

長期從事運動訓練對12分鐘跑走、血壓、心跳率、及血中抗氧化劑的影響

黃榮松、許美智、
簡鴻玟、張永政、黃涵蹉
國立體育學院
方進隆
國立臺灣師範大學

摘要

本研究的目的是在於探討長期從事有氧及無氧運動訓練對男性運動員12分鐘跑走成績、血壓、心跳率、血中超氧化歧化酶 (SOD)、及麩胱甘肽過氧化酶 (GSH-Px)等抗氧化酶的影響。

本研究以34位長跑(14位)、短跑(12)、及一般大學(8位)男生自願參加本研究之受試者，分為長跑組、短跑組、及控制三組。運動組的受試者每週6天、每天4小時的訓練；而控制組則沒有限制。所有受試者皆作12分鐘跑走測驗；並經八小時禁食後由橈靜脈抽取後、立即實施離心、並以-30℃冷凍、然後用美國Calbiochem公司所製造的SOD及GSH(麥夫胱甘月太)試劑分析血中 SOD 及 GSH-Px。各組間12分鐘跑走成績、血液中SOD、及GSH-Px以單因子變異數分析；薛費事後考驗其差異情形；顯著水準設在 $\alpha = .05$ 。本研究所得的結果如下：

- 1.與短跑組及控制組比較：長跑組擁有較好的12分鐘跑走成績($P < .05$)、較低的安靜心跳率($P < .05$)。但短跑組及控制組間沒有差別。
- 2.與短跑組及控制組比較：長跑組血中GSH-Px較高($P < .05$)。但短跑組及控制組間沒有差別。
- 3.三組間的血壓、血中SOD沒有差異。

本研究結論：長期從事運動訓練，特別是從事長跑訓練有助於增進心肺耐力及降低安靜心跳率。因此欲增進個人的有氧能力，應可以從事長跑或是慢

跑訓練。另外，長期從事長跑訓練雖有助於增進心肺耐力，但因血中GSH-Px較高顯示：從事這長期運動訓練有增進氧化性壓力的可能，因此長期從事這種運動需補充如維生素C、E、及 β 胡蘿蔔素等抗氧化劑。

關鍵詞：12分鐘跑走測驗、超氧化物歧化酶、麩胱甘肽過氧化酶

壹、緒論

一、問題背景

適度的運動訓練有助於健康，特別是在最大耗氧量、安靜心跳率、及血壓的改善及維持上非常重要。規律運動改善心肺耐力，使疾病發生率有明顯的下降效果(Paffenbager等人, 1978; Blair等人, 1989)。也就是說長期從事運動訓練，有增進個人最大耗氧量、降低安靜心跳率、及血壓的作用。

近來許多研究也證實過度運動訓練的結果，造成體內的自由基增加(林天送, 1996; Alessio & Blasi, 1997; 羅竹茜, 1997)。安靜時人體約有2-5%的氧會在電子轉換過程中，產生氧自由基(Jenkins, 1988; Sjodin等人, 1990)。在激烈的運動中，人體由於對氧的需求高、粒線體內電子傳遞鏈中電子流速增加、及細胞色素氧化能力下降的結果，使體內的氧自由基的產量增加(謝錦城, 1997a)。也就是說劇烈運動訓練可能會增加體內自由基的產量。當體內製造過多自由基時就可能會導致骨骼肌的傷害(Jenkin, 1988; 羅竹茜, 1997)。因此有關運動訓練、自由基、及抗氧化物問題研究主題有其必要性。

Hammeren等人(1992)的研究發現：老鼠經十週的訓練後，實驗組比目魚肌麥夫胱甘肽過氧化酶(GSH-Px)活性較控制組高，但在腓腸肌的GSH-Px兩組相同。顯示不同的部位有不同的結果。另一項研究結果用衰竭運動後發現：比目魚肌及腓腸肌的紅肌GSH-Px活性較控制組高，但白肌部份則沒有不同(廖威彰、謝錦城、許壬榮、陳全壽, 1997)。因此從動物實驗中，運動訓練使肌肉內的骨骼肌產生自由基的情形。

