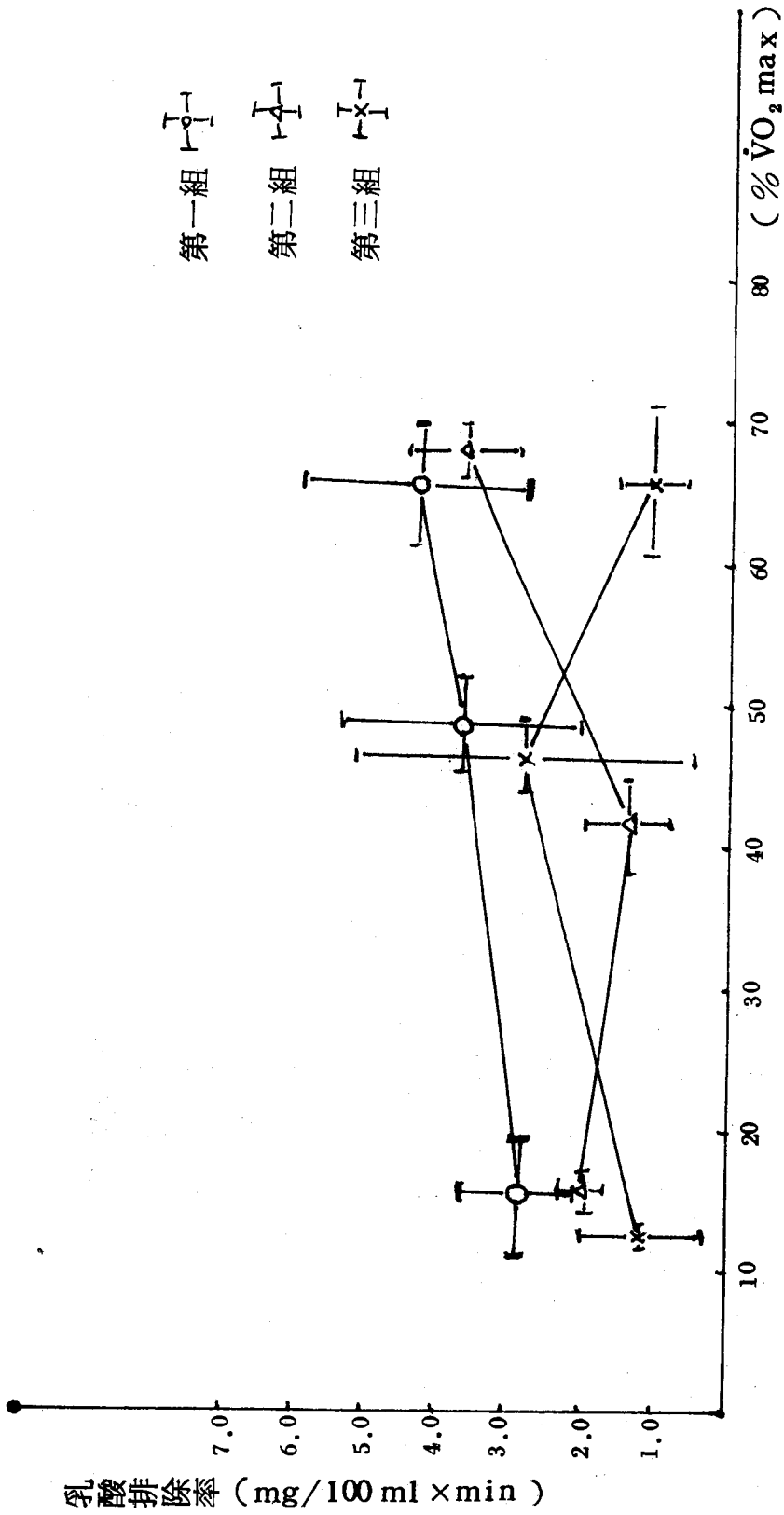


圖 6 三組受試者在恢復期三種實驗處理實施 10 分鐘的乳酸排除率 (mg / 100 ml × min)

