

國立臺灣體育運動大學
National Taiwan University of Physical
Education and Sport
運動健康科學學系碩士班
碩士學位論文

補充支鏈胺基酸與精胺酸對連續兩天籃球比賽
體能與技術表現之影響
EFFECTS OF BRANCHED-CHAIN AMINO ACIDS AND
ARGININE SUPPLEMENTATION ON PHYSICAL AND
SKILL PERFORMANCE IN TWO CONSECUTIVE DAYS
OF BASKETBALL GAMES



研究生：邱名穗

指導教授：張振崗 博士

共同指導：洪 暉 博士

中華民國 101 年 6 月

國立臺灣體育運動大學運動健康科學學系碩士班
碩士學位論文審定書

研究生：邱名穗

論文題目：補充支鏈胺基酸與精胺酸對連續兩天籃球比賽體能與技術表現
之影響。

業經本委員會評審認可，合於碩士水準。

論文考試委員會委員：

學位考試委員會
召集人 巫錦霖 教授

論文口試委員 洪峰 副教授

指導教授 張振崗 教授

研究所所長 呂欣善 教授

中華民國 101 年 6 月 28 日

國立臺灣體育運動大學博碩士論文電子檔案授權書

本授權書所授權之論文為授權人在國立臺灣體育運動大學 運動健康科學學系 碩士班

100 學年度第二學期取得 博士 碩士 學位之論文。

論文名稱：補充支鏈胺基酸與精胺酸對連續兩天籃球比賽體能與技術表現之影響

指導教授：張振崗

茲同意將授權人擁有著作權之上列論文全文電子檔(含摘要) 非專屬性、無償授權本人畢業學校圖書館及登載於其所建置之資料庫內，並得從事下列行為：

- 一、提供讀者不限地域、時間及次數之免費線上檢索、閱覽、下載或列印，並得將資料庫重製成微縮、光碟或其他數位化載體以及其他學術機構之資料庫交換。
- 二、提供付費之線上全文下載及列印，並得將該資料庫重製成光碟或其他數位化載體販售發行，或交由非學術組織出版，惟線上收費及販售所得應視為專款作為執行單位營運及系統維持之用。

全文電子檔使用權限授權（請勾選下列一項授權選項）：

- 校內外完全公開(建議)
- 校內立即公開，校外一年後公開
- 校內立即公開，校外五年後公開
- 校內外均一年後公開
- 自定開放時間：校內_____年、校外_____年後公開(最長不得逾五年)

立授權書人對上述授權之著作擁有著作權，尚未專屬授權予其他法人或自然人。本件授權不影響著作人對原著作之著作權及衍生著作權，並得為其他之專屬授權。立授權書人保證授權使用之作品及相關資料，並無侵害他人智慧財產權、隱私權之情事，如有侵害他人權益及觸犯法律之情事發生，立授權書人願自行負責一切法律責任。

被授權人：國立臺灣體育運動大學
地址：臺中市北區雙十路一段十六號
電話：(04)22213108

授權人：邱名穗 (親自簽名) 民國：101年 8 月 3 日

保存期限：永久保存

QP-J02-06-02-02-10

國家圖書館 博碩士論文電子檔案上網授權書

本授權書所授權之論文為授權人在國立臺灣體育運動大學運動健康科學學系研究所/碩士班100學年度第二學期取得 博士 碩士 學位之論文。

論文名稱：補充支鏈胺基酸與精胺酸對連續兩天籃球比賽體能與技術表現之影響

指導教授：張振崗 教授

茲同意將授權人擁有著作權之上列論文全文電子檔(含摘要)，非專屬、無償授權國家圖書館，不限地域、時間與次數，以微縮、光碟或其他各種數位化方式將上列論文重製，並得將數位化之上列論文及論文電子檔以上載網路方式，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

授權選項：

立即開放

暫不開放 (開放日期為_____年_____月_____日，最長不得逾五年)

授權人：邱名穗 (親自簽名) 民國： 101 年 8 月 3 日

保存期限：永久保存

QP-J02-06-02-03-10

論文名稱：補充支鏈胺基酸與精胺酸對連續兩天籃球比賽體能與技術表現之影響

總頁數：102 頁

院校所組別：國立臺灣體育運動大學運動健康科學學系暨碩士班

畢業時間及提要別：100 學年度第二學期碩士論文提要

研究生：邱名穗

指導教授：張振崗博士

中文摘要

支鏈胺基酸 (branched-chain amino acids, BCAA) 與精胺酸 (arginine, Arg) 具有多重生理功能，補充BCAA可能可以降低游離色胺酸 (free tryptophan) 進入腦部，減少腦部血清素 (serotonin) 形成，進而延緩中樞疲勞；亦可能刺激胰島素分泌，促進肌肉蛋白質合成，與減少肌肉異化作用，進而減少運動後肌肉損傷。補充Arg可能可以藉由合成一氧化氮 (nitric oxide)，刺激血管擴張及血流量增加，進而加速代謝產物的移除；亦可能促進尿素循環，增加將氨轉換成尿素。**目的：**本研究目的為探討合併補充BCAA與Arg，對連續二天籃球模擬比賽之專項體能表現、投籃命中率、技術測驗及運動後肌肉損傷的影響。**方法：**以11名甲二級大學男子籃球校隊為研究對象，採隨機交叉設計，每次測試為期二天。於運動前1小時補充0.17 g/kg BCAA與0.04 g/kg Arg (AA測試) 或安慰劑 (placebo測試)。運動測試以間歇性運動型態模擬籃球比賽，上、下半場各20分鐘，中場休息15分鐘，上、下半場各2節，每節10分鐘，每節包括連續10次跳、四線折返衝刺、底線衝刺跳投、Z字防守後跳投、罰球10顆、禁區組合運動、全場組合運動、5方向投籃及6次邊線折返跑；記錄各項時間與投籃命中率，以評估體能表現與投籃技術表現。並於運動前、中場休息及運動後進行體能測驗，包括反動作跳測量 (counter movement jump) 與技術測驗 (包括球員挑戰運球、過人、傳球、上籃、投籃等專項技術)。運動前與每節運動後詢問自覺量表 (Ratings of Perceived Exertion)。於第一天運動前、後及運動後2小時，與第二天運動前、後，採取靜脈血液樣本，

分析血漿肌酸激酶、乳酸脫氫酶、乳酸、氨、尿素、葡萄糖、甘油、非酯化脂肪酸、睪固酮、皮質固醇濃度。**結果：**AA測試於第二天第三節的籃球專項體能表現顯著快於placebo測試，第二天第四節呈現快於placebo測試的趨勢；投籃命中率與技術測驗在二測試間無顯著影響。血液生化值部分，AA測試兩天之血漿尿素濃度曲線下增加面積均呈現高於placebo測試的趨勢；而肌酸激酶、乳酸脫氫酶、乳酸、氨、葡萄糖、甘油與非酯化脂肪酸、睪固酮、皮質固醇濃度在二測試間則無顯著差異。**結論：**籃球選手於運動前合併補充BCAA與Arg，可能可提升連續天的比賽中，第二天運動後期的籃球專項體能表現，且補充Arg可能可以增加將運動期間產生的氨轉換成尿素；但對投籃等技術表現、能量代謝、肌肉損傷及自覺疲勞程度則無顯著影響。補充BCAA與Arg可能可以讓受測者在相同的自覺疲勞程度下，達到更佳的體能表現，但對中樞疲勞的影響機轉，仍需要進一步研究。

關鍵詞：支鏈胺基酸、精胺酸、肌肉損傷、中樞疲勞、運動表現

Title of Thesis: Effects of Branched-Chain Amino Acids and Arginine Supplementation on Physical and Skill Performance in Two Consecutive Days of Basketball Games

Name of Institute: Graduate Institute of Exercise & Health Science

Graduate date: Jun, 2012

Degree Conferred: M.P.E.

Name of student: Ming-Sui Chiu

Advisor: Chen-Kang Chang

Abstract

Branched-chain amino acids (BCAA) and arginine (Arg) have multiple physiological functions that may improve exercise performance. BCAA supplementation could suppress central fatigue by reducing the entry of free tryptophan, the precursor for serotonin, to the brain. BCAA can also stimulate insulin secretion, muscle protein synthesis, reduce muscle catabolism and reduce post-exercise skeletal muscle damage. Arg supplementation may stimulate endothelium-dependent vasodilation by increasing nitric oxide synthesis, resulted in the accelerated removal of the metabolites that may influence exercise performance. **Objective:** The purpose of this study was to investigate the effects of BCAA and Arg supplementation on basketball-specific physical performance, shooting, skill test and muscle damage in two consecutive days of simulated basketball games. **Methods:** Eleven male basketball players from a Division II university were recruited as the subjects. The study used a randomized cross-over design. Each trial contained two days. The subjects consumed either 0.17g/kg BCAA and 0.04g/kg Arg (AA trial) or placebo (placebo trial) 1 hour before the exercise test. The exercise test was a simulated basketball game with 20 min in each half and a 15-min rest in between. Each half contains 2 10-min periods with a 2-min rest in between. Each quarter includes 10 consecutive jumps, ladder suicide sprint, baseline jump shots, foul-line jump shots, free-throw shooting, key combination, full court combination, 5 directions shooting, and 6 court-width sprints. The time required to finish each tasks and the shooting percentage were recorded as the marker for basketball-specific physical performance and shooting skills, respectively. A counter movement jump test was performed before and after the simulated game, as well as at the half-time. A skill test, including dribbling, passing, layups and shooting was

performed before and after the game and the time required to finish the test was recorded. The Ratings of Perceived Exertion were recorded before, at the half-time, and after the game. Blood samples were collected from the antecubital vein before, after, and 2 hours after the first simulated game, and before and after the second simulated game. The plasma concentrations of creatine kinase, lactate dehydrogenase, lactate, ammonia, urea, glucose, glycerol, non-esterified fatty acid, testosterone and cortisol were measured. **Results:** The time required to finish the task in AA trial was significantly decreased in the third period, while it showed a trend of decrease in the fourth period, compared to placebo trial. There was no significant difference between the 2 trials in the shooting percentage and skill test. The incremental area under the curve of the plasma urea concentration showed a trend of decrease on both days of the AA trial compared to that of placebo trial. There were no difference in the concentrations of creatine kinase, lactate dehydrogenase, lactate, ammonia, glucose, glycerol, non-esterified fatty acid, testosterone and cortisol between the 2 trials. **Conclusion:** The study suggested that BCAA and Arg supplementation may improve the physical performance on the second day of two consecutive days of simulated basketball games. In addition, Arg may help to increase the conversion of ammonia to urea. Nevertheless, the supplementation had no effect on skill performance, energy metabolism, muscle damage and perceived exertion. BCAA and Arg supplementation may allow the subjects to improve physical performance at the same level of perceived exertion. The mechanism through which BCAA and Arg may influence central fatigue requires further investigation.

Keywords: branched-chain amino acids, arginine, muscle damage, central fatigue, performance

謝誌

又完成了一項自我設定的目標！每個階段的完成，除了“自我堅持”，更要謝謝身邊許多“貴人”幫忙。這本論文能夠順利完成，首先要感謝我的指導教授張振崗教授，在百忙之中抽空與我討論實驗與論文，每一次的討論都讓我對於研究方向有更進一步的瞭解，使得論文內容可以更充實與完整，也讓我在實驗與論文完成的過程中，學習如何進行實驗、如何從錯誤中找到方法，並學會獨自處理問題的能力；同時也感謝論文口試委員巫錦霖教授與洪暉副教授給予指導與建議。

回眸研究所兩年的生活，充滿著太多喜怒哀樂，讓我深刻地體會凡事“正向”思考的重要！會有這樣的領悟，莫過於張老闆了！「不要擔心這麼多，做就對了！」看似簡單的一句話，但對我這愛亂胡思亂想的人，就像是吃了一顆定心丸一樣。其實，有很多事執行了才會知道問題出現在哪？很多事嘗試了才知道有沒有機會成功？求學過程中，無論是課業上或生活上遇到困境時，我就會尋求張老闆的看法與建議，而張老闆總是盡其所能提供協助，能在臺體認識張老闆，我感到很榮幸！由衷地感謝張老闆的照顧與鼓勵！

還記得進入運科實驗室這個大家庭時，是君瑋、玫蕙學姊陪伴我渡過適應期。而兩年的研究生生活也因為運科實驗室增添了不少彩色，佩玉、陳儀、玫蕙、君瑋為實驗室帶來不少歡笑，是運科的開心果；玉芳、韋靜、玫璇、羽涵、淳方學姐們，志暉、宗翰、家成、鴻鈞、翰斯、旻震學長們，同期的亭妤、雅智、雅瑀、伊甯、忠志、芳喬，還有軒濤、思翰、文惠、柏文學弟妹們，因為有他們陪伴與幫助，讓我可以關關難過關關過，也讓我的生活更加精采！

感謝臺體、運健系及運科中心提供的學習資源，讓我能夠順利拿取碩士學位；感謝所有師長、同學及朋友，充實了我的求學過程，都使學校生活更多采多姿。謝謝班導陳俐蓉老師平日的關照，以及同班同學亭妤、榕津、雅智、怡君、予藍、榮鑣、冠賢、世明對我的包容，雖然大家相聚的時間不多，但這樣的同窗情誼成了我們的共同默契。

還要感謝我的男友，在求學過程陪伴著我，無論是歡喜或憂愁總是相互分享，在我焦慮的時候，安定我的內心，無怨無悔一路幫助我、支持我，也因為他，讓我成長許多；完成碩士學位，尤其感謝家人的陪伴與鼓勵，提供我最好的資源，是我生活中的支持力量。另外，好朋友也是我生活中不可缺少的顏料，雅慧、勃翔、蕙佳、乃文、海瑛、雅雯、惇慧、莉涵、竺唐等，謝謝有他們參與，使我的生活變得多采多姿！

另外，也要感謝張怡雯教授與思佑學長在論文實驗前測階段的指導與幫忙，在生物力學研究室的那幾天，謝謝秀美學姊與生物力學團隊的照顧。最後，當然要謝謝亞洲大學籃球隊林彥廷教練與所有參與實驗的球員們，謝謝教練的協助使論文得以順利完成，謝謝球員們願意並辛苦地配合實驗，辛苦你們了！

邱名穗 謹致
中華民國 101 年六月於
國立臺灣體育運動大學運動健康科學學系暨碩士班

目錄

中文摘要	I
Abstract	III
謝 誌	V
目 錄	VII
表 目 錄	VIII
圖 目 錄	X
第壹章 緒論.....	1
第一節 研究背景	1
第二節 研究目的	3
第三節 研究假設	4
第四節 研究範圍與限制	4
第貳章 文獻探討.....	5
第一節 支鏈胺基酸在運動期間的代謝	5
第二節 支鏈胺基酸與肌肉損傷	7
第三節 支鏈胺基酸與中樞疲勞	12
第四節 支鏈胺基酸與運動表現	16
第五節 精胺酸對運動表現的影響	19
第參章 研究方法與步驟.....	22
第一節 實驗對象	22
第二節 實驗設計與步驟	22
第三節 飲食與身體活動控制	25
第四節 爆發力與模擬比賽運動測試	25

第五節 血液採集與分析	34
第六節 血漿體積校正方法	38
第七節 資料分析	39
第四章 結果.....	40
第一節 受試者基本資料	40
第二節 籃球專項體能表現	41
第三節 投籃命中率	45
第四節 反動作跳測量與技術測驗	49
第五節 血液生化值	52
第六節 心跳率與自覺量表	68
第五章 討論.....	71
第六章 結論與建議.....	80
參考文獻	81
附錄一 支鏈胺基酸與精胺酸與運動表現及代謝之相關文獻整理	92
附錄二 受試者之飲食控制	99
附錄三 自覺疲勞程度	100
附錄四 受試者須知及同意書	101