運動後體內是否有自由基出現的問題，在人體的研究中則不一定，如謝錦城(1997a)的研究發現：一小時的耐力訓練後骨骼肌內的GSH-Px、超氧化物歧化酶(SOD)、麩胱甘肽過氧化酶(GR)沒有改變。但Ohno等人(1988)的研究發現：不活動的人，經過每天5公里、每週六次，10週訓練後：紅血球的GR及過氧化氫分解酶(CAT)顯著增加，顯示耐力訓練後體內抗氧化物增加。Sen等人(1994)的研究中發現：非最大性運動30分後，體內的GSH、甘氨酸氧化物(Glycine oxidation)、及血漿中的丙二醛(MDA)顯著增加，顯示耐力運動後促使體內產生反應氧源增加，而氧化性壓力也就增加。Smith等人(1995)發現：使用過氧化氫處理，在腳踏車運動訓練後六小時，無論是運動員或是非運動員紅血球內的

過氧化血液分解物增加，顯示耐力運動後體內的抗氧化物增加，這種增加是否因體內自由基也就增加。Chang等人(2000)的研究中發現：與一般女性比較，舉重選手體內的GSH-Px及維生素C的含量較低；而MDA、硫巴比妥酸反應(TBARS)、及肌酸激酶(CK)則較高，且舉重選手經一週，六天，每天五小時的訓練後，SOD下降、CK活性增加。兩週的訓練後MDA及CK也增加，因此他們認為舉重訓練不但增加氧化性壓力，並且發生細胞傷害的情形。Kanter & Williams (1995)認為：運動增加耗氧量、體溫、兒茶酚胺伴隨著發生初期的發炎反應，此反應通常是在運動後4-6小時發生，而這種結果是產生自由基。

由過去的研究發現有關從事運動訓練後，體內是否有自由基出現的問題過氧化物生成量並沒有一致性的結果，其理由可能是所測得的過氧化物因部位不同而有不同；其次是由於受試對象差異的結果。Brooks等人(1995)曾指出許多研究的受試者為非運動員，這種結果無法應用到運動員身上。因此，有關運動員長期訓練後的問題也是相當重要的。

二、研究目的

- (一) 長期從事運動訓練對12分鐘跑走、血壓、及安靜心跳率的影響。
- (二) 長期從事運動訓練對血中的SOD及GSH-Px的影響。

三、操作性定義

(一) 自由基

自由基是一種具有一個或一個以上未配對電子造成的不穩定氧分子，一般氧的形式為雙氧原子(dioxygen)之氧分子，為非常穩定的自由基。因具有二個未配對的電子，分別佔不同的能階。當雙氧原子加入電子後會形成離子性氧化物而成為不穩定的過氧化物(peroxide, $O_2 - \cdot$)及超氧化物(Superoxide $O_2 - \cdot$)。

(二) 抗氧化劑

大致可分為內源性及外源性抗氧化劑兩大類，其中內源性抗氧化物：SOD、CAT、及GSH-Px。

貳、材料與方法

本研究共計34位受試者自願參加本研究，其基本資料如表一。

表一 受試者基本資料表

組別	年齡(歲)	身高(公分)	體重(公斤)
短跑組(n=12)	21.17±0.83	177.00±3.67	71.58±4.06
長跑組(n=14)	21.21±1.76	171.57±5.34	62.50±6.12
控制組(n=8)	19.25±1.04	173.94±5.32	75.12±7.21
全體	20.73±1.54	174.28±5.26	68.67±7.79

本研究的實驗流程包括填寫基本資料及同意書→禁食八小時抽血→血液中SOD及GSH生化分析→安靜時心跳率、血壓測量、12分鐘跑走測驗→SOD及GSH-Px生化分析→統計資料分析→結果與報告成果呈現。