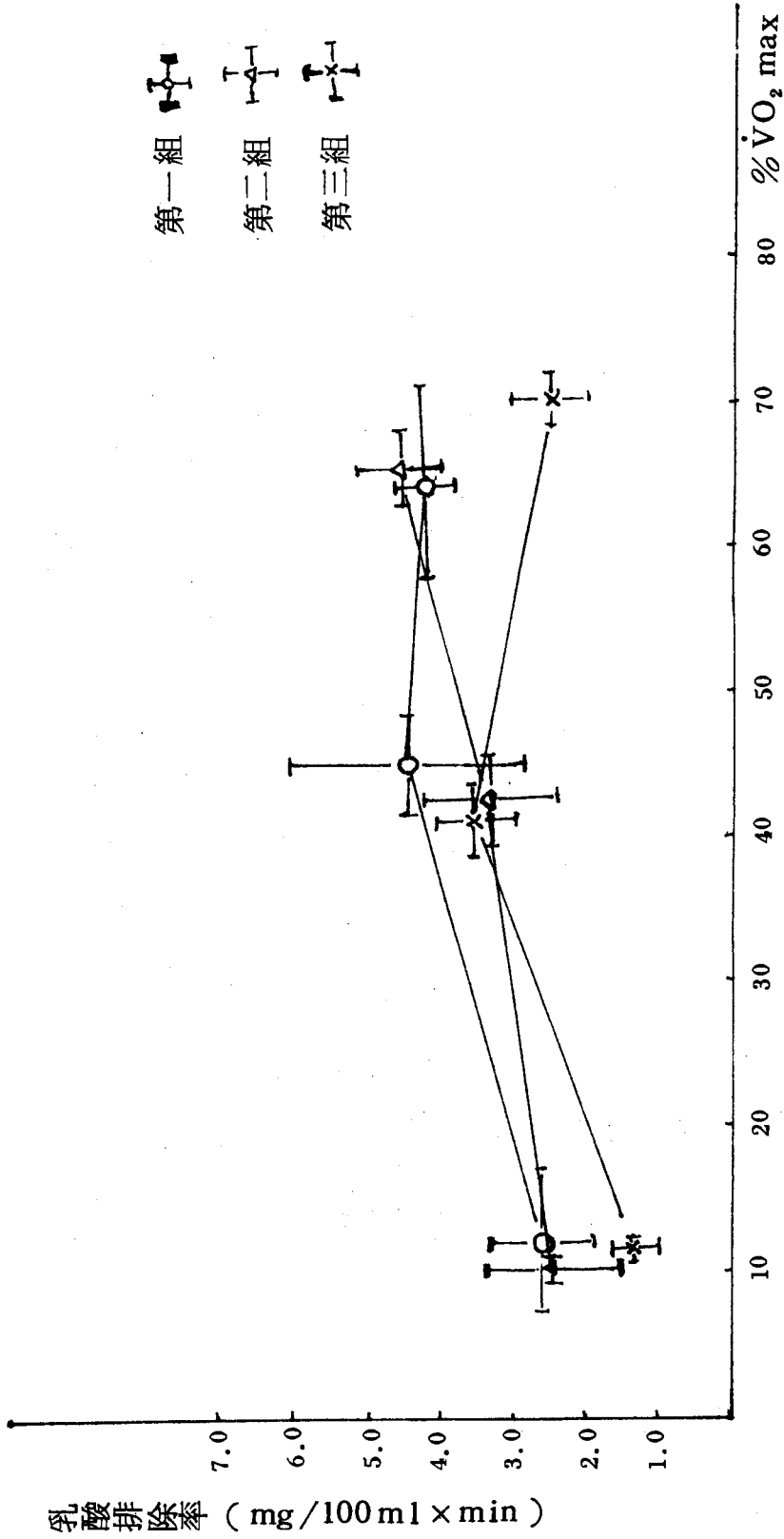


圖7 三組受試者在恢復期三種實驗處理實施 20 分鐘的乳酸排除率 (mg / 100 ml × min)

肆、討 論

Belcastro 及 Bonen (4), Davis (10) 等共同指出：主動恢復對乳酸排除較被動恢復有利。Royce (25), Jorfeldt (18) 則支持被動恢復而認為；心跳率可快速地恢復至安靜水準，並增加淨耗氧量恢復至安靜水準的速率。但如以血中乳酸排除的觀點看，近代學者如 Hermansen 及 Stensvold (16), Bonen 及 Belcastro (5), Katch (20) , 及 Jervell (17) 等均共同支持主動恢復較被動恢復有效的觀點，即認為；運動中的骨骼肌能吸收乳酸，迅速地轉化成 CO_2 ，而此一吸收率與血流率有關 (18)。訓練者有較多的紅肌纖維 (14) 及乳酸去氫酶 LDH (19)，因此；訓練者的骨骼肌能快速地代謝乳酸。本研究即立足於乳酸排除率，恢復期與標準運動後乳酸比，及安靜與恢復期乳酸比等三方面，討論乳酸排除問題。