表目錄

表 1 受試者基本資料	40
表 2 受試者運動測試中之飲用水量	32

圖目錄

圖 1	運動期間的支鏈胺基酸代謝	6
圖 2	實驗流程圖	24
圖 3	連續 10 次跳	27
圖 4	四線折返衝刺	27
圖 5	底線衝刺跳投	28
圖 6	Z 字防守後跳投	28
圖 7	罰球 10 球	29
圖 8	禁區組合運動	29
圖 9	全場組合運動	30
圖 10	5 方向投籃	30
圖 11	6 次邊線折返衝刺	31
圖 12	技術測驗場地示意圖	33
圖 13	技術測驗模擬場地佈置圖	33
圖 14	AA 測試與 placebo 測試之各節籃球專項體能表現	42
圖 15	AA 測試與 placebo 測試之各節籃球專項體能表現改變率	42
圖 16	AA 測試與 placebo 測試之上下半場籃球專項體能表現	43
圖 17	AA 測試與 placebo 測試之上下半場籃球專項體能表現改變率	43
圖 18	AA 測試與 placebo 測試兩天之籃球專項體能表現	44
圖 19	AA 測試與 placebo 測試兩天之籃球專項體能表現改變率	44

圖 20	AA 測試與 placebo 測試之各節投籃命中率	46
圖 21	AA 測試與 placebo 測試之各節投籃命中率改變率	46
圖 22	AA 測試與 placebo 測試之上下半場投籃命中率	47
圖 23	AA 測試與 placebo 測試之上下半場投籃命中率改變率	47
圖 24	AA 測試與 placebo 測試兩天之總投籃命中率	48
圖 25	AA 測試與 placebo 測試兩天之總投籃命中率改變率	48
圖 26	AA 測試與 placebo 測試之反動作跳高度	50
圖 27	AA 測試與 placebo 測試之反動作跳高度改變率	50
圖 28	AA 測試與 placebo 測試之技術測驗時間	51
圖 29	AA 測試與 placebo 測試之技術測驗時間改變率	51
圖 30	AA 測試與 placebo 測試各時間點血漿 creatine kinase 活性	53
圖 31	AA 測試與 placebo 測試各時間點血漿 lactate dehydrogenase 活性	54
圖 32	AA 測試與 placebo 測試各時間點血漿乳酸濃度	56
圖 33	AA 測試與 placebo 測試各時間點血漿氨濃度	57
圖 34	AA 測試與 placebo 測試各時間點血漿尿素濃度	58
圖 35	AA 測試與 placebo 測試兩天之血漿尿素濃度曲線下增加面積	59
圖 36	AA 測試與 placebo 測試各時間點血漿葡萄糖濃度	61
圖 37	AA 測試與 placebo 測試各時間點血漿甘油濃度	62
圖 38	AA 測試與 placebo 測試各時間點血漿 NEFA 濃度	63
圖 39	AA 測試與 placebo 測試各時間點血漿 Testosterone 濃度	65

圖 40	AA 測試與 placebo 測試各時間點血漿 Cortisol 濃度	66
圖 41	AA 測試與 placebo 測試各時間點血漿 T/C 比率	67
圖 42	AA 測試與 placebo 測試運動測試各階段之平均心跳率	69
圖 43	AA 測試與 placebo 測試與運動前及各節結束後之自覺量表	70
圖 44	AA 測試與 placebo 測試兩天之自覺量表平均值	70

第壹章 緒論

第一節 研究背景

支鏈胺基酸 (branched-chain amino acid, BCAA) 包含白胺酸 (leucine, Leu) 、異白胺酸 (isoleucine, Ile) 及纈胺酸 (valine, Val) ，是人體的必需胺基酸，須從飲食中獲得，無法於體內自行合成；BCAA大約佔據了飲食中必需胺基酸總量的三分之一，佔人體肌肉蛋白質中胺基酸總量約14-18% (Riazi, Wykes, Ball, & Pencharz, 2003) 。BCAA可直接代謝，做為骨骼肌的第三能量來源，僅次於醣類與脂肪 (Goldberg & Chang, 1978) 。

籃球是間歇性高強度運動，須透過多次短距離衝刺、中低速度移位，以及高難度技術動作以達成獲勝目的，因此，體能的優劣是影響比賽勝負的關鍵，以充足的速度和穩定的技術，來維持運動表現。然而，當肌肉在激烈運動時，會迫使肌肉拉長收縮，導致肌纖維受到輕微損傷，可能影響後續的運動表現。此外，籃球賽程安排常常是連續天的比賽，例如台灣的SBL超級籃球聯賽，每支球隊在星期五至星期日三天，會被安排有連續兩天的比賽；UBA大專籃球聯賽、HBL高中籃球聯賽及國際賽也都是連續天的比賽。

在長時間間歇性高強度的運動下，體內會轉而利用蛋白質做為部分能量來源，使骨骼肌及血漿中BCAA濃度下降，游離色胺酸 (free tryptophan, fTrp) 與BCAA的比值 (fTrp/BCAA) 提升，增加fTrp進入腦部，使腦部血清素 (serotonin) 合成增加，導致中樞疲勞 (central fatigue) 。過去研究顯示，藉由補充BCAA可能可以降低fTrp/BCAA比值，

減少 fTrp 進入血腦障壁 (blood brain barrier, BBB)，減少血清素形成，進而延緩中樞疲勞產生，而提升運動表現。過去研究亦指出 BCAA 可能刺激胰島素 (insulin) 分泌、促進肌肉蛋白質合成，與減少肌肉異化作用，進而減少運動後肌肉損傷。但也有研究顯示，補充 BCAA 可能會提高體內蛋白質的氧化作用，導致血液中氨 (ammonia; NH_3) 濃度增加，過多的氨可能使腦部代謝發生障礙，中樞疲勞情況加重，而抵消 BCAA 的可能效果。

另外，過去研究顯示補充精胺酸 (arginine, Arg) 可能可以藉由合成一氧化氮 (nitric oxide, NO)，刺激血管擴張及血流量增加，進而加速代謝產物的移除。Arg 亦為尿素循環 (urea cycle) 的中間產物，可經由精胺酸酶 (arginase) 分解產生鳥氨酸 (ornithine) 及尿素 (urea)。因此，補充 Arg 可能可以提高尿素循環速率，促進血液氮代謝成尿素。

第二節 研究目的

BCAA與Arg具有多重生理功能，目前探討合併補充BCAA與Arg對訓練有素之選手運動表現及肌肉損傷的相關研究仍然有限，且大多為單一次的運動，而非連續天的運動，所探討的研究結果多著重於體能方面，而非專項技術上的影響。因此，本研究目的為合併補充BCAA與Arg，藉由各系統之加成性與協助性的效果，探討對連續二天高強度間歇性運動，於籃球專項體能與技術表現、肌肉損傷等影響，包括：

- 一、探討運動前補充BCAA與Arg對連續二天模擬籃球比賽之籃球專項體能表現與投籃命中率的影響。
- 二、探討運動前補充BCAA與Arg對連續二天模擬籃球比賽運動後血漿中肌肉損傷指標：肌酸激酶、乳酸脫氫酶之影響。
- 三、探討運動前補充BCAA與Arg對連續二天模擬籃球比賽運動後血漿中代謝指標：乳酸、氨、尿素，醣類代謝指標：葡萄糖，脂肪代謝指標：甘油與非酯化脂肪酸，以及睪固酮、皮質固醇之影響。

第三節 研究假設

- 一、大專籃球選手於運動前補充 BCAA 與 Arg，對連續二天模擬籃球比賽，於籃球專項體能表現與投籃命中率無顯著影響。
- 二、大專籃球選手於運動前補充 BCAA 與 Arg，對連續二天模擬籃球比賽，於運動後肌肉損傷指標(肌酸激酶、乳酸脫氫酶)無顯著影響。
- 三、大專籃球選手於運動前補充 BCAA 與 Arg，對連續二天模擬籃球比賽，於運動後血液中代謝指標(乳酸、氨、尿素)、醣類代謝指標(葡萄糖)，脂肪代謝指標(甘油與非酯化脂肪酸)，以及睪固酮、皮質固醇濃度無顯著影響。

第四節 研究範圍與限制

- 一、本研究運動測試內容為模擬籃球比賽間歇性運動型態，將實驗接近比賽之節奏，只能與籃球運動型態雷同。
- 二、本研究運動測試過程，盡量以口頭方式告知受測者必須以最大努力完成每個動作，且於規定時間內完成。
- 三、受測者採自由生活作息，僅能口頭提醒受測者控制飲食，盡量不熬夜、不吃宵夜、不飲酒，並避免高蛋白質營養品。

第貳章 文獻探討

運動期間，當體內的肝醣存量逐漸耗盡時，肌肉以血液中的 BCAA 作為能量來源的比例也逐漸增加，造成血液中 BCAA 濃度下降，導致中樞疲勞，可能影響運動表現。肌肉損傷也會影響運動表現與運動後的恢復；而 BCAA 可能可以減緩肌肉損傷、提升運動表現及改善運動後的恢復情況，又 Arg 可能可以加速代謝產物的移除。本章節將整裡 BCAA 與肌肉損傷、中樞疲勞、運動表現及 Arg 與運動表現之相關文獻。

第一節 支鏈胺基酸在運動期間的代謝

運動時，肌肉會提升 BCAA 的氧化作為能量來源 (Riazi, et al., 2003; Shimomura et al., 2006)。BCAA 代謝會藉由轉胺作用 (transamination)，將胺基轉移至麩胺酸 (glutamate)，麩胺酸與糖解作用 (glycolysis) 生成之丙酮酸 (pyruvate) 再經轉胺酶作用生成丙胺酸 (alanine)，丙胺酸由肌肉經血液循環送至肝臟代謝，丙胺酸進入肝臟後會轉變成丙酮酸，同時將胺基轉移至麩胺酸上，麩胺酸經去胺作用，釋出胺基進入尿素循環形成氨排出體外；同時，肝臟中經轉胺而來的丙酮酸則會進行醣質新生作用 (gluconeogenesis) 生成葡萄糖釋出肝外，再經由血液輸送至肌肉中做為能量來源 (Layman, 2002) (如圖 1)。

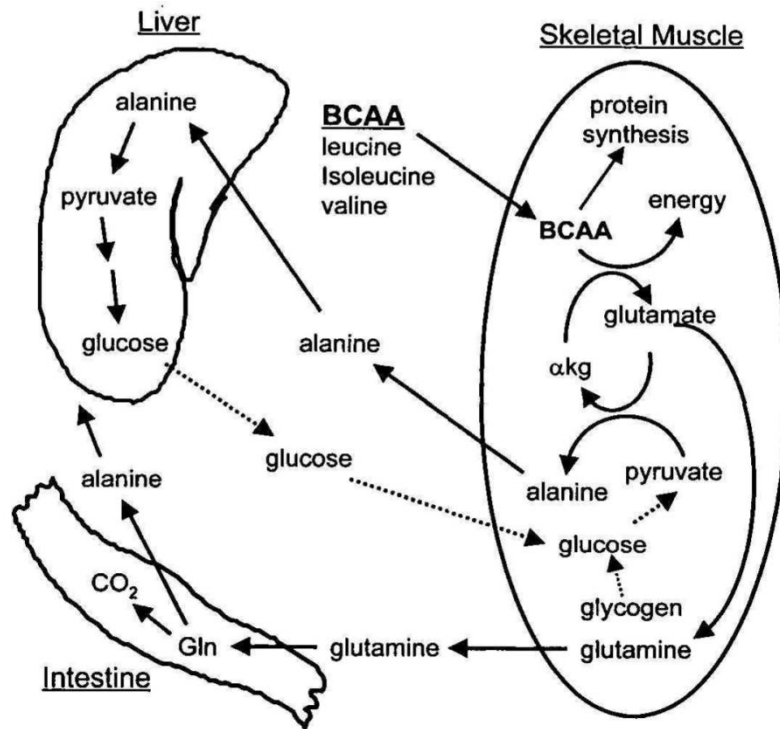


圖 1 運動期間的支鏈胺基酸代謝

資料來源: Layman, D. K. (2002). Role of leucine in protein metabolism during exercise and recovery. *Journal of Applied Physiology*, 27(6), 646-663

註: BCAA: branched-chain amino acid, 支鏈胺基酸; α.kg: alpha-ketoglutarate, α-酮戊二酸; Glutamate: 麩胺酸; pyruvate: 丙酮酸; alanine: 丙胺酸; Gln: glutamine, 麩醯胺酸; glucogen: 肝醣; glucose: 葡萄糖。

第二節 支鏈胺基酸與肌肉損傷

在激烈運動下，會迫使肌肉拉長產生高張力，導致肌纖維或結締組織受到輕微的損傷，產生肌肉痠痛、腫脹、關節活動範圍變小、肌力減退等症狀，這些症狀大約在運動後的 24 至 48 小時最為明顯，稱為延遲性肌肉酸痛 (delayed-onset muscle soreness, DOMS) (Armstrong, 1984)。一般評估肌肉損傷較常用的生化指標包括肌酸激酶 (creatine kinase, CK)、乳酸脫氫酶 (lactate dehydrogenase, LDH) 及肌紅蛋白 (myoglobin, Mb) 等。評估運動後所造成的肌肉損傷，其重要性是因為肌肉損傷可能會使運動員在比賽當中無法維持巔峰狀態，或影響後續的運動表現。而過去有許多研究指出，在運動前或運動中補充 BCAA 可以有效影響肌肉中的新陳代謝。

大多數研究為補充 BCAA 於耐力運動後肌肉損傷之影響。Coombes 與 McNaughton (2000) 以 16 名健康男性為受試者，進行 70% VO_2max 腳踏車運動 120 分鐘，BCAA 測試為正常飲食加上早、晚餐各補充 6 g BCAA (33.3% Leu、33.3% Ile、33.3% Val)，安慰劑測試則為正常飲食，共持續 14 天，運動測試則是在第 7 天進行，並且在運動測試前及運動後額外補充 20 g BCAA。結果發現，BCAA 測試於耐力運動後的血漿 CK (運動後 4 小時到第五天)、LDH (運動後 2 小時到第五天) 活性均顯著低於安慰劑測試，顯示單獨補充 BCAA 可以降低耐力運動後肌肉損傷。

此外，也有相關研究以 BCAA 合併其營養素的方式給予補充，例如碳水化合物 (carbohydrate, CHO)、蛋白質 (protein, PRO) 或 Arg。Koopman 等人 (2004) 以 8 名受過耐力訓練

的男性為受試者，進行 50% VO₂max 的運動 6 小時（2.5 小時的自行車、1 小時的跑步和 2.5 小時的自行車），於運動後恢復期 4 小時中，每隔 30 分鐘補充 CHO（0.7 g/kg/h）或 CHO+PRO（CHO：0.7 g/kg/h、PRO：0.25 g/kg/h），其補充的蛋白質是由各種胺基酸所合成，其中亦包含了 BCAA。結果發現，CHO+PRO 測試的體內蛋白質恆定較穩定，並且在運動中或恢復期有比較高的蛋白質合成速率。

Greer、Woodard、White、Arguello 與 Haymes（2007）以 9 名未受過訓練的男性為受試者，進行 55% VO₂ peak 腳踏車運動 90 分鐘，於運動前和運動 60 分鐘補充 CHO（200 kcal）、CHO+2.5 g BCAA（1.22 g Leu、0.48 g Ile 和 0.73 g Val）或安慰劑（無熱量飲料），於運動前和運動後立即、4 小時、24 小時以及 48 小時進行最大自主收縮下肌肉活化情形的檢測（maximal-voluntary-contraction, MVC）及自覺疼痛等級詢問，並測量血液 CK 和 LDH 活性。結果發現，BCAA 測試在運動後 4 小時、24 小時及 48 小時的血漿 CK 活性顯著低於安慰劑測試，以及運動後 24 小時也顯著低於 CHO 測試；BCAA 測試的血漿 LDH 活性在運動後 4 小時亦低於安慰劑測試；另外，BCAA 測試在運動後 24 小時也有較低的自覺疼痛等級。

