

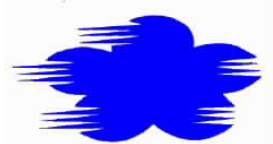
國立臺灣體育大學(桃園)
教練研究所碩士論文

耐力運動前攝取支鏈胺基酸與支鏈胺基酸含碳水
化合物對耐力表現與運動後恢復之影響

**Effects of Acute Branched-Chain Amino Acids (BCAA), and BCAA
Plus Carbohydrate Ingestion Before Endurance Exercise on
Performance and Recovery**

指導教授：張嘉澤 博士
研 究 生：王月琪 撰

中 華 民 國 九 十 七 年 六 月



國立臺灣體育大學(桃園)
National Taiwan Sport University

耐力運動前攝取支鏈胺基酸與支鏈胺基酸含碳水化合物對耐力表現與運動後恢復之影響

摘要

本研究主要目的在探討耐力運動前攝取支鏈胺基酸(BCAA)與支鏈胺基酸含碳水化合物(BCAA⁺)對耐力持續時間的表現與運動後乳酸、血糖、血氨、與心跳率恢復之影響。受試者分為 A 組(n=7)高中田徑男生室外組、B 組(n=5)大專田徑乙組女生室內組、C 組(n=7)未經運動訓練健康學生室內組與 D 組(n=7)社會人士室內組。各組先進行有氧-無氧閾值測試後，休息三天再分別以平衡次序於三次耐力測試前攝取 BCAA、BCAA⁺及不增補(N)，15 分鐘後進行階梯式漸增負荷方式進行室內跑步機或室外操場耐力性運動測試。於運動前 15 分鐘、運動結束後第 0, 3, 5, 7, 10, 15 分鐘進行耳垂採血，進行乳酸與血糖分析，血氨則於結束後第 1, 5, 10 分鐘，心跳率紀錄運動全程至結束後 15 分鐘。所得資料以 SPSS 12.0 進行重複量數單因子變異數分析，顯著水準定為 $p < 0.05$, $p < 0.01$ 與 $p < 0.001$ 。本研究結論如下：

- 一、耐力運動前攝取 BCAA 與 BCAA⁺增補劑對 A、B、C、D 組之持續時間表現未有效提升。
- 二、耐力運動前攝取 BCAA 與 BCAA⁺增補劑對 A、B、C、D 組之結束後乳酸排除有正面效益($p > 0.05$)。
- 三、耐力運動前攝取 BCAA 與 BCAA⁺增補劑對 A、B、C、D 組之心跳率沒有差異。
- 四、耐力運動前攝取 BCAA 會造成 A、B、C、D 組之 NH₃ 最高值。
- 五、耐力運動前攝取 BCAA⁺增補劑對 A、B、D 組之無氧閾值(m/s)

能力高者其在運動能力負荷持續時間有正面效益；耐力運動前攝取 BCAA 增補劑對 B、C、D 組之無氧閾值(m/s)能力較低者其在運動能力負荷持續時間有正面效益。

關鍵詞：支鏈胺基酸、支鏈胺基酸含碳水化合物、耐力運動、乳酸、血糖、血氨、心跳率、無氧閾值



Effects of Acute Branched-Chain Amino Acids (BCAA), and BCAA Plus Carbohydrate Ingestion Before Endurance Exercise on Performance and Recovery.

Abstract

Purpose: This study was to investigate the effects of acute ingestion of branched-chain amino acids (BCAA) and branched-chain amino acids plus carbohydrate (BCAA⁺) on the time to exhaustion, lactate clearance, glucose concentration, NH₃ concentration, heart rate and recovery after incremental endurance exercise. Methods: There were four groups of participants in this study. Group A was tested at track and field outdoors who were 7 male senior high school students, group B was tested indoor who were 5 female collegiate runners, group C was also tested indoor who were 7 un-trained health collegiate students, and group D was tested indoor who were 7 social volunteers. Pre-test each group was tested by 2-4mmol/l (Mader et al., 1976).

After 3 days complete rest, every group was tested incremental exercise tests outdoors or on treadmill in 3 conditions, one ingested BCAA, another ingested BCAA⁺, and the other un-supplement in 15 min pre-exercise in counter balance. The blood samples were collected at rest (after ingested BCAA or BCAA⁺ 15 min) and post-exercise 1, 3, 5, 7, 10, 15 min and

analyzed lactate and glucose concentrations; NH_3 concentrations were collected at rest and post-exercise 1, 5, 10 min; heart rates were collected during and after the tests. All data were analyzed with one-way ANOVA with repeated measure. All significant levels were set at $p < 0.05$, $p < 0.01$ and $p < 0.001$ respectively.

The conclusions of the study were summarized as follow: Investigate BCAA or BCAA⁺ pre-endurance exercise on group A, B, C, and D showed: (1) no effect on total time to exhaustion for group A, B, C, and D. (2) positive effect ($p > .05$) on lactate clearance for group A, B, C, and D. (3) no effect on declined heart rate on group A, B, C, and D. (4) cause the maximal NH_3 for group A, B, C, and D. (5) had high 4mmol/l (m/s) ingested BCAA⁺ could have longer exercise time in group A, B, D ; had low 4mmol/l (m/s) ingested BCAA could have longer exercise time in group B, C, D.

Key words: branched-chain amino acids, branched-chain amino acids plus carbohydrate, endurance exercise, lactic acid, glucose, NH_3 , heart rate, anaerobic threshold.

致 謝

此篇論文能順利完成，承蒙指導教授張嘉澤博士對研究工作的細心指導與鞭策，除了給予建議以及提供相關文獻和資訊，並於研究過程中，不時關切研究的進度，使本研究能如期完成。本論文並承呂欣善教授和詹元碩教授指教斧正，使其更臻完善，特此敬申謝意。

在短短兩年的求學期間，感謝教練研究所季力康老師、湯文慈老師、陳月娥助教，還有諸多老師的幫助、指導和體諒，順利完成學業。在論文實驗的部分，有實驗室學長姐佳慧、錠堯、鱗棋的協助指導，以及實驗室夥伴紹文、亞涵、吉堯、育彬、耿賢、綿綿、婷妮、建達及嘉吉的參與、幫助與關心，使得實驗能順利完成，心中充滿感謝之意。

在施測期間，衷心感謝參與本研究之全體受試者辛苦的配合協助，以及感謝在職班的雅陵、翠娟、珍輝、宜正、紫君、嬌娟、光宇、炳宏、時帆、佐吉、佳慧、威達老師們，由於你們的協助、幫忙與支持，讓月琪感到相當窩心，本論文實驗才得以順利完成。

另外也感謝新莊國中的明萌老師、素娥老師及其他同事們的關心，在留職停薪的求學過程中，不停地給月琪動力再繼續努力下去。

最後，本論文謹獻給我最親愛的家人們，由於你們默默地鼓勵與支持，讓月琪無後顧之憂，順利完成研究所的學業，特將此榮耀與你們一同分享！

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	III
致謝	V
目錄	VI
表目錄	VIII
圖目錄	IX
第壹章 緒論	
第一節 前言	1
第二節 研究動機	2
第三節 研究目的	4
第四節 名詞解釋	5
第貳章 文獻探討	
第一節 支鏈胺基酸(BCAA)的效用	7
第二節 耐力運動中之能量運用	11
第三節 支鏈胺基酸(BCAA)與疲勞機制	12
第四節 文獻總結	18
第參章 研究方法與步驟	
第一節 研究對象	19
第二節 測試時間與地點	20
第三節 實驗流程	21
第四節 實驗設備與器材	22
第五節 實驗方法與步驟	23
第六節 資料處理與分析	28

第肆章	結果與分析	
第一節	補充支鏈胺基酸對耐力表現與生理值之影響-----	29
第二節	無氧閾值能力(4mmol/l)對運動前補充支鏈胺基酸 於耐力運動後表現之分析-----	55
第伍章	討論	
第一節	補充支鏈胺基酸對耐力表現與生理值之影響-----	60
第二節	無氧閾值能力(4mmol/l)對運動前補充支鏈胺基酸 於耐力運動後表現之分析-----	65
第陸章	結論 -----	67
參考文獻 -----		68
附錄		
附錄一	成分表-----	76
附錄二	受試者須知-----	77
附錄三	運動員運動能力診斷疾病調查表-----	78
附錄四	一般人運動能力診斷疾病調查表-----	79

表 目 錄

表 2-1	胺基酸分類-----	8
表 3-1	A 組受試者基本資料-----	19
表 3-2	B 組受試者基本資料-----	19
表 3-3	C 組受試者基本資料-----	20
表 3-4	D 組受試者基本資料-----	20
表 3-5	A 與 B 組每階測試速度、距離與時間對照表-----	26
表 3-6	C 與 D 組每階測試速度、距離與時間對照表-----	26
表 3-7	營養增補劑攝取時間、劑量及收集之生物參數-----	27
表 4-1	A 組三次測試結束最大乳酸平均數與標準差-----	35
表 4-2	B 組三次測試結束最大乳酸平均數與標準差-----	37
表 4-3	C 組三次測試結束最大乳酸平均數與標準差-----	39
表 4-4	D 組三次測試結束最大乳酸平均數與標準差-----	41
表 4-5	A 組三次測試結束每階 NH ₃ 平均數與標準差-----	43
表 4-6	B 組三次測試結束每階 NH ₃ 平均數與標準差-----	45
表 4-7	C 組三次測試結束每階 NH ₃ 平均數與標準差-----	47
表 4-8	D 組三次測試結束每階 NH ₃ 平均數與標準差-----	49
表 4-9	A、B、C、D 組有氧與無氧閾值速度及心跳率-----	55

圖 目 錄

圖 2-1	BCAA 與色胺酸對疲勞產生之關係圖 -----	14
圖 2-2	BCAA 在肌肉、血液與腦部之作用 -----	16
圖 3-1	實驗流程圖 -----	21
圖 3-2	高速跑步機 -----	22
圖 3-3	室外 2-4 mmol/l 測試場地配置圖 -----	24
圖 3-4	實驗設計圖 -----	27
圖 4-1	四組三次階梯式漸增速度測試持續時間 -----	30
圖 4-2	A 組三次測試結束每階血糖變化 -----	31
圖 4-3	B 組三次測試結束每階血糖變化 -----	32
圖 4-4	C 組三次測試結束每階血糖變化 -----	33
圖 4-5	D 組三次測試結束每階血糖變化 -----	34
圖 4-6	A 組三次測試結束乳酸變化百分比 -----	36
圖 4-7	B 組三次測試結束乳酸變化百分比 -----	38
圖 4-8	C 組三次測試結束乳酸變化百分比 -----	40
圖 4-9	D 組三次測試結束乳酸變化百分比 -----	42
圖 4-10	A 組三次測試最大血氨值 -----	44
圖 4-11	B 組三次測試最大血氨值 -----	46
圖 4-12	C 組三次測試最大血氨值 -----	48
圖 4-13	D 組三次測試最大血氨值 -----	50
圖 4-14	A 組三次測試之心跳率變化 -----	51
圖 4-15	B 組三次測試之心跳率變化 -----	52
圖 4-16	C 組三次測試之心跳率變化 -----	53
圖 4-17	D 組三次測試之心跳率變化 -----	54
圖 4-18	A 組無氧閾值(4mmol/l)速度與三次測試持續時間之 分佈圖 -----	56

圖 4-19	B 組無氧閾值(4mmol/l)速度與三次測試持續時間之 分佈圖-----	57
圖 4-20	C 組無氧閾值(4mmol/l)速度與三次測試持續時間之 分佈圖-----	58
圖 4-21	D 組無氧閾值(4mmol/l)速度與三次測試持續時間之 分佈圖-----	59



第壹章 緒論

第一節 前言

當運動員在進行長期有系統而辛苦的訓練時，除了追求技術上的日益精進外，亦無不希望能夠在每次激烈訓練之後能在運動中延緩疲勞的產生及運動後迅速恢復，是運動員及一般人都希望達到的理想狀況。選手、教練及運動科學人員都在尋找有效的恢復體能方法，而且必須是安全又合法的。在訓練過程中應注重在質的增加而不是訓練量的提高，因此要讓訓練效果能顯現，訓練中體能的維持與快速恢復是現代運動訓練不可缺少的課題。

除了運動員之外，在一般人的身體活動中，由於工作的繁忙等種種因素造成運動時間的不足，雖有週休二日但實際能從事運動的機會並不多，隨著時代的趨勢，健身俱樂部的興起，及政府大力的推展，開放公立國中小運動場並設置夜間照明以提供民眾下班後能有運動場所使用。近幾年對於運動的推廣活動日趨增多，如大樓的登高大賽、騎腳踏車健行及國道馬拉松比賽等等諸多耐力性活動，可發現參與的民眾越來越多，然而對於一般人而言，這種高強度運動結束後會產生特別強烈的疲勞現象。

第二節 研究動機

在運動後可以快速恢復運動前的生理條件，能量的儲存及清除體內堆積的代謝廢物，如此才能消除疲勞。藉由運動科學理論，給予適當的飲食與營養素對於維持運動員的營養與生理狀況及提升運動表現是非常重要的。在長時間高強度運動中，肌肉持續運作且不斷代謝產生乳酸、血氨(NH₃)等物質，當這些代謝產物累積過多，或肌肉中肝醣耗盡及血糖濃度過低，則會造成疲勞的產生，因此肌肉無法再持續運動。許多相關研究為了能使運動期間能量的使用更有效益，進而增進運動表現及在運動結束後快速恢復疲勞，朝向運動營養增補劑(nutritional ergogenic aids)方面加以研究。

過去對於胺基酸(amino acid)補充劑的印象，一直是為了增加肌肉生長所使用的補充劑；但近年來，為了提升運動成績表現，運動科學人員從營養學的觀點來增加能量供給延緩中樞神經疲勞產生或縮短恢復期修復的時間，某些胺基酸如：支鏈胺基酸(branched-chain amino acid, BCAA)、麩胺酸(Glutamate)等都具有抗疲勞作用。大部分的胺基酸是在肝臟中被吸收，唯有BCAA在運動期間主要在肌肉中被氧化利用，而非肝臟(Wagenmakers, Brookers, Coakley, & Edwards, 1989)，因此在耐力運動期間可使血中BCAA的濃度上升，進而使得腦中5-羥基色胺(5-hydroxytryptamine, 5-HT)降低，延緩中樞疲勞的發生(Berning & Steen, 1998)。因此在運動前、運動期間利用BCAA增補對耐力運動而言，理論上是有著正面的效益。

然而不同成分含量的BCAA產品又可產生不同的增補作用，BCAA再加上適當的糖類補充，可使耐力運動中蛋白質之消耗減低；另外蛋白質與糖類一起補充對耐力運動而言，除了可

以減低蛋白質之分解代謝之外，亦可增加肌肉肝醣在合成之速率以及加速恢復能力，過去亦有其他相關研究針對運動前及運動期間增補 BCAA 或 BCAA 含碳水化合物(BCAA^+)之效益，但於耐力表現之效益顯示不一。

MacLean and Graham (1993)、林政弘(2000)對耐力性運動員研究在耐力測試前增補 BCAA，其結果顯示體內 NH_4^+ (銨離子)濃度皆升高，在運動至耗竭時間沒有顯著差異。在 Madsen, Maclean, Kiens, and Christensen (1996) 針對 9 名自行車運動員進行三次室內 100 公里最大努力測試，分別增補糖類、BCAA 與安慰劑。結果發現在血糖值方面，增補糖類的測試在前 20 分鐘顯著上升且於結束時相較於其他兩測試為最高值，而增補 BCAA 測試之血糖值呈現穩定增加狀態，最後測試結束時，增補糖類組分別與 BCAA 增補與安慰劑達顯著差異，另外亦發現在增補 BCAA 測試之乳酸值較高。Mittlemen, Ricci, and Bailey (1998)、Calders, Matthys, Derave, and Pannier (1999) 分別對一般人與老鼠研究進行次大運動前增補 BCAA 與 BCAA^+ ，其結果皆顯示體內 NH_4^+ 濃度並無上升，且能顯著增加運動耗竭時間。另外在 Davis, Welsh, De Volve, & Alderson (1999) 研究中以 8 名健康受試者分別攝取 BCAA^+ 、碳水化合物與安慰劑，其在三種組合的高強度間歇運動型態中發現，碳水化合物與 BCAA^+ 兩組中，血糖與胰島素上升情形與安慰劑組比較達顯著差異，相對的其在運動時間的表現上亦有增加。

因此對於運動員與一般人在增補 BCAA 或 BCAA^+ 、增補之時間點、運動強度和持續時間與運動方式，相關研究結果均顯示不一。因此本研究想用相同的負荷強度與運動前立即增補方式，探討經由不同的層級受試者，在不同場地(室外操場，室內跑步機)上進行力竭性耐力運動後之表現會有何影響，對於

未來在增補使用時能有更多參考，為本研究之動機。

第三節 研究目的

本研究利用進行耐力運動前攝取 BCAA、BCAA⁺與未增補(N)。針對四組不同層級受試者，依據平時運動訓練的型態，分別分為高中田徑男生室外組(A組)、大專田徑乙組女生室內組(B組)、未經運動訓練健康學生室內組(C組)及社會人士室內組(D組)。各組分別進行三次測試，利用 Mader 等 (1976) 階梯式漸增負荷方式進行室內跑步機或室外操場耐力性運動測試。分別檢測四組在耐力測試之持續時間與結束後其血糖、乳酸、血氨及心跳率之差異；以及探討無氧閾值能力對耐力運動前攝取增補劑對耐力表現影響。綜合上述研究目的之說明，本研究探討目的如下：

- 一、分別探討高中田徑男生室外組(A組)、大專田徑乙組女生室內組(B組)、未經運動訓練健康學生室內組(C組)、社會人士室內組(D組)於運動前增補 BCAA、BCAA⁺與未增補(N)在三次測試之持續時間、血糖、乳酸、血氨與心跳率之差異。
- 二、分別探討高中田徑男生室外組(A組)、大專田徑乙組女生室內組(B組)、未經運動訓練健康學生室內組(C組)、社會人士室內組(D組)其無氧閾值與於運動前增補 BCAA、BCAA⁺與未增補(N)在三次測試之持續時間之關係。

第四節 名詞解釋

一、支鏈胺基酸(branched-chain amino acids, BCAA)

為營養增補劑之一，其成分包含白胺酸(leucine)、異白胺酸(isoleucine)與纈胺酸(valine)。這三種胺基酸可以直接作為骨骼肌提供能量，約占骨骼肌蛋白質的必需胺基酸 35 %左右，與骨骼肌的合成有著密切的關係。本研究所指支鏈胺基酸分別為支鏈胺基酸與支鏈胺基酸含碳水化合物。

二、乳酸(lactate)

是肌肉活動時能量代謝的產物之一，在有氧狀態下醣酵解作用產生丙酮酸(pyruvate)，在粒線體中被氧化形成乙醯輔酶 A(acetoa-cetyl CoA)並釋放一分子的二氧化碳。在缺氧的狀態下，有氧系統無法迅速提供能量，於是丙酮酸則被還原形成乳酸，藉由擴散作用由肌肉組織擴散至血液中。

三、血氨(NH₃)

運動中因為持續時間與強度之因素造成骨骼肌所需的能量需求增加，因而造成胺基酸的代謝增加。胺基酸經由血液到達肝臟時，可經由醣質新生作用(gluconeogenesis)轉換成葡萄糖再經由血液輸送至肌肉使用，此為葡萄糖-丙氨酸循環(glucose-alanine cycle)。肌肉中的胺基酸轉換成丙氨酸(alanine)，進入血液中循環。丙氨酸在肝臟中透過脫氨基的作用產生血氨，進而擴散至血液中。

四、階梯式漸增負荷(incremental workload)

本研究使用 Mader 等(1976)所設計階梯式漸增速度的檢測方式做為本研究中耐力運動測試之參考。依照不同組別在每階起始速度及上升速度做一調整，測試直至受試者個人最大能力負荷為止。

五、恢復(recovery)

本研究所指恢復是指經過階梯式漸增負荷結束後，經由靜態休息方式，觀察體內因疲勞產生的代謝物質與運動前安靜值對照，與其下降或排除之情形。



第貳章 文獻探討

第一節 支鏈胺基酸(BCAA)的效用

胺基酸除了形成身體主要器官之結構蛋白外（如肌肉、內臟、骨骼...等），它還是啟動和關閉我們體內許多化學反應及代謝功能的開關，包括荷爾蒙、酵素分泌或免疫系統功能等。某些胺基酸還可當作腦部神經訊息傳遞之媒介物，包括腦部控制身體各部位的活動及腺體分泌。