- (一) 最大耗氧量測驗：以受試者在國立體育學院綜合體育館(每圈275公尺)跑12分鐘跑走成績(黃榮松，1996)。
- (二) 安靜時血壓及心跳率測量：由橈動脈測量血壓、腕動脈測量心跳率。
- (三) 血液前處理：於實驗階段中，受試者由靜脈抽取血液1ml離心15分鐘，至血球與血漿完全分離後，取血漿部份置於-30℃冷凍，等待分析。
- (四) 抗氧化物分析：
 - 1.GOD：紅血球的SOD的活性是將紅血球以食鹽水清洗四次，以0.75MPH之phosphate buffer稀釋後，以市售之酵素組合測定。
 - 2.GSH-Px：以市售之酵素組合劑(Calbiochem Co., USA) 測定血清中的GSH。
- (五) 統計資料處理：以單因子變異數(One-way ANOVA)分析各組間血液中SOD及血中GSH的差異性，若有差異則以薛費事後考驗其間差異；顯著水準 $\alpha = .05$ 。

參、結果與討論

一、12分鐘跑走成績、血壓、安靜心跳率方面

表二中可以發現長跑組的12分鐘跑走成績及安靜心跳率達顯著差異水準($P < .05$)。但血壓方面則沒有差別。

表二 各組間12分鐘跑走成績及血壓的差異表

變項	12 分鐘跑走		心縮壓		心舒壓		安靜心跳率	
組別	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
短跑組	2703.19	± 355.13	114.08	± 8.84	75.58	± 9.18	66.00	± 4.43
長跑組	3695.05	± 118.93	117.71	± 7.51	77.36	± 8.15	58.71	± 6.30
控制組	2590.75	± 318.54	115.50	± 10.13	72.25	± 8.31	73.55	± 7.69
全體	3139.83	± 585.57	115.91	± 8.52	75.53	± 8.54	64.76	± 8.33
F 值		61.01*		0.58		0.91		15.42*
自由度		2, 27		2, 31		2, 31		2, 31

*: $P < .05$ 。

表三中發現，各組間12分鐘跑走成績及安靜心跳率達顯著差異水準($P < .05$)。經薛費事後考驗發現：12分鐘跑走成績以長跑組最佳，短跑組雖比控制組好些但未達顯著差異的水準。這種結果支持研究假設。長跑組有較好的12分鐘跑走成績不意外，因為長跑組每天必需從有氧耐力的訓練，這種訓練有助於其心肺耐力。而短跑組與控制組沒有差

別，其可能控制組也為體育推廣系的學生，平時仍有作某種程度的訓練，或許是造成彼此差異較小的原因。

12分鐘跑走是一種心肺耐力測驗，也是常用的最大耗氧量($\dot{V}O_2\max$)非實驗室測驗(field test)的方法 (黃榮松，1996)。因此12分鐘跑走成績的好壞，也代表最大耗氧量的好壞。Zavorsky (2000)的研究發現： $\dot{V}O_2\max$ 與HRmax及訓練、不訓練、及賽前減量(tapering)有關，且在其研究中也指出有氧訓練後，在同樣的負荷下非最大心跳率降低， $2\max$ 增加。這種結果顯然與本研究的結果相同。因為有氧耐力訓練使12分鐘跑走成績進步。另一項研究也指出：88位女性舞者經過三年訓練後，其 $\dot{V}O_2\max$ 增加20%(Dahlstrom等人，1996)。此也顯示運動訓練即使並沒有完全以有氧性耐力訓練為主，其 $\dot{V}O_2\max$ 也會進步這或許是短跑組仍比控制組有較好的傾向最好說明。