一、乳酸排除率

Belcastro 及 Bonen (4) 的研究中指出，以約 $30\% \sim 45\% \dot{V}\text{O}_2 \text{ max}$ 作為恢復強度時，乳酸排除率為 $3.2 \text{ mg}/100 \text{ ml} \times \text{min}$ 。Hermansen 及 Stensvold (16) 的研究指出，在 $70\% \dot{V}\text{O}_2 \text{ max}$ 恢復強度下的乳酸排除率為 $8 \text{ mg}/100 \text{ ml} \times \text{min}$ 。Bonen 及 Belcastro (5) 的研究也指出，在 $57 \sim 70\% \dot{V}\text{O}_2 \text{ max}$ 的乳酸排除率，從恢復期的 0 至 10 分鐘為 $7.1 \text{ mg}/100 \text{ ml} \times \text{min}$ 。本研究發現；不同組別之受試者，在不同恢復強度下的乳酸排除率各有不同，惟可指出，攝氧能量較高者，若採用較高的恢復強度，則乳酸排除率較快。從恢復期的 0 至 10 分鐘來看，第一組以 $66.2 \pm 4.3\% \dot{V}\text{O}_2 \text{ max}$ 作為恢復強度的乳酸排除率為 $5.45 \pm 1.83 \text{ (mg}/100 \text{ ml} \times \text{min})$ 。第二組以 $68 \pm 3.4\% \dot{V}\text{O}_2 \text{ max}$ 為恢復

強度的乳酸排除率為 3.75 ± 0.82 (mg / 100 ml \times min)。第三組以 $65.9 \% \pm 5.6 \% \dot{V}O_2 \max$ 為恢復強度的乳酸排除率只有 1.15 ± 0.43 (mg / 100 ml \times min)。經過恢復期 20 分鐘的乳酸排除率，因為受恢復時間的影響，乳酸排除率相形減小(見表 2、3、4)。在高攝氧能量的受試者中，本研究的結果與 Bonen 及 Belcastro (5) 及 Hermansen 及 Stensvold (16) 相似，但在低攝氧能量受試者中，即不符合 Hermansen 的論點：「 $55 \% \sim 70 \% \dot{V}O_2 \max$ 為乳酸排除的最適強度」，却支持了 Katch 等 (20)：「低攝氧能量者不能和高攝氧能量者一樣，採用較高的有氧性運動強度而不致達到無氧閾值」的說法。

在本研究中，以乳酸排除率的觀點作資料處理時發現，在以休息作為恢復期實驗處理時，第一組和第三組却沒有差異。這個結果與 Carlsson 及 Pernow (7) 的觀點大有不同，他們認為：「不同乳酸排除率，是由於受試者不同體能水準」。而且與本研究的基本假設相違背。經過統計分析後發現，這是由於第一組與第三組二者的組內變異太大，造成 t 值不顯著之故(第一組 2.97 ± 0.86 ，第三組 1.2 ± 0.86)。

在同組，不同實驗處理下的乳酸排除率，第一組採用 $60 \% \dot{V}O_2 \max$ 比採用休息有效。第二組採用 $60 \% \dot{V}O_2 \max$ 比採用 $40 \% \dot{V}O_2 \max$ 及休息有效。第三組則採用 $40 \% \dot{V}O_2 \max$ 比採用休息有效。而休息方式和 $60 \% \dot{V}O_2 \max$ 沒有差異。

在不同組，相同實驗處理下的乳酸排除率，第一組和第二組在 $60 \% \dot{V}O_2 \max$ 處理時均比第三組有利於乳酸排除，由結果可知一趨勢，即各組採用主動恢復均比採用被動恢復有利於乳酸排除，第三組不適宜採用過高的恢復強度。

二、恢復期與標準運動後乳酸比

Bonen 及 Belcastro (5) 對 7 名最大攝氧量 $57 \sim 73$ mg / kg / min 受

試者的研究中發現，在恢復期採用連續慢跑者，在恢復期進行 10 分鐘時，標準運動後的乳酸已減少了 50 %，而採用間斷性慢跑者人耗時 15 分鐘，採用休息方式者需時 20 分鐘才有同樣的結果。在 Belcastro and Bonen (4) 對最大攝氧量 40 ~ 50.9 ml/kg/min 受試者的研究中指出，恢復期第 10 分鐘，採休息方式者只恢復至標準運動後乳酸值約 82 %，另外二組採主動恢復者各為 78 % 及 81 %。本研究中，第一組受試者採用休息方式，經 20 分鐘恢復期後，恢復至標準運動後乳酸值的 63.2 %，第二組為 72.4 %，第三組則為 76.2 %。採用主動恢復 10 分鐘後，第一組恢復至 63.3 %，這個結果和 Bonen 及 Belcastro (5) 的研究相類似。而稍高於 Belcastro and Bonen (4) 的研究。這或許是所採用的受試者，攝氧能量不同的緣故。

以恢復期與標準運動後乳酸比，乳酸之排除量受標準運動後乳酸堆積量的高低影響很大。在 Schneider 等 (26) 指出，乳酸的堆積量因運動型式及運動持續時間之不同而有差異。本研究採用 3 次 250 m ~ 360 m/min 跑步後的乳酸堆積量，休息時為 149.4 ± 32.2 (mg/100ml)，40 % $\dot{V}O_2$ max 時為 148.5 ± 17.1 (mg/100ml)，60 % $\dot{V}O_2$ max 時為 164.5 ± 19.8 (mg/100ml)，高於 Belcastro (4) 以作 6 分鐘踏車得到的乳酸值約 92 (mg/100ml)，及 Bonen and Belcastro (5) 以 92 % $\dot{V}O_2$ max 在跑步機上作 6 分鐘跑步所得乳酸值 (110 mg/100ml)。可能是因為彼此間使用不同強度的標準運動所導致的結果。