Koba 等人（2007）以 8 名長跑選手為受試者，以雙盲交叉實驗設計進行兩次測試，運動訓練為期 5 天，分別間隔一週，BCAA 測試在第一至第四天早上、下午及晚餐後補充 2 g BCAA（1 g Leu、0.5 g Ile 和 0.5 g Val）、0.5 g Arg 及 20 g CHO 或安慰劑測試（2.5 g 麥芽糊精）。運動測試在第四天下午進行 25 公里長跑，運動前 30 分鐘補充 1 g BCAA、0.25 g Arg

及 10 g CHO。結果顯示，BCAA 測試（總補充劑量 2.36 g BCAA）之血漿 LDH 活性顯著低於安慰劑測試。

同樣是合併補充 BCAA、Arg 及 CHO，Matsumoto 等人（2009）以 12 名長跑選手（6 名男性；6 名女性）為受試者，以雙盲交叉實驗設計進行兩次測試，運動訓練為期 3 天，分別間隔三週，運動訓練為長距離路跑（男性 17-40 公里/天、共 86 公里；女性 12-30 公里/天，共 64 公里），於每天的早上、下午及晚餐後補充 BCAA 或安慰劑，BCAA 測試每天補充 20 g BCAA（10 g Leu、5 g Ile 和 5 g Val）、5 g Arg 及 87.5 g CHO，安慰劑測試為 25 g 麥芽糊精，並且於運動測試前與運動訓練前後，進行全身肌肉評分與自覺疲勞評估。結果顯示，BCAA 測試在運動訓練期的全身肌肉評分與自覺疲勞評估都顯著低於安慰劑測試，血漿 CK 與 LDH 活性也呈現 BCAA 測試顯著低於安慰劑測試。

與本研究相同合併補充 BCAA 與 Arg，Matsumoto 等人（2007）以 8 名健康年輕人（4 名男性；4 名女性）為受試者，進行 3 回 20 分鐘 50% VO₂ peak 腳踏車運動，於每一回運動第 10 分鐘補充 2 g BCAA 與 0.5 g Arg 或安慰劑。結果發現，補充 BCAA 與 Arg 可以顯著降低中強度耐力型運動的骨骼肌肉分解的情形。

另外，少數研究針對單關節運動進行探討，MacLean、Graham 與 Saltin（1994）以 5 名男性為受試者，進行單腳的膝關節的伸屈運動 60 分鐘，於運動前口服補充 0.077 g/kg BCAA。結果發現，可以增加肌肉細胞內的 BCAA 濃度，並且減少肌肉蛋白質的分解。

但是，也有研究指出補充 BCAA 對肌肉損傷指標血乳酸是沒有影響的，Gualano 等人（2011）以 7 名健康男性為受試者，以雙盲交叉實驗設計進行兩次測試，於運動前一天開始補充 0.3 g/kg/day BCAA 或安慰劑（麥芽糊精），連續補充 3 天，於第二天進行 70% VO₂ peak 跑步機運動 45 分鐘，接著進行兩次 10 分鐘 90% VO₂ peak 的衝刺，於第三天以 80% 的無氧閾值運動強度直到衰竭。結果顯示，在肝糖耗盡的受試者，補充 BCAA 顯著增加運動衰竭時間，而對於血漿游離脂肪酸（free fatty acid, FFA）、乳酸（lactate）和酮體（ketone bodies）濃度變化沒有影響。

此外，血漿睪固酮（testosterone）、皮質固醇（cortisol）及血漿睪固酮/皮質固醇比率（testosterone/cortisol ratio, T/C ratio）等指標，可以了解運動員體內合成與分解代謝平衡狀態，於評定和檢視過度訓練與疲勞恢復的指標。Testosterone 在體內具有同化合成作用，cortisol 具有異化分解作用，兩激素的分泌趨勢對於運動中物質能量代謝反應或骨骼肌細胞增長與萎縮的調控具有重要意義。

Testosterone 為雄性激素，95% 來自睪丸，5% 來自末梢轉換，約 89% 睪固酮與性荷爾蒙結合球蛋白（sex hormone-binding globulin, SHBG）結合，形成不活化型態的睪固酮，而游離睪固酮（free androgen index, FAI）具有生物可利用性（Kacsoh, 2000）。testosterone 是體內主要合成代謝激素之一，可促進蛋白質利用，提升蛋白質合成，減少分解代謝，可使肌肉發達和去脂體重增加。

Cortisol 為腎上腺皮質分泌之異化激素，能抑制 testosterone 分泌，並促進糖、脂肪與胺基酸由肌肉移至肝臟

而生成代謝所需的酵素，進而使肌肉蛋白流失，具有蛋白質異化分解作用 (Jurimae, Jurimae, & Purge, 2001)。

Testosterone 主要為同化作用，而 cortisol 則為異化作用，在訓練期間與運動後恢復期，內分泌調控因應生理反應與適應的必要條件，可透過 testosterone/cortisol 比率了解體內調控肌肉同化-異化代謝的趨勢，顯示運動中運動表現與生理疲勞狀態 (Urhausen & Kindermann, 2002)。當 T/C 比率增加時，肌肉會偏向合成而增加肌肉生長；當 T/C 比率減少時，肌肉會偏向分解，使得肌肉量減少 (Hug, Mullis, Vogt, Ventura, & Hoppeler, 2003)。Sharp 與 Pearson (2010) 探討於高強度阻力訓練期間，短期補充 BCAA 是否能夠維持短期淨同化荷爾蒙的狀態並減緩肌肉細胞的損傷。結果顯示，BCAA 測試的血漿 testosterone 濃度與 T/C 比率顯著高於 placebo 測試；而 cortisol 與 CK 活性則是 BCAA 測試顯著的比 placebo 測試低。

綜合以上文獻，無論是單獨補充 BCAA (Coombes & McNaughton, 2000; MacLean, et al., 1994) 或 BCAA 合併補充其他營養素 (Greer, et al., 2007; Koba, et al., 2007; Koopman, et al., 2004; Matsumoto, et al., 2009; Matsumoto, et al., 2007; Sharp & Pearson, 2010)，可能可以減輕長時間耐力運動之肌肉損傷，可能機轉為 BCAA 會刺激蛋白質同化荷爾蒙 (anabolic hormones) 的釋放，或抑制蛋白質水解 (proteolysis)。

第三節 支鏈胺基酸與中樞疲勞

在劇烈運動時，大量的腺嘌呤核苷三磷酸（adenosine triphosphate, ATP）轉變為腺嘌呤核苷雙磷酸（adenosine diphosphate, ADP）和腺嘌呤核苷單磷酸（adenosine monophosphate, AMP），為避免 AMP 累積，影響 ATP 水解，骨骼肌嘌呤核苷酸循環（purine nucleotide cycle）活性增加，AMP 會利用脫胺作用（deamination）生成次黃嘌呤核苷酸（inosine monophosphate, IMP），導致大量氮堆積並擴散至血液中（Graham, Turcotte, Kiens, & Richter, 1997），氮能夠通過血腦屏障，進入腦組織，影響中樞神經系統；另外，fTrp 與 BCAA 比例增加，使大腦中血清素合成增加（Newsholme & Blomstrand, 2006），產生疲勞的感覺，即中樞疲勞，而限制了運動表現（Banister & Cameron, 1990）。目前已證實大腦中血清素的合成與血液 fTrp 濃度成正相關，可導致疲勞（Blomstrand, Hassmen, Ekblom, & Newsholme, 1991）。

於長時間運動中，隨著有氧代謝比例增加，促使體內分解三酸甘油脂（triglycerides, TG），形成脂肪酸以供應能量，當 FFA 增加，會與色胺酸（tryptophan, Trp）互相競爭白蛋白結合位置，使得沒有被結合的 fTrp 增加（Davis et al., 1992），若 fTrp 進入腦中，與神經突觸之接收器結合，則腦部血清素合成增加，進而抑制中樞神經興奮（arousal），改變感官知覺（sensory perception）、引起睡意（sleepiness）等（Davis, Alderson, & Welsh, 2000; Silber & Schmitt, 2010），導致中樞神經疲勞（Blomstrand, Moller, Secher, & Nybo, 2005; Davis, et al., 2000）。

然而，當肌肉肝醣被耗盡，體內會轉而利用蛋白質作為部分能量來源，造成血漿中 BCAA 濃度下降，使 fTrp/BCAA 的比值上升，並進一步導致中樞疲勞 (Blomstrand, Celsing, & Newsholme, 1988)。以 9 名受過耐力訓練的男性自行車運動員為受試者，進行 5 小時自行車耐力運動。研究結果顯示，運動後，血液 BCAA 濃度顯著減少，fTrp 濃度與 fTrp/BCAA 比例皆顯著增加 (Struder et al., 1999)。因此，若藉由補充 BCAA 提升血漿 BCAA 濃度，降低 fTrp/BCAA 比值，減少 fTrp 進入腦中合成血清素，可能可以減緩中樞疲勞 (Davis, 1995)。

Blomstrand、Hassmen、Ek、Ekblom 與 Newsholme (1997) 以 7 名受過耐力訓練的男性自行車運動員為受試者，進行 70% VO_2max 的腳踏車運動持續 60 分鐘，隨後進行 20 分鐘最大強度運動，於運動期間的每 15 分鐘補充 1.05-1.4 g BCAA (總補充劑量約 6.5 g) 或安慰劑。結果顯示，BCAA 測試顯著降低運動誘發的 fTrp/BCAA 比值，運動自覺量表 (ratings of perceived exertion, RPE) 與心理自覺量表 (ratings of mental fatigue) 皆顯著低於安慰劑測試，亦改善運動後的認知表現得分。

但是，過去部分研究指出，補充 BCAA 可能提高體內 BCAA 氧化作用，造成血氨濃度增加 (MacLean & Graham, 1993; Madsen, MacLean, Kiens, & Christensen, 1996)，進而導致週邊疲勞與中樞疲勞。MacLean 等人 (1994) 以 5 名男性為受試者，進行 70% 最大膝伸肌運動兩回合，於每回合中間休息 45 分鐘，並補充 0.077 g/kg BCAA。結果顯示，BCAA 測試顯著增加肌肉中的氨濃度。

Blomstrand (2006) 則指出高劑量 BCAA (20-30 g) 會導致血氨濃度增加，而較低劑量 BCAA (7-10 g) 在運動期間及恢復時，肌肉中則沒有釋放大量的氨。

Madsen 等人 (1996) 以 9 名男性自行車選手為受試者，進行 100 公里自行車運動，BCAA 測試、GLU 測試與安慰劑測試分別於運動前補充 5% CHO 加上 18 g BCAA、5% CHO 與安慰劑。結果顯示，BCAA 測試於運動期間顯著增加血氨濃度，而對運動表現無顯著影響。

另有研究探討補充高劑量 BCAA (0.308 g/kg) 後，進行 64% 最大膝伸肌運動，持續 90 分鐘，對肌肉中氨代謝的影響。結果發現，補充 BCAA 雖然可以增加血漿中 BCAA 濃度，及運動時肌肉對 BCAA 的吸收，但顯著提高肌肉中氨濃度，亦有較高的丙胺酸與麩醯胺，及較低的乳酸，並表示在非最大運動的血液氨濃度主要來自 BCAA 在肌肉中的降解 (MacLean, Graham, & Saltin, 1996)。

此外，van Hall、Raaymakers、Saris 與 Wagenmakers (1995) 以 10 名受過訓練的男性為受試者，進行 70-75% 最大輸出功率的腳踏車運動直到衰竭，分成四組，分別補充 18g BCAA、6g BCAA、3g 色胺酸與安慰劑。結果顯示，BCAA 測試顯著減少色胺酸濃度，而色胺酸測試其色胺酸濃度則增加 7-20 倍，但補充高、低劑量 BCAA 或色胺酸對運動表現皆無影響；Segura 與 Ventura (1988) 也指出補充色胺酸對耐力運動表現無負面影響，目前針對此部分仍需進一步探討。

也有研究顯示，補充 BCAA 能顯著降低 fTrp/BCAA 比值，但對認知表現或運動表現則沒有影響。Cheuvront 等人(2004)以 7 名健康男性為受試者，在第一天早上進行 50-90% 最大輸出功率的腳踏車運動，轉速維持每分鐘 60 轉，持續 90 分鐘，下午於熱環境 (40°C) 下進行 2-3 小時跑步，降低體內肌肉肝醣含量，並讓身體脫水 (4% 體重)；第二天進行 50% VO₂ peak 腳踏車運動持續 60 分鐘，隨後進行 30 分鐘 time 測試，分別在運動前及運動中每隔 15 分鐘補充 BCAA (60 g/l 葡萄糖與 10 g/l BCAA) 或安慰劑 (60 g/l 葡萄糖與 10 g/l 麥芽糊精)。研究結果顯示，BCAA 測試 fTrp/BCAA 比值顯著降低，但在認知表現及運動表現則無顯著影響。

綜合以上文獻，補充 BCAA 對中樞疲勞的影響，或許有理論的支持，但大多數的人體研究並沒有影響。顯示補充高劑量 BCAA 可能會造成血氨濃度增加 (Blomstrand, 2006; MacLean & Graham, 1993; MacLean, et al., 1994, 1996; Madsen, et al., 1996)，而抵消 BCAA 透過降低 fTrp/BCAA，延緩中樞疲勞的功用，而無法顯現增補 BCAA 的效果。大多數運動前或運動期間補充 BCAA 的研究，並未分析肌肉與血漿丙胺酸與麩胺酸的變化，因此無法確定運動後血氨增加來自於 BCAA 代謝與骨骼肌嘌呤核苷酸循環的比率。

第四節 支鏈胺基酸與運動表現

過去研究發現，運動前或運動中補充 BCAA 可能有助於延緩中樞疲勞的產生，促進肌肉蛋白質合成，同時減少肌肉蛋白質分解 (Matsumoto, et al., 2007)，亦有少數研究發現可能可以降低運動引起的肌肉損傷 (Shimomura, et al., 2006)。因此，補充 BCAA 可能有助於運動員保持良好的生理狀況，甚至提升運動表現。

目前有關補充 BCAA 對運動表現的研究，以耐力運動為主。Mittleman、Ricci 與 Bailey (1998) 以 8 名女性及 8 名男性為受試者，於熱環境 ($34.4 \pm 1.8^{\circ}\text{C}$) 下進行 40% VO_2 peak 固定式腳踏車運動直到衰竭，於運動期間每 30 分鐘補充 BCAA 或安慰劑，男性 BCAA 總攝取量為 15.8 ± 1.1 g，女性為 9.4 ± 0.8 g。研究結果顯示，男、女性 BCAA 測試於運動後血漿 BCAA 濃度顯著增加，並呈現顯著降低 fTrp/BCAA 比值，且顯著增加運動衰竭時間。

Mourier 等人 (1997) 以 25 位受過角力訓練的選手為受試者，進行飲食控制，限制每日熱量攝取 (28 kcal/kg/day) 持續 19 天，分成低熱量控制測試 (hC, n=6)、低熱量高蛋白質測試 (hHP, n=7)、低熱量高 BCAA 測試 (hBCAA, n=6)、低熱量低蛋白質測試 (hLP, n=6) 以及控制測試 (n=6)，在飲食控制前與 19 天後測量體脂肪、脂肪組織及磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI)。研究結果發現，BCAA 測試可顯著降低體脂肪、脂肪組織及體重，並可維持高水準的運動表現。