血壓包括心縮壓及心舒壓兩種，運動訓練有降低血壓的功能，但本研究並未發現三組間有差別如表三。這種結果支持研究假設，其原因可能與本研究者為優秀運動員及年輕力壯之受試者有關。因為所有受試者的血壓都在正常範圍之內。Torok等人(1995)的研究中發現：在等長性運動中，短跑組的血壓要比長跑組高，但在動態性運動中，則兩者間沒有差別。也就是說在靜態性運動中，血管的阻力可能受努責現象，而產生的血管壓力較高所致，因而與本研究的結果有所差別，不過在動態性運動中則發現兩組間沒有差別，這種結果與本研究的結果是一致的。Ohno等人(1988)研究也指出：對血壓如果正常的人，運動訓練對血壓的下降可能不會有幫助。Wijnen等人(1994)的研究中以22-44歲坐勢生活的人，每週三次，每次以75% $\dot{V}O_2\max$ 強度訓練45分鐘，經六週訓練後發現：心縮壓與心舒壓都沒有改變。這種結果與本研究相同。

但在許多的研究發現：高血壓的患者經過有氧耐力訓練後，其血壓下降。或許是在高血壓的患者，其血壓下降較一般人明顯。Kelly & Tran(1995)指出：有氧訓練有降低心縮壓及心舒壓3-4mmHg。他們同時也認為有氧運動雖有降低血壓的效果，不過關血壓的研究有其潛在的問題：(1)資料輸入方法是受原先研究的限制；(2)評量血壓的時間不同則會有不同，如早上與晚間的血壓不同；(3)短期的運動訓練約5-6天血壓就會有效；(4)體重下降也會影響血壓。

美國運動醫學會(American College of Sports Medicine,1995)也指出：對高血壓患者，有氧訓練有助於心縮壓及心舒壓的下降。在另一長期追蹤的研究也指出：運動訓練對血壓正常的人其心縮壓及心舒壓不會改變，對坐式生活的人其血壓會明顯下降(Kasch & Boyer, 1990)。這種結果或許可以支持本研究的結果。

安靜心跳率高低可被用作個人體適能的好壞的指標，經常從事運動訓練的人其安靜心跳率要比一般人為低 (林正常，1996；Wilmore & Costill, 1994)。表4中發現：安靜心跳率方面長跑組最低、短跑組為次、控制組最高，經薛費事後t考驗達顯著差異水準($P < .05$)。這種結果與Torok等人(1995)的研究不同，在他們的研究發現：在等長性（即靜態

性)運動中,短跑組的安靜心跳率較長跑組高,但在動態性的運動中,則兩組間沒有差別。這可能是因長跑為有氧性運動訓練,長期從事有氧訓練有助於心跳率降低。

安靜心跳率除受運動訓練的方式影響外,也受心輸量的大小影響。心輸量是指每分鐘心臟輸出的血量,心輸量(cardiac output; CO)的多少取決於每跳輸出量乘以心跳率($CO = SV \times HR$)。安靜時的心輸量若維持一定值,則訓練使每跳輸出量(stroke volume; SV)增加。每跳輸出量增加,安靜時心跳率自然下降(林正常,1998)。每跳輸出量取決於心舒末期心室容量及心縮末期心室容量差,而心舒末期心室容量與靜脈回流大小有關,根據史心臟定律指出:靜脈回流越大,心臟擠壓出來的血量就越大,每跳輸出量越大。有氧耐力訓練有助於血管阻力降低,因而有降低安靜心跳率的作用。

表三 12分鐘跑走及安靜心跳率薛費事後考驗表

變異數	組別(I)	組別(J)	平均差(I-J)	標準誤
12分鐘跑走 成績 (公尺)	短跑組	長跑組	-991.86*	110.37
	2703.19±355.13	控制組	112.44	130.18
	長跑組	短跑組	991.86*	110.37
	3695.05±118.93	控制組	1104.30*	119.58
	控制組	長跑組	-1104.30*	119.58
安靜心跳率 (次/分)	2590.75±318.54	短跑組	-112.44	130.18
	短跑組	長跑組	7.29*	2.39
	66.00±4.43	控制組	-7.50*	2.78
	長跑組	短跑組	-7.29*	2.39
	58.71±6.30	控制組	-14.79*	2.70
	控制組	長跑組	-14.79*	2.70
	73.55±7.69	短跑組	-7.50*	2.78