本研究中，同組，在不同實驗處理下的乳酸排除，第一組採用 60 % $\dot{V}O_2$ max 比採用 40 % $\dot{V}O_2$ max 有效，採用 40 % $\dot{V}O_2$ max 比採用休息方式有效。第二組和第一組所得的結果一樣。第三組採用 40 % $\dot{V}O_2$ max 比採用 60 % $\dot{V}O_2$ max 或休息方式有利於乳酸排除。而採用 60 % $\dot{V}O_2$ max 和休息方式二者之間沒有差異。

不同組，在相同實驗處理下的乳酸排除，採用休息方式時，第一組

比第二組或第三組有利於乳酸排除。採用 40 % $\dot{V}O_2$ max 及 60 % $\dot{V}O_2$ max 時，第二組的乳酸排除快於第三組。總之，以恢復期與標準運動後乳酸比來說，高攝氧能量者無論在任何恢復方式之下，均較低攝氧能量者易於排除乳酸。

三、安靜與恢復期乳酸比

這是以安靜時的乳酸值為 100 %，觀察經過恢復期 10 分鐘及 20 分鐘實驗處理後，乳酸排除為安靜時的多少百分比。數值越大，表示實驗處理對激烈運動後的乳酸排除越多。此一數值受安靜乳酸值的大小影響很大。在 Bonen, Hermansen 及 Katch 等人的研究中，均未能以此觀點觀察乳酸排除問題。

由於以安靜與恢復期乳酸比觀察乳酸排除，深受安靜乳酸值大小的影響。本研究中，第一組和第二組，在休息方式下，反而第二組的乳酸排除快於第一組，這個結果與乳酸排除率和恢復期與標準運動後乳酸比作資料處理所得的結果不同。這是因為第一組在安靜時的平均乳酸值約為 41 mg / 100 ml，而第二組則約為 73 mg / 100 ml 之故。

另外；第一組受試者 J. T. Chang, 在 60 % $\dot{V}O_2$ max 實驗處理時之安靜乳酸值為 37 mg / 100 ml, 20 分鐘恢復期實驗處理後，乳酸值自 126.5 mg / 100 ml 降至 42.5 mg / 100 ml, 此一數值只為安靜值的 87.1 %，而該受試者在 40 % $\dot{V}O_2$ max 實驗處理的安靜乳酸值為 75.5 mg / 100 ml, 20 分鐘實驗處理後的乳酸值自 118.5 mg / 100 ml 降至 74 mg / 100 ml, 以安靜與恢復期乳酸比的觀點看，此一數值為安靜值的 102 %，對於該組組平均的影響很大，以致兩種實驗處理比較時得到相反的結果。

再則；第二組在 60 % $\dot{V}O_2$ max 及休息方式比較組內乳酸排除情形時，因為在 60 % $\dot{V}O_2$ max 實驗處理的安靜乳酸值約為 37 mg / 100 ml，而在休息方式時，安靜乳酸值為 73 mg / 100 ml，也是因為安靜乳酸

值差異太大而影響實驗結果。

以安靜與恢復期乳酸比來看乳酸排除，除了以上敘述外，不同組在相同實驗處理的乳酸排除，採用休息方式時，第二組顯著地快於第三組。採用 40 % $\dot{V}O_2 \max$ 時，第一組顯著地快於第二及第三組，而第二、三組之間沒有差異。採用 60 % $\dot{V}O_2 \max$ 時，第一組顯著地快於第二、三組，第二組也快於第三組。足見採用 60 % $\dot{V}O_2 \max$ 時，高攝氧量者的乳酸排除比低攝氧量者的乳酸排除顯著地有效。

同組，不同實驗處理下的乳酸排除，第一組，採用 40 % $\dot{V}O_2 \max$ 及 60 % $\dot{V}O_2 \max$ 比採用休息方式乳酸排除有效。第二組，採用 40 % $\dot{V}O_2 \max$ 較採用 60 % $\dot{V}O_2 \max$ 及休息方式的乳酸排除有效。第三組採用 40 % $\dot{V}O_2 \max$ 較休息方式及 60 % $\dot{V}O_2 \max$ 的乳酸排除有效。

四、最適恢復強度

從本研究中各組受試者所得的資料來看，各組所採用的恢復強度，第一組以 45 % $\dot{V}O_2 \max$ 及 66 % $\dot{V}O_2 \max$ ，第二組以 43 % $\dot{V}O_2 \max$ 及 68 % $\dot{V}O_2 \max$ ，第三組以 42 % $\dot{V}O_2 \max$ 及 46 % $\dot{V}O_2 \max$ 對乳酸排除較快，即視為各組的最適強度。