Blomstrand 等人 (1991) 以 25 位男性為受試者，進行 30 公里越野賽，及 193 位男性進行 42.2 公里馬拉松的研究指出，越野賽與馬拉松受試者分別在運動前補充 7.5 g 與 16 g BCAA。研究結果發現，在馬拉松比賽跑得比較慢 (3.05 h-3.30 h) 的受試者，補充 BCAA 可以顯著提升運動表現，而越野賽之受試者在認知表現 (color word test, CWT) 上也有顯著改善，顯示補充 BCAA 對長時間運動可減少運動誘發的 fTrp/BCAA 比值，降低腦部血清素合成，進而有效維持認知表現與提升運動衰竭時間。

Gualano 等人 (2011) 以 7 名健康男性為受試者，於運動前一天開始補充 0.3 g/kg/day BCAA 或安慰劑，連續補充 3 天，於第二天進行 70% VO₂ peak 跑步機運動 45 分鐘，接著兩次 10 分鐘 90% VO₂ peak 的衝刺，於第三天以 80% 的無氧閾值運動強度直到衰竭。結果顯示，補充 BCAA 顯著增加運動衰竭時間，而對於血漿游離脂肪酸、血乳酸和酮體濃度變化沒有影響。

另一方面，也有研究指出，補充 BCAA 對於耐力運動表現並無顯著影響。Watson、Shirreffs 與 Maughan (2004) 以 8 名健康男性為受試者，在熱環境下 (30°C) 進行 50% VO₂ peak 腳踏車運動至衰竭，於運動前 2 小時，每 30 分鐘補充 3g BCAA，以及在運動期間每 15 分鐘補充 1.8 g BCAA。結果顯示，BCAA 測試顯著增加血漿 BCAA 濃度及降低 fTrp/BCAA 比值，但在運動期間顯著增加血氨濃度，對於運動表現、皮膚體溫、血乳酸及血糖則無顯著差異。

而同樣以健康成人為受試者的研究，(Greer, White, Arguello, & Haymes, 2011)以 9 名未受過訓練的男性為受試者，進行 90 分鐘 55% VO_2 peak 腳踏車運動，於運動前和運動中的第 60 分鐘補充 BCAA、CHO 或安慰劑。研究結果顯示，補充 BCAA 對有氧運動表現並沒有幫助，但有助於降低自覺量表 (Ratings of Perceived Exertion, RPE)。

此外，有研究探討補充 BCAA 對高強度間歇型運動的影響，Davis、Welsh、De Volve 與 Alderson (1999) 以 3 名男性和 5 名女性為受試者，進行間歇性折返跑 (包含走路、55% VO_2 max 慢跑、95% VO_2 max 跑及衝刺) 直到衰竭，交叉實驗設計分為 CHO 測試、CHO+BCAA 測試及安慰劑測試，CHO 測試於運動前 1 小時和運動前立即補充 5 ml/kg (20% CHO)，並於運動期間補充 2 ml/kg (6% CHO)，CHO+BCAA 測試於運動前 1 小時攝取 5 ml/kg (20% CHO 與 7 g BCAA) 及運動前立即補充 5 ml/kg (6% CHO 與 7 g BCAA)。研究結果顯示，CHO 測試與 CHO+BCAA 測試的血漿中葡萄糖與胰島素濃度顯著高於安慰劑測試，游離脂肪酸顯著低於安慰劑測試，且 CHO 測試或 CHO+BCAA 測試的運動表現皆顯著提升。

綜合以上文獻，補充 BCAA 對於長時間耐力型運動表現無顯著影響的原因之一，可能是 BCAA 的氧化作用提升，使血漿氨濃度增加，導致週邊疲勞與中樞疲勞的產生，以致無法提升運動表現。然而，補充 BCAA 對於高強度間歇型運動之運動表現的研究卻相當有限，仍須進一步探討。

第五節 精胺酸對運動表現的影響

大部分補充 Arg 之研究多以心血管疾病患者為對象。Doutreleau 等人 (2006) 以心臟衰竭疾病患者為受試者，口服 6 週 Arg，進行漸增性最大運動強度與 30 分鐘耐力運動測試。結果顯示，補充 Arg 可顯著提高患者的耐力運動表現。而 Bednarz 等人 (2000) 以冠狀動脈疾病患者為受試者，每日補充 6 g Arg，為期 3 天，亦具有顯著提升運動持續時間的效果。

此外，過去研究發現補充 Arg 可能可以減少運動誘發的血乳酸及氨堆積，而 Arg 為尿素循環的中間產物，可經由精胺酸酶分解產生鳥氨酸及尿素；因此，可能可以藉由 Arg 提高尿素循環作用，增加血氨代謝成尿素排出體外 (Tsuei et al., 2005)。另一方面，Arg 是一氧化氮 (nitric oxide, NO) 的前驅物，體內 NO 的產生是由精胺酸經一氧化氮合成酶 (nitric oxide synthase, NOS) 催化，產生 NO 及中間產物-瓜氨酸 (L-citrulline)，而內皮細胞所產生的 NO 具有調節血管擴張與局部血流量的作用 (Endemann & Schiffrin, 2004)。因此，補充 Arg 可能可以提高 NO 合成作用，促進血管內皮擴張，加速血乳酸及氨的移除，延緩運動疲勞產生，甚至提升運動表現 (Bednarz, et al., 2000)。

Schaefer 等人 (2002) 以 8 名健康男性為受試者，進行漸增性腳踏車運動至最大輸出功率之測試，於運動前 90 分鐘以靜脈注射 3 g Arg。結果顯示，補充 Arg 顯著降低運動誘發的血液乳酸及氨濃度，並且在運動後顯著增加血液瓜氨酸濃度，且乳酸與瓜氨酸呈現負相關，認為此現象

支持 Arg 在運動中可能提高 NO 途徑或尿素循環作用，並加速氮與乳酸的移除。

Eto、Peres 與 Le Moel (1994) 以 3 名健康男性為受試者，進行 75-80% VO_2max 腳踏車運動持續 30 分鐘，於運動前 30 分鐘口服 20 g 麩胺酸 - 精胺酸 (glutamate-arginine) 或安慰劑。結果顯示，麩胺酸 - 精胺酸測試在運動後血氮增加量顯著低於安慰劑測試，認為麩胺酸 - 精胺酸可能可以降低生理疲勞。

另外，也有補充 Arg 對運動員的影響之相關研究。Jang 等人 (2011) 以 9 名男子角力選手為受試者，進行 3 場模擬角力比賽加上 10 秒全力衝刺和 20 秒休息，在第 2 場結束後立即補充，分為 CHO 測試 (1.2 g/kg 葡萄糖)、CHO+AA 測試 (1.0 g/kg 葡萄糖 + 0.1 g/kg Arg 與 0.1 g/kg BCAA)，或安慰劑測試 (水)。結果表示，三測試的運動表現無顯著差異，第 2 場模擬比賽後，CHO+AA 測試與 CHO 測試的血糖與胰島素濃度均顯著高於安慰劑測試，CHO+AA 測試的甘油 (glycerol) 和非酯化脂肪酸 (non-esterified fatty acid, NEFA) 濃度顯著低於安慰劑測試。但是這些生化指標在 CHO 測試和 CHO+AA 測試之間並沒有顯著差異，顯示賽後補充碳水化合物，不論有無 BCAA 和 Arg，對於運動表現並無顯著影響。

Bescos 等人 (2009) 以 9 名男性網球選手為受試者，以交叉實驗設計分為 3 測試，分別為飲食控制測試 (5.5 ± 0.3 g/d Arg) 和飲食第一測試 (富含 Arg 食物， 9.0 ± 1.1 g/d Arg) 及飲食第二測試 (與飲食控制組相同飲食，加上補充 15 g/d Arg)，連續 3 天的飲食控制後，進行漸增性跑步測試 (開

始速度 10-11 km/hr，每 4 分鐘增加 1 km/hr 直到 85%-90% VO₂max，每階級休息 2 分鐘)。結果顯示，飲食富含 Arg 食物或補充高劑量 Arg，皆對運動表現無顯著影響。

Liu 等人 (2009) 以 10 名男性柔道選手為受試者，進行間歇運動模式，模擬柔道實際比賽，實驗交叉設計進行二次測試，分別於測試前口服 6 g Arg 或安慰劑，為期 3 天，第三天補充 Arg 或安慰劑後，於 60 分鐘後進行 20 秒全力衝刺腳踏車運動測試，15 秒休息相互交替，先進行 9 組後休息 1 分鐘，再進行 4 組。結果顯示，短期補充 Arg 對於 NO 合成作用、血乳酸與氨的代謝以及反覆高強度無氧運動之最大功率、平均功率皆無顯著影響。

綜合以上文獻，補充 Arg 可能可以用來調節運動生理代謝，也扮演藉由提高 NO 合成作用，增加血管擴張的角色，加速血液中疲勞物質代謝。此外也顯示補充 Arg，即尿素循環的中間物，可以用來減少運動時血液中所堆積的氨 (Eto, et al., 1994; Schaefer, et al., 2002)。對於心血管疾病患者可能可以延緩疲勞與提升運動表現 (Bednarz, et al., 2000; Doutreleau, et al., 2006)；但是對一般健康成人與運動員沒有幫助 (Bescos, et al., 2009; Jang, et al., 2011; Liu, et al., 2009)；目前針對訓練有素運動員之研究非常有限，仍需進一步探討。

補充 BCAA 與 Arg 對運動表現及代謝的相關文獻整理 (附錄一)。

第參章 研究方法與步驟

第一節 實驗對象

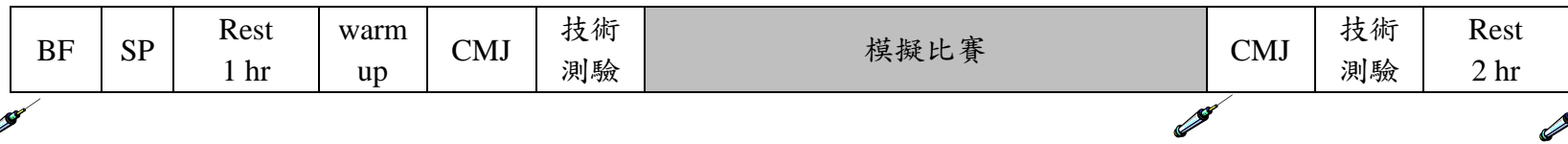
本研究對象為甲二級亞洲大學男子籃球校隊共11名球員。受試者於實驗期間沒有服用任何藥物、抽煙、喝酒等，本研究通過亞洲大學人體試驗委員會審核，於實驗前充分告知受試者實驗之目的、流程及風險，並由受試者簽署研究同意書（受試者須知及同意書如附錄四）。

第二節 實驗設計與步驟

本研究採隨機交叉設計，每位受試者皆進行二次測試，分別為AA測試（0.17 g/kg BCAA；Leu：Ile：Val = 2：1：1，與0.04 g/kg Arg），或placebo測試（2-3顆膠囊，含低筋麵粉），BCAA來自海克利斯國際有限公司Optimum Nutrition, INC（Sunrise, FL, USA），Arg來自GNC健安喜（Pittsburgh, PA, USA），每次測試為期二天。於運動測試前1小時補充BCAA與Arg或安慰劑。AA測試及placebo測試至少間隔7天，以防止身體產生適應。

受試者經過隔夜禁食至少10小時，於測試當日早晨7點空腹至實驗室，由合格醫護人員自手肘靜脈處採集約10 ml血液後，再食用早餐，於15分鐘內食用完畢。受試者在運動測試前一小時飲用實驗飲料，將BCAA溶於250 ml葡萄調味水（50 ml濃縮葡萄汁加上200 ml水）配上Arg錠；安慰劑則食用裝有低筋麵粉的膠囊，及飲用等量葡萄調味水，受試者需於5分鐘內飲用完畢。於運動測試結束後立即採集血液，待運動後2小時再採血一次；第二天早上進行相同實驗步驟，但運動後2小時未收集血液樣本（實驗流程如圖2）。

第一天



第二天

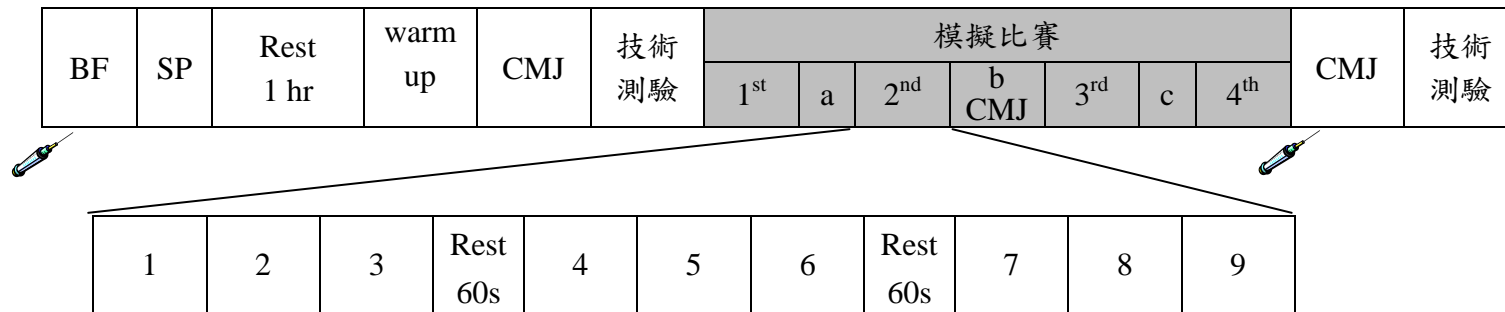



圖 2 實驗流程圖

註：BF：吃早餐。SP：飲用實驗飲料。CMJ：反動作跳。 ：血液採集。a、c：休息 2 分鐘；b：休息 15 分鐘。
1~9 依序為：連續 10 次跳→四線折返衝刺→底線衝刺跳投→Z 字防守後跳投→罰球 10 球→禁區組合運動→全場組合運動→5 方向投籃→6 次邊線折返衝刺。

第三節 飲食與身體活動控制

運動測試前一天的中餐及晚餐，與運動測試兩天皆食用本實驗室提供的餐點。每位受測者在二次測試，皆食用相同的份量及菜色（如附錄二），中餐及晚餐皆為便利商店的新國民便當（熱量約852大卡，醣類47%，蛋白質15%，脂肪38%），中餐為一個便當，晚餐為二個；早餐為土司1.2 g/kg，奶油0.1 g/kg、草莓果醬0.1 g/kg及豆漿5 ml/kg（熱量約6.2 kcal/kg，含醣類1 g/kg，蛋白質0.24 g/kg，脂肪0.14 g/kg），品牌分別為漪坊白吐司（漪坊麵包股份有限公司，台中）、乳瑪琳（遠東化學工業股份有限公司，桃園）、康寶草莓果醬（聯合利華股份有限公司，新竹）、統一陽光黃金豆漿（統一企業股份有限公司，台南）。

運動測試前兩天，皆禁止運動訓練及從事任何劇烈身體活動，在運動測試之兩天期間，亦避免從事測試以外之劇烈身體活動，以避免因肌肉損傷或體能下滑，而無法於測試時發揮原有最佳體能狀況。

第四節 爆發力與模擬比賽運動測試

一、爆發力

爆發力測驗目的為測量受試者是否因體能下滑而影響跳躍高度，執行時間為籃球模擬比賽前、後及中場休息，進行反動作跳（counter movement jump, CMJ），使用攜帶式體能測試儀（Newtest Powertimers 300-series, Oulu, Finland）測量最大跳躍高度，分別測量3次，取最大值。