*: $P < .05$ 。

二、長期運動訓練後血中SOD及GSH-Px方面

表四為長期運動訓練後血中SOD及GSH變化,表中可以看出長期運動訓練後血中GSH差別($P < .05$),顯示長期運動訓練對GSH-Px有影響,這種結果支持研究假設。也就是說,這方面需進一步作薛費事後t考驗。但血中SOD則不受影響,因此本結果拒斥研究假設。

表四 長期運動訓練後血中SOD及血漿中GSH摘要表

變異來源		平方和	自由度	平均差	F
GSH	組間	654622	2	327311	7.62*
	組內	1279847	31	42662	
	總和	1934469	33		
SOD	組間	785400	2	392700	1.59
	組內	7669812	31	247413	
	總和	8455212	33		

*: $P < .05$ 。

表五經薛費事後t考驗發現，長跑組血液中的GSH顯然較短跑組及控制組為高($P < .05$)。但短跑組及控制組沒有差別，不過短跑組有較高的傾向。這種結果與老鼠實驗的研究如Hammeren等人(1992)及廖威彰等人(1997)的發現：比目魚肌GSH-Px活性較控制組較高的結果相同。與人體實驗中，Ohno等人(1988)的研究發現也同，在其研究中不活動的人，經過每週六次、10週訓練後：紅血球的GR顯著增加。Sen等人(1994)的研究中發現：非最大性運動30分後，體內的GSH、顯著增加。Smith等人(1994)也發現：使用過氧化氫處理，在腳踏車運動訓練後六小時，無論是運動員或是非運動員紅血球內的過氧化血液分解物增加，也就是說過氧化氫增加在GSH-Px的作用下會與GSH作用產生GSSG。Ohno等人(1988)指出：GSH的主要任務是協調不同脂溶性與水溶性抗氧物間的清除。GSH-Px可將麥夫胱甘肽(GSH)與雙氧水(過氧化氫， H_2O_2)作用會產生GSSG。

由過去的研究顯示耐力運動後，體內的抗氧化物增加，這種增加主要的是因體內自由基增加的結果。謝錦城(1995)的研究在人體的研究發現：一小時的耐力訓練後，骨骼肌的GSH-Px不變，這種結果與本研究不同，是否因血液分析的結果與肌肉抽取所作的方法不同有所差異，有待進一步釐清。不過在過去肌肉的研究中，常有不同的肌群而有不同的結果。其理由可能是因肌肉所代表的是局部性的抗氧化物產生，而血液則是代表全身性循環所發生的問題，或許這也是造成差異的情形。本研究的結果與非耐力訓練的運動項目的研究中，Chang等人(2000)發現：舉重選手體內的GSH-Px及維生素C的含量較一般女性低的結果不同，其差異可能是無氧性運動，在運動訓練的過程中因不需靠氧，因此自由基產生的機會較少。不過在Chang等人(2000)的研究中兩週的訓練後，MDA及CK也增加，因此他們認為舉重訓練不但增加氧化性壓力，並且發生細胞傷害的情形。這是否因舉重訓練訓練後細胞傷害而有自由基產生的問題，因本研究並未作MDA及TBARS測試，故無法推論。Kanter & Williams (1995)就認為：運動增加耗氧量、體溫、兒茶酚胺伴隨著發生初期的發炎反應，此反應通常是在運動後4-6小時發生，而這種結果是產生自由基，或許因如此而與本研究不同。其次，本研究的受試者為男性，但Chang等人(2000)的研究為女性受試者，不同性別是否會有差別，因在過去的研究並沒有人探討，故這方面有進一步深思。

至於SOD方面，本研究發現三組間沒有差別。SOD是清除超氧化物很重要的抗氧化酶（趙世彬等人，1996）。因此，長期從事運動訓練可能是因適應的結果，體內不會有超氧化物出現。