在胺基酸中可分為兩類，一類是必需胺基酸，另一類則為非必需胺基酸（如表 2-1）。在人體內 80 %的胺基酸是由肝臟製造，其於 20 %必須由額外的補充獲得，如肉類等飲食，因此歸類為必需胺基酸。在必需胺基酸的部分又分為二，包含了支鏈胺基酸與非支鏈胺基酸。其中支鏈胺基酸(BCAA)指的是結構上含有支鏈的一群胺基酸，包含白胺酸、異白胺酸與纈胺酸，這三種胺基酸在人體內是無法自行合成。

表 2-1 胺基酸分類

必需 胺基 酸	支鏈 胺基酸	Leucine 白胺酸；Isoleucin 異白胺酸；Valine 纈胺酸
	非支鏈 胺基酸	Histidine 組織胺基酸；Phenylalanine 苯氨基丙酸； Arginine 阿金胺基酸；Lysine 離胺基酸；Threonin 滋利胺基酸；Methionine 甲硫胺酸；Tryptophan 色 胺酸
非 必需 胺基 酸		Cysteine 硫胱胺酸；Methionine 甲硫胺酸；Cystin 胱胺酸；Tyrosine 酥胺基酸；Tryptophan 色胺基酸； Alanine 胺基丙酸；Aspartic acid 天門冬酸； Asparagine 天門冬素；Glutamicacid 麩胺酸；Proline 普羅林；Glutamine 麩胺酸；Serine 絲胺酸；Glycine 胺基乙酸

在食物中攝取的胺基酸，吸收後會被分解成 NH_4^+ ，因此當在肝醣缺乏時，將可能導致體內累積過多的 NH_4^+ 。大部分的胺基酸是在肝臟被吸收，但是 BCAA 之吸收作用首先在肌肉進行，而不是在肝臟。Smekal (2002) 的研究中亦指出當體內在肝醣缺乏時，肌肉會大量使用 BCAA，此時能量代謝由 $\text{ATP/ADP} \rightarrow \text{ADP}$ ，而當體內中的 BCAA 濃度下降時，也可成爲判斷過度訓練的指標。

BCAA 較其他的胺基酸有更強的氧化能力，能輕易的脫掉胺基 (amino group)，利用轉胺作用 (transamination) 形成丙胺酸，於肝臟中先轉成丙酮酸，再經由醣質新生作用生成葡萄糖，經由血液輸送至肌肉中，以作爲能量的來源。BCAA 也可以增加氮 (nitrogen) 的保留而產生酮酸 (keto acid)，以進入檸檬

酸循環(citric acid cycle)，產生更多的 ATP 以提供運動所需(謝明哲等，2003)。

Rennie and Tipton (2000) 研究在進行持續性的動態運動時，則發現胺基酸會出現氧化的現象(特別是 BCAA)，且蛋白質之代謝產物(ammonia)隨運動強度的漸增而增加，因此運動強度越高，則肌肉中蛋白質合成減少且分解增加；肌肉中的肝醣於運動中減少 33-55 %時，蛋白質的分解便已顯著增加，分解所得的胺基酸會成爲能量供應者，另外的胺基酸則於肝臟中進行醣質新生。所以 BCAA 可促進運動後恢復期蛋白質的合成代謝，加速肌肉合成，因而可減少肌肉組織的分解。

其他研究對單純增補 BCAA 與 BCAA⁺之效益，如 MacLean and Graham (1993) 對 7 名耐力性運動員進行研究於耐力測試前 45 分鐘增補 BCAA 劑量爲 77 mg/kg BW，其結果顯示體內 NH₄⁺ 濃度升高，在運動表現方面未被提及。Varnier 等 (1994) 以 6 名有運動習慣受試者進行兩次漸增式腳踏車運動，強度爲每 4 分鐘增加 35 瓦特

，在第一天測試後進行飲食控制，於第二天測試前再給予增補劑，結果發現兩次的運動時間表現上沒有明顯差異，但攝取 BCAA 之乳酸濃度較高，因此在研究中攝取 BCAA 對於漸增式腳踏車運動表現並未有顯著的助益。雖然適量補充 BCAA 對維持長時間運動中 fTRP/BCAA (游離色胺酸/支鏈胺基酸) 比率有其作用，但對延遲運動性疲勞的出現，提高耐力運動成績似乎並無顯著作用。

在 Madsen 等 (1996) 針對 9 名自行車運動員進行三次室內 100 公里最大努力測試，分別增補糖類、BCAA 與安慰劑。結果發現在血糖值方面，增補糖類的測試在前 20 分鐘顯著上升且於

結束時相較於其他兩測試為最高值，而增補BCAA測試之血糖值呈現穩定增加狀態，至最後測試結束時，增補糖類分別與BCAA增補與安慰劑達顯著差異，另外亦發現在增補BCAA測試之乳酸值較高。但在Blomstrand, Hassmen, Ek, Ekblom, & Newsholme (1997) 之研究中對耐力運動員補充BCAA其 NH_4^+ 並無上升情況，但在運動自覺量表與心理自覺量表均達顯著降低。Mittlemen等 (1998) 對16名一般男女性進行40%最大攝氧量耗竭運動測試，運動中男性增補BCAA總量共9g、女性16g，結果顯示BCAA補充有助於運動至耗竭時間，free Trp/BCAA(游離色胺酸/支鏈胺基酸)數值下降，且 NH_4^+ 濃度並無升高。Calders等 (1999) 對老鼠研究進行次大運動前5分鐘分別增補BCAA與 BCAA^+ 各30mg，其結果顯示體內 NH_4^+ 濃度上升，BCAA組運動耗竭時間較其他組顯著增加。Davis等 (1999) 以8名健康受試者分別 BCAA^+ 、碳水化合物與安慰劑，其在三種組合的高強度間歇運動型態中發現，碳水化合物與 BCAA^+ 兩組中，血糖與胰島素上升情形與安慰劑組比較達顯著差異，相對的其在運動時間的表現上亦有增加。林政弘 (2000) 以10名耐力型選手進行75%最大攝氧量耗竭測試，於運動前30分鐘與運動後15分鐘增補BCAA 180mg/kg BW，其研究結果顯示體內 NH_4^+ 濃度升高，在運動至力竭時間則無差異。

針對不同成分、劑量的BCAA，與有無增添碳水化合物，這都可能是影響增補劑效用的因素之一。在先前的研究當中，部分是針對中強度長時間耐力運動的型態於運動中後補充BCAA增補劑，但其顯現的結果均不一致；但本研究將探討以在運動前立即增補中劑量BCAA、 BCAA^+ 與未增補對耐力表現之影響為何。

第二節 耐力運動中之能量運用

耐力運動係指持續一段運動時間的運動型態，運動強度在 60-85 % $\dot{V}O_{2max}$ ，身體的能量需求是安靜時的 15-20 倍 (Hood & Terjung, 1990)，因此當體內代謝加速時，糖類、脂肪是主要能量來源。Romijn 等 (1993) 指出運動中糖類與脂肪運用的比例主要受到運動強度、持續時間與飲食等因素的影響。

身體在從事強度較低(<30 % $\dot{V}O_{2max}$)的運動時，血糖提供能量需求的比例不超過 5-15 % (Paul & Issekutz, 1967)，幾乎都來自脂肪的代謝，且大部分為血液中之游離脂肪酸參與氧化以提供能量。運動強度提高到 50 % $\dot{V}O_{2max}$ 時，肌肉內的氧化脂肪速率最高，但脂肪並不能滿足此時之運動能量需求，所以需要增加糖類的代謝速率。當運動強度到達 60-85 % $\dot{V}O_{2max}$ ，身體對快縮肌纖維(fast fibers)的徵募量(recruitment)增加刺激腎上腺素分泌，加速肝醣的分解，能量系統轉為無氧醣酵解，使得乳酸大量生成。

在耐力性的運動中，糖類能量的來源在五分鐘便會消耗殆盡，而需要脂肪做為能量的來源，因為耐力性運動主要的能量代謝方式是克勞柏循環(Krebs cycle)，可以產生較多 ATP 的代謝方式，而非醣酵解作用(glycolysis)產生較少的 ATP 方式 (McArdle, Katch, & Katch, 2001)。

糖類、脂肪及蛋白質三大營養素可以在體內轉變提供身體所需能量，因為營養素之間可以藉由代謝的轉變而相互支援利用，補充胺基酸理論上也會影響醣類或脂肪的代謝 (Groppe, Smith, & Groff, 2004)。

而在本研究中所設定之運動強度為階梯式漸增速度方式，個體由低強度漸增到高強度，直至力竭為止。在此運動過程中，透過運動前的立即增補效用，對於個體在運動至耗竭之表現以

及運動結束後各生物參數恢復之情形，實有探討之必要。

第三節 支鏈胺基酸(BCAA)與疲勞機制

疲勞是個體在運動中之生理過程不能維持其機能在一定的水準，而導致活動力下降。由於不同的運動項目，運動中及運動後產生的疲勞特性亦不相同，可將疲勞分為中樞疲勞及週邊疲勞。

一、中樞疲勞

機制包括：低血糖(hypoglycemia)、血液中關鍵胺基酸濃度的改變，導致大腦中神經傳遞物質濃度的改變。造成中樞疲勞的是因神經傳導物質的影響，如血清素(serotonin)、多巴胺(dopamine)等。

在 McMenemy and Oncley (1958) 研究中發現，血中色胺酸有 90 % 與白蛋白以結合態存在，有 10 % 以游離態存在，游離色胺酸通過血腦障壁開始合成血清素，隨著運動時間增長提高了游離色胺酸濃度，有利於血清素的合成；亦有其他相關研究證實此論點(Davis et al., 1992; Lehmann et al., 1995; Blomstrand et al., 1997)。而血清素的影響會顯現於睡慾增加、情緒穩定和減緩疼痛等有關；休息狀態下有些胺基酸如色胺酸(tryptophan)運輸於血液中會與白蛋白(albumin)結合，沒有與白蛋白結合的色胺酸可通過血腦障蔽進入中樞神經系統中並於腦中產生血清素。運動狀態下，長時間運動後開始動員更多的游離脂肪酸或是運動刺激腎上腺素的釋放而造成血漿中的游離脂肪酸增加，游離脂肪酸亦會與白蛋白結合，於是色胺酸便

失去與白蛋白結合的優勢，因此血液中便含有較多沒有與白蛋白結合之色胺酸，因而通過血腦障蔽之色胺酸亦增加，造成腦中血清素合成速率增加，因此可解釋運動造成疲勞的原因。此時如果提高血漿中 BCAA 的濃度，將會平衡體內漸漸升高的色胺酸，以降低 fTrp/BCAA 數值，可能達到延緩疲勞的功效 (Newsholme & Leech, 1987; Lehmann & Gastmann, 1998; Blomstrand, 2001)。

Hollmann 等 (1996) 指出運動負荷會引起腦部色胺酸濃度上昇，進而增強酪胺酸(Tyrosin)重組，並進入血液釋放更多 BCAA，降低疲勞。另外在其他研究中顯示出當體內 BCAA 會和芳香族胺基酸(aromatic amino acid, AAA)競爭通過血腦障壁(blood-brain barrier, BBB)，而影響神經物質的合成與釋放。當血漿中 AAA/BCAA 升高時，會促使 AAA 進入腦中，色胺酸會合成 5-HT 導致中樞疲勞；相對地，若血漿中 AAA/BCAA 下降則可以減少疲勞物質的產生而延緩疲勞的發生，因此 BCAA 的補充被認為有抗疲勞的作用 (Berning & Steen, 1998)。

Newsholme and Leech (1987) 指出在耐力運動過程中，會使血中游離脂肪酸(FFA)濃度增加，而與血中色胺酸相互競爭因此色胺酸與 BCAA 的濃度對血清素之合成有密切關係，在圖 2-1 中更可明顯看出，當色胺酸濃度提高進入腦細胞時，會使得血清素合成增加，容易造成疲勞的產生；相對地，BCAA 濃度增加會使腦部色胺酸濃度下降、血清素合成減少，因此可降低疲勞的產生。

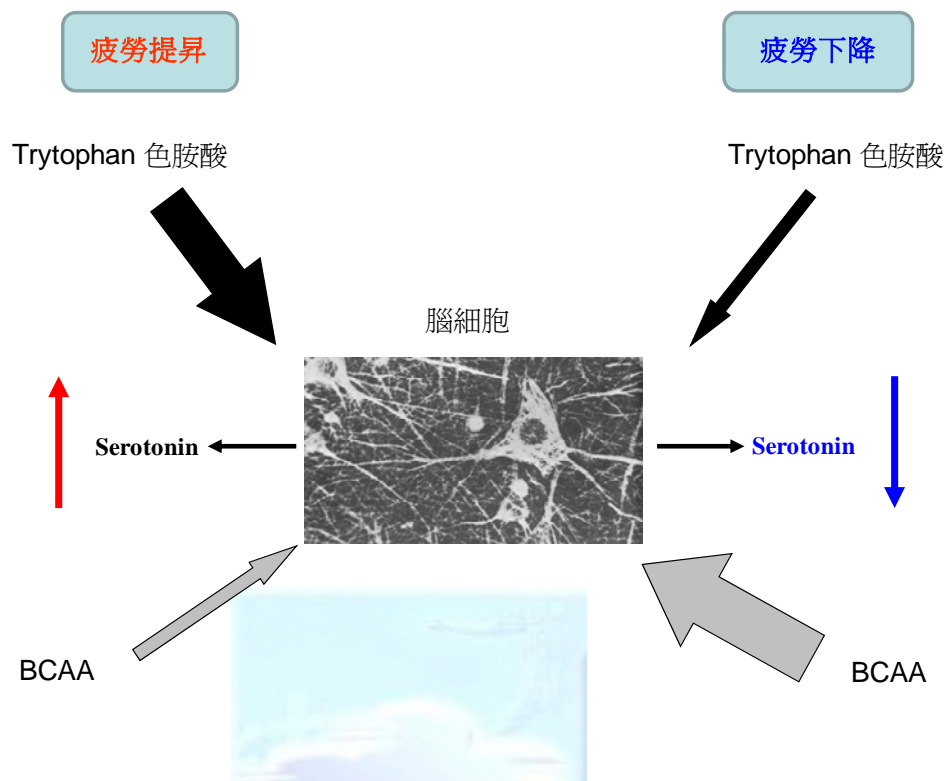


圖 2-1 BCAA 與色胺酸對疲勞產生之關係圖
(改編自 Maurice, 2001)

二、週邊疲勞

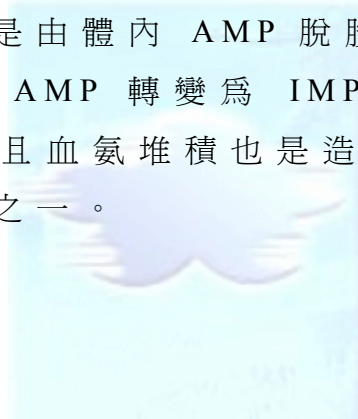
(一) 能量短缺

肌肉中的磷酸肌酸 (phosphocreatine, PC) 耗竭，導致血氨增加、肌肉中的肝醣耗竭以及氧氣供應不足等現象。乳酸是肌肉及肝臟中肝醣、葡萄糖經無氧醣酵解作用代謝形成的產物，在安靜的狀態下，乳酸的生成量較少，當激烈或長時間運動時，組織缺氧情形較明顯，無氧代謝速度加快，肌肉中產生乳酸增加並堆積。乳酸堆積造成肌肉中氫

離子 (H^+) 濃度上升，pH 值下降，降低了磷酸果糖激酶 (phosphofructokinase, PFK) 活性，影響 Ca^{2+} 的釋放與降低肌纖維的收縮能力，因此加速了疲勞的發生。

(二) 代謝物堆積

人體內蛋白質於分解過程中產生的代謝物 (ammonia) 如同碳水化合物於代謝過程中產生乳酸一樣會造成運動時的疲勞 (Fitts & Metzger, 1993)。肌肉中氫離子堆積，導致乳酸生成增加。耐力運動中肌肉 ATP 的分解造成血氨大量累積，而血氨的產生是由體內 AMP 脫胺酶 (AMP deaminase) 作用，將 AMP 轉變為 IMP 時所形成 (Lowenstein, 1972)。且血氨堆積也是造成中樞疲勞及週邊疲勞的因素之一。



因此 BCAA 在肌肉中使用的機轉、血液中代謝的情形與腦部神經傳遞物質的作用，在攝取 BCAA 時，可透過圖 2-2 可了解運動對代謝及能量利用之相關機制圖，來探討補充 BCAA 對疲勞指標中的乳酸及血氨之影響。

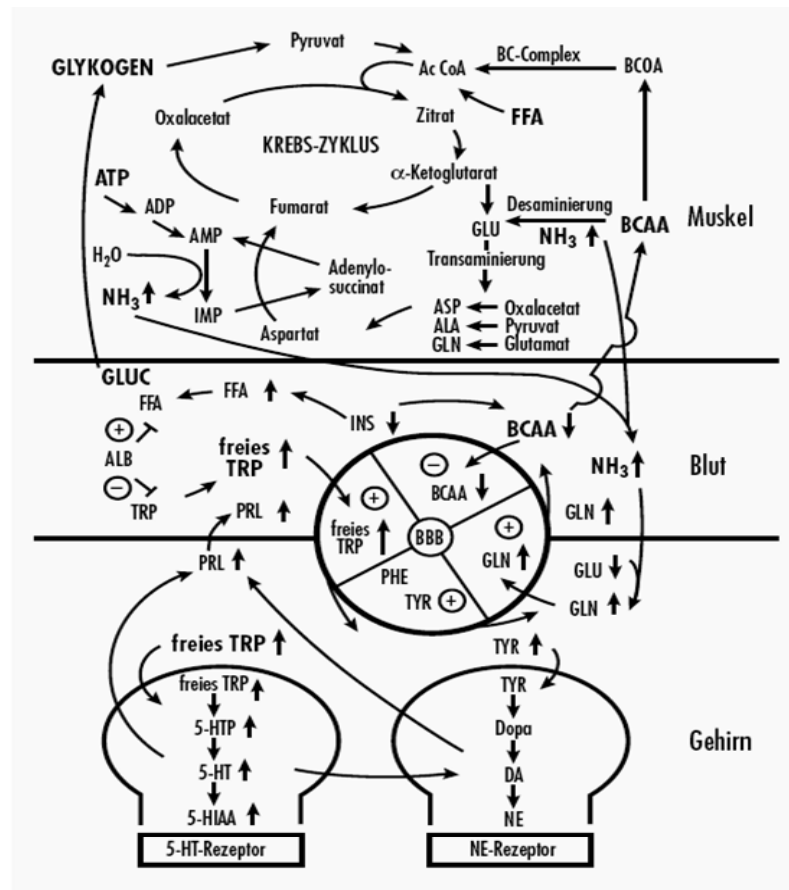


圖 2-2 BCAA 在肌肉、血液與腦部之作用(引自 Hollmann, 1996)

耐力運動後體內能量代謝的關係，會產生一些代謝廢物，如乳酸及血氨。運動時醣酵解作用產生的丙酮酸，在無氧代謝的情況下會產生乳酸，而乳酸在運動恢復期會慢慢被排除，約 70 % 的乳酸會被氧化成爲丙酮酸，再轉變爲能量利用，20 % 轉

變為葡萄糖，10%轉變為胺基酸，表示恢復期乳酸可以影響能量的利用 (McArdle et al., 2001)。

在耐力運動中，肌肉蛋白質的代謝情形增加，胺基酸的異化作用增加 (McArdle et al., 2001)，而胺基酸含有氮部分的代謝需先經過轉胺作用， α -胺基酸(α -amino acid)將胺基轉移給 α -酮基戊醯酸(α -ketoglutarate)形成麩氨酸(L-glutamate)，然後麩氨酸脫胺所產生的血氨就會進入尿素循環，最後轉變成尿素排除體外 (Mathews & Holde, 1990)。

在運動中肌肉釋放氨進入血液，它對大腦有毒害作用，可直接作用於腦中樞或通過改變腦膜對選擇性胺基酸的通透性來影響中樞功能。在急性運動和耐力運動中，血漿中氨的濃度都會上升，同時腦中氨的濃度也急劇上升 (Banister & Cameron, 1990)。這可能是肌酸激酶活性增加的結果。肌酸激酶可以使2分子的ADP轉化成1分子的ATP和1分子的AMP，氨是AMP轉變成肌苷酸(IMP)的副產品。

Wagenmakers 等 (1991) 研究在2小時70-75% $\dot{V}O_{2max}$ 強度的自行車運動中，利用糖的補充可以避免BCAA的氧化，亦可減弱了血漿中血氨的增加。