二、模擬比賽運動測試

本研究之間歇性高強度運動為模擬籃球比賽之間歇性進攻防守的型態，運動測試項目依據為(Baker, Dougherty, Chow, & Kenney, 2007)，經專業籃球教練調整以符合大專選手之運動強度，共4節，每節10分鐘，且有2次的60秒休息，第1至2節、第3至4節中間休息2分鐘，上、下半場各20分鐘，中場休息15分鐘；運動測試前受試者充分暖身。

模擬比賽內容以每節10分鐘為一組，進行流程如下：(1) 連續10次跳→(2) 四線折返衝刺→(3) 底線衝刺跳投→(4) 休息60秒→(5) Z字防守後跳投→(6) 罰球10顆→(7) 禁區組合運動→(8) 休息60秒→(9) 全場組合運動→(10) 5方向投籃→(11) 6次邊線折返跑，共投籃223至236次；每個項目之場地安排與籃球移動路線如圖3至圖11。

利用碼表測量連續10次跳、底線衝刺跳投、Z字防守後跳投、罰球10顆與5方向投籃所需時間，並紀錄總投籃球數與進球數；以攜帶式體能測試儀(Newtest Powertimers 300-series, Oulu, Finland)測量四線折返衝刺、禁區組合運動、全場組合運動與6次邊線折返跑所耗費時間；再計算籃球專項技術時間與投籃命中率：

籃球專項技術時間

= 連續10次跳 + 四線折返衝刺 + 禁區組合運動
+ 全場組合運動之時間總和

投籃命中率

= 底線衝刺跳投 + Z字防守後跳投 + 罰球10顆
+ 5方向投籃之總命中率



圖 3 連續 10 次跳

註：測試前必須先測驗受試者立定跳高最佳成績，並於 70% 處做記號，並要求儘快以連續方式完成 10 次 70% 立定跳。

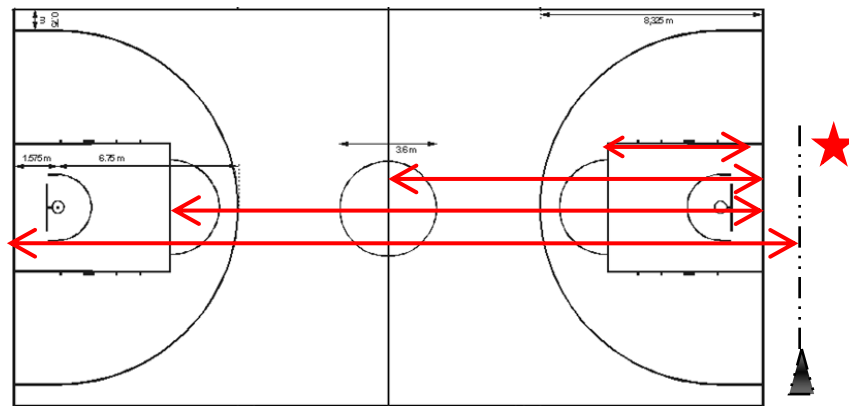


圖 4 四線折返衝刺

註：▲：光柵；★：出發位置；→：跑位路線。從底線出發做四線折返衝刺跑（罰球線、中線、對面罰球線、對面底線）。

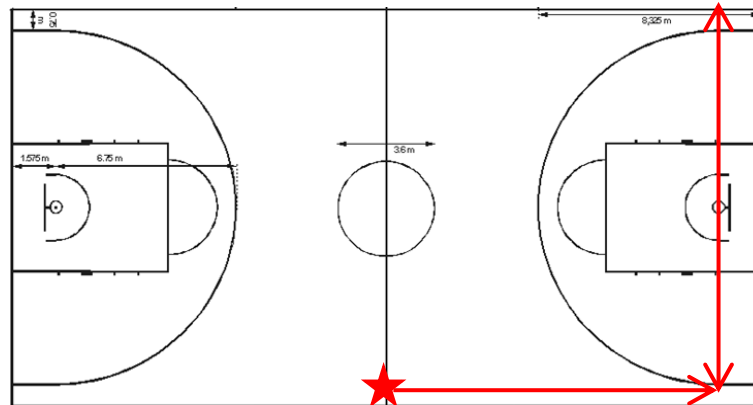


圖 5 底線衝刺跳投

註：★：出發位置；→：跑位路線。從中線出發，朝底線的角落衝刺並接獲從罰球線傳來的球，於約 4.5 m 距離跳投。完成投籃後，朝另一邊底線角落衝刺，並再次做 4.5 m 跳投，總計需投籃 20 次，每次間隔 6 秒。

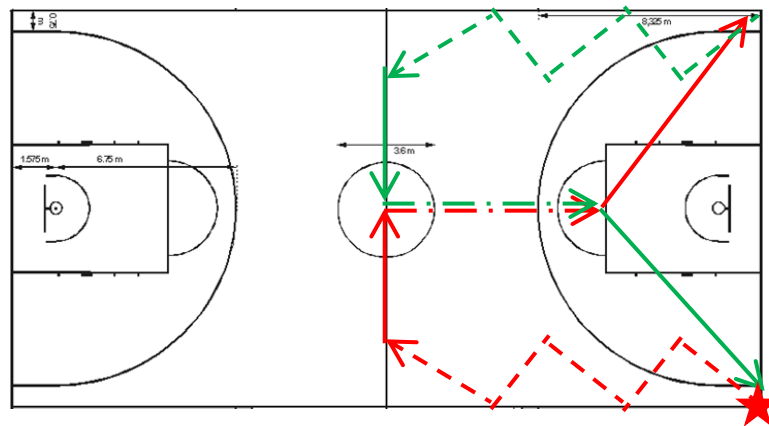


圖 6 Z字防守後跳投

註：★：出發位置；-→：防守步路線；→：跑位路線；-→：運球路線。從底線一端出發，沿著邊線以 Z 字型防守滑步直到中線，抵達後衝刺至中圈拿球，朝罰球線運球前進，並於罰球線上跳投，投籃完成後衝刺至另一端底線角落，重複之前動作，為時 2 分鐘。

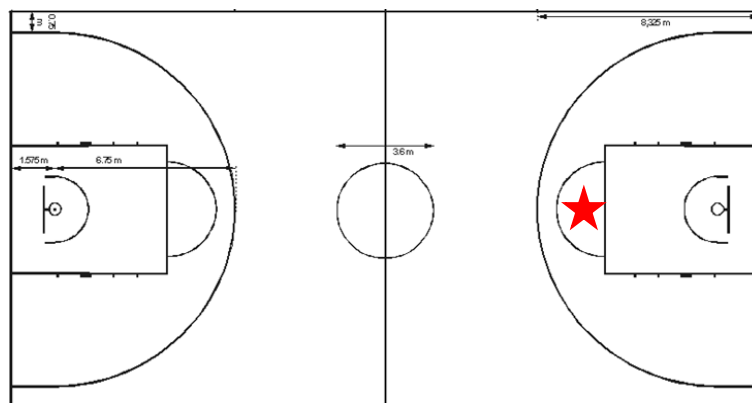


圖 7 罰球 10 球

註：★：出手點。每顆罰球需於 5 秒內完成。

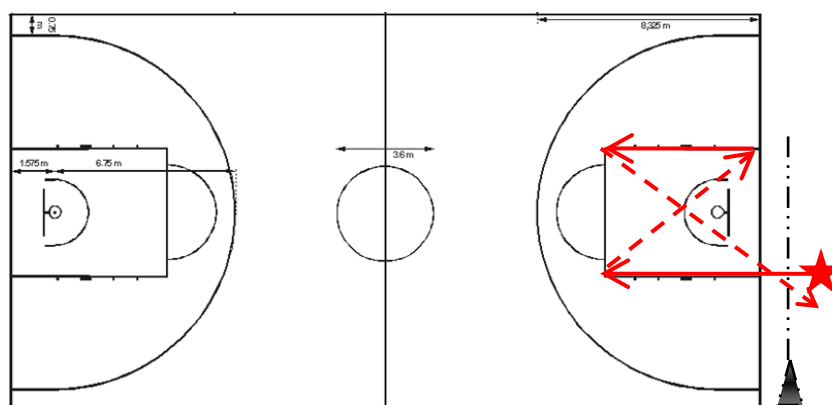


圖 8 禁區組合運動

註：▲：光柵；★：出發位置；→：跑位路線；->：防守步路線。於禁區任一底角出發，朝禁區頂端衝刺，抵達後朝另一端底角做防守滑步（斜切過禁區），到達後再做衝刺至禁區頂端，再做防守滑步斜切回出發點，反覆操作 5 次。

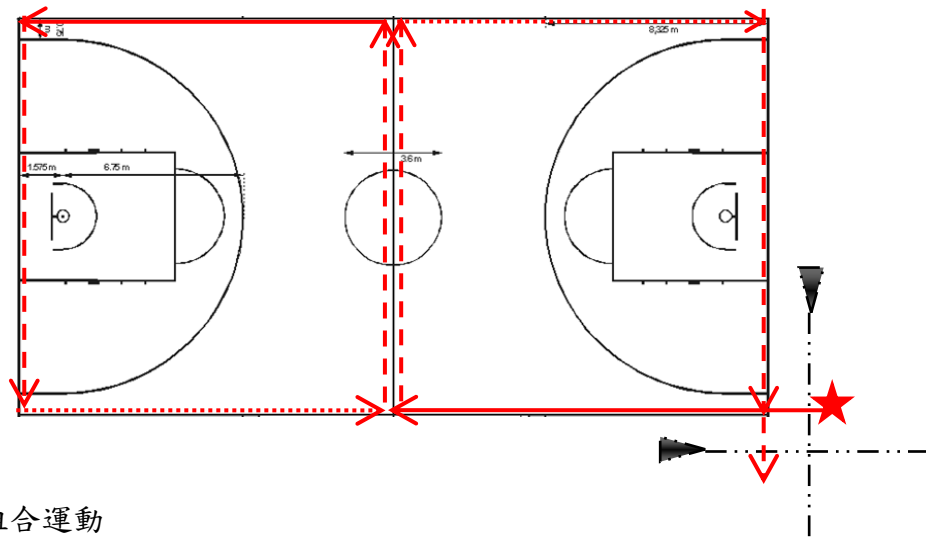


圖 9 全場組合運動

註：▲：光柵；★：出發位置；→：跑位路線；->：防守步路線；...>：倒退步路線。自底線角落出發，衝刺抵達中線後在中線上做防守滑步的動作。抵達另一邊線後再衝刺抵達對面端線，並於端線上做防守滑步動作，抵達另一邊線作倒退步的動作直到中線，再次在中線做防守滑步至另邊線，抵達後做倒退步至底線，並於出發端的底線作防守滑步。

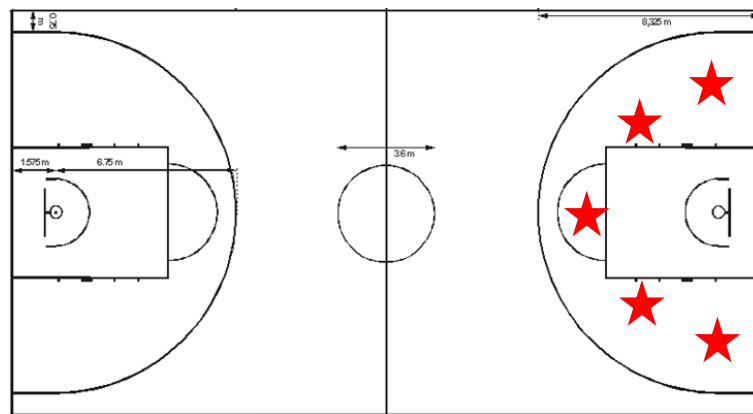


圖 10 5 方向投籃

註：★：出手點。分別在五個方向，以 4.5 m 距離投籃，每方向 4 顆，共 20 顆，需於 2 分鐘內完成。

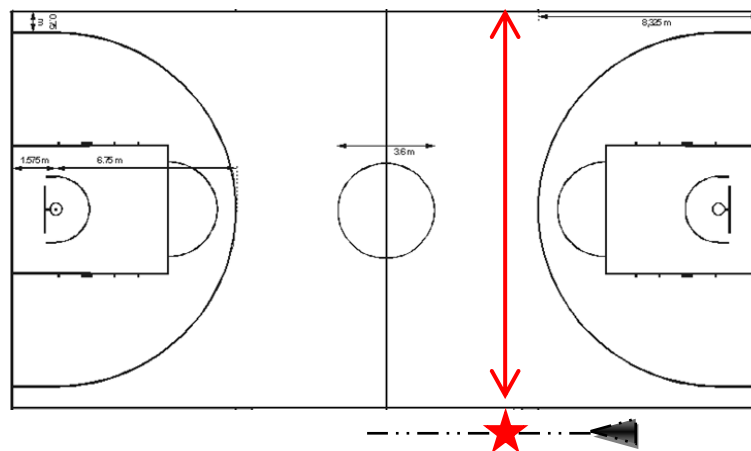


圖 11 6 次邊線折返衝刺

註：▲：光柵；★：出發位置；→：跑位路線。兩端邊線之間作往返衝刺 6 次。

在運動測試過程，受試者配戴心率錶（S725X cycling computer, Polar, Finland），記錄各階段心跳率。第一次測試，紀錄每次飲水時間點與飲水量，於第二次測試重複（受試者運動測試中之飲用水量如表 2）；並且在運動前與每節運動後，讓受試者以 Borg 自覺量表，主觀評估疲勞感覺（附錄三）。

於運動測試過程，偵測並記錄室內籃球場之溫、溼度。平均溫度為 $26.42 \pm 0.72^{\circ}\text{C}$ ，平均濕度為 $73.55 \pm 1.82\%$ 。

另外，於模擬比賽前、後進行技術測驗，技術測驗為參考 NBA 美國職業籃球明星賽技術挑戰賽的流程，包括運球、過人、傳球、上籃、投籃等技巧，場地示意圖與模擬場地佈置圖如圖 12 與圖 13。

表 2

受試者運動測試中之飲用水量 (ml)

編號	AA Day1	AA Day2	placebo Day1	placebo Day2
1	0	0	0	0
2	1178	466	1178	466
3	677	367	677	367
4	353	276	353	276
5	268	149	268	149
6	582	585	582	585
7	623	467	623	467
8	382	620	382	620
9	836	627	836	627
10	623	171	623	171
11	1731	692	1731	692
平均數	659.4	401.8	659.4	401.8
標準誤	141.9	68.8	141.9	68.8

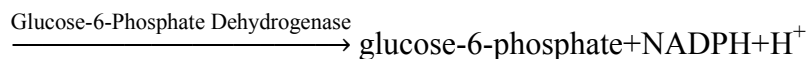
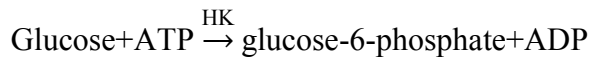
第五節 血液採集與分析

由合格醫檢師自肘靜脈採集 10ml 血液，分裝至 EDTA 與全血採血管中。全血以自動血球分析儀（Sysmex KX-21N, Kobe, Japan）檢測血紅素（Hemoglobin, Hb）及血容比（Hematocrit, Hct），以校正運動中血漿改變量。其餘血液於 4°C 以 2000 轉離心 20 分鐘，將血漿與血球分離，取出血漿分裝後存放至 -80°C 之冰箱中。血漿分析項目包含肌酸激酶（creatine kinase, CK）、乳酸脫氫酶（lactate dehydrogenase, LDH）、乳酸（lactate）、氨（NH₃）、葡萄糖（glucose）、甘油（glycerol）、非酯化脂肪酸（NEFA）、尿素（urea）、睪固酮（testosterone）、皮質固醇（cortisol），以探討受測者運動與恢復期間能量代謝與肌肉損傷狀況。