本研究與謝錦城(1997b)的六男二女，在電動腳踏車上持續12週訓練後發現：骨骼肌的SOD沒有改變結果相同。這種結果與Demirel等人(1998)及 Ji (1993)的動物研究發現：實驗組心肌的SOD活性沒有較高的結果也相同。Criswell等人(1993)發現：實驗組的SOD皆較控制組為高($P < .05$)。謝錦城(1997a)以六男二女作研究對象，經一小時的自由車耐力訓練後發現：骨骼肌的SOD沒有改變。顯示中等強度的耐力運動不會增加體內的氧化性

壓力。因此，運動訓練無論在間歇高強度、或是中強度連續運動訓練都會有自由基的出現。

但在人體的研究中，Marzatico等人(1997)發現：長跑選手及短跑選手紅血球的SOD較控制組高。因此他們認為無論是有氧或是無氧性的劇烈運動都會造成反應性氧化性源。Smith等人(1995)的研究發現：雖然以60% $\dot{V}O_{2max}$ 的強度騎自行車後一小時內血液中過氧化物未達顯著差異水準，但運動後六小時則兩組的過氧化物溶解量明顯增加，作者因此認為：單次非最大性運動有引起紅血球內的氧化性及滲透性壓力的嫌疑，也就是說單次長時間的運動訓練也許會造成氧化性壓力。因此，血中SOD的變化在本研究中，雖未發現運動訓練會導致氧化性壓力，但過去有部份學者研究發現會產生氧化性壓力，故這方面的研究仍需努力。

表五 血液中GSH薛費事後考驗表

變異數	組別(I)	組別(J)	平均差(I-J)	標準誤
血中 GSH ($\mu l / ml$)	短跑組	長跑組	-203.35*	81.26
	716.01 $\pm$ 270.49	控制組	115.55	98.23
	長跑組	短跑組	-203.35*	81.26
	919.36 $\pm$ 152.22	控制組	358.90*	95.61
	控制組	長跑組	-358.90*	95.61
	560.46 $\pm$ 170.19	短跑組	115.55	98.23

*: $P < .05$ 。

肆、結論與建議

一、長期從事運動訓練後，特別是長跑訓練有氧耐力較好、安靜心跳率較低但對健康的人來說，血壓不會改變。因此，有氧耐力訓練有助於心肺適能的改善。因此若欲增進心肺耐力，從事長跑或是慢跑是不錯的方式。

二、長期從事長跑運動訓練後，固然有增進換氣量、攝氧量的作用，但這方面的訓練有增進氧化性壓力的情況，特別是在GSH-Px方面的增進值得注意，是故長期從事長跑訓練，因有補充外源性抗氧化劑，否則有可能造成氧化性的傷害。