Whipp and Wasserman 等人 (30) 指出，恢復期的最適強度正好稍低於個人的無氧閾值 (anaerobic threshold)。Davis (11), Shephard (27) 等人也指出，健康的非訓練者之無氧閾值界於 55 % ~ 65 % $\dot{V}O_2 \max$ 之間。以本研究的結果來看，第三組的最適強度約為 42 % ~ 46 % $\dot{V}O_2 \max$ 之間，較 Davis 等人的估計為低。

Weltman 和 Katch (29) 指出，高攝氧能量者能以較高強度運動而延遲無氧閾值的到達時間。Hermansen (16) 對一羣訓練者的研究指出，60 % ~ 80 % $\dot{V}O_2 \max$ 為乳酸排除的臨界強度 (critical level)。本研究中，第一組和第二組受試者在實驗中所得的結果，部份與 Hermansen 相

類似，但乳酸排除率低於 Hermansen 的實驗結果。本研究中所使用的實驗處理太少，可能是導致研究結果與其他學者有出入的主要原因。

Morehouse (22) 認為，如果以心跳率作為運動強度的指標，激烈運動後以不使心跳率低於 120 bpm 作為恢復強度最為理想。並進一步認為

心跳率在 $(HR_{max} - \frac{HR_{max} - HR_{rest}}{3})$ 是最適合的恢復強度。本研

究中，在第二、三、四次實驗過程中，作心跳率監督 (pulse rate monitoring) 的結果，發現所有受試者在其最適恢復強度時的心跳率均高於

120 bpm。除了二位受試者外，其餘與 Morehouse 的觀點：最適恢復

強度： $HR_{max} - \frac{HR_{max} - HR_{rest}}{3}$ 很相近，表(7)。惟由本研究結果

認為此一觀點深受個人最大心跳率的影響。

伍、結 論

本研究採用三組不同攝氧能量受試者，經三種恢復期實驗處理，所得資料以乳酸排除率，恢復期與標準運動後乳酸化，安靜與恢復期乳酸比等三個觀點，觀察乳酸排除情形的結果，得到以下結論：

1. 主動恢復比被動恢復有利於乳酸排除。
2. 以休息為恢復方式，攝氧能量高者的乳酸排除快於攝氧能量低者。
3. 攝氧能量較高者在較高的恢復強度下，比攝氧能量較低者易於排除乳酸。
4. 攝氧能量高者的恢復方式，以採用 45 %至 70 % $\text{VO}_2 \text{ max}$ ；攝氧量低者以採用 40 %至 46 % $\text{VO}_2 \text{ max}$ 作為恢復強度時的乳酸排除比較快。
5. 攝氧能量低者如想要在激烈運動後儘快恢復至安靜時的乳酸值，則在激烈運動後採用休息方式，比採用過高強度的恢復運動更容易排除乳酸。

陸、參考文獻

一、英文部份

1. Astrand, P.O. : Human Physical fitness with special reference to sex and age. *Physiol. Rev.* 1956, 36: 307.
2. Astrand, P.O., and Rodahl, K. : Textbook of work Physiology, McGraw-Hill Book Co., New York, 1970, pp. 318, 359-360, 408, 608.
3. Barker, S.B. : Methods in Enzymology, (Preparation and Colorimetric Determination of Lactic Acid), The Johns Hopkins - Univeristy Maryland, 1955, Vol. IV, pp. 241-246.
4. Belcastro, A.N., and Bonen, A. : Lactic acid Removal Rates during Controlled and Uncontrolled Recovery Exercise. *J. Appl. Physiol.* 1975, 39(6): 932-936.
5. Bonen, A., and Belcastro, A.N. : Comparison of Self-selected Recovery Methods on Lactic acid Remoral Rates, *Med. Sci. Sports*, 1976, 8 (3): 176-178.
6. Bjorgum, R.K., and Sharkey, B.J. : Inhalation of Oxygen as an aid to Recovery After Exertion, *The Research Quarterly*, 37 (4): 462-467.
7. Carlson, L.A., and Pernow, B. : Study on Peripheral Circulation and Metabolism in Man I. Oxygen Utilization and Lactate Pyruvate Formation in the Legs at rest and during Exercise in Healthy Subjects. *Acta Physiol. Scand.* 1961, 52: 328-342.
8. Clarke, D.H., and Stelmach, G.E. : Musmlar Fatigue and Recovery Curve Parameters at Various Temperatures. *The Research Quarterly*, 37(4): 468-479.