一、各項血液生化值檢驗

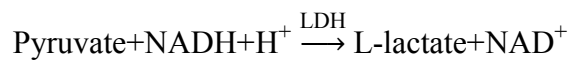
(一) 肌酸激酶活性

血漿中 CK 活性分析，採用商業試劑組（77528、77529, 關東化學株式會社, Tokyo, Japan），以全自動生化分析儀檢測（Hitachi 7020, Hitachi Science Systems, Ltd, Ibaraki, Japan），吸光值波長 340 nm，化學反應原理如下：



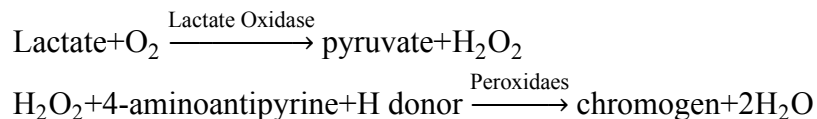
(二) 乳酸脫氫酶活性

血漿中 LDH 活性分析，採用乳酸脫氫酶測定試劑組 (411-84491, 和光純藥工業株式會社, Osaka, Japan)，以全自動生化分析儀檢測，吸光值波長 340 nm，化學反應原理如下：



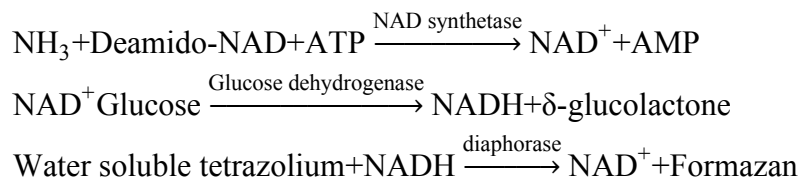
(三) 乳酸濃度

血漿中乳酸濃度分析，採用商業試劑組 (11822837, Cobas, Co.)，以全自動生化分析儀檢測，吸光值波長 550 nm，化學反應原理如下：



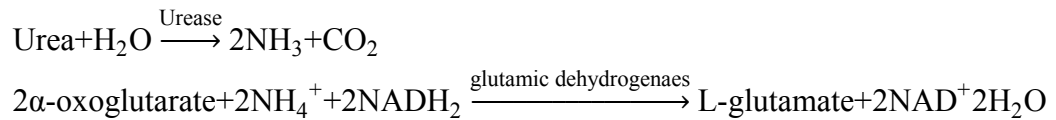
(四) 氮濃度

血漿中氮濃度分析，採用商業試劑組 (77836、77837, 關東化學株式會社, Tokyo, Japan)，以全自動生化分析儀檢測，吸光值波長 450 nm，化學反應原理如下：



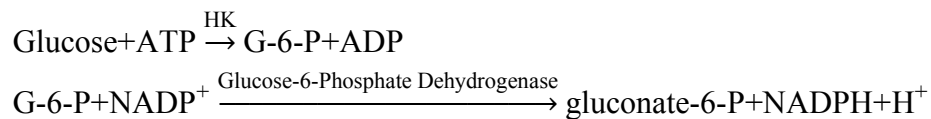
(五) 尿素濃度

血漿中尿素濃度分析，採用商業試劑組 (UR221, Randox, Co.) ，以全自動生化分析儀檢測，吸光值波長 340 nm ，化學反應原理如下：



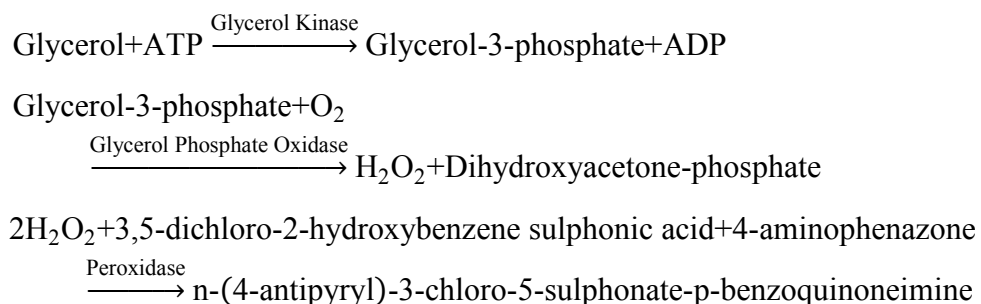
(六) 葡萄糖濃度

血漿中葡萄糖濃度分析，採用商業試劑組 (326022199 、 326022205, 神奈川株式會社, Kanto, Japan) ，以全自動生化分析儀檢測，吸光值波長 340 nm ，副波長 450 nm ，化學反應原理如下：



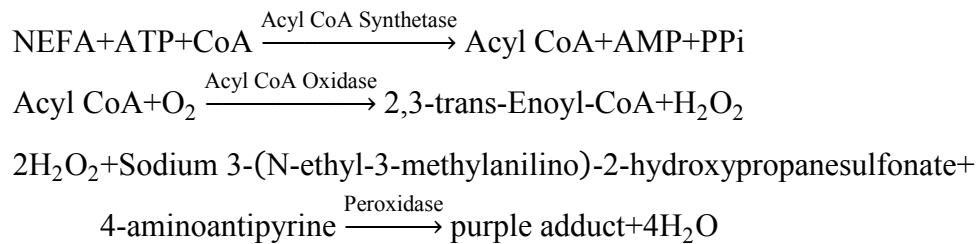
(七) 甘油濃度

血漿中甘油濃度分析，採用商業試劑組 (GY106, Randox, Co.) ，以全自動生化分析儀檢測，吸光值波長 520 nm ，化學反應原理如下：



(八) 非酯化脂肪酸濃度

血漿中 NEFA 濃度分析，採用商業試劑組 (FA115, Randox, Co.)，以全自動生化分析儀檢測，吸光值波長 550 nm，化學反應原理如下：



(九) 睪固酮濃度

使用自動分析儀測量 (Roche Elecsys 2010, Roche Diagnostics, Mannheim, Germany)，於體外以電化學發光免疫分析法 (Electrochemiluminescence immunoassay, ECLIA)，使用商業試劑組 (Cat.No.05200067) 進行定量檢測。分析使用三明治酵素蓮節免疫吸附法，第一次反應 (first incubation) 為將 50 μ 血液樣本和 biotinylated 具 testosterone 特異性的單株抗體一起反應。第二次反應 (second incubation) 為加入以 streptavidin 標記的微粒子和鈿化物 (ruthenium, Ru) 標記之 testosterone 特異性單株抗體，如此形成三明治複合物，藉著生物素以及 streptavidin 相互作用結合。反應化合物吸取至測量室中，微粒子會被磁力吸引到電極表面，沒有被吸引的物質隨後會經由 ProCell 緩衝液移除。然後利用電極的電壓引發化學光 (chemiluminescent)，以光電倍增管 (photomultiplier) 進行偵測。

(十) 皮質固醇濃度

血液中 Cortisol，利用 ECLIA，於 Roche Elecsys 2010 免疫分析儀器檢測。Elecsys cortisol 試驗原理為競爭原理，利用 cortisol 特異性的多株抗體進行。檢體內的 cortisol 因 danazol 的作用而從結合蛋白上釋出，和試驗中外加的 cortisol 衍生物一起競爭生物素化抗體上的結合位置，而外加的 cortisol 衍生物已經先以鈎化物標記。使用商業試劑組 (Cat.No.11875116) 進行定量檢測。

R1: Anti-cortisol-Ab~biotin (灰蓋) 1 瓶 9 ml: 生物素化 Anti-cortisol 多株抗體 (羊) 90ng/ml; MES 緩衝液 100 mmol/l, PH6.0; 保存劑。

R2: cortisol-peptide~Ru(bpy)₃²⁺; (黑蓋) 1 瓶 9 ml: 鈎以化物標劑 cortisol 衍生物 (合成), 25ng/ml; danazol 20μg/ml; MES 緩衝液 100 mmol/l, PH6.0; 保存劑。

第六節 血漿體積校正方法

根據 Hb、Hct 校正血漿變化量，校正公式如下：

$$\Delta PV(\%) = 100 \times [100 \times (\text{Hb}_{\text{pre}} / \text{Hct}_{\text{post}}) \times (1 - \text{Hct}_{\text{post}} / 100) - 100 + \text{Hct}_{\text{pre}} / (100 - \text{Hct}_{\text{pre}})]$$

(ΔPV =血漿變化量; Hb=血紅素; Hct=血比容)

$$\text{校正後數據} = \text{原始數據} \times [(100 + \Delta PV\%) / 100]$$

第七節 資料分析

所有資料均以平均值±標準誤呈現。同一次測試於籃球專項技術時間、投籃命中率及技術測驗第二天與第一天的改變率計算公式如下：

$$\% \text{ change(改變率)} = (\text{第二天} - \text{第一天}) / \text{第一天} \times 100\%$$

AA 測試或 placebo 測試各時間點的籃球專項體能時間（改變率）、投籃命中率（改變率）、反動作跳（改變率）、技術測驗（改變率）及自覺量表以成對樣本 t 檢定進行分析。

血液生化值變化利用重複量數二因子變異數分析各測試間的時間點之差異，若時間效應達顯著差異，則以 Ryan-Holm-Bonferroni 法進行事後比較（Atkinson, 2002），探討各時間點之差異；若時間×處置效應達顯著差異，則使用成對樣本 t 檢定分析，檢驗在同一個時間點兩測試之差異。若處置效應達顯著差異，則以血漿分析項目濃度-時間計算曲線下增加面積（Incremental Area Under Curve, IAUC），與採血的 5 個時間點對應，計算 AA 測試與 placebo 測試二天之曲線下增加面積（減去基準值以下面積），Day1 以採血點 Day1 pre-ex 為基準值，Day2 則以 Day2 pre-ex 為基準值，依照圖形面積不同採三角形或梯形面積公式計算曲線下增加面積，以成對樣本 t 檢定進行分析。

使用 SPSS 12.0（SPSS Inc., Chicago, IL, USA）統計軟體分析，統計顯著水準定為 $p < .05$ 。

第肆章 結果

第一節 受試者基本資料

受試者基本資料如表 1，本研究共 11 位受試者，平均年齡 20.0 ± 0.3 歲，身高 178.4 ± 1.9 公分，體重 71.8 ± 2.4 公斤，身體質量指數 22.53 ± 0.61 。

表 1

受試者基本資料

編號	年齡 (year)	身高 (cm)	體重 (kg)	BMI (kg/m ²)
1	19	178	85.6	27.02
2	19	185	76.6	22.38
3	20	185	80.0	23.48
4	19	177	68.0	21.71
5	19	190	76.6	21.22
6	21	170	64.4	22.28
7	22	178	71.3	22.63
8	21	173	61.7	20.62
9	21	171	70.0	23.94
10	20	177	60.0	19.25
11	19	180	75.5	23.29
平均數	20.0	178.4	71.78	22.53
標準誤	0.3	1.9	2.40	0.61

第二節 籃球專項體能表現

AA測試與placebo測試運動測試之各節籃球專項體能表現如圖14，AA測試於第二天第三節的專項體能時間顯著快於placebo測試（AA測試： 129.35 ± 2.48 秒；placebo測試： 134.43 ± 3.38 秒， $p = .032$ ）；AA測試於第二天第四節則呈現快於placebo測試的趨勢（AA測試： 126.90 ± 2.56 秒；placebo測試： 132.30 ± 3.01 秒， $p = .053$ ）。各節籃球專項體能表現改變率如圖15，AA測試與placebo測試之間的各節籃球專項體能表現改變率無顯著差異。

AA測試與placebo測試之上下半場籃球專項體能表現如圖16，AA測試於第二天下半場的專項體能時間顯著快於placebo測試（AA測試： 256.25 ± 4.75 秒；placebo測試： 266.72 ± 6.37 秒， $p = .031$ ）。上下半場籃球專項體能表現改變率如圖17，AA測試與placebo測試之間上下半場的籃球專項體能表現改變率無顯著差異。

AA測試與placebo測試兩天之籃球專項體能表現如圖18，AA測試於第二天的專項體能時間呈現快於placebo測試的趨勢（AA測試： 518.42 ± 9.98 秒；placebo測試： 531.84 ± 12.35 秒， $p = .079$ ）。籃球專項體能表現改變率如圖19，AA測試與placebo測試間的籃球專項體能表現改變率無顯著差異。