MacLean, Graham, & Saltin (1996) 對補充BCAA對持續90分鐘64%最大膝伸肌運動，探討胺基酸與血氨代謝的影響，結果發現BCAA的補充增加了肌肉中的血氨及降低乳酸的濃度，而血氨的大量增加是由BCAA的分解代謝引起的，可見在運動中補充BCAA會大量增加血氨濃度。

第四節 文獻總結

綜合上述文獻可得知：

- 一、先前的研究顯示，補充 BCAA 可減少運動誘發之 free-Trp/BCAA 比例，同時減少腦部 5-HT 濃度，延緩中樞疲勞產生，進而提高運動衰竭時間。
- 二、在中強度長時間之耐力運動攝取 BCAA 可延長運動持續時間，攝取 BCAA⁺對減少乳酸之生成有幫助；但部分研究顯示，攝取 BCAA 對血氨濃度亦可能增加，進而導致週邊疲勞與中樞疲勞的產生。
- 三、於漸增式負荷耐力運動前立即補充 BCAA 或 BCAA⁺之研究較少且結果不一致，大部分針對運動員居多，而探討一般人較少，因此對中樞疲勞與運動表現的影響仍需進一步探討。



第參章 研究方法與步驟

第一節 研究對象

本研究以高中田徑選手男 7 名 (A 組)、大專田徑乙組女 5 名 (B 組)、未經運動訓練健康學生男 6 名、女 1 名 (C 組) 及社會人士男 4 名、女 3 名 (D 組) 為研究對象，人數共 26 名。測試前向受試者說明測試流程後，隨即給予每位受試者一份「測試須知」(如附錄二)、「運動能力診斷疾病調查表」(如附錄三、四)，並於閱讀、填寫完畢後，請受試者於測試同意書上簽名。

表 3-1 A 組受試者基本資料

	身高(cm)	體重(kg)	年齡(years)	訓練年數(years)
	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD
n=7	173.4±2.8	59.4±8.3	17.3±0.5	3.6±1.6

表 3-2 B 組受試者基本資料

	身高(cm)	體重(kg)	年齡(years)	訓練年數(years)
	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD
n=5	159.6±1.7	52.2±3.3	18.0±0.0	1.1±0.5

表 3-3 C 組受試者基本資料

	身高 (cm) M±SD	體重 (kg) M±SD	年齡 (years) M±SD	週運動次數 (times) M±SD
n=7	174.0±5.0	69.3±5.0	25.9±2.0	3.1±1.2

表 3-4 D 組受試者基本資料

	身高 (cm) M±SD	體重 (kg) M±SD	年齡 (years) M±SD	週運動次數 (times) M±SD
n=7	170.3±7.6	74.9±11.9	37.3±3.7	3.0±2.0

第二節 測試時間與地點

一、測試時間：

(一)室內：中華民國 97 年 3-4 月。

(二)室外：中華民國 97 年 4 月。

二、測試地點：

(一)室內：長庚技術學院體適能中心及國立臺灣體育大學
(桃園)訓練生理與健康實驗室。

(二)室外：桃園縣體育場及長庚大學體育場。

第三節 實驗流程

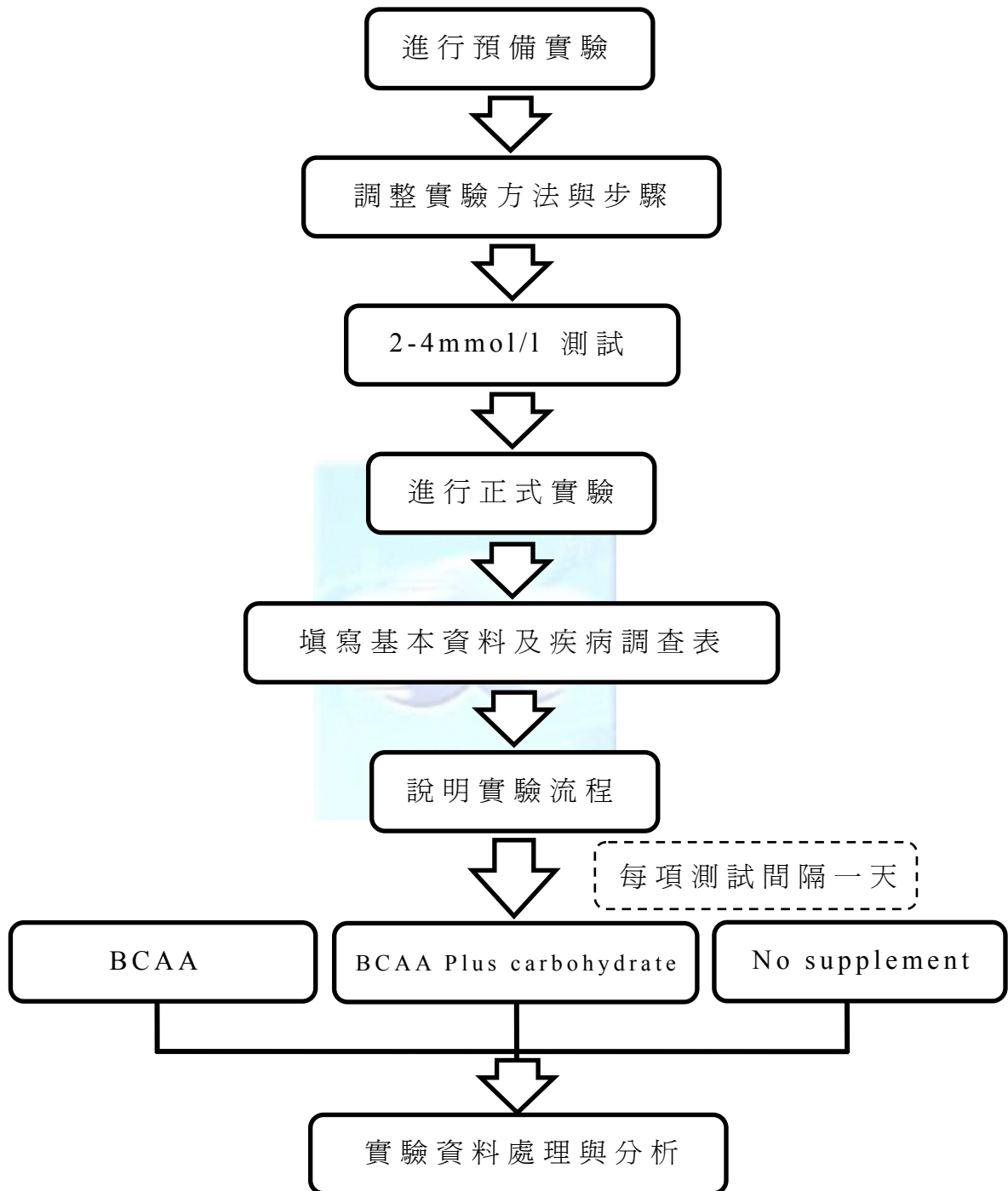


圖 3-1 實驗流程圖

第四節 實驗設備與器材

一、高速跑步機(h/p/cosmos pulsar 3p 4.0, Germany)



圖 3-2 高速跑步機

二、電動跑步機(HealthStream T790)。

三、EFK 德國製乳酸血糖分析儀(Diagnostic BIOSEN C_line)。

四、掌上型氨分析儀(Pocketchem BA PA-4130)。

五、POLAR(610i)心跳偵測器。

六、電子天秤(METTLER PJ600)。

七、酒精、採血針、採血毛管、紅血球破壞劑、手套(外科用)、碼錶、角錐、速度控制器、血氨試紙。

第五節 實驗方法與步驟

一、基本資料

(一)身高、體重與疾病調查表之測量與填寫。

(二)飲食管理：

閱讀受試者須知後（如附錄二）請受試者於實驗期間維持正常的飲食型態，且不可服用營養增補劑或其他藥物，以免影響實驗數據。受試者進行階梯式力竭運動實驗前須於 2 小時前吃完早餐。

二、前測

(一)受試者於正式運動測試前須經過 Mader 等 (1976) 2-4 mmol/l 測試，目的在分析出個人之有氧-無氧閾值，以做為實驗結果之考驗依據。

(二)測試方式

1、室外

(1)受試者：高中田徑男生室外組（A 組）。

(2)填寫疾病調查表並說明測試流程。

(3)戴上 Polar 心跳偵測錶，並於耳垂採 $10\ \mu\text{l}$ 血液做為乳酸安靜值。

(4)伸展結束後，A 組在 400 m 操場上以 2.5 m/s 速度開始進行第一階段測試，使用速度控制器之鳴笛聲控制每階速度節奏，當聽到鳴笛聲時必須到達角錐，每間隔 50 m 放置圓錐筒做為配速用（如圖 3-3），每階持續 5 分鐘，每階上升速度為 0.5 m/s，每階之間休息 30 s（同時進行採血與記錄心跳率）。測試一直進行到個人所能承

受之最大負荷為止。

- (5) 採用德國奧林匹克中心所研發軟 Laktat - Explorer 進行分析判斷個人之有氧-無氧閾值之速度與心跳率。

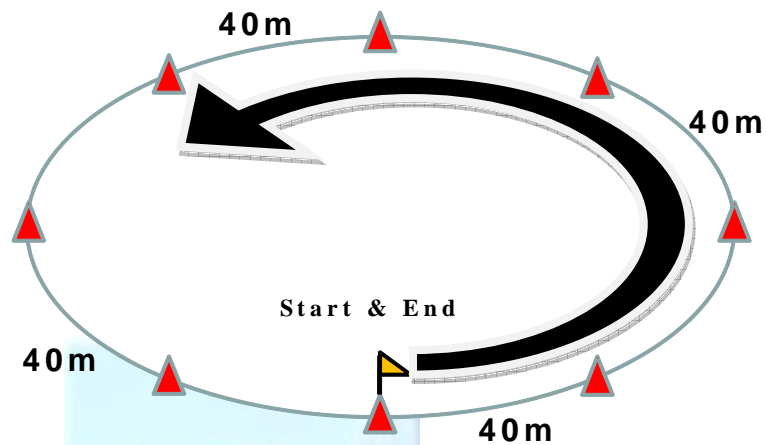


圖 3-3 室外 2-4 mmol/l 測試場地配置圖

2、室內

- (1) 受試者包含：大專田徑乙組女生室內組（B 組）、未經運動訓練健康學生室內組（C 組）、與社會人士室內組（D 組）。
- (2) 填寫疾病調查表並說明測試流程。
- (3) 戴上 Polar 心跳偵測錶，並於耳垂採 $10 \mu l$ 血液做為乳酸安靜值。
- (4) 伸展結束後，B 組在跑步機（型號 HealthStream T790）上以 2.0 m/s 速度開始進行第一階段測試（C、D 組跑步機型號為 h/p/cosmos pulsar 3p 4.0, Germany），每階持續五分鐘，每階上升速度為 0.5 m/s（C、D 組為 0.3 m/s），每階之間

休息 30 s (同時進行採血與記錄心跳率)。測試一直進行到個人所能承受之最大負荷為止。

(5)採用德國奧林匹克中心所研發軟體 Laktat - Explorer 進行分析判斷個人之有氧-無氧閾值之速度與心跳率。

三、營養增補劑

本實驗所使用的營養增補劑為 BCAA 500 Power 與 BCAA⁺，其所含之營養成分如附錄一。

四、實驗設計

本實驗設計各組在測試時採平衡次序法 (counter balance)，每位受試者必須接受三次測試，其中二次需在測試前 15 分鐘服用營養增補劑，分別為 BCAA (秤重 11.2 g 加入 200 cc 冷水中混合攪拌) 及 BCAA⁺ (服用四顆並搭配 200 cc 水)、另一測試則不服用任何增補劑，三次測試皆間隔一天。

應用 Mader 等 (1976) 階梯式負荷漸增方式進行實驗測試，A 與 B 組開始速度為 2.5 m/s；C 與 D 組開始速度為 2.3 m/s，每階距離為 800 m，每階速度上升 0.3 m/s，直至受試者達個人最大能力負荷為止，如表 3-5 與表 3-6；在室外測試時則須搭配速度控制器。每次實驗間隔休息一天(如圖 3-4)，以確保體力之恢復，同時在實驗前三天及實驗結束前應避免高強度運動，並不得另外攝取其他營養增補劑。

表 3-5 A 與 B 組每階測試速度、距離與時間對照表

	m/s	distance	cumulate time
1	2.5	800 m	05'20"
2	2.8	800 m	10'05"
3	3.1	800 m	14'23"
4	3.4	800 m	18'18"
5	3.7	800 m	21'54"
6	4.0	800 m	25'14"
7	4.3	800 m	28'20"
8	4.6	800 m	31'13"
9	4.9	800 m	33'56"
10	5.2	800 m	36'30"

表 3-6 C 與 D 組每階測試速度、距離與時間對照表

	m/s	distance	cumulate time
1	2.3	800 m	05'47"
2	2.6	800 m	10'54"
3	2.9	800 m	15'29"
4	3.2	800 m	19'39"
5	3.5	800 m	23'27"
6	3.8	800 m	26'57"
7	4.1	800 m	30'12"
8	4.4	800 m	33'13"
9	4.7	800 m	36'03"
10	5.0	800 m	38'43"

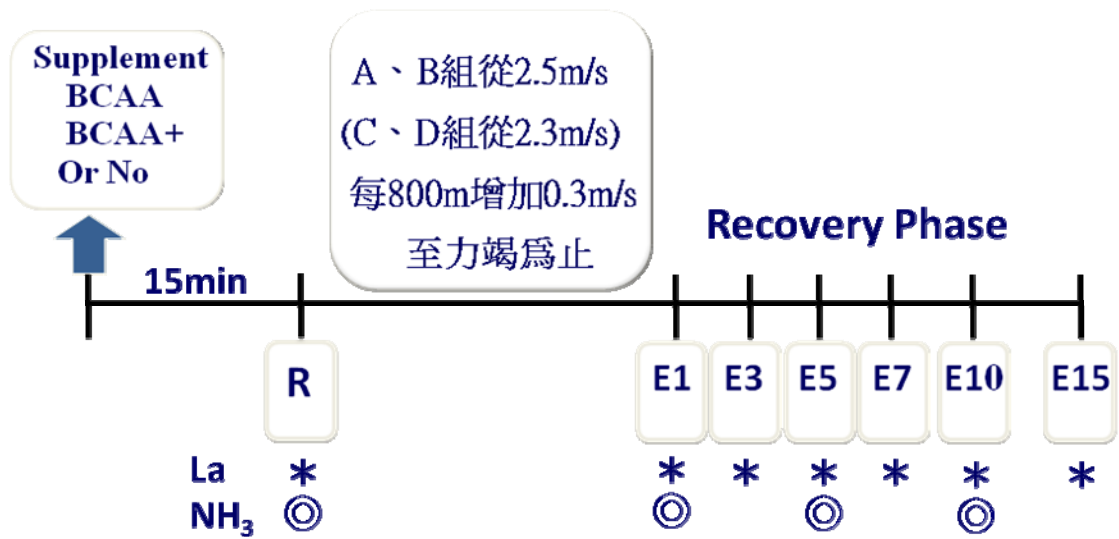


圖 3-4 實驗設計圖

在耐力運動測試開始前進行耳垂採血 10 μ l 於紅血球破壞劑中及 20 μ l 於血氨(NH₃)試紙，檢驗 NH₃ 數值。接著進行階梯式負荷漸增速度測試，於運動期間紀錄心跳率變化與運動時間，並立即進行耳垂採血，此過程必須在一分鐘內完成。乳酸於運動後第 1、3、5、7、10 及 15 分鐘進行採血；血氨採集時間為運動後第 1、5、10 分鐘（如表 3-3）。

表 3-7 營養增補劑攝取時間、劑量及收集之生物參數

	BCAA	BCAA plus carbohydrate
攝取時間	測試前 15 分鐘	測試前 15 分鐘
劑量	11.2g	4 tablets
收集之生物參數	La : R、E1、E3、E5、E7、E10、E15 NH ₃ : R、E1、E5、E10 HR : 運動中、E5	

第六節 資料處理與分析

- 一、本研究以 SPSS12.0 統計套裝軟體的描述統計方式以平均數、標準差方法表示參與者基本資料及測試成績。
- 二、以重複量數單因子變異數，考驗四組組內之階梯式漸增速度測試持續時間、乳酸、血糖、血氨及心跳率之差異。
- 三、SigmaPlot8.0 統計軟體進行圖形製作。
- 四、本研究之顯著水準訂為 $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, $p < 0.001^{***}$ 。



第肆章 結果與分析

第一節 補充支鏈胺基酸對耐力表現與生理值之影響

一、A、B、C、D 組三次階梯式漸增速度測試持續時間之變化

圖 4-1 為四組分別在三次運動負荷測試症狀，未攝取增補劑(N)、攝取支鏈胺基酸(BCAA)與攝取支鏈胺基酸含碳水化合物(BCAA⁺)，測試持續時間結果如下：

A 組在三次測試之持續時間平均數與標準差分別為 1976±167 (N)、1959±138 (BCAA)、1971±165 s (BCAA⁺)。個人最大持續時間為 2190 s，於攝取 BCAA⁺顯現，最小持續時間則於 N (1787 s)顯現。經統計分析，結果顯示三次測試之間未達顯著差異 ($p>0.05$)。

B 組三次測試之持續時間平均數與標準差分別為 1348±172 (N)、1405±118 (BCAA)、1423±161 s (BCAA⁺)。個人最大持續時間為 1700 s，於攝取 BCAA⁺測試顯現，最小持續時間則於 N (1160 s)顯現。經統計分析，結果顯示三次測試之間未達顯著差異 ($p>0.05$)。

C 組三次測試之持續時間平均數與標準差分別為 1731±178 (N)、1736±176 (BCAA)、1696±148 s (BCAA⁺)。個人最大與最小持續時間為 2041 與 1462 s 皆於 N 測試顯現。經統計分析，結果顯示三次測試之間未達顯著差異 ($p>0.05$)。

D 組三次不同攝取增補劑測試，其負荷持續時間平均數與標準差分別為 1561±315 (N)、1577±302 (BCAA)、1585±316 s

(BCAA⁺)。個人最大與最小持續時間為 2213 與 1200 s 皆於 BCAA⁺ 測試顯現。結果顯示三次測試之間均未達顯著差異 ($p>0.05$)。

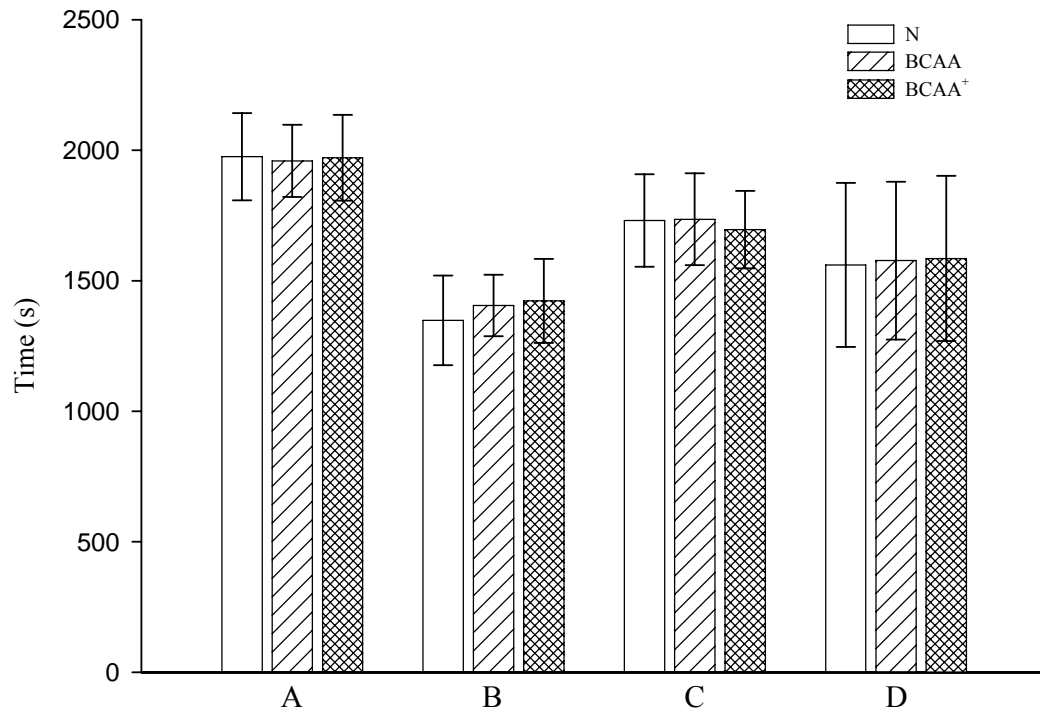


圖 4-1 四組三次階梯式漸增速度測試持續時間
(A 組 n=7 ; B 組 n=5 ; C 組 n=7 ; D 組 n=7)