9. Costill, D. L. : Metabolic Responses During Distance Running. *J. Appl. Physiol.* 1970, 28: 251.
10. Davis, C. T. M., Knibb, A. V., and Musgrove, J. : The Rate of Lactic acid Removal in Relation to Different Baselines of Recovery Exercise. *Int. Z. angew. physiol.*, 1970. 28: 155-161.
11. Davis, J. A., Vodak, P., Wilmore, J. H., Vodak, J., and Kurtz, P. : Anaerobic Threshold and Maximal Aerobic Power for Three Modes of Exercise, *J. Appl. Physiol.* 1976, 41: 544-550.
12. Falls, H. B., and Richardson, R. D. : Comparison of Recovery Procedures for the Reduction of Exercise Stress. *The Research Quarterly*, 38(4): 550-555.
13. Fox, E. : Differences in Metabolic Alterations with Sprint Versus Endurance Interval Training. In Howald, H., and Poortmans, J. (eds): *Metabolic Adaptions to Prolong Physical Education*. Basel, Switzerland, Birkhausen Verlag, 1975, pp. 119-126.
14. Golinick, P. D., Armstrong, R. B., Saubert, C. W., Pichl, K., and Saltin, B. : Enzyme Activity and Fiber Composition in Skeletal Muscle of Untrained and Trained Men, *J. Appl. Physiol.*, 1972, 32: 312-319.
15. Hagerman, F. C., Bowers, R. W., Fox, E. L., and Ersing, W. W. : The Effects of Breathing 100 Percent Oxygen During Rest, Heavy Work, and Recovery. *The Research Quarterly*. 39 (4): 965-974.
16. Hermansen, L., and Stensvold, I. : Production and Removal of Lactate During Exercise in Man. *Acta. Physiol. Scand.* 1972, 86: 191-201.
17. Jervell, O. : Investigation of Concentration of Lactic acid in Blood and Urine under Physiologic and Pathologic Conditions. *Acta. Med. Scand.* 1928, 24:1.
18. Jorfeldt, L. : Metabolism of L (+)- Lactate in Human Skeletal Muscle during Exercise. *Acta Physiol. Scand. Supplement*, 1970, 338.
19. Karlsson, J., Sjodiu, B., Thorstensson, A., Rlulten, B., and

- Firith, K. : LDH Isozymes in Skeletal Muscles of Endurance and Strength Trained Athletes. *Acta. Physiol. Scand.* 1975, 93:150-156.
20. Katch, V.L., Gilliam, T., and Weltman, A. : Active vs. Passive Recovery from short-term Supramaximal Exercise. *The Research Quarterly*, 49 (2):153-161.
21. Masksud, M.G. and Coutts, K.D. : Comparision of Continuous and Discontinuous Graded Treadmil Test for Maximal Oxygen Uptake. *Med. Sci. Sports.* 1971, 3:63-65.
22. Morehouse, L.E., and Miller, A.T. : Physiology of Exercise, The C.V. Mosby Company, Saint Louis, 1976, pp. 266.
23. Poortmans, J.R., Labilloy, D., Niset, G. and Sellier, M. : Relationship Between Post-Exercise Proteinuria and Venous Lactate. *Med. Sci. Sports.* 1981. 13(2): 84.
24. Roundy, E.S., and Cooney, L.D. : Effectiveness of Rest, Abdominal Cold Packs, and Cold Showers in Relieving Fatigue. *The Research Quarterly*, 39(3): 690-695.
25. Royce, R. : Active and Passive recovery from Maximal Aerobic Capacity work. *Int. Z. Ingew. Physiol.* 1969. 37:1-8.
26. Schneider, E.G., Robinson, S., and Newton, J. : Oxygen Debt in Aerobic work. *J. Appl. Physiol.* 1968, 25: 58.
27. Shephard, R. T. : Standardization of Submaximal Exercise Tests. *Bull. W.H.O.* :1968, 38: 765.
28. Stull, G.A., and Kearney, J.T. : Recovery of Muscular Endurance Following Submaximal, Isometric Exercise. *Med. Sci. Sports.* 1978, 10(2): 109-112.
29. Weltman, A., and Katch, V.L. : Relationship between the onset of Metabolic Acidosis and Maximal Oxygen Uptake. *J. Sports Med.* 1979, 19. 135-142.
30. Whipp, B.J., and Wasserman, K. : Oxygen Uptake Kinitics for various

of Intensities of Constant Load work. J. Appl. Physiol. 1972, 33: 35-356.