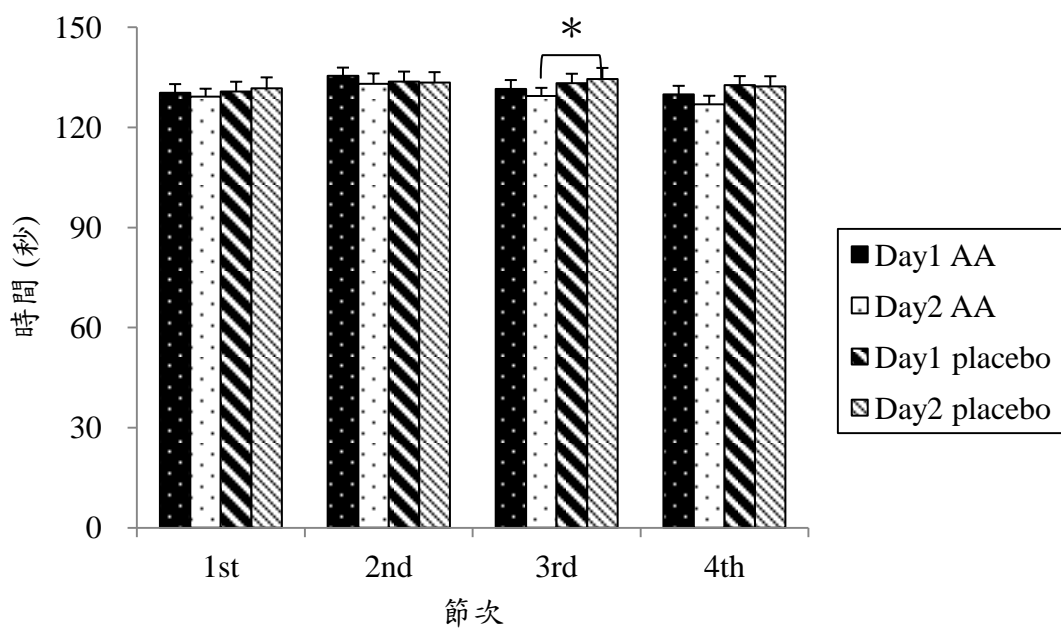


圖 14 AA 測試與 placebo 測試之各節籃球專項體能表現
 註：*：AA 測試與 placebo 測試有顯著差異 ($p = .032$)。

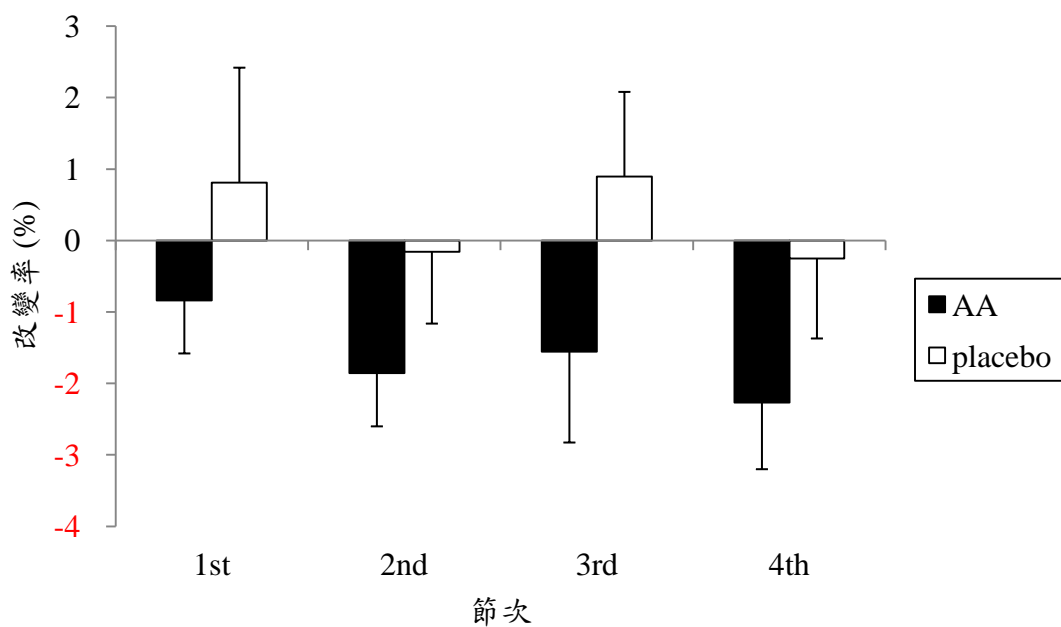


圖 15 AA 測試與 placebo 測試之各節籃球專項體能表現改變率

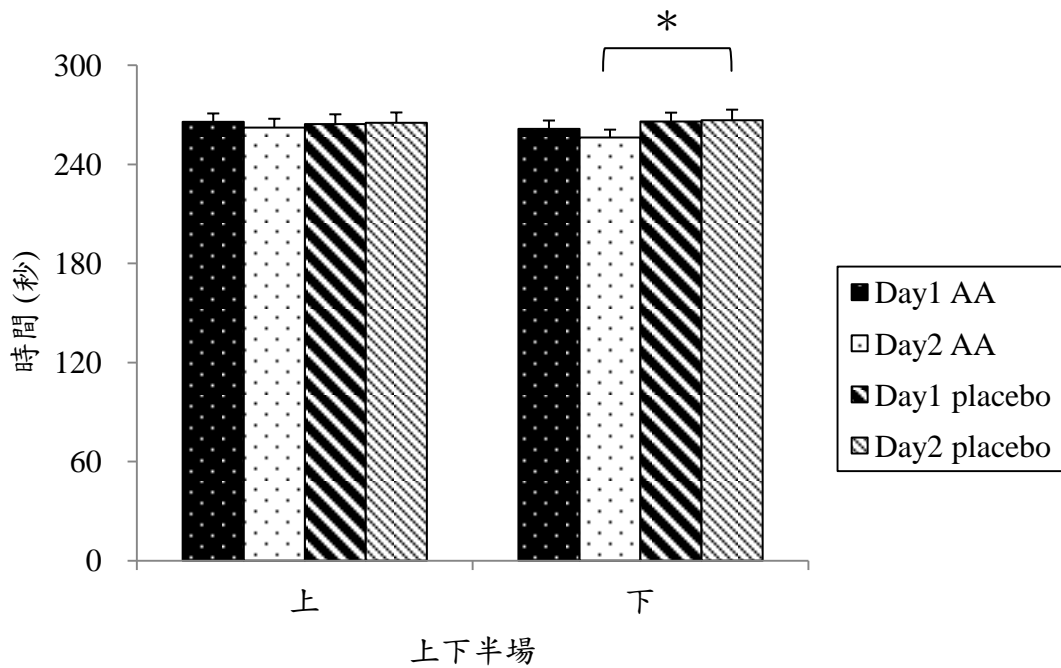


圖 16 AA 測試與 placebo 測試之上下半場籃球專項體能表現
 註：*：AA 測試與 placebo 測試達顯著差異 ($p=.031$)。

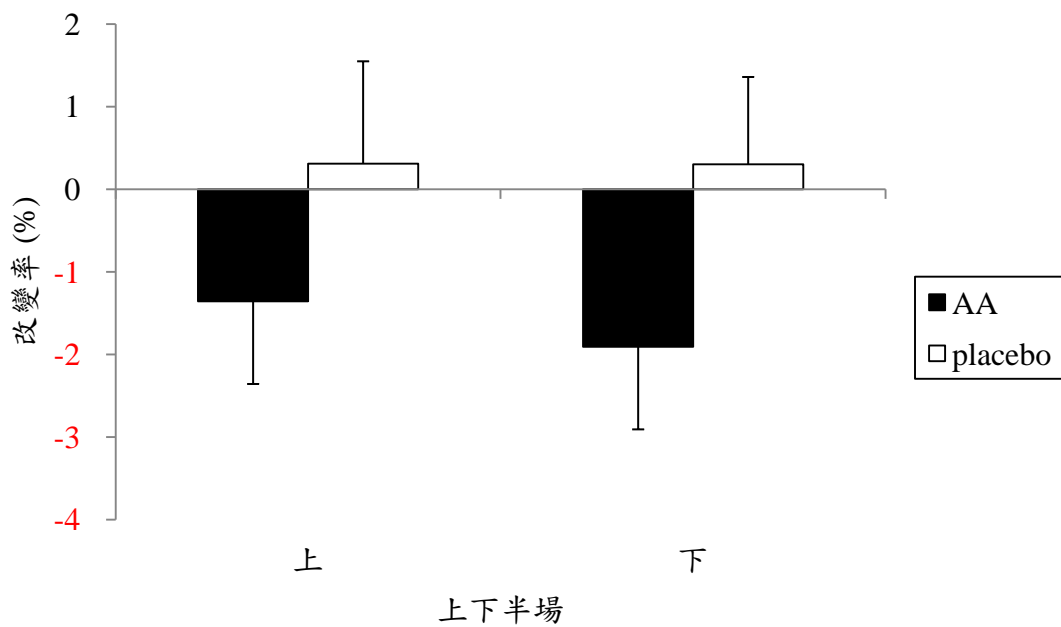


圖 17 AA 測試與 placebo 測試之上下半場籃球專項體能表現改變率

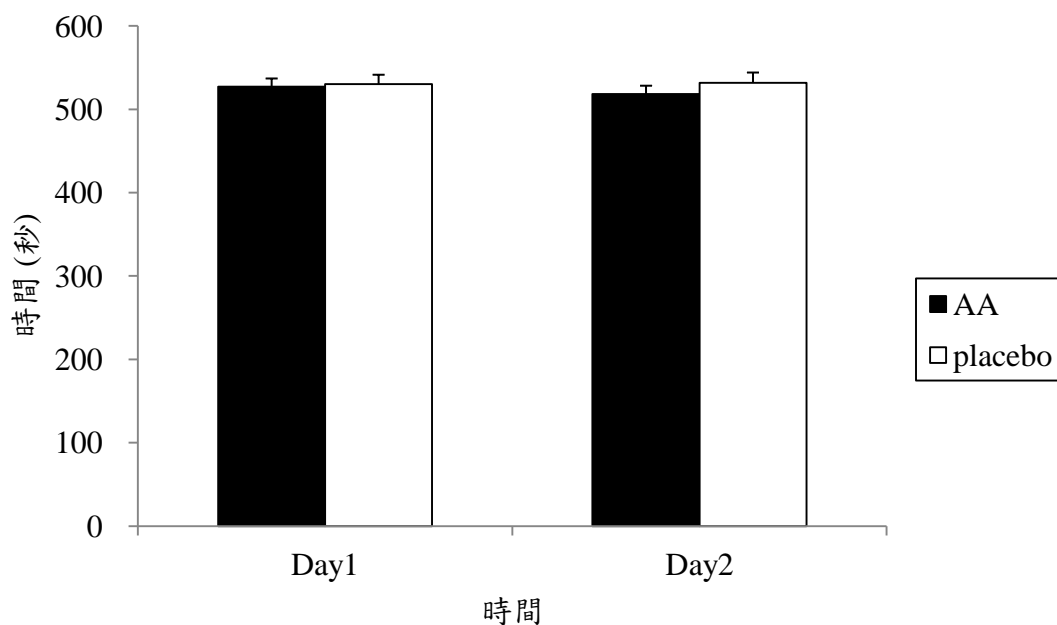


圖 18 AA 測試與 placebo 測試兩天之籃球專項體能表現

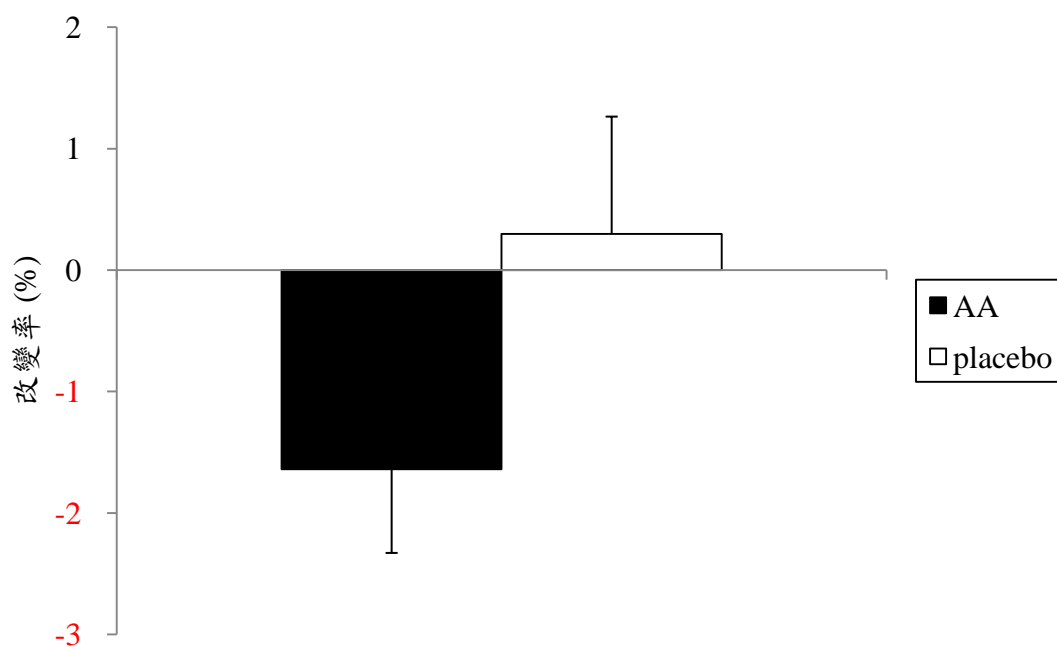


圖 19 AA 測試與 placebo 測試兩天之籃球專項體能表現改變率

第三節 投籃命中率

AA測試與placebo測試運動測試之每節總投籃命中率如圖20，AA測試與placebo測試之間的每節平均投籃命中率無顯著差異，且每節總投籃命中率改變率亦無顯著差異（圖21）。

AA測試與placebo測試之上下半場總投籃命中率如圖22，AA測試與placebo測試之間的上下半場平均投籃命中率無顯著差異，且上下半場總投籃命中率改變率亦無顯著差異（圖23）。