二、A、B、C、D 組三次階梯式漸增速度測試之血糖變化

圖 4-2 為 A 組三次測試結束每階血糖變化。於三次測試前安靜值(R)之平均數與標準差分別為 5.39 ± 0.43 (N)、 5.80 ± 0.88 (BCAA)、 5.82 ± 0.95 mmol/l (BCAA⁺)。三次測試之最高血糖平均數，均於第三分鐘(E3)顯現。BCAA 與 BCAA⁺ 血糖平均數與標準差於 E3 分鐘分別為 6.76 ± 1.11 與 6.57 ± 0.77 mmol/l，未達顯著差異 ($p > 0.05$)。N 於 E3 與 E5 分鐘分別為 7.17 ± 0.81 、 6.96 ± 0.87 mmol/l，N 與 BCAA 之 E3 血糖平均數差異為 -0.41 mmol/l。N 與 BCAA⁺ 於 E3 分鐘差異 -0.6 mmol/l。N 之 E5 血糖平均數與 BCAA 差異 -0.44 mmol/l。N 與 BCAA⁺ 於 E5 分鐘差異 -0.4 mmol/l。經統計分析，血糖值於安靜值(R)、測試結束後(E1)和測試後恢復期(E3、E5、E7、E10、E15)之比較，三次測試之間皆未達顯著差異 ($p > 0.05$)。

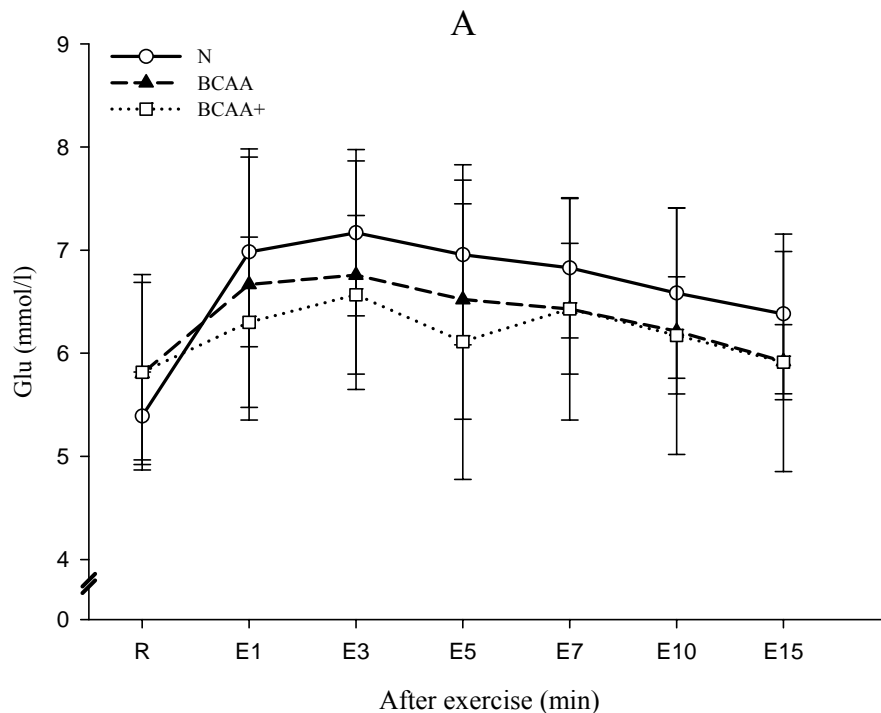


圖 4-2 A 組三次測試結束每階血糖變化

圖 4-3 為 B 組三次測試結束每階血糖變化。於三次測試前安靜值(R)之平均數與標準差分別為 4.73 ± 0.47 (N)、 5.05 ± 0.72 (BCAA)、 5.22 ± 0.45 mmol/l (BCAA⁺)。三次測試之最高血糖平均數，均於第三分鐘(E3)顯現。N 與 BCAA 血糖平均數於 E3 分鐘分別為 6.34 ± 0.68 、 6.28 ± 0.98 mmol/l。BCAA⁺於 E3、E5 與 E7 分鐘分別為 7.01 ± 0.94 、 6.64 ± 0.65 、 6.47 ± 0.65 mmol/l，N 之 E3 血糖平均數與 BCAA 差異 -0.67 mmol/l。BCAA⁺與 BCAA 於 E3 分鐘差異 -0.73 mmol/l。經統計分析，血糖值於安靜值(R)、測試結束後(E1)與測試結束後恢復期(E3、E5、E7、E10、E15)之比較，三次測試之間皆未達顯著差異($p > 0.05$)。

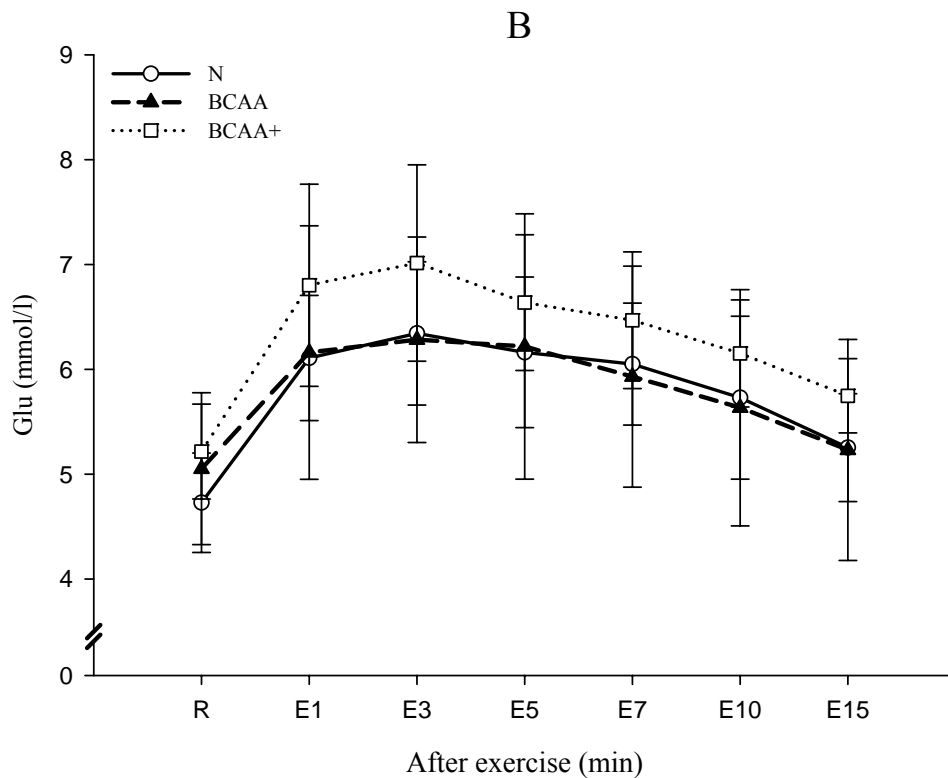


圖 4-3 B 組三次測試結束每階血糖變化

圖 4-4 為 C 組三次測試結束每階血糖變化。於三次測試前安靜值(R)之平均數與標準差分別為 4.51 ± 0.39 (N)、 5.02 ± 0.37 (BCAA)、 5.00 ± 0.55 mmol/l (BCAA⁺)。三次測試之最高血糖平均數，均於第三分鐘(E3)顯現。N 與 BCAA⁺ 血糖平均數於 E3 分鐘分別為 6.18 ± 0.61 、 6.27 ± 0.87 mmol/l。BCAA 於 E3、E5 與 E7 分鐘分別為 6.56 ± 0.82 、 6.39 ± 0.96 、 6.24 ± 0.77 mmol/l，N 之 E3 血糖平均數與 BCAA 差異 -0.38 mmol/l。BCAA⁺ 與 BCAA 於 E3 分鐘差異 -0.29 mmol/l。經統計分析，血糖值於安靜值(R)、測試結束後(E1)與測試結束後恢復期(E3、E5、E7、E10、E15)之比較，三次測試之間皆未達顯著差異($p > 0.05$)。

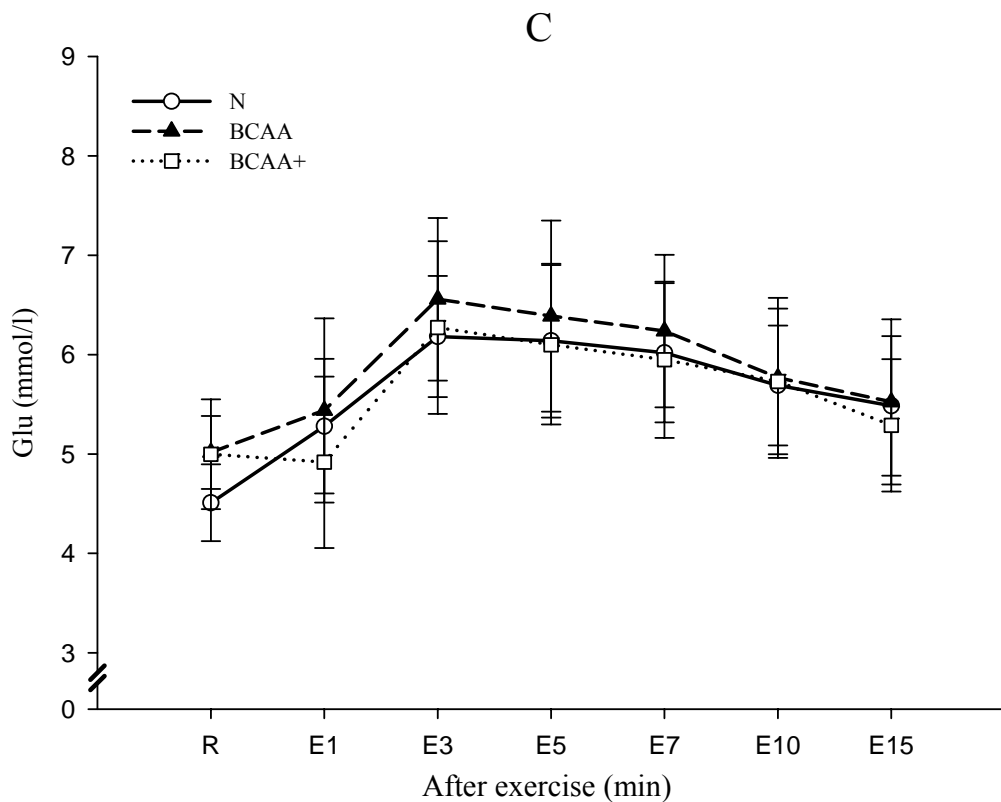


圖 4-4 C 組三次測試結束每階血糖變化

圖 4-5 為 D 組三次測試結束每階血糖變化。於三次測試前安靜值(R)之平均數與標準差分別為 4.86 ± 0.49 (N)、 5.42 ± 0.69 (BCAA)、 5.11 ± 0.63 mmol/l (BCAA⁺)。測試結束後(E1)BCAA 血糖較安靜值低，其平均數為 5.28 ± 1.41 mmol/l，而 N 及 BCAA⁺ 呈現上升趨勢，其血糖平均數與標準差分別為 5.05 ± 0.69 、 5.49 ± 1.38 mmol/l。N 與 BCAA 之最高血糖，均於第三分鐘(E3)顯現，BCAA⁺則於第七分鐘(E7)。BCAA⁺於 E7 分鐘為 6.05 ± 0.73 mmol/l，N 之 E7 血糖平均數與 BCAA⁺差異 -0.71 mmol/l。BCAA 與 BCAA⁺於 E7 分鐘差異 -0.89 mmol/l。經統計分析，血糖值於測試結束後(E1)與測試結束後恢復期(E3、E5、E10、E15)之比較，三次測試之間皆未達顯著差異 ($p > 0.05$)；BCAA⁺於測試結束後恢復期第七分鐘(E7)分別與 N 和 BCAA，達顯著差異 ($p < 0.05$)。

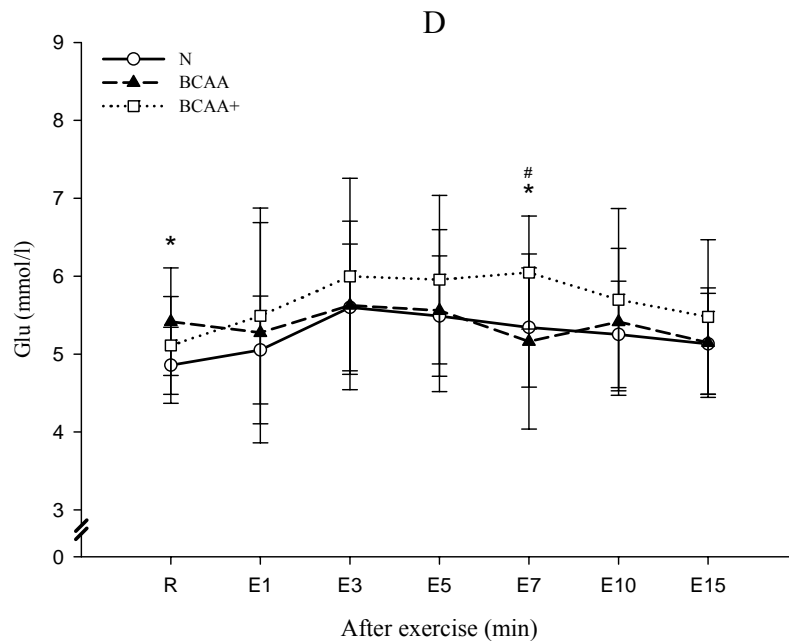


圖 4-5 D 組三次測試結束每階血糖變化

* 表示 BCAA⁺與 N 之比較達顯著差異 ($p < 0.05$)

表示 BCAA⁺與 BCAA 之比較達顯著差異 ($p < 0.05$)

三、A、B、C、D 組三次階梯式漸增速度測試之乳酸變化

A 組三次測試結束，最大乳酸 (La_{max}) 堆積平均數與標準差分別為 11.76 ± 1.6 (N)、 10.70 ± 1.6 (BCAA)、 11.00 ± 1.7 mmol/l (BCAA⁺)。其中個人最大乳酸堆積為 14.69 mmol/l，顯現於未攝取增補劑(N)症狀。個人最小則於攝取 BCAA⁺測試顯現(8.18 mmol/l)。經統計分析，結果顯示三次測試之間均未達顯著差異 ($p > 0.05$)，如表 4-1 所示。

表 4-1 A 組三次測試結束最大乳酸平均數與標準差 (mmol/l)

		La_{max}	Max	Min
A 組 (n=7)	N	11.76 ± 1.6	14.69	10.05
	BCAA	10.70 ± 1.6	12.91	9.02
	BCAA ⁺	11.00 ± 1.7	13.32	8.18

A 組三次測試結束後(E1)乳酸堆積平均數與標準差分別為 11.22 ± 1.95 (N)、 10.47 ± 1.75 (BCAA)、 10.45 ± 1.73 mmol/l (BCAA⁺)，三次測試結束後(E1)之乳酸值未達顯著差異 ($p > 0.05$)。於 E3、E5、E7、E10、E15 分鐘其排除速度之分析，N 於第 3 分鐘(E3)持續上昇 2.12%、BCAA 下降 4.64%、BCAA⁺ 上昇 3.81%；在第 5 分鐘(E5)N 與 BCAA 顯示開始排除現象，其下降百分比分別為 -1.79%、-2.14%；至第 15 分鐘(E15)，N 持續下降 27.14%、BCAA 35.87%、BCAA⁺ 28.13%。經統計分析，結果顯示在三次測試結束後同時間點(E3、E5、E7、E10、E15)之比較皆未達顯著差異 ($p > 0.05$)，如圖 4-6 所示。

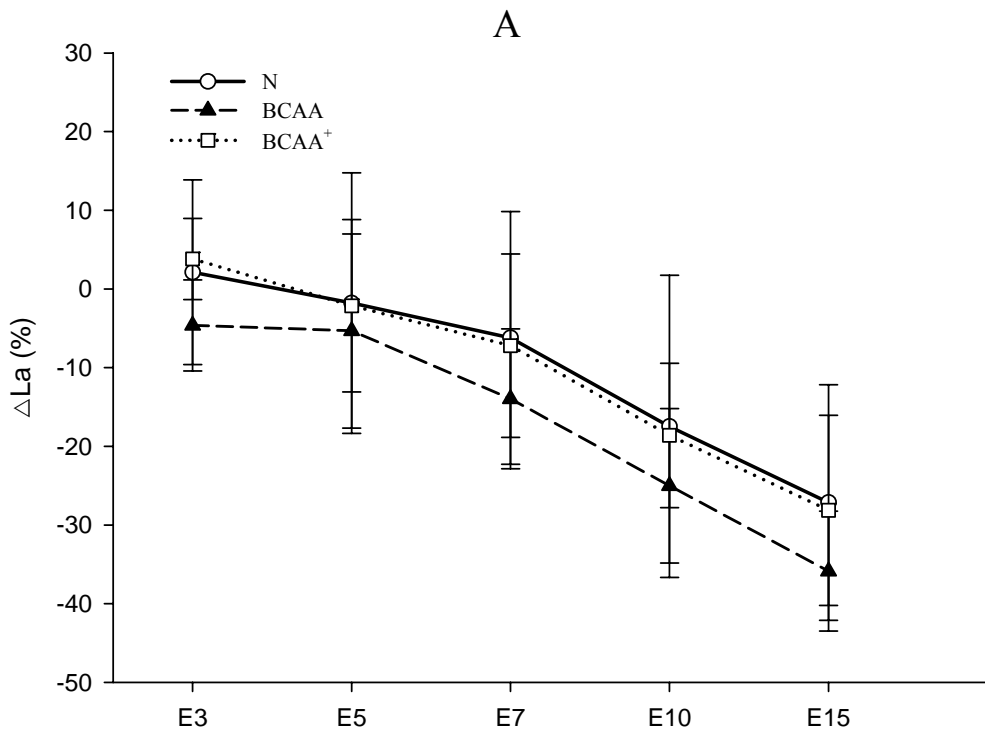


圖 4-6 A 組三次測試結束乳酸變化百分比

B 組三次測試結束，最大乳酸 (La_{max}) 堆積平均數與標準差分別為 7.56 ± 0.53 (N)、 8.27 ± 1.47 (BCAA)、 9.82 ± 1.33 mmol/l (BCAA⁺)。其中個人最大乳酸堆積為 11.15 mmol/l，顯現於攝取增補劑(BCAA⁺)症狀。個人最小則於攝取 BCAA 測試顯現 (6.96 mmol/l)。結果顯示 BCAA⁺與 N 達顯著差異 ($p < 0.01$)，如表 4-2 所示。

表 4-2 B 組三次測試結束最大乳酸平均數與標準差 (mmol/l)

		La_{max}	Max	Min
B 組 (n=5)	N	7.56 ± 0.53	8.35	6.99
	BCAA	8.27 ± 1.47	10.37	6.96
	BCAA ⁺	$9.82 \pm 1.33^{**}$	11.15	7.66

** 表示 BCAA⁺與 N 之比較達顯著差異 ($p < 0.01$)

B 組三次測試結束後(E1)乳酸堆積平均數與標準差分別為 7.20 ± 0.71 (N)、 8.09 ± 1.43 (BCAA)、 9.49 ± 1.31 mmol/l (BCAA⁺)，BCAA⁺結束後(E1)之乳酸值與 N 達顯著差異($p < 0.05$)。於 E3、E5、E7、E10、E15 分鐘其排除速度之分析，N 於第 3 分鐘(E3)持續上升 4.17 %、BCAA 上升 0.41 %、BCAA⁺上升 3.03 %；在第 5 分鐘(E5)N、BCAA 與 BCAA⁺開始下降，下降百分比則分別為 2.97、5.89 與 4.95 %；至第 15 分鐘(E15)，N 下降幅度達 34.55 %、BCAA 達 36.25 %、BCAA⁺達 28.84 %。經統計分析，結果顯示三次測試在每一同時間點(E3、E5、E7、E10、E15)之比較皆未達顯著差異($p > 0.05$)，如圖 4-7 所示。