二、中文部份

31. 李志文：「氨基丁二酸鉀鎂鹽對運動成績及消除疲勞的效果」，師大體育研究所集刊第五輯，民國 67 年，pp. 113 ~ 148。
32. 林清山：「心理與教育統計學」，東華書局，台北，民國 68 年出版，pp. 220 ~ 243。

附表 1 各受試者恢復期強度設定一覽表

受 試 者	迴 歸 方 程 式	最大攝氧量	在 5 % 坡度的速度 (m / min)	
			40 % $\dot{V}O_2$ max	60 % $\dot{V}O_2$ max
J. T. Chang	$Y=0.212x + 0.342$	69.15	124	182
I. H. Liao	$Y=0.134x + 2.077$	73.08	120	160
D. T. Tsai	$Y=0.126x + 2.424$	66.40	115	149
M. I. Lin	$Y=0.066x + 3.811$	61.40	109	125
C. L. Tsai	$Y=0.108x + 2.657$	61.90	107	133
K. T. Cheng	$Y=0.111x + 2.492$	64.30	107	135
H. S. Chang	$Y=0.118x + 2.304$	52.48	96	121
K. U. Cheng	$Y=0.153x + 1.069$	51.80	85	116
W. S. Sü	$Y=0.126x + 2.193$	57.74	102	131

\dot{V} 代表運動負荷

X 代表耗氧量

附表 2 各受試者於恢復期各種實驗處理不同 (運動強度%VO₂max) 的心跳率 (bpm)

受試者	20分鐘恢復期 實驗處理	安 靜 時	恢 復 期																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
J. T. Chang	休 息	65	70																			
	40%	64	125	120				120	120							125			130	128		
	60%	65	140	140	140	140	145	145	145						145	145		150	150	145	150	
I. H. Liao	休 息	65	110																			
	40%	66					148	130				130				134			132		130	
	60%	70				170					175				170		170		165		160	
D. T. Tsai	休 息	70	95																			
	40%	64	145		145		150		145	150					140			140			145	
	60%	70	155		155			155		155						150			155		155 155	
M. I. Lin	休 息	78	135					123														
	40%	65			160			160	160	160		150			150	150		145			145	
	60%	72			160		160		160					155			150				150	
C. L. Tsai	休 息	80	130																			
	40%	82	150	150			155		150					140	140		140				150	
	60%	84		170			180						180			180						
K. T. Cheng	休 息	60	110																			
	40%	74			150		150				140			150			150				145	
	60%	75	170		175						175	180			170				175		175 175	
H. S. Chang	休 息	82	125	125			125	120							120						115	
	40%	73			135			137							125	125		130			125	
	60%	96	150	170	170	175	180	180			180	180	185									
K. U. Cheng	休 息	90	140							125			110			100						100
	40%	74	160	160	160				150				145			145		145			145 145	
	60%	77		170		175		175							165		165			165	165	
W. S. Sü	休 息	76	115																			
	40%	72	150	160		170				170				160	160		155			160		162 162
	60%	95	180	180	190	190		190	190							190			190			

附表 3 各受試者在恢復期各實驗處理的速度、耗氧量、攝氧量百分比的預測值、實測值及差值

受試者	恢復期 實驗處理	速度 (m/min)			耗 氧 量 VO ₂ (ml/kg/min)					佔最大攝氧量百分比 (%VO ₂ max)												
		預測值	實測值	差值	恢復時間		實測值			差值		實測值			差值							
					預測值	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20					
J.T. Chang	40%	123.86	124	0.14	27.66	35.8	33.0	33.1	34.1	8.14	5.34	5.44	6.44	40	51.7	47.7	47.9	49.8	11.7	7.7	7.9	9.8
	60%	182.36	184	1.64	41.49	49.6	50.6	51.7	52.5	8.1	9.1	10.2	11.2	60	71.1	73.1	74.8	75.9	11.1	13.1	14.8	15.9
L.H. Lian	40%	120.16	118	-2.16	29.23	32.2	32.4	28.9	30.5	3.0	3.2	-0.3	1.3	40	44	44.3	39.5	41.4	4.0	4.3	-0.5	1.4
	60%	159.48	161	1.52	43.85	47.6	46.6	46.1	46.1	3.7	2.7	2.2	2.2	60	65.2	63.7	63	63	5.2	3.7	3.0	3.0
D.T. Tsai	40%	115.4	118	2.60	26.56	34.3	34.2	30.3	31.1	7.7	7.6	3.7	4.7	40	51.9	51.5	45.6	46.8	11.9	11.5	5.6	6.8
	60%	148.9	146.5	-2.4	39.84	42	40.3	36.5	38.9	2.2	0.5	-3.3	-0.9	60	63.3	60.6	55	58.6	3.3	0.6	-5.0	-1.4
M.L. Lin	40%	108.54	108	-0.54	24.56	30.2	31.1	29.1	28	5.6	6.5	4.5	3.4	40	49.2	50.6	47.4	45	9.2	10.6	7.4	5.0
	60%	124.72	120	-4.72	36.84	41.6	39.2	39.3	38	4.8	2.4	2.5	1.2	60	67.7	63.8	64	63	7.7	3.8	4.0	3.0
C.L. Tsai	40%	106.54	110	3.46	24.76	16.6	24.4	23.3	18.5	-8.2	-0.4	-1.5	-6.3	40	26.8	39.7	39.4	37.6	-13.2	-0.3	-0.6	-2.4
	60%	133.28	136	2.72	37.14	43.8	46.3	43.5	42.6	6.7	9.2	6.4	5.5	60	70.8	74.8	70	68.6	10.8	14.8	10	8.6
K.T. Cheng	40%	106.7	106	-0.7	25.72	26.3	27.2	28.3	27.7	0.6	1.5	2.6	2.0	40	40.9	42.4	43.9	43	0.9	2.4	3.9	3.0
	60%	135.2	140	4.8	38.58	40.8	44.3	38.9	42.4	2.2	5.7	0.3	3.8	60	63	68	60	65	3.0	8.0	0	5.0
H.S. Chang	40%	95.66	96	0.34	20.99	25.8	27.1	20.3	23.7	4.8	6.1	-0.7	2.7	40	49.1	51.6	38.7	45.3	9.1	11.6	-1.3	5.3
	60%	120.46	124.5	4.04	31.49	36.9	29.9	37	38.8	5.4	-0.6	5.5	7.3	60	70.3	57	70.5	73.9	10.3	-3.0	10.5	13.9
K.U. Chang	40%	84.76	88	3.24	20.72	24.3	25.3	23.7	23.3	3.6	4.6	3.0	2.6	40	46.9	48.9	45.8	45	6.9	8.9	5.8	5.0
	60%	116.44	120	3.54	31.08	36.8	39.5	36.7	36.7	5.7	8.4	5.6	5.6	60	71	76.2	70.9	70.8	11	16.2	10.9	10.8
W.S. Sü	40%	101.98	101	-0.98	23.10	23.3	20.2	24	23.9	0.2	-1.9	0.9	0.8	40	40	41	35	41	0	1.0	-5.0	1.0
	60%	131.04	136	4.96	34.64	30.5	39.5	41.3	37.8	-4.1	4.9	6.7	3.2	60	53	68	71.6	65.5	-7.0	8.0	11.6	5.5