引用文獻

林天送。(1996)。癌症與老化：從自由基對DNA的傷害談起，健康世界（七月號），93-97。

林正常。(1998)。運動生理學。台北：師大書苑。

黃榮松。(1996)。大學男女運動員12分鐘跑走成績與最大耗氧量的相關研究。1996年國

- 際運動訓練科學研討會(p. 98-111)，國立體育學院。
- 廖威彰、謝錦城、許壬榮、及陳全壽。(1997)。衰竭運動與肌纖維類型對超氧化物歧化酶的影響。體育學報，24，145-156。
- 趙世彬、鄒煦仔、蔡東璣、陳河吉、周大中、及李文齡。(1996)。生物化學，藝軒圖書出版社。
- 謝錦城。(1995)。激烈運動與維他命E補充對心肌游離輻射物產生和排除酵素的影響。中華民國大專院校八十四年度體育學術研討會專刊，167-185。
- 謝錦城。(1997a)。耐力運動對人體骨骼肌抗氧化酶的影響。體育學報，22，237-242。
- 謝錦城。(1997b)。人體骨骼肌抗氧化系統對耐力運動與訓練的反應。中華民國大專體育學術八十六年度研討會專刊，382-398。
- 羅竹茜譯。(1997)。抗氧化健康計劃。世茂:台北市。
- American College of Sports Medicine(1995). ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription(5th ed.). PA: Williams & Wilkins.
- Alessio, H., M., & Blasi, E. R. (1997). Physical activity as a natural antioxidant booster and its effect on a healthy life span. Research Quarterly for Exercise and Sport, 68(4), 292-302.
- Blair, S. N., Kohl, H. W., Paffenbarger, R. S., Clark, D. G., Cooper, K. H., & Gibbons, L. W. (1989). Physical fitness and all cause mortality. Journal of the American Medical Association, 262, 2395-2401.
- Brooks, G. A., Fahey, T. D., & White, T. P. (1995). Exercise physiology: Human bioenergetics and its application (2nd ed.). Mayfield, CA: Mountain View.
- Chang, W. Y., Liu, J. F., Tsai, W. Y., Jan, Q. H., & Hsu, M. C. (2000). The effects of exercise training on cell training on cell injury and antioxidative status of female weightlifters. The 2nd international congress of sports nutrition (ICSN 2000), (p. 88). Taipei Medical College, Taipei, Taiwan, R. O. C.
- Criswell, D., Powers, S., Dodo, S., Lawler, J., Edwards, W., Renshler, K., & Grinton, S. (1993). High intensity training-induced changes in skeletal muscle antioxidant enzyme activity. Medicine and Science in Sports and Exercise, 25(10), 1135-1140.
- Dahlstrom, M., Inasio, J., Jansson, E., & Kaijser, L. (1996). Physical fitness and physical effort in dancers: A comparison of four major dance styles. Impulse, 4(3), 193-209.
- Demirel, H. A., Powers, S. K., Cailaud, C., Coombes, J. S., Naito, H., Fletcher, L. A., Vrabas, I., Jessup, J. V., & Ji, L. L. (1998). Exercise training reduces

- myocardial lipid peroxidation following short-term ischemia-reperfusion. Medicine Science in Sports and Exercise, 30(8), 1211-1216.
- Jenkins, R. R. (1988). Free radical biochemistry: Relationship to exercise. Sports Medicine, 5(2), 156-170.
- Ji, L. L.(1993). Antioxidant enzyme response to exercise and aging. Medicine and Science in Sports and Exercise, 25(2), 225-231.
- Hammeren, J., Power, S., Lawler, J., Criswell, D., Marten, D., Lowenthal, D., & Pollock, M. (1992). Exercise training-induced alternations in skeletal muscle oxidative and antioxidant enzyme activity in senescent rats. International Journal of Sports Medicine, 13(5), 412-416.
- Kanter, M. M., & Williams, M. H. (1995). Antioxidants, carnitine, and choline as putative ergogenic aids. International Journal of Sport Nutrition, 5, s120-131.
- Kasch, F. W., & Boyer, J. L. (1990). The effect of physical activity and inactivity on aerobic power in older men. The Physician and Sportsmedicine, 16, 73-83.
- Kelley, G., & Tran, Z. V. (1995). Aerobic exercise and normotensive adults: A meta-analysis. Medicine and Science in Sports and Exercise, 27(10), 1371-1377.
- Marzatico, F., Pansarasa, O., Bertorelli, L., Somenzoni, L., & Della Valle, G. (1997). Blood free radical antioxidant enzymes and lipid peroxides following long-distance and lactacidemic performances in highly trained aerobic and sprint athletes. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 37(4), 235-239.
- Ohno, H., Yahata, T., Sato, Y., Yamamura, K., & Taniguchi, N. (1988). Physical training and fasting erythrocyte activities of free radical scavenging enzyme systems in sedentary men. European Journal of Applied Physiology, 57(2), 173-176.
- Paffenbarger, R. S. Wing, A. L., & Hyde, R. T. (1978). Physical activity as an index of heart attack risk in college alumni. American Journal of Epidemiology, 108, 161-175.
- Sen, C. K., Rankinen, T., Vaisanen, S., & Rauramaa, R. (1994). Oxidative stress after human exercise: Effect of N-acetylcysteine supplementation. Journal of Applied Physiology, 76(6), 2570-2577.
- Sjodin, B., Hellensten-Westin, y., & Apple, F. S. (1990). Biochemical mechanisms for oxygen free radical formation during exercise. Sports Medicine, 10, 239-254.
- Smith, J. A., Kolbuch-Braddon, M., Gillam, I., Telford, R. D., Weidemann, M. J. (1995). Changes in the susceptibility of red blood cells to oxidative and