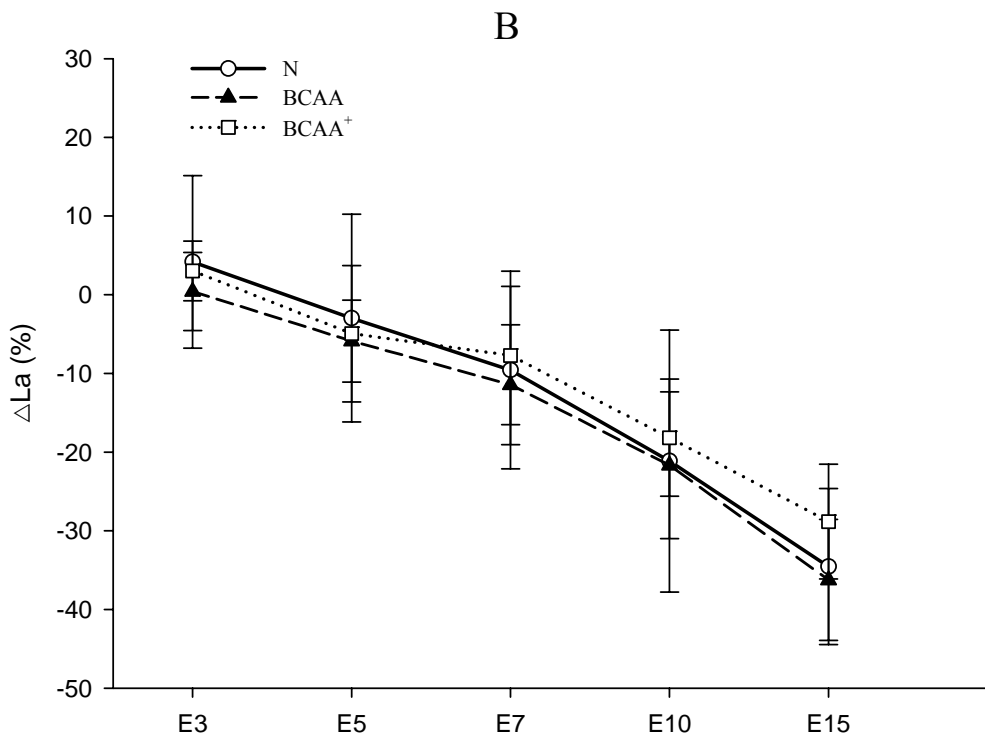


圖 4-7 B 組三次測試結束乳酸變化百分比

C 組三次測試結束，最大乳酸 (La_{max}) 堆積平均數與標準差分別為 11.23 ± 2.71 (N)、 12.23 ± 0.92 (BCAA)、 11.21 ± 1.75 mmol/l (BCAA⁺)。其中個人最大乳酸堆積為 16.20 mmol/l，顯現於未攝取增補劑(N)症狀。個人最小則於攝取 BCAA⁺測試顯現(9.32 mmol/l)。經統計分析，結果顯示三次測試之間未達顯著差異($p > 0.05$)，如表 4-3 所示。

表 4-3 C 組三次測試結束最大乳酸平均數與標準差(mmol/l)

		La_{max}	Max	Min
C 組 (n=7)	N	11.23 ± 2.71	16.20	7.90
	BCAA	12.23 ± 0.92	13.62	10.95
	BCAA ⁺	11.21 ± 1.75	14.74	9.32

C 組三次測試結束後(E1)乳酸堆積平均數與標準差分別為 10.09 ± 2.15 (N)、 10.59 ± 1.43 (BCAA)、 9.73 ± 1.82 mmol/l (BCAA⁺)，三次測試結束後(E1)之乳酸未達顯著差異 ($p > 0.05$)。於 E3、E5、E7、E10、E15 分鐘時其排除速度之分析，BCAA 於第 5 分鐘(E5)持續上升高達 14.08 %；至第 7 分鐘(E7)N、BCAA 與 BCAA⁺ 則分別下降 5.42、8.88 與 9.01 %。在第 15 分鐘(E15)N、BCAA 與 BCAA⁺下降百分比趨於相近，分別為 17.72、18.36、18.84 %。經統計分析，結果顯示三次測試在每一同時間點(E3、E5、E7、E10、E15)之比較皆未達顯著差異 ($p > 0.05$)，如圖 4-8 所示。

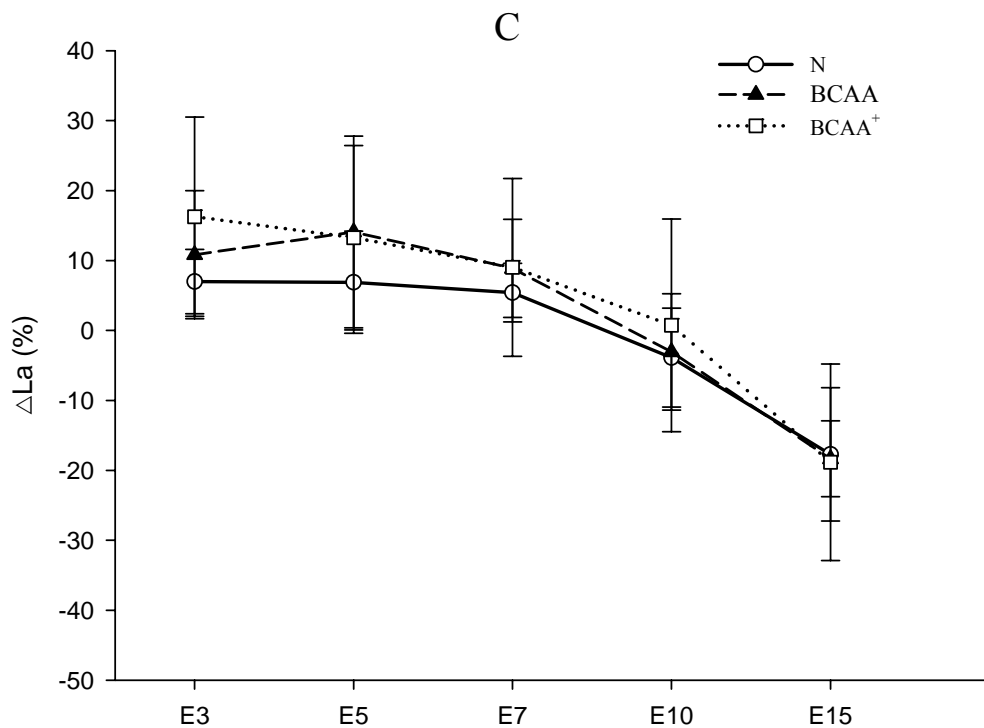


圖 4-8 C 組三次測試結束乳酸變化百分比

D 組三次測試結束，最大乳酸 (La_{max}) 堆積平均數與標準差分別為 9.15 ± 0.9 (N)、 9.25 ± 1.3 (BCAA)、 9.77 ± 1.6 mmol/l (BCAA⁺)。其中個人最大乳酸堆積為 12.91 mmol/l，顯現於攝取增補劑 (BCAA⁺) 症狀。個人最小則於未攝取 (N) 測試顯現 (7.57 mmol/l)。經統計分析，結果顯示三次測試間未達顯著差異 ($p > 0.05$)，如表 4-4 所示。

表 4-4 D 組三次測試結束最大乳酸平均數與標準差 (mmol/l)

		La_{max}	Max	Min
D 組 (n=7)	N	9.15 ± 0.9	10.90	8.36
	BCAA	9.25 ± 1.3	10.52	7.57
	BCAA ⁺	9.77 ± 1.6	12.91	8.41

D 組三次測試結束後(E1)乳酸堆積平均數與標準差分別為 10.09 ± 2.15 (N)、 10.59 ± 1.43 (BCAA)、 9.73 ± 1.82 mmol/l (BCAA⁺)，三次測試結束後(E1)之乳酸未達顯著差異($p > 0.05$)。於 E3、E5、E7、E10、E15 分鐘其排除速度之分析，BCAA 於第 5 分鐘(E5)持續上升達 14.08 %；至第 7 分鐘(E7) N、BCAA 與 BCAA⁺ 則分別下降 5.42、8.88 與 9.01 %，三者均未達顯著差異($p > 0.05$)。在第 15 分鐘(E5) N、BCAA 與 BCAA⁺ 下降百分比趨於相近，分別為 17.72、18.36 與 18.84 %。經統計分析，結果顯示三次測試在每一同時間點(E3、E5、E7、E10、E15)之比較皆未達顯著差異($p > 0.05$)，如圖 4-9 所示。

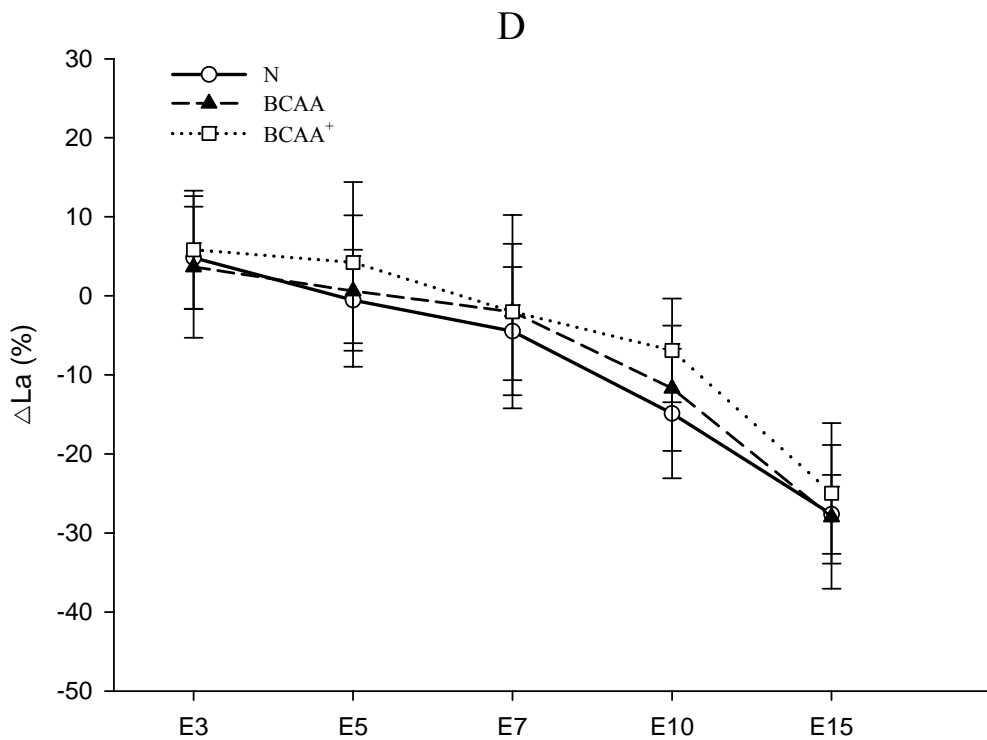


圖 4-9 D 組三次測試結束乳酸變化百分比

四、A、B、C、D 組三次階梯式漸增速度測試之每階血氨(NH₃)變化

表 4-5 為 A 組三次測試結束每階 NH₃ 變化。於測試結束後 (E1) NH₃ 平均數與標準差分別為 85±24 (N)、104±27 (BCAA)、82±20 μmol/l (BCAA⁺)，BCAA 與 N 之 NH₃ 值差異為 19 μmol/l，BCAA 與 BCAA⁺之 NH₃ 值差異為 22 μmol/l。於恢復期第 10 分鐘 (E10) NH₃ 為 63±21 (N)、92±27 (BCAA)、84±21 μmol/l (BCAA⁺)，BCAA⁺與 N 之 NH₃ 值差異為 21 μmol/l。經統計分析，血氨(NH₃)於安靜值(R)、測試結束後(E1)與測試結束後恢復期第 5 分鐘(E5)，三次測試之比較均未達顯著差異($p>0.05$)。但於測試結束後恢復期第 10 分鐘(E10)，BCAA⁺與 N 之比較達顯著差異($p<0.01$)。

表 4-5 A 組三次測試結束每階 NH₃ 平均數與標準差(μmol/l)

		R	E1	E5	E10
A 組 (n=7)	N	19±11	85±24	106±36	63±21
	BCAA	27±7	104±27	102±21	92±27
	BCAA ⁺	17±8	82±20	99±18	84±21 ^{**}

** 表示 BCAA⁺與 N 之比較達顯著差異($p<0.01$)

A 組個人於三次測試之最大 NH_3 值之平均數與標準差，分別為 107 ± 36 (N)、 114 ± 26 (BCAA)、 $102 \pm 17 \mu\text{mol/l}$ (BCAA⁺)。其中個人最大 NH_3 為 $156 \mu\text{mol/l}$ (N)，最小值為 $65 \mu\text{mol/l}$ 皆顯現於未攝取增補劑之 N 測試。經統計分析，結果顯示三次測試之間均未達顯著差異 ($p > 0.05$)，如圖 4-10 所示。

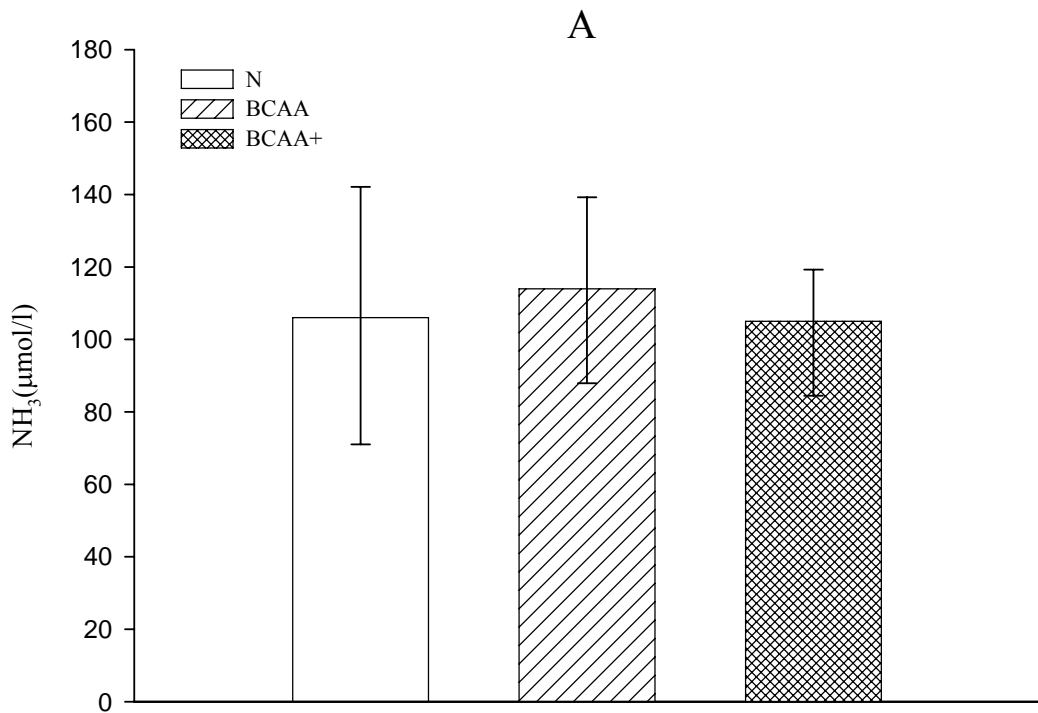


圖 4-10 A 組三次測試最大血氨值(NH_3)

表 4-6 為 B 組三次測試結束每階 NH₃ 變化。於測試結束後 (E1) NH₃ 值分別為 82±20 (N)、100±35 (BCAA)、87±35 μmol/l (BCAA⁺)，BCAA 與 N 之 NH₃ 值差異為 18 μmol/l，BCAA 與 BCAA⁺之 NH₃ 值差異為 13 μmol/l。經統計分析，血氨(NH₃)於安靜時(R)、測試結束後(E1)與測試結束後恢復期第 5、10 分鐘 (E5、E10)，三次測試之間比較均未達顯著差異 ($p>0.05$)。

表 4-6 B 組三次測試結束每階 NH₃ 平均數與標準差 (μmol/l)

		R	E1	E5	E10
B 組 (n=5)	N	29±8	82±20	88±51	70±19
	BCAA	25±6	100±35	97±27	94±20
	BCAA ⁺	22±7	87±35	83±23	84±29

B 組個人於三次測試之最大 NH_3 值之平均數與標準差分別為 97 ± 45 (N)、 113 ± 29 (BCAA)、 $96 \pm 32 \mu\text{mol/l}$ (BCAA⁺)。其中個人最大 NH_3 值為 $176 \mu\text{mol/l}$ 顯現於未攝取增補劑(N)症狀，最小則於攝取 BCAA⁺測試顯現($62 \mu\text{mol/l}$)。經統計分析，結果顯示三測試之間未達顯著差異($p > 0.05$)，如圖 4-11 所示。

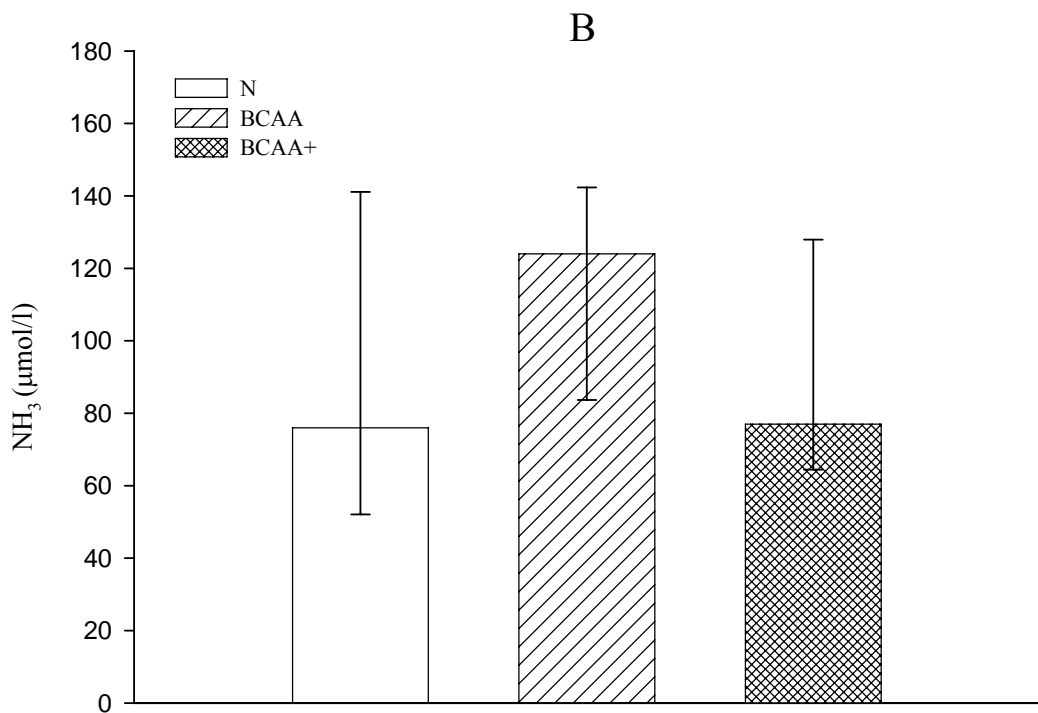


圖 4-11 B 組三次測試最大血氨值(NH_3)

表 4-7 為 C 組三次測試結束 NH₃ 變化。BCAA 於安靜值(R)、測試結束後恢復期 E1、E5、E10 分鐘 NH₃ 值分別為 20±9、122±20、113±13、102±15 μmol/l。BCAA 與 N 於安靜值(R)之 NH₃ 值差異為 5 μmol/l ($p<0.05$)。於 E1 分鐘 BCAA 與 N 之 NH₃ 差異值為 39 μmol/l ($p<0.05$)，BCAA 與 BCAA⁺之 NH₃ 值差異為 30 μmol/l ($p<0.01$)。E5 分鐘 BCAA 與 N 之 NH₃ 差異值為 21 μmol/l ($p<0.01$)。E10 分鐘 BCAA 與 N 之 NH₃ 差異值為 16 μmol/l ($p<0.01$)，BCAA 與 BCAA⁺之 NH₃ 值差異為 20 μmol/l ($p<0.01$)。

表 4-7 C 組三次測試結束每階 NH₃ 平均數與標準差(μmol/l)

		R	E1	E5	E10
C 組 (n=7)	N	15±5	83±21	92±20	86±14
	BCAA	20±9 [*]	122±20 ^{**}	113±13 ^{**}	102±15 ^{**}
	BCAA ⁺	17±10	92±24 [#]	97±20	82±17 [#]

* 表示 BCAA⁺與 N 之比較達顯著差異 ($p<0.05$)

** 表示 BCAA⁺與 N 之比較達顯著差異 ($p<0.01$)

表示 BCAA 與 BCAA⁺之比較達顯著差異 ($p<0.05$)

C 組個人於三次測試之最大 NH_3 平均數與標準差分別為 95 ± 20 (N)、 124 ± 18 (BCAA)、 $101 \pm 22 \mu\text{mol/l}$ (BCAA⁺)。其中個人最大 NH_3 值為 $148 \mu\text{mol/l}$ 顯現於攝取增補劑(BCAA)症狀，最小則於未攝取 N 測試顯現($74 \mu\text{mol/l}$)。經統計分析，結果顯示 BCAA 與 N 達顯著差異($p < 0.05$)，如圖 4-12 所示。