附表4 乳酸分析之試藥、器材及步驟一覽表

試藥名稱	器材	步驟
1. 20% 硫酸銅溶液 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	1. 100 ml 離心管	1. 5 ml 的 10% trichloroacetic acid 溶液加入 1 ml 的血液，充分混合後離心 5 min
2. 4% 硫酸銅溶液	2. 15 ml 離心管	2. 取 1 ml 放入 15 ml 離心管
3. 氫氧化鈣粉末 $\text{Ca}(\text{OH})_2$	3. 15 ml \times 1.5 cm 試管	3. 加 1 ml 20% $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
4. 硫酸 1.84	4. 離心機	4. 加 8 ml 蒸餾水
5. 發色劑：1.5 克的 p-hydroxydiphenyl	5. 比色管	5. 加 1 克 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，充分混合，於室溫下放置至少 30 min，並約 10 min 混合一次
溶解於 100 ml 5% 的氫氧化鈉 NaOH	6. 定溫器	6. 離心 5 min
6. 乳酸標準溶液 lactate standards (0, 50 mg/100 ml, 100 mg/100 ml 及 200 mg/100 ml) 四種	7. 比色計 (photoelectric-colorimeter)	7. 取 1 ml 置於 15 ml \times 1.5 cm 試管，加入 1 滴 (0.05 ml) 4% $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
	8. parafilm	8. 於冰水 (0°C) 中加入 6 ml 硫酸，充分混合
		9. 置於沸水中 5 min
		10. 放置於冷水中使冷卻至 20°C 以下
		11. 加入 2 滴 p-hydroxydiphenyl (每滴 0.05 ml)，充分混合
		12. 放入 25°C ~ 30°C 溫水中，至少 30 min，約每 10 min 混合一次
		13. 置於沸水中 90 秒
		14. 放入冷水中冷卻至室溫
		15. 以比色計 (波長 560 m μ) 測定

R.H. Chang The Effects of Lactate Removal during the Recovery Period
among Different $\dot{V}O_2$ Max. Subjects

Master Thesis, 1982. pp. (J. I. Wu)

ABSTRACT

To study the relationship between lactate removal and maximal oxygen uptake of individuals, lactate removal rates were compared during recovery at rest, and exercise at 40% $\dot{V}O_2$ max and 60% $\dot{V}O_2$ max in 9 male subjects after 3 bouts of maximal intermittent running on a motor treadmill. Blood samples were taken after 3 bouts of maximal intermittent running and every 5 min. during 20 minute recovery periods.

It was hypothesized, that individuals with a high $\dot{V}O_2$ max would be able to remove more lactic acid than would low $\dot{V}O_2$ max individuals.

The results showed that the optimal lactic acid removal intensity in high $\dot{V}O_2$ max subjects was found to occur at 45-70% $\dot{V}O_2$ max, and 40-46% $\dot{V}O_2$ max in low $\dot{V}O_2$ max subjects. The subjects were able to remove lactic more effectively when the active recovery was used during recovery period instead of passive recovery.