- osmotic stress following submaximal exercise. European Journal of Applied Physiology, 70(5), 427-436.
- Torok, D. J., Fuey, W. J., Bassett, Jr. D. R., Howley, E. T., & Mancuso, P. (1995). Cardiovascular responses to exercise in sprinters and distance runners. Medicine and Science in Sports and Exercise, 27(7), 1050-1056.
- Wijnen, J. A. G., Kool, M. J. F., van Baak, M. A., Kuipers, H., de Haan, C. H. A., Verstappen, F. T.J., Struijker-Boudier, H. A. J., van Bortel, L. M. A. B. (1994). Effect of exercise training on ambulatory blood pressure. International Journal of Sports Medicine, 15(1), 10-15.
- Wilmore, J., & Costill, D. L. (1999). Physiology of sport and exercise (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Zavorsky, G. S. (2000). Evidence and possible mechanisms of altered maximum heart rate with endurance training. Sports Medicine, 29(1), 13-26.

投稿日期：90年6月

審稿日期：90年6月

接受日期：90年9月

The Effects of Prolonged Training on the 12-Min Run, BP, RHR, and Blood Antioxidants in Male Athletes.

*Hwang, J., Hsu, M., Jiang, H., Chang, Y., Huang, H.,
National College of Physical Education and Sports
Fang, J
National Taiwan Normal University*

Abstract

The purposes of the study were to investigate the effects of the 12 min run, blood pressure, resting heart rate, blood superoxide dismutase(SOD), glutathione peroxidase (GSH-Px) after prolonged anaerobic and aerobic training in male athletes.

Total thirty-six volunteer including 12 sprinters (AnG), 14 distance runners

(AG), and 8 control group (CG), respectively as the subjects. Both the AnG and the AG take prolonged 6 days per week, 4 hours per day of training. The 12 min-run was used the method of Hwang (1996). Blood pressure (BP) was measured by cuff sphygmomanometry. Resting heart rate (RHR) was tested at the radial position. Blood samples were obtained by antecubital vein after eight hours fasting. SOD and GSH-Px were analyzed by SOD and GSH assay kit. One-way ANOVA was used to analyze the difference among three groups in the score of the 12 min-run, BP, RHR, SOD, and GSH-Px. Turkey LSD post hoc t-test was used to analyze the difference between two groups if F-value were significant difference. The α level was equal to .05. The findings were as follows:

1. There was a significant higher ($P < .05$) score of the 12-min run, lower RHR in the AG than both AnG and CG, respectively. However, no difference was found in the BP among three groups.

2. There was a significant higher of GSH-Px in the AG than both AnG and CG. No difference was found between AnG and CG.

3. No difference was found in SOD among three groups.

AG had a higher score cardiovascular endurance and lower resting heart rate than the other two groups indicating better aerobic fitness after long term of distance run. In other words, if one needs to improve his cardiovascular, one should do some kinds of distance training. Meanwhile, AG had a higher of GSH-Px than both AnG and CG indicating oxidative stress occurred for a prolonged aerobic training. Therefore, antioxidants, such as vitamin C, E, and β carotene supplementation needs to be intake if one needs to do a long time aerobic training.

Keywords: 12 min run, SOD, GSH-Px