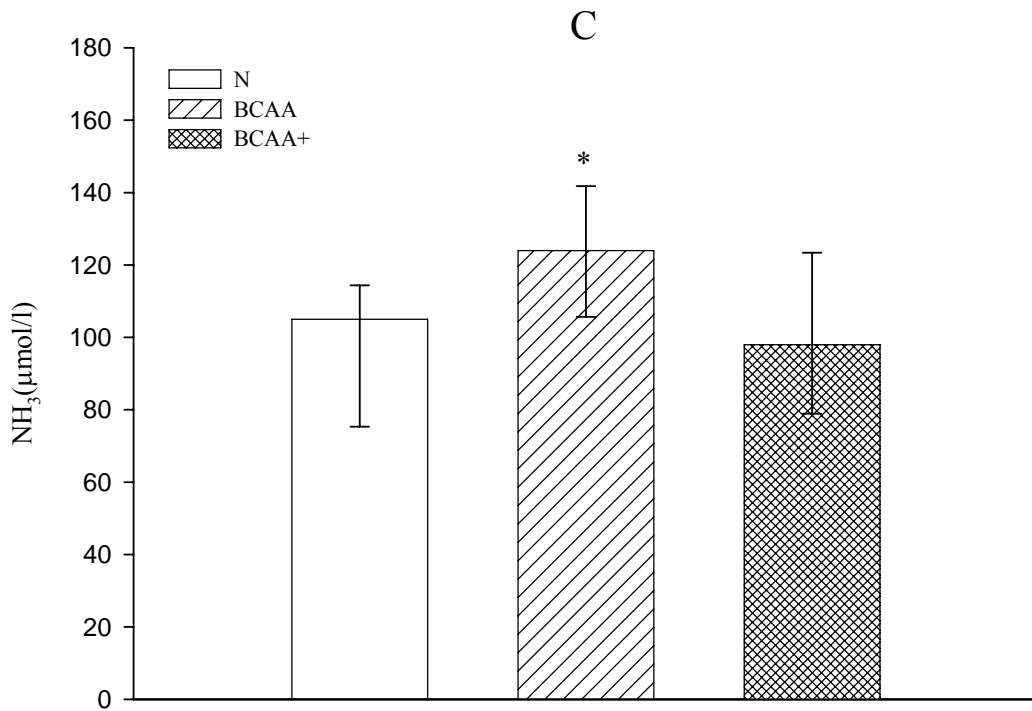


圖 4-12 C 組三次測試最大血氨值(NH_3)

* 表示 BCAA 與 N 之比較達顯著差異($p < 0.05$)

表 4-8 為 D 組三次測試結束 NH₃ 變化。於測試結束後 (E1)BCAA 與 N 之 NH₃ 值差異為 27 μmol/l; 測試結束後恢復期第 10 分鐘 (E10) BCAA 與 N 之 NH₃ 值差異為 38 μmol/l。經統計分析, 血氨(NH₃)於安靜時(R)、結束後恢復期第 5 分鐘(E5), 三次測試之間比較均未達顯著差異 ($p>0.05$); 但於測試結束 (E1) 與測試結束後恢復期第 5 分鐘 (E5), BCAA 與 N 達顯著差異 ($p<0.01$)。

表 4-8 D 組三次測試結束每階 NH₃ 平均數與標準差 (μmol/l)

		R	E1	E5	E10
D 組 (n=7)	N	29±10	77±8	91±23	70±17
	BCAA	27±6	104±19**	112±36	108±34**
	BCAA+	27±8	85±19	95±17	71±25

** 表示 BCAA 與 N 之比較達顯著差異 ($p<0.01$)

D 組個人於三次測試結束之最大血氨(NH₃)平均數與標準差分別為 92±22 (N)、120±36 (BCAA)、99±16μmol/l (BCAA⁺)。其中個人最大 NH₃ 值為 182 μmol/l 顯現於攝取增補劑(BCAA)症狀，最小則於未攝取 N 測試顯現(67 μmol/l)。經統計分析，結果顯示三次測試之間未達顯著差異($p>0.05$)，如圖 4-13 所示。

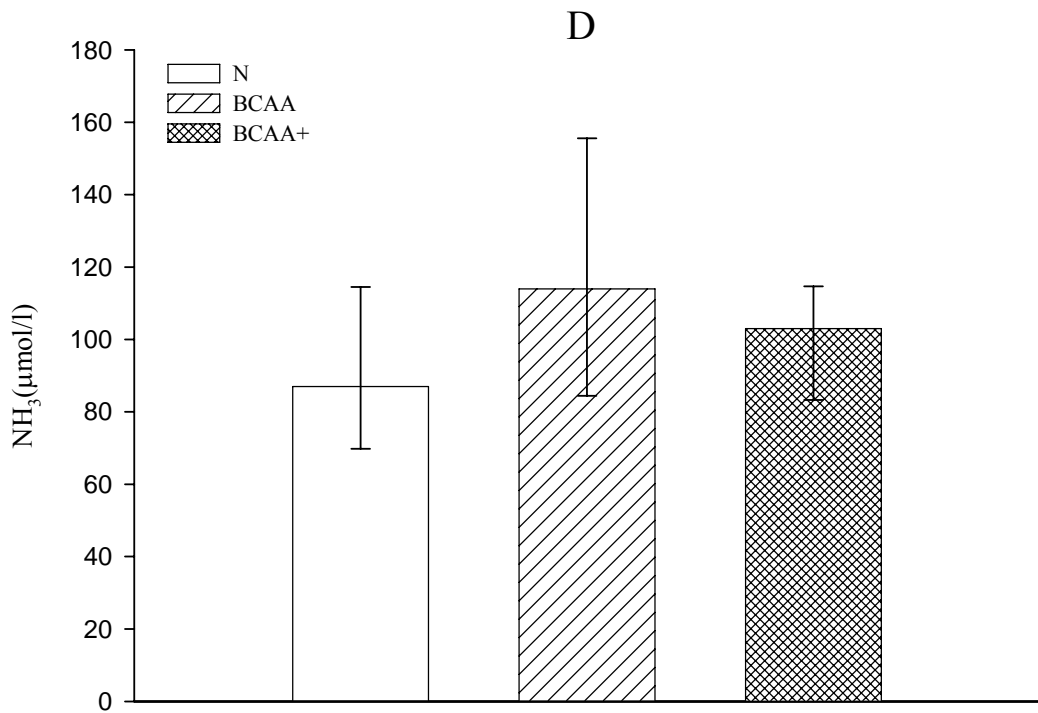


圖 4-13 D 組三次測試最大血氨值(NH₃)

五、A、B、C、D 組三次階梯式漸增速度測試之心跳率變化

A 組 (n=7) 於三次測試中，每一階之心跳率皆未達顯著差異。(如圖 4-14)。第五階段 (3.7m/s) BCAA⁺ 心跳率平均數與標準差為 $173 \pm 10 \text{ min}^{-1}$ ，與 N 差異為 4 min^{-1} 。至第九階段 (4.9m/s) BCAA⁺ 達到人數 4 人，心跳率平均數與標準差為 $195 \pm 5 \text{ min}^{-1}$ ，與 N、BCAA 之差異分別為 3、1 min^{-1} 。於第十階段 (5.2m/s) N 與 BCAA⁺ 有 2 人達到，其平均數與標準差分別為 210 ± 10 與 $198 \pm 9 \text{ min}^{-1}$ ；BCAA 測試中則僅有 1 人達到，心跳率為 202 min^{-1} 。經統計分析，結果顯示三次測試每階段均未達顯著差異 ($p > 0.05$)。

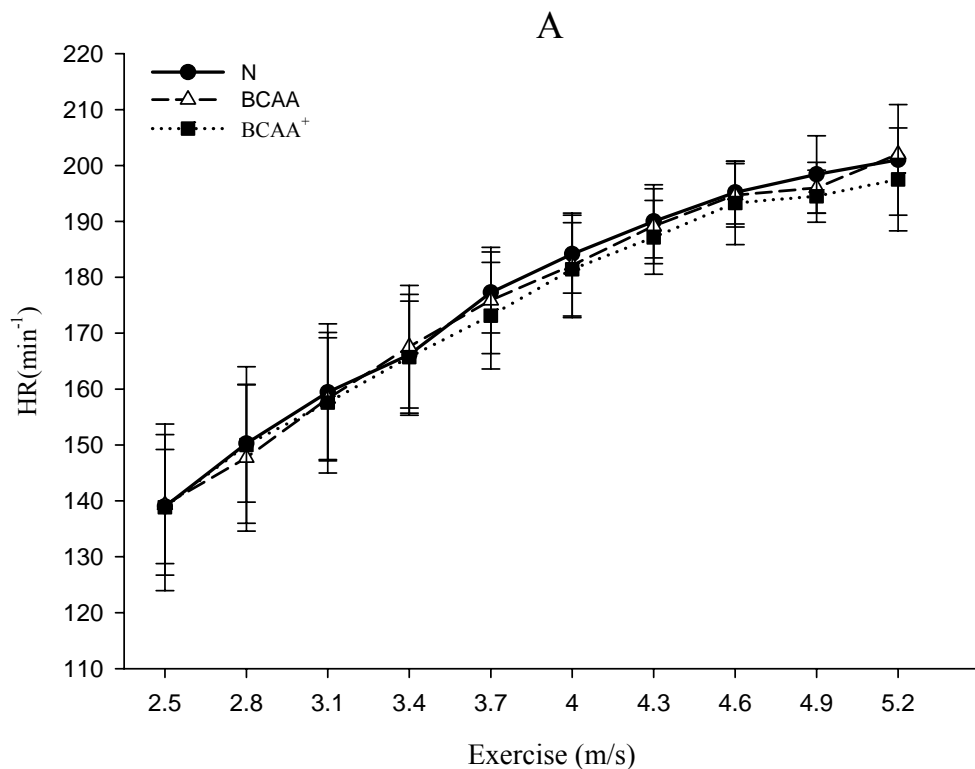


圖 4-14 A 組三次測試之心跳率變化

圖 4-15 為 B 組 (n=5) 三次測試心跳率之變化。第二階段 (2.8m/s) BCAA 心跳率平均數與標準差為 $171\pm 16 \text{ min}^{-1}$ ，與 BCAA⁺ 差異為 6 min^{-1} 。至第六階段 (4.0m/s) BCAA 與 BCAA⁺ 測試達到人數各有 3 人，其平均數與標準差分別為 $196\pm 3 \text{ min}^{-1}$ 、 $204\pm 11 \text{ min}^{-1}$ ，差異為 8 min^{-1} 。第七階段 (4.3 m/s) N 與 BCAA 測試中則僅有 1 人達到，心跳率為 196、194 min^{-1} 。經統計分析，結果顯示，三次測試之心跳率比較，於每一階均未達顯著差異 ($p>0.05$)。

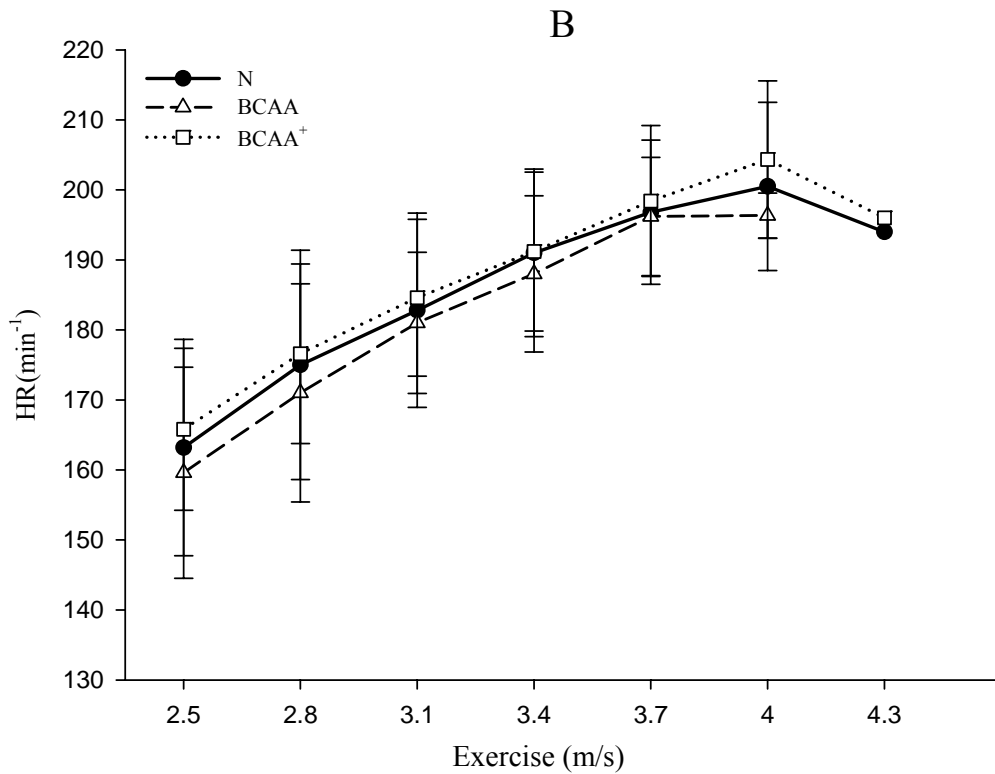


圖 4-15 B 組三次測試之心跳率變化

圖 4-16 為 C 組 (n=7) 三次測試中心跳率之變化。於第七階段 (4.1m/s) N 測試達到人數為 6 人，其平均數與標準差為 $198 \pm 8 \text{ min}^{-1}$ ，BCAA 與 BCAA⁺ 達到人數各有 5 人，心跳率平均數與標準差分別為 200 ± 11 、 $199 \pm 11 \text{ min}^{-1}$ 。第七階段 (4.1 m/s) 與第八階段 (4.4 m/s) 則僅有 1 人達到。經統計分析，三次測試之心跳率比較，於每一階均未達顯著差異 ($p > 0.05$)。

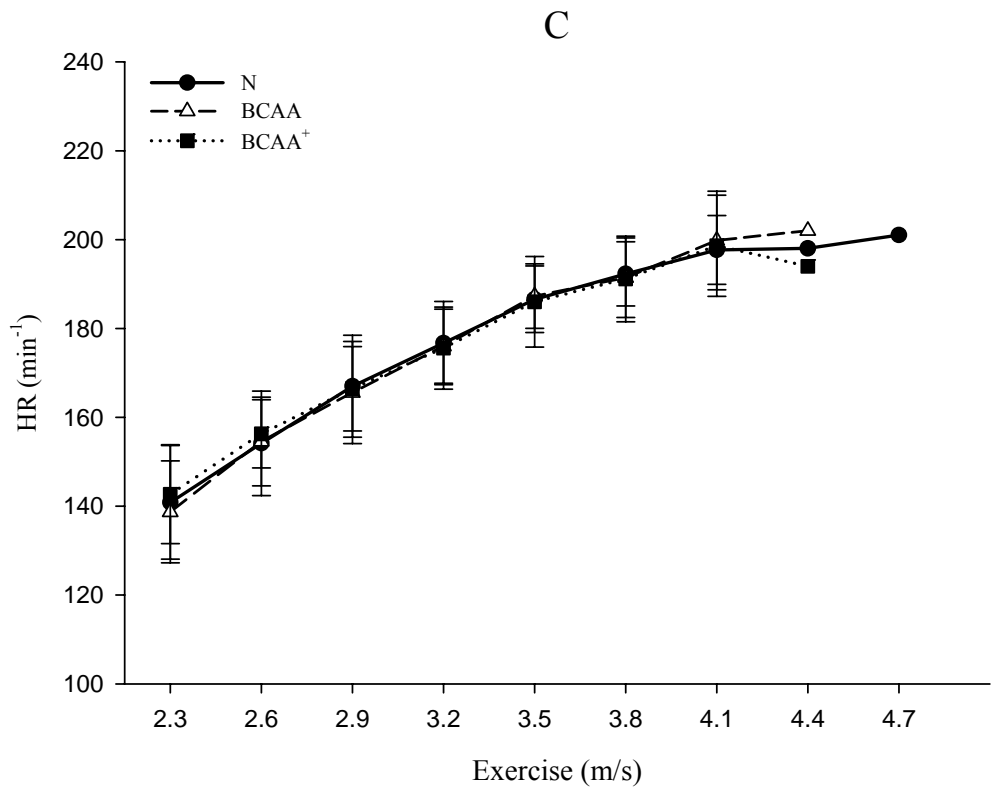


圖 4-16 C 組三次測試之心跳率變化

圖 4-17 為 D 組 (n=7) 三次測試中，每一階之心跳率皆未達顯著差異。於第六階段 (3.8 m/s) N 與 BCAA⁺ 測試達到人數為 5 人，其平均數與標準差分別為 185 ± 4 、 $187 \pm 6 \text{ min}^{-1}$ ，BCAA 達到人數則有 6 人，心跳率平均數與標準差分別 $186 \pm 7 \text{ min}^{-1}$ 。第八、九、十階段 (4.4、4.7、5.0 m/s) 則僅有 1 人達到。經統計分析，三次測試之心跳率比較，於每一階均未達顯著差異 ($p > 0.05$)。

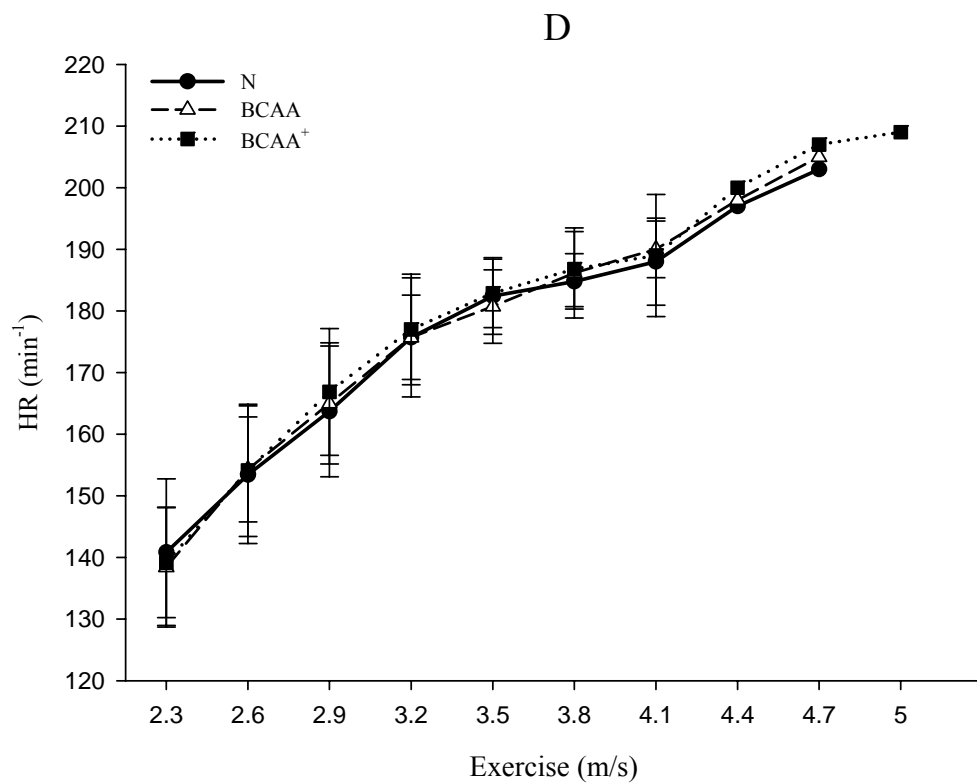


圖 4-17 D 組三次測試之心跳率變化

第二節 無氧閾值能力(4mmol/l)對運動前補充支鏈胺基酸於耐力運動後表現之分析

一、有氧-無氧閾值(2-4mmol/l)

A、B、C、D 組其有氧閾值(2mmol/l)速度平均數與標準差分別為 2.8 ± 0.3 、 2.4 ± 0.4 、 1.9 ± 0.3 、 2.2 ± 0.4 m/s；有氧閾值心跳率分別為 153 ± 13 、 157 ± 12 、 131 ± 16 、 148 ± 11 min^{-1} 。無氧閾值(4mmol/l)速度平均數與標準差分別為 A 組 3.8 ± 0.4 、B 組 3.2 ± 0.1 、C 組 2.8 ± 0.2 、D 組 2.9 ± 0.6 m/s；無氧閾值心跳率分別為 176 ± 9 、 181 ± 10 、 160 ± 13 、 170 ± 13 min^{-1} (如表 4-9)。

表 4-9 A、B、C、D 組有氧與無氧閾值速度(m/s)及心跳率(min^{-1})

	2mmol/l		4mmol/l	
	m/s	HR	m/s	HR
	M \pm SD	M \pm SD	M \pm SD	M \pm SD
A 組 (n=7)	2.8 ± 0.3	153 ± 13	3.8 ± 0.4	176 ± 9
B 組 (n=5)	2.4 ± 0.4	157 ± 12	3.2 ± 0.1	181 ± 10
C 組 (n=7)	1.9 ± 0.3	131 ± 16	2.8 ± 0.2	160 ± 13
D 組 (n=7)	2.2 ± 0.4	148 ± 11	2.9 ± 0.6	170 ± 13

二、無氧閾值能力(4mmol/l)與運動負荷持續時間之分析

A 組之無氧閾值(4mmol/l)速度介於 3.4 ~ 4.4 m/s，三次測試負荷持續時間則介於 1787~2190 s 之間，結果顯示無氧閾值速度(m/s) 高者，其負荷時間亦長。1、2、3、4 號，於耐力運動前增補 BCAA⁺顯現最高運動負荷持續時間；7 號於增補 BCAA 顯現最高運動負荷持續時間；而 5、6 號則於未增補測試顯現最高運動負荷持續時間，如圖 4-18 所示。

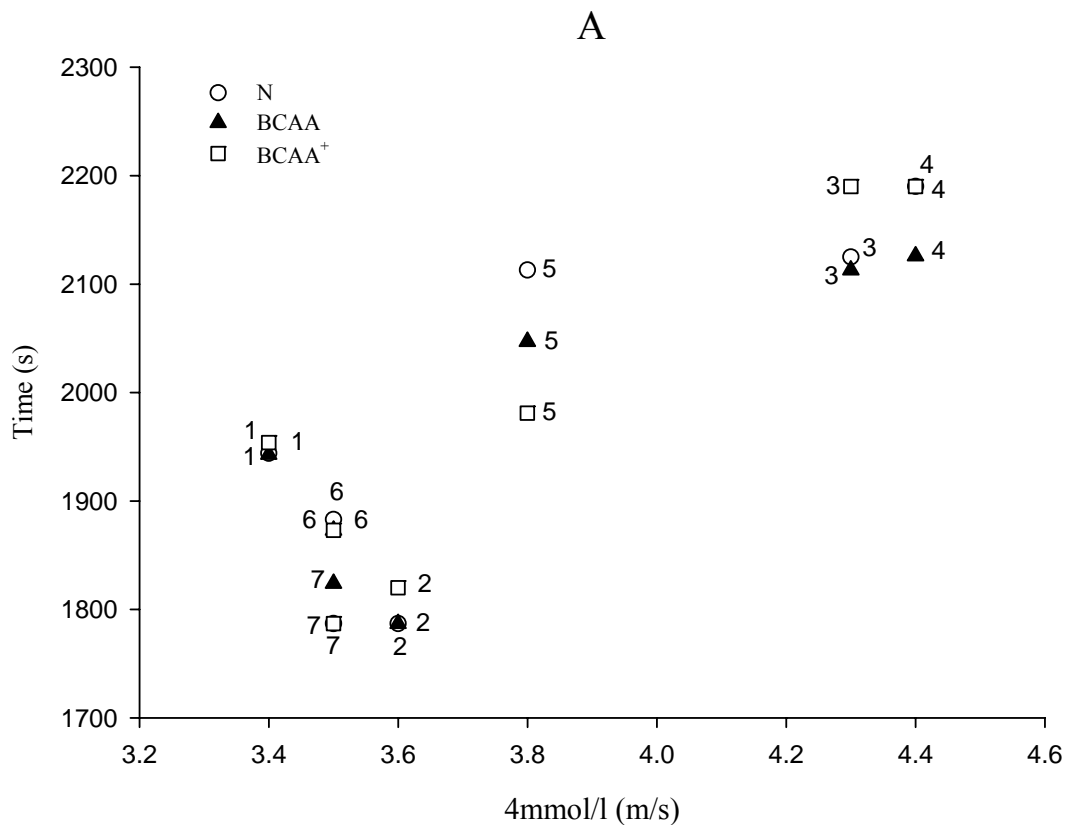


圖 4-18 A 組無氧閾值(4mmol/l)速度與三次測試持續時間之分佈圖

B 組之無氧閾值(4mmol/l)速度介於 3.0~3.4 m/s 之間，三次測試負荷持續時間則介於 1160~1700 s。1、4 號，於耐力運動前增補 BCAA⁺顯現最高運動負荷持續時間；3、5 號於增補 BCAA 顯現最高運動負荷持續時間；而 2 號則於未增補測試顯現最高運動負荷持續時間，如圖 4-19 所示。

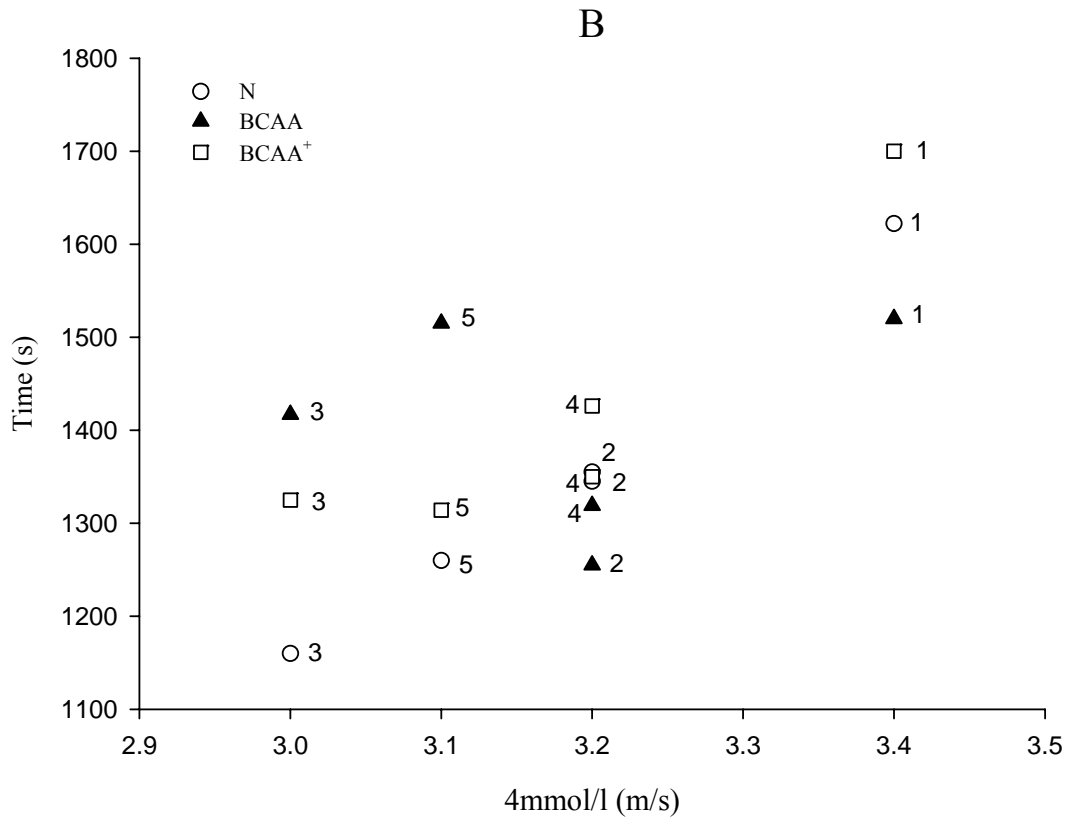


圖 4-19 B 組無氧閾值(4mmol/l)速度與三次測試持續時間之分佈圖

C 組之無氧閾值(4mmol/l)速度介於 2.6~3.2 m/s 之間，三次測試負荷持續時間則介於 1462~2041 s。7 號於耐力運動前增補 BCAA⁺顯現最高運動負荷持續時間；1、2、3、4 號於增補 BCAA 顯現最高運動負荷持續時間；而 2、5、6 號則於未增補測試顯現最高運動負荷持續時間，如圖 4-20 所示。

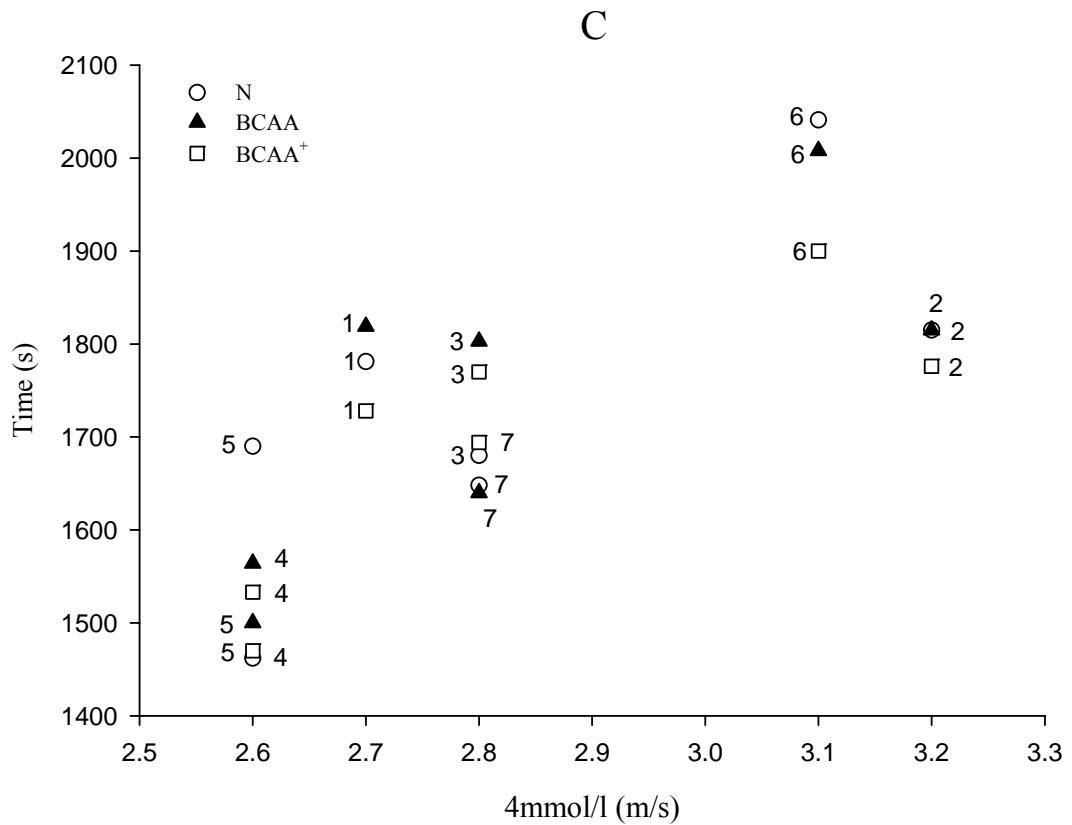


圖 4-20 C 組無氧閾值(4mmol/l)速度與三次測試持續時間之分佈圖

D 組之無氧閾值(4mmol/l)速度介於 2.3~4.0 m/s 之間，三次測試負荷持續時間則介於 1200~2213 s。無氧閾值速度(m/s) 高者，其負荷時間亦長。2、3 號於耐力運動前增補 BCAA⁺顯現最高運動負荷持續時間；1、5、6 號於增補 BCAA 顯現最高運動負荷持續時間；而 4、7 號則於未增補測試顯現最高運動負荷持續時間，如圖 4-21 所示。

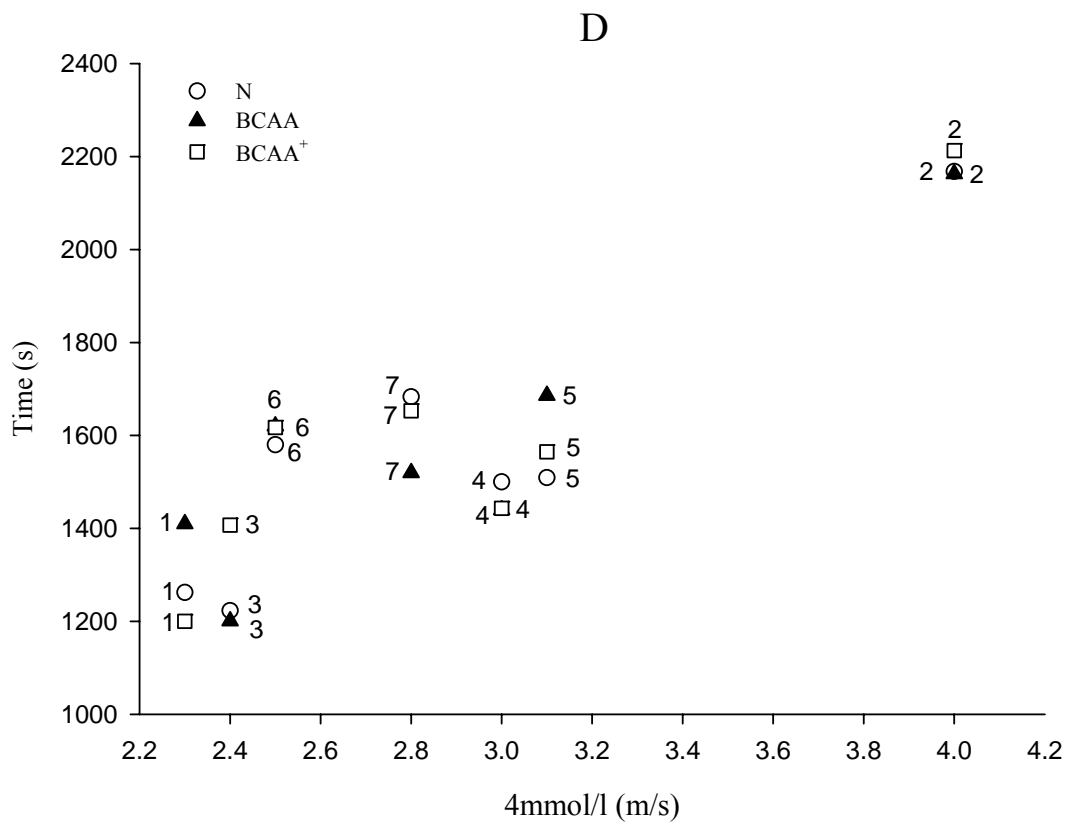


圖 4-21 D 組無氧閾值(4mmol/l)速度與三次測試持續時間之分佈圖

第伍章 討論

第一節 補充支鏈胺基酸對耐力表現與生理值之影響

一、持續時間

四組之測試持續時間表現（如圖 4-1），雖然各組在三次測試中分別皆未達到統計上的差異，但在 B 組增補 BCAA 測試中相對於未增補測試(N)持續時間延長約 4%，在增補 BCAA⁺ 測試相對於 N 測試之持續時間約延長 6%。在 D 組增補 BCAA 與 BCAA⁺ 測試之持續時間相對於未增補(N)測試分別延長 1 與 2%。本研究中之 B、D 兩組於運動測試前不論是攝取 BCAA 或是 BCAA⁺對於其運動表現均顯示在持續時間上有增長現象，此結果與 Davis 等 (1992) 提出 BCAA⁺較能延長運動表現相同，可能是因為 BCAA⁺提供了碳水化合物作為能量來源，因而延緩疲勞發生，進而能增加測試持續時間。另外，沒有達顯著的原因有可能是因為當適量補充 BCAA 雖然對維持長時間運動中 fTRP/BCAA（游離色胺酸/支鏈胺基酸）比率有其作用，但相對因攝取含 BCAA 產生的高血氨亦會成為影響耐力運動表現的因素之一。

至於在 A、C 兩組三次測試中，有增補 BCAA 與 BCAA⁺相對於未增補(N)測試在持續時間表現上無顯著差異；依先前研究顯示，不論是攝取高劑量 BCAA 進行階梯式漸增速度測試 (Varnier et al., 1994)，或是以自行車運動員增補糖類、BCAA，與安慰劑進行長時間耐力運動 (Madsen et al., 1996) 結果在持續時間表現上並沒有顯著差異，另外在最近的相關研究當中，

針對運動員或是一般人增補 BCAA 之研究結果 (Huffman, Altana, Mawhinney, & Thomas, 2004; Koba et al., 2007)，亦指出補充 BCAA 對於持續時間的表現之效益皆未達顯著差異。在本研究中並未檢測 fTrp/BCAA 值，只能間接由相關研究結果作推論。Yamamoto and Newsholme (2000) 指出攝取 BCAA 後，fTrp/BCAA 比例增加，血液中 fTrp 會藉由血腦屏障進入腦部，而色胺酸 (tryptophan, Trp) 為血清素 (5-hydroxytryptamine, 5-HT) 的前驅物，腦中 5-HT 濃度增加，會減少運動神經輸出，進而引起中樞疲勞產生，可能導致肌肉能量供應不足；因此本研究中之 A、C 組在三次測試前攝取 BCAA 及 BCAA⁺對於持續時間表現與未增補時之持續時間表現一致或退步。

二、血糖

本研究結果發現，運動員 A 與 B 組與一般人的 C 與 D 組於在三次測試結束後之最大血糖濃度明顯高於運動前(如圖 4-2、4-3、4-4、4-5)。四組於耐力運動結束時產生高血糖值，以及 D 組於結束後第七分鐘 (E7)，攝取 BCAA⁺測試分別與 BCAA、未增補 (N) 測試達顯著差異 ($p < 0.05$)，造成此一現象的原因可能是因為血糖為中樞神經系統及中長時間運動中骨骼肌重要的能量來源，當人體在攝取含有碳水化合物的飲食後，血糖濃度會產生上升變化，胰島素的分泌增加，因此體內細胞對血糖的吸收亦會增加 (林正常、林貴福、徐台閣、吳慧君編譯，2002)，所以造成運動結束時血糖值的上升。在相關研究中 (Madsen et al., 1996; Davis et al., 1999) 亦發現增補碳水化合物或是 BCAA，皆有造成血糖上升之情形，由於糖類、脂肪及蛋白質三大營養素可以在體內轉變提供身體所需能量，因為營養素之間可以藉由代謝的轉變而相互支援利用，補充胺基酸理

論上也影響醣類或脂肪的代謝 (Gropper, Smith, & Groff, 2004)。

三、運動後乳酸變化

Gasser & Brooks 於 1984 年提出，當運動強度升高時，乳酸即被大量製造，而造成乳酸製造率高於清除率，乳酸堆積就會出現。在運動過程中，乳酸堆積是造成疲勞產生的主要原因之一。而藉由血糖值可以間接觀察到乳酸的表現，主要依據血糖與胰島素兩者間之緊密關係會影響到乳酸變化 (Stannard, Constantini, & Miller, 2000; Yki-Järvinen, Bogardus, & Foley, 1990)。本研究結果顯示 A、C、D 組於三次測試中，持續時間越長，最大乳酸值越高 (如表 4-1、4-3、4-4)，但三次測試之間未達顯著差異；B 組之 BCAA⁺與 N 測試之最大乳酸值 (如表 4-2) 比較達顯著差異 ($p < 0.01$)。

在相關研究中發現，不論是以有運動習慣受試者攝取 BCAA 進行漸增式腳踏車運動測試 (Varnier et al., 1994)，亦或是針對自行車運動員進行長時間耐力測試在 (Madsen et al., 1996) 研究中，雖然在運動時間表現上未達顯著差異，但皆發現在增補 BCAA 測試之乳酸值較高。此症狀可能為 BCAA 在分解過程中進入檸檬酸循環與轉胺作用，與醣質新生的作用關係，提升肌肉肝醣使用，進入丙酮酸系統而提高乳酸的產生。然而在急性運動和耐力運動中，血漿中 NH_3 的濃度都會上升，同時腦中 NH_3 的濃度也急劇上升 (Banister & Cameron, 1990)，這可能是肌酸激酶活性增加的結果。肌酸激酶可以使 2 分子的 ADP 轉化成 1 分子的 ATP 和 1 分子的 AMP，氨是 AMP 轉變成肌苷酸 (IMP) 的副產品，而 ADP 與 AMP 的增加亦會提高

醣酵解作用能，使乳酸增加 (Maughan & Shirreffs, 1996)。因此這也是造成在本研究中運動型態為漸增式負荷模式，其於個人最大能力負荷時，當持續時間增加時，相對地肌肉中乳酸生成亦越多。

另外 Brooks (1985) 提出運動員在安靜時乳酸水平和正常人無差異，而運動員的乳酸轉換率較一般人為高，因此由本研究運動後乳酸下降曲線圖中，可與 Keskinen, Komi, & Rusko (1989) 研究印證，因此運動員 A、B 組（如圖 4-6、4-7）相對於一般人 C、D 組（如圖 4-8、4-9），其於運動前攝取 BCAA 時對於運動結束後之乳酸的排除能力較強。

四、血氨

血氨 (NH_3) 堆積會導致中樞疲勞和運動失調 (Banister & Cameron, 1990)。當骨骼肌嘌呤核苷酸循環 (purine nucleotide cycle) 活性增加，造成運動誘發的高血氨症，過量的氨堆積導致肌肉酸性提高，氨從肌肉擴散至血液越過血腦屏障，進入中樞神經系統，運動誘發的氨堆積導致週邊疲勞與中樞疲勞的產生。補充 BCAA 雖然可降低運動誘發之 fTrp/BCAA 比例，減少 fTrp 進入腦部，減少腦中 5-HT 合成，但亦有研究顯示補充 BCAA 可能使血氨濃度增加 (Wagenmakers, 1992; Van Hall, Raaymakers, Saris, & Wagenmakers, 1995; MacLean et al., 1996; Madsen et al., 1996; Watson, Shirreffs, & Maughan, 2004; Matsumoto et al., 2007)，過量的氨產生可能導致代謝酸性提高，且進入腦部中樞神經系統，亦可能會減少運動神經控制，進而使運動表現並未增加。

而在 MacLean 等 (1996) 與 Calders 等 (1997) 分別對一般

人與老鼠攝取BCAA進行耐力測試，結果與本研究相同，A、B、C、D四組皆在攝取BCAA測試結束後產生之最大血氨值。而C組（如表4-7）於結束後第1分鐘(E1)BCAA與BCAA⁺皆與N達顯著差異($p<0.01$; $p<0.05$)，而在結束後第5、10分鐘(E5、E10)BCAA亦與N達顯著差異($p<0.01$)；D組（如表4-8）於結束後第1、10分鐘(E1、E10)，BCAA與N達顯著差異($p<0.01$)。其原因可能為BCAA的補充會增加了肌肉中血氨的濃度，而氨的大量增加是由BCAA的分解代謝引起的，所以在運動中補充BCAA會影響血氨濃度。

另外在Wagenmakers等（1991）對自由車選手研究在中強度的耐力運動中，利用糖類的補充可以避免BCAA的氧化，亦可減弱了血漿中血氨的增加，此一結果與本研究中四組於運動測試前攝取BCAA⁺於測試結束後產生之血氨值皆低於攝取BCAA測試結束後之血氨值（如圖4-10、4-11、4-12、4-13所示），結果一致。

五、心跳率

心跳率為反映運動刺激強度的生理參數之一，而在本研究中，A、B、C、D四組在三次測試當中其心跳率皆未達顯著差異（如圖4-14、4-15、4-16、4-17）。在Madsen等（1996）與Watson等（2004）之研究與本研究A、B、C、D四組結果相同，有無增補BCAA或BCAA⁺對運動員和一般人之體循環並沒有明顯的影響。

另外，由圖4-14、4-15、4-16、4-17漸增式運動過程中心跳率之變化曲線發現與Böhmer等（1975）所提一致，其指出當運動強度逐漸達到身體之最大運動負荷時，上升的現象反而趨

於緩和。這種現象是因為心臟循環系統血液供給的能力，進而影響人體繼續從事更高強度的運動。

第二節 無氧閾值能力(4mmol/l)對運動前補充支鏈胺基酸於耐力運動後表現之分析

一、無氧閾值能力(4mmol/l)與運動負荷持續時間之分佈圖

由表 4-9 可得知四組之無氧閾值速度，A、B、C、D 組之平均數與標準差分別為 3.8 ± 0.4 、 3.2 ± 0.1 、 2.8 ± 0.2 、 2.9 ± 0.6 m/s。在過去的研究中已證實無氧閾值與耐力能力具有高度相關 (Liesen & Hollmann, 1981)，因此無氧閾值能力高者相對其耐力能力表現亦越佳，此一結果與本研究中 A、B、C、D 組相呼應。在圖 4-18 中 A 組無氧閾值能力(4mmol/l)與運動負荷持續時間之分佈圖中，在三次測試中可發現 1、2、3、4 號以攝取 BCAA⁺ 測試時其運動負荷時間最長，而無氧閾值(4mmol/l)能力越高者，其結果更是呈現此種趨勢。相對於無氧閾值能力較低者其在三次測試中之最高運動負荷時間表現上顯現則不一致且差距小，5、6 號在未增補時持續時間呈現最高值，而 7 號則在攝取 BCAA 測試時為最大值；由圖 4-1 中得知，A 組在三次測試之運動負荷持續時間雖未達顯著差異，但未攝取增補劑相對於增補時之測試結果其差異不大，因此增補劑的攝取對於其運動表現並未有明顯助益。這可能是因為雖然運動員長期接受運動訓練，對於長時間同一強度訓練方式有較高的承受度，但對於本研究中之漸增式耐力測試方式，由於強度持續升高，造成運動形式的不同，所以攝取增補劑並未能對其耐力表現有所幫助。

圖 4-19 中 B 組三次測試，有攝取增補劑測試之運動負荷時間優於未攝取增補之測試，無氧閾值能力較高者（1 號）其最高運動負荷持續時間顯現於攝取 BCAA⁺測試中，且由圖 4-1 更能看出攝取 BCAA⁺較 BCAA 效益更佳。造成此一現象的原因可能是因為 BCAA⁺增補劑讓血糖濃度會產生上升變化，胰島素的分泌增加，因此體內細胞對血糖的吸收亦會增加，而 BCAA 會讓 fTRP/BCAA 比值變小，因此能延長運動表現 (Davis et al., 1992)。

在 C 組無氧閾值能力(4mmol/l)與運動負荷持續時間之分佈圖中（如圖 4-20），無氧閾值能力較高者（2 號）其最高運動負荷持續時間亦顯現於未增補(N)與攝取 BCAA⁺測試中；另外，無氧閾值介於 2.6-2.8 m/s 之受試者（1、3、4、5、7 號）其在增補效果在運動負荷持續時間表現上顯現不一致的結果，但大部分（1、3、4 號）是以攝取 BCAA 之測試持續時間為最高值。在 D 組無氧閾值能力較高者（2 號）其最高運動負荷持續時間顯現於攝取 BCAA⁺測試中，但在無氧閾值能力介於 2.3-3.1 m/s 之受試者（1、3、4、5、6、7 號）其增補效果亦顯示不一致現象，大部分以增補 BCAA 其運動負荷持續時間較佳（如 1、5、6 號）。此一結果是因為補充 BCAA 可能可以減少運動疲勞產生，同時提高肌肉蛋白質合成作用，並提高 BCAA 氧化作用，作為運動中部分能量來源，避免運動所造成肌肉與肝臟肝醣減少 (Rennie and Tipton, 2000)。

第陸章 結論

- 一、耐力運動前攝取 BCAA 與 BCAA⁺增補劑對 A、B、C、D 組之持續時間表現未有效提升。
- 二、耐力運動前攝取 BCAA 與 BCAA⁺增補劑對 A、B、C、D 組之結束後乳酸排除有增加但未達顯著差異。
- 三、耐力運動前攝取 BCAA 與 BCAA⁺增補劑對 A、B、C、D 組之心跳率沒有差異。
- 四、耐力運動前攝取 BCAA 會造成 A、B、C、D 組之 NH₃ 最高值。
- 五、耐力運動前攝取 BCAA⁺增補劑對 A、B、D 組之無氧閾值 (m/s) 能力高者其在運動能力負荷持續時間有增加但未達顯著差異；耐力運動前攝取 BCAA 增補劑對 B、C、D 組之無氧閾值 (m/s) 能力較低者其在運動能力負荷持續時間有增加但未達顯著差異。

參考文獻

【中文部分】：

- 林政弘 (2000)。補充支鏈胺基酸對耐力運動員運動表現及生化質之影響。碩士論文，輔仁大學，台北縣。
- 林正常 (總校閱)、林貴福、徐台閣、吳慧君 (編譯) (2002)。Power, S. K., & Howley, E. T. 著。運動生理學。台北市：麥格羅希爾。
- 謝明哲、胡淼琳、楊素卿、陳俊榮、徐成金、陳明汝 (2003)。實用營養學。台北：華杏。

【英文部分】：

- Banister, E. W., & Cameron, B. J. C. (1990). Exercise induced hyper-ammonemia: peripheral and central effects. *International Journal of Sports Medicine*, 11 (suppl, 2), 129-142.
- Berning, J. R., & Steen, S. N. (2ed ed.). (1998). *Nutrition for Sport and Exercise*. Aspen Publishers, Inc:119-142.
- Blomstrand, E., Hassmen, P., Ek, S., Ekblom, B., & Newsholme, E. A. (1997). Influence of ingesting a solution of branched-chain amino acids on perceived exertion during exercise. *Acta Physiology of Scandinavia*, 159(1), 41-49.
- Blomstrand, E. (2001). Amino acid and central fatigue. *Amino Acids*, 20(1), 25-34.
- Brooks, G. A. (1985). Anaerobic threshold: Review of the concept and directions for future research. *Medicine and Science Sports and Exercise*, 17(1), 22-34.

- Böhmer, D., Baron, D., Bausenwein, I., Fischer, H., Groher, W., Hess, M., et al. (1975): Das sportmedizinische Untersuchungssystem. Leistungssport, Beiheft. In:張嘉澤，運動能力診斷與訓練調整（印刷中）。
- Calders, P., Pannier, J. L., Matthys, D. M., & Lacroix, E. M. (1997). Pre-exercise branched-chain amino acid administration increases endurance performance in rats. *Medicine and Science Sports and Exercise*, 29(9), 1182-1186.
- Calders, P., Matthys, D., Derave, W., & Pannier, J. L. (1999). Effect of branched-chain amino acids (BCAA), glucose, and glucose plus BCAA on endurance performance in rats. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 31(4), 583-587.
- Davis, J. M., Bailey, P., Woods, J. A., Galiano, F. J., Hamilton, M., & Bartoli, W. P. (1992). Effects of carbohydrate feedings on plasma free tryptophan and branched-chain amino acids during prolonged cycling. *European Journal of Applied Physiology*, 65, 513-519.
- Davis, J. M., Welsh, R. S., DeVolve, K. L., & Alderson, N. A. (1999). Effects of Branched-Chain Amino Acids and Carbohydrate on Fatigue During Intermittent, High-Intensity Running. *International Journal of Sports Medicine*, 20(5), 309-314.
- Fitts, R. & Metzger, J. (1993). Mechanisms of muscular fatigue. In Poortmanns, J. (Ed.), Principles of Exercise Biochemistry. Basel, Switzerland: Karger.

- Gaesser, G. A., & Brooks, G. A. (1984). Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. *Medicine and Science Sports and Exercise*, 16, 29-43.
- Gropper, S. S., Smith, J. L., & Groff, J. L. (4th ed.). (2004). *Advanced nutrition and human metabolism*. Belmont, CA: Thomson Learning. 230-251.
- Hollmann, W., Strüder, K. H., Herzog, H. G., Platen, P., Meirleir, K., & Manfred, D. (1996): Gehirn-hämodynamische, methabolische und psychische Aspekte bei körperlicher Arbeit. *Deutsches Ärzteblatt* 93, Heft 31-32. 5. August. A-2033.
- Hood, D. A., & Terjung, R. L. (1990). Amino acid metabolism during exercise and following endurance exercise. *Sports Medicine*, 9(1), 23-35.
- Huffman, D. M., Altena, T. S., Mawhinney, T. P., & Thomas, T. R. (2004). Effect of n-3 fatty acids on free tryptophan and exercise fatigue. *European Journal of Applied Physiology*, 92(4-5), 584-591.
- Keskinen, K. L., Komi, P. V., & Rusko. (1989). A comparative study of blood lactate tests in swimming. *International Journal Sports Medicine*. 10, 197-201.
- Koba, T., Hamada, K., Sakurai, M., Matsumoto, K., Hayase, H., Imaizumi, K., et al. (2007). Branched-chain amino acid supplementation attenuates the accumulation of blood lactate dehydrogenase during distance running. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(3), 316-322.

- Lehmann, M. J., Huonker, M., Dimeo, F., Heinz, N., Gastmann, U., Treis, N., et al. (1995). Serum amino acid concentrations in nine athletes before and after the 1993 Colmar ultra triathlon. *International Journal of Sports Medicine*, 16(3), 155-159.
- Lehmann, M. J., & Gastmann, U. A. L. (1998). Overtraining and the BCAA hypothesis. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 30(7), 1173-1178.
- Liesen, H., & Hollmann, W. (1981). Ausdauersport und Stoffwechsel. Schorndorf.
- Lowenstein, R. M. (1972). Ammonia production in muscle and other tissue: The purine nucleotide cycle. *Physiology Review*, 52, 384-414.
- Madsen, K., MacLean, D. A., Kiens, B., & Christensen, D. (1996). Effects of glucose, glucose plus branched-chain amino acid or placebo on bike performance over 100km. *Journal of Applied Physiology*, 81, 2644-2650.
- MacLean, D. A., & Graham, T. E. (1993). Branched-chain amino acid supplementation augments plasma ammonia responses during exercise in humans. *Journal of Physiology*, 74, 2711-2717.
- MacLean, D. A., Graham, T. E., & Saltin, B. (1996). Stimulation of muscle ammonia production during exercise following branched-chain amino acid supplementation in human. *Journal of Physiology*, 493(3), 909-922.
- Mader, A., Liesen, H., Heck, H., Philippi, H., Rost, R., Schurch,

- P., et al. (1976). Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportarzt und Sportmed.* 27(4), 80~88.
- Mathews, C. K., & Holde, K. E. V. (1990). *Biochemistry*. New York: Benjamin/Cummings. 433-739.
- Matsumoto, K., Mizuno, M., Mizuno, T., Dilling-Hansen, B., Lahoz, A., & Bertelsen, V. (2007). Branched-chain amino acids and arginine supplementation attenuates skeletal muscle proteolysis induced by moderate exercise in young individuals. *International Journal of Sports Medicine*, 28(6), 531-538.
- Maughan, R. J., & Shirreffs, S. M. (1996). *Biochemistry of exercise IX*, Champaign, IL: Human Kinetics.
- Maurice, E. S. (2001). *Modern Nutrition in Health and Disease*. 8th edition.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2001). *Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance*. (4th ed.). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- McMenamy, R. H., & Oncley, J. L. (1958). The specific binding of L-tryptophan to serum albumin. *Journal of Biochemistry*, 233, 1436-1447.
- Mittlemen, K. D., Ricci, M. R., & Bailey, S. P. (1998). Branched-chain amino acids prolong exercise during heat stress in men and women. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 30 (1), 83-91.
- Newsholme, E. A., & Leech, A. R. (1987). *Biochemistry for the*

Medical Sciences. New York: John Willey & Son.

- Paul, P., & Issekutz, B. J. (1967). Role of extramuscular energy sources in the metabolism of the exercising dog. *Journal of Applied Physiology*, 22(4), 615-622.
- Rennie, M., & Tipton, K. (2000). Protein and amino acid metabolism during and after exercise and the effects of nutrition. *Annal Review of Nutrition*, 20, 457-483.
- Romijn, J. A., Coyle, E. F., Sidosis, L. S., Gastaldelli, A., Horowitz, J. F., Endert, E., et al. (1993). Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *American Journal of Physiology*, 265(3), E380-E391.
- Smekal, G. (2002). Sind verzweigtte Aminosäuren ein Themaim Sport? *Österreichisches Journal für Sportmedizin*, 4.
- Stannard, S. R., Constantini, N. W., & Miller, J. C. (2000). The effect of glycemic index on plasma glucose and lactate levels during incremental exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 10, 51-61.
- Varnier, M., Sarto, P., Martines, D., Lora, L., Carmignoto, F., Leese, G. P., et al. (1994). Effect of infusing branched-chain amino acid during incremental exercise with reduced muscle glycogen content. *European Journal of Applied Physiology*, 69 (1), 26-31.
- Van Hall, G., Raaymakers, J. S. H., Saris, W. H. M., & Wagenmakers, A. J. M. (1995). Ingestion of branched chain amino acid and tryptophan during sustained exercise:

- failure to affect performance. *Journal of Physiology*, 486 (Pt 3), 789-794.
- Wagenmakers, A. J. M., Brookers, J. H., Coakley, J. H., Reilly, T., & Edwards, R. H. (1989). Exercise-induced activation of the branched-chain 2-oxo acid dehydrogenase in human muscle. *European Journal of Applied Physiology*, 59(3), 159-167.
- Wagenmakers, A. J. M., Bechers, E. J., Brouns, F., Kuipers, H., Soeters, P. B., van der Vusse, G. J., et al. (1991). Carbohydrate supplementation, glycogen depletion, and amino acid metabolism during exercise. *American Journal of Physiology*, 260, E883-E890.
- Wagenmakers, A. J. M. (1992). Role of amino acids and ammonia in mechanisms of fatigue. In *Muscle Fatigue Mechanisms in Exercise and Training, Medicine and Sport Science, Vol. 34* (ed. P. Marconnet, P. V., Komi, B. Saltin & O. M. Sejersted), pp.69-86. CRC Press, New York.
- Watson, P., Shirreffs, S. M., & Maughan, R. J. (2004). The effect of acute branched-chain amino acid supplementation on prolonged exercise capacity in a warm environment. *European Journal of Applied Physiology*, 93(3), 306-314.
- Yamamoto, T. & Newsholme, E. A. (2000). Diminished central fatigue by inhibition of the L-system transporter for the uptake of tryptophan. *Brain Research Bulletin*, 52(1), 35-38.
- Yki-Järvinen, H., Bogardus, C., & Foley, J. E. (1990).

Regulation of plasma lactate concentration in resting human subjects. *Metabolism*, 39(8), 859-864.



附錄一

Optimum BCAA Power 成分

每匙 5.6g 所含	
成分	重量
L-Leucine	2.5g
L-Isoleucine	1.25g
L-Valine	1.25g
Other Ingredients : Maltodextrin、Lecithin	

BCAA 添加碳水化合物成分

每次服用 4 顆所含			
Calories	20	L-Histidine	77mg
Protein	5g	L-Isoleucine	331mg
Calcium	25mg	L-Leucine	474mg
Sodium	10mg	L-Lysine	481mg
L-Alanine	236mg	L-Methionine	93mg
L-arginine	86mg	L-Phenylalanine	104mg
L-Aspartic Acid	540mg	L-Proline	289mg
L-Carnitine	20mg	L-Serine	218mg
L-Cysteine	111mg	L-Threonine	366mg
L-Glutamic Acid	868mg	L-Tryptophan	72mg
L-Glutamine	200mg	L-Tyrosine	76mg
L-Glycine	78mg	L-Valine	281mg

附錄二

受試者須知

**研究名稱：耐力運動前攝取支鏈胺基酸與含碳水化合物之支鏈
胺基酸對耐力表現與運動後恢復之影響**

研究者：國立臺灣體育大學教練研究所 王月琪

- 一、請受試者於實驗期間維持正常的飲食型態，且不可服用營養增補劑或其他藥物，以免影響實驗數據。
- 二、每一受試者不得從事訓練計畫之外的額外訓練。受試者接受各項檢測時，應穿著運動服裝，經過適當熱身之後，全力以赴。
- 三、實驗期間，受試者得提出研究與測試相關問題，研究者除將盡力回答所提問題外，也將盡全力保障受試者的安全，受試者如因身體不適或其他理由，得隨時退出本研究。
- 四、受試者進行階梯式力竭運動實驗前須於 2 小時前吃完早餐。

本人經研究者詳細解說，確實瞭解研究內容及步驟，同意參與研究，並接受一切必須的各項檢測。由於您的參與，使本研究得以順利完成，期望能對運動訓練科學領域有所貢獻，再一次誠摯的感謝您的支持和參與。



國立體育學院 教練研究所

訓練生理與健康實驗室 運動員運動能力診斷疾病調查表

姓 名	出生年月	身高 (cm)	體重 (kg)	性別
項目：		最佳成績：		訓練年數：
請據實回答以下問題：				
1. 是否有心臟疾病		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		
2. 是否有血液疾病		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		
3. 是否有糖尿病		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		
4. 是否有高血壓		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		
5. 最近六個月是否有開刀手術		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		
6. 其他：				
1) _____				
2) _____				
3) _____				
4) _____				
運動員簽名： _____			日期： _____	
教練簽名： _____				



國立體育學院 教練研究所

訓練生理與健康實驗室 一般人運動能力診斷疾病調查表

姓 名	出生年月	身高 (cm)	體重 (kg)	性別
週運動次數：			運動項目：	
請據實回答以下問題：				
1. 是否有心臟疾病		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		
2. 是否有血液疾病		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		
3. 是否有糖尿病		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		
4. 是否有高血壓		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		
5. 最近六個月是否有開刀手術		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		
6. 其他：				
1) _____				
2) _____				
3) _____				
4) _____				
簽名： _____			日期： _____	