AA測試與placebo測試兩天之總投籃命中率如圖24，AA測試與placebo測試之間的總投籃命中率無顯著差異，且總投籃命中率改變率亦無顯著差異（圖25）。

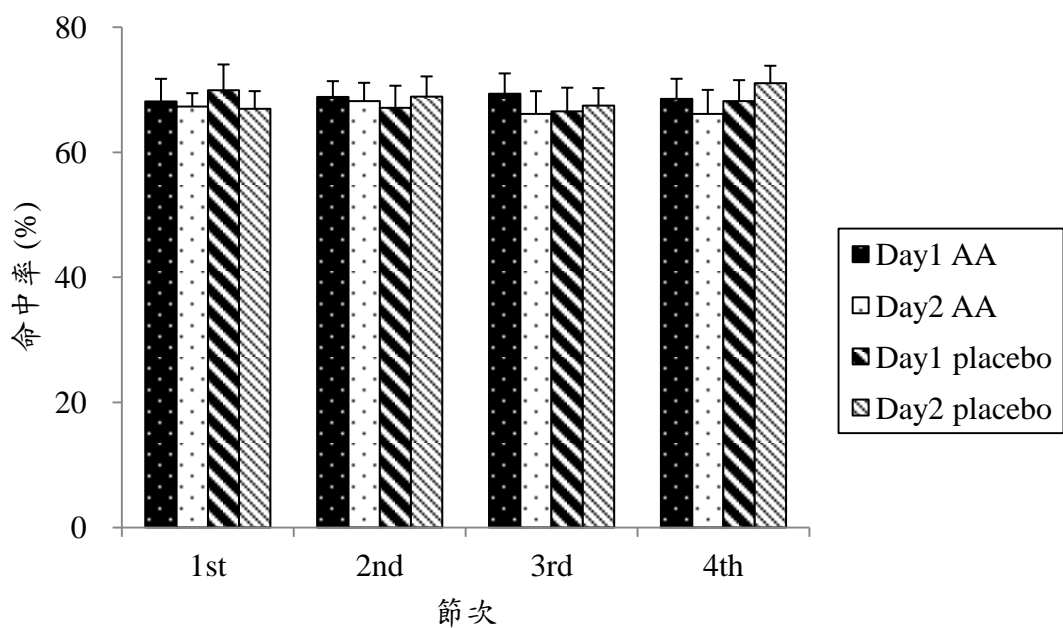


圖 20 AA 測試與 placebo 測試之各節投籃命中率

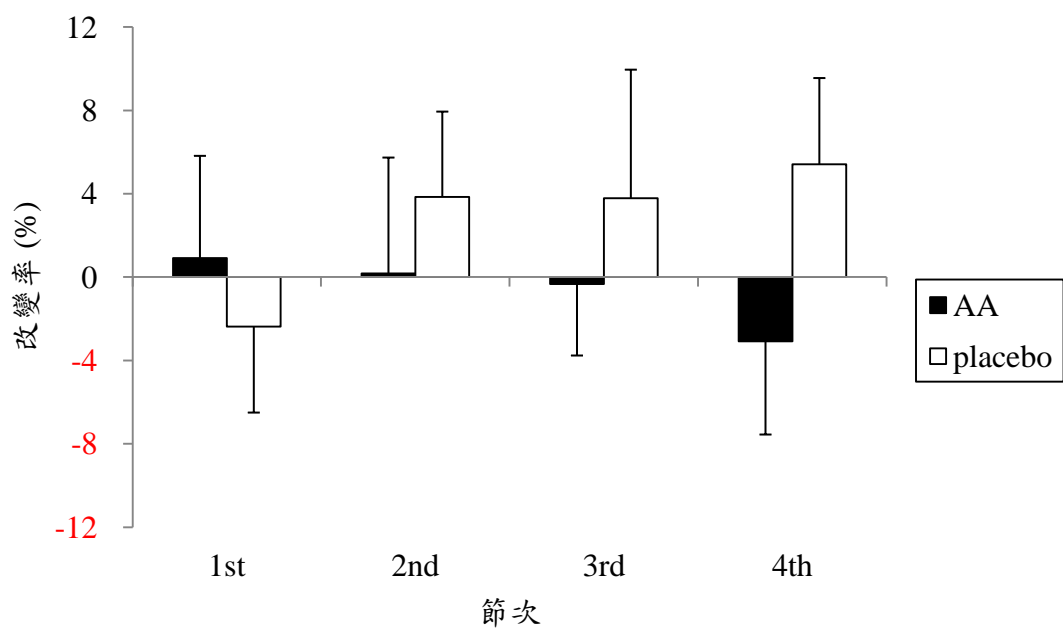


圖 21 AA 測試與 placebo 測試之各節投籃命中率改變率

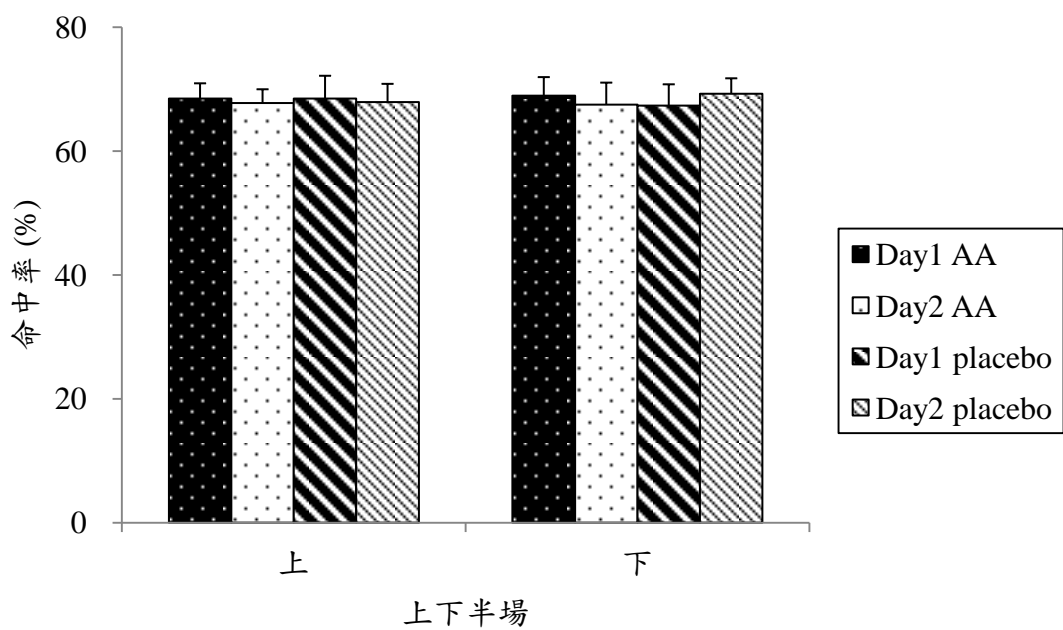


圖 22 AA 測試與 placebo 測試之上下半場投籃命中率

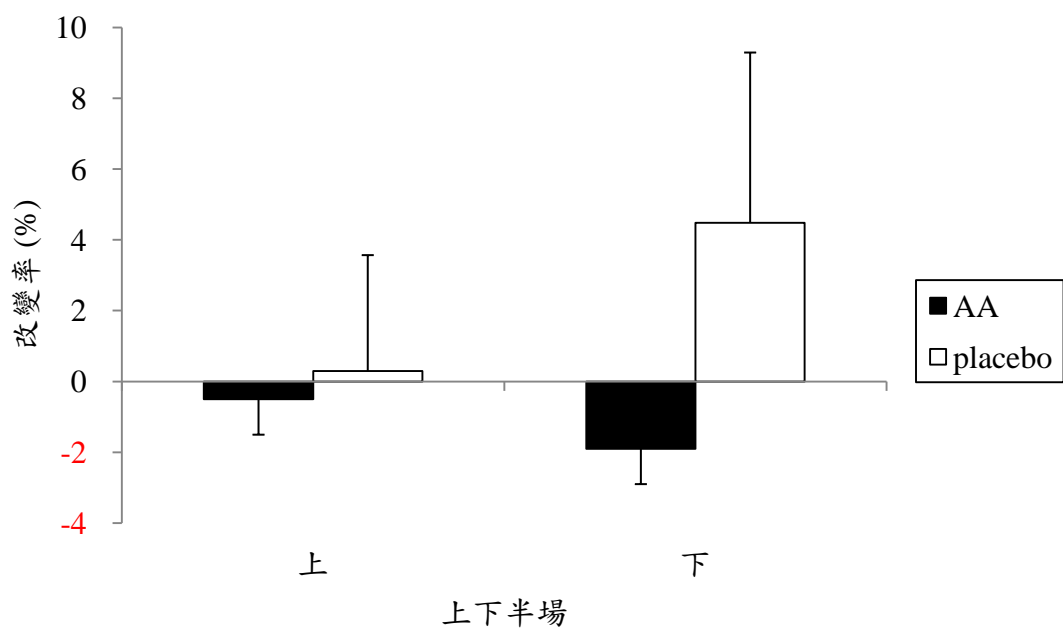


圖 23 AA 測試與 placebo 測試之上下半場投籃命中率改變率

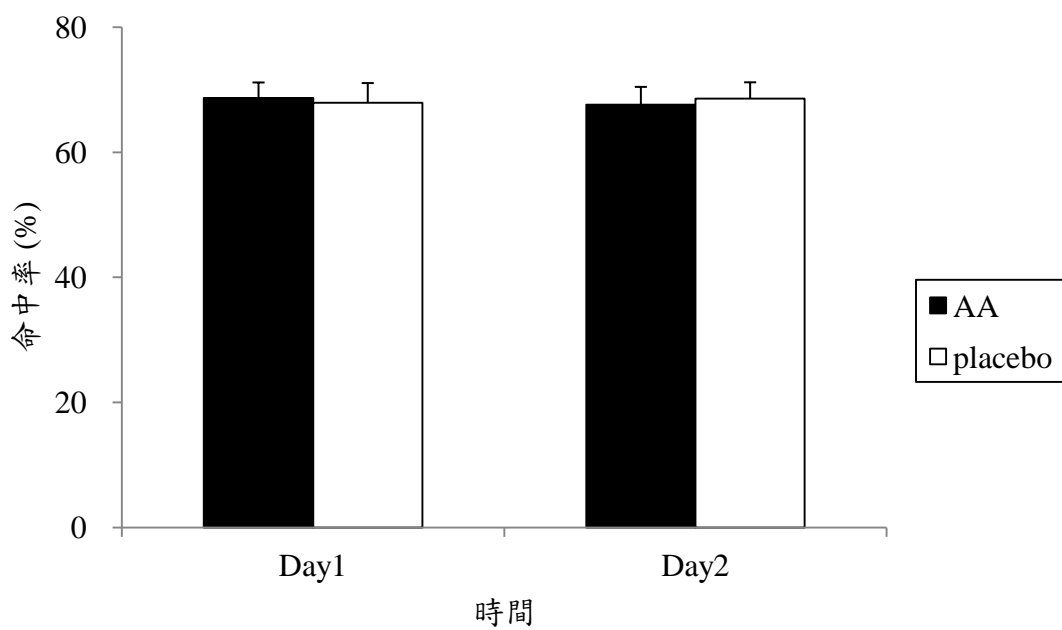


圖 24 AA 測試與 placebo 測試兩天之總投籃命中率

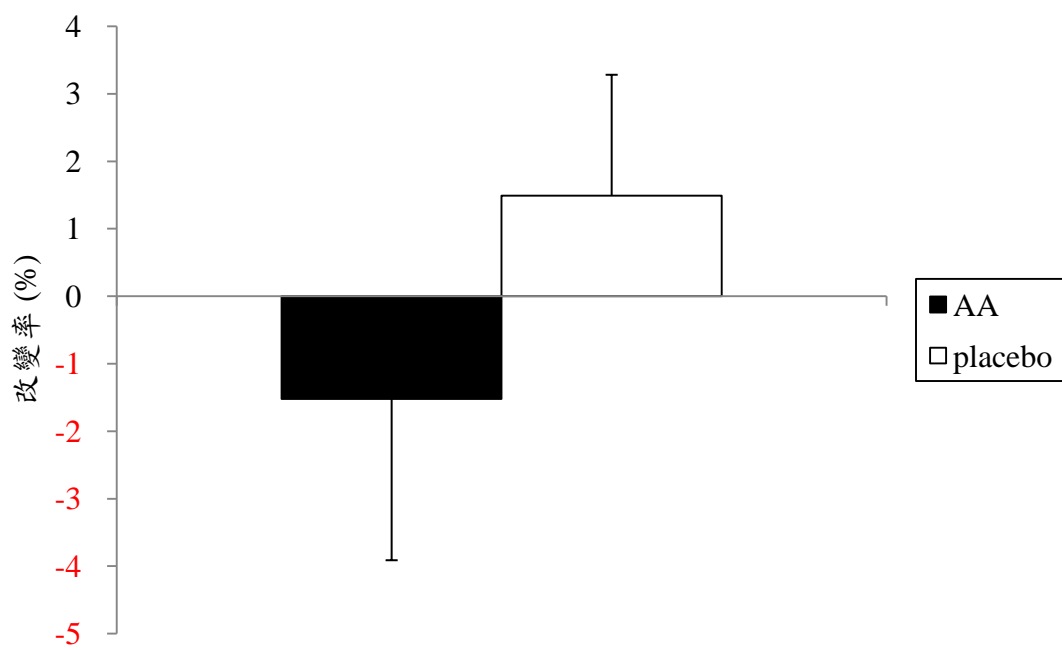


圖 25 AA 測試與 placebo 測試兩天之總投籃命中率改變率

第四節 反動作跳測量與技術測驗

一、反動作跳測量

AA測試與placebo測試運動測試之反動作跳高度如圖26，placebo測試於第一天中場休息的高度顯著高於AA測試（AA測試： 47.15 ± 1.52 公分；placebo測試： 49.06 ± 1.17 公分， $p = .033$ ），但各時間點之反動作跳高度改變率並無顯著差異（圖27）。

二、技術測驗

AA測試與placebo測試運動測試之技術測驗時間如圖28，AA測試與placebo測試之間的技術測驗時間無顯著差異。技術測驗時間改變率如圖29，AA測試與placebo測試之間的技術測驗時間改變率無顯著差異。

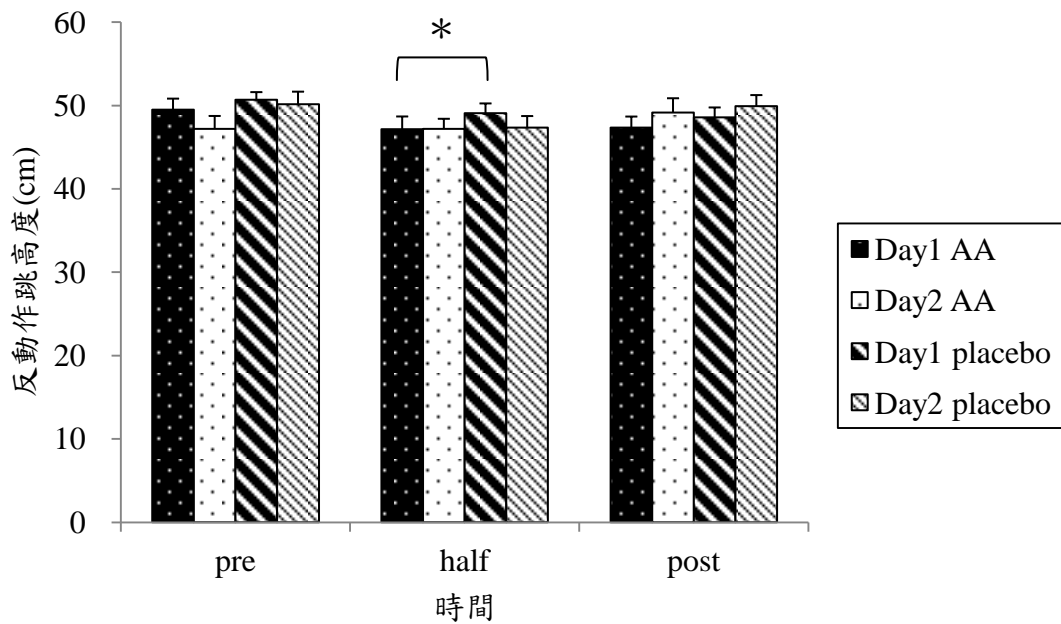


圖 26 AA 測試與 placebo 測試之反動作跳高度

註：*：AA 測試與 placebo 測試達顯著差異 ($p = .033$)。

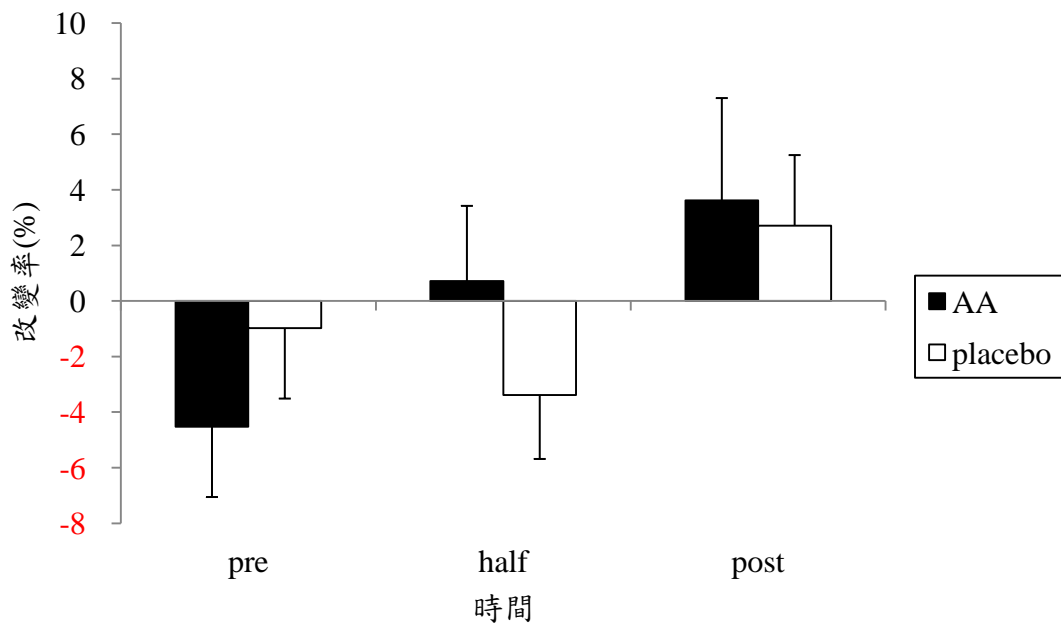


圖 27 AA 測試與 placebo 測試之反動作跳高度改變率

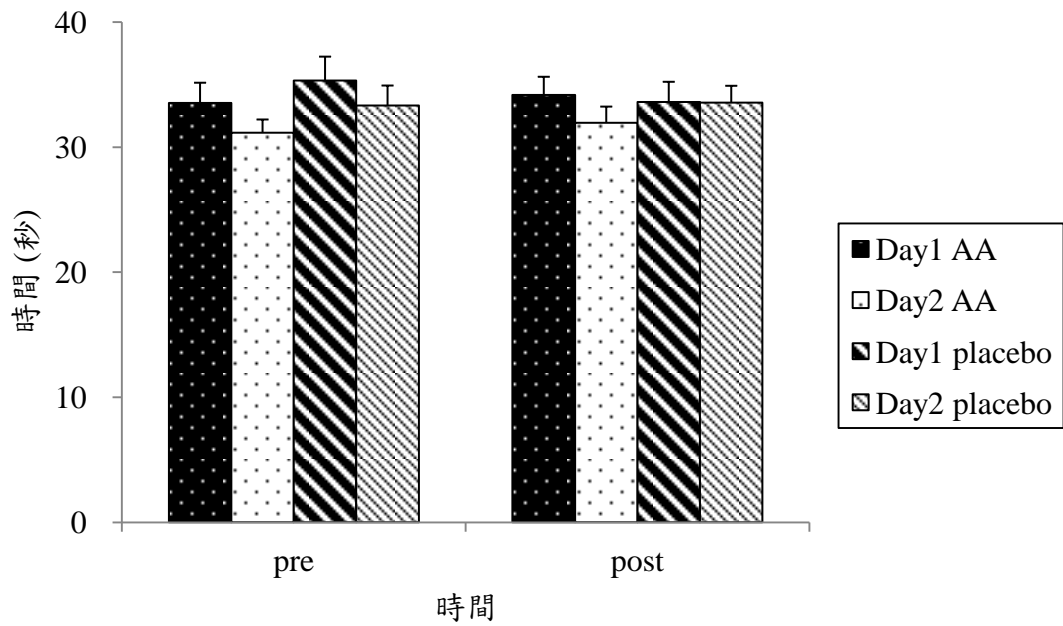


圖 28 AA 測試與 placebo 測試之技術測驗時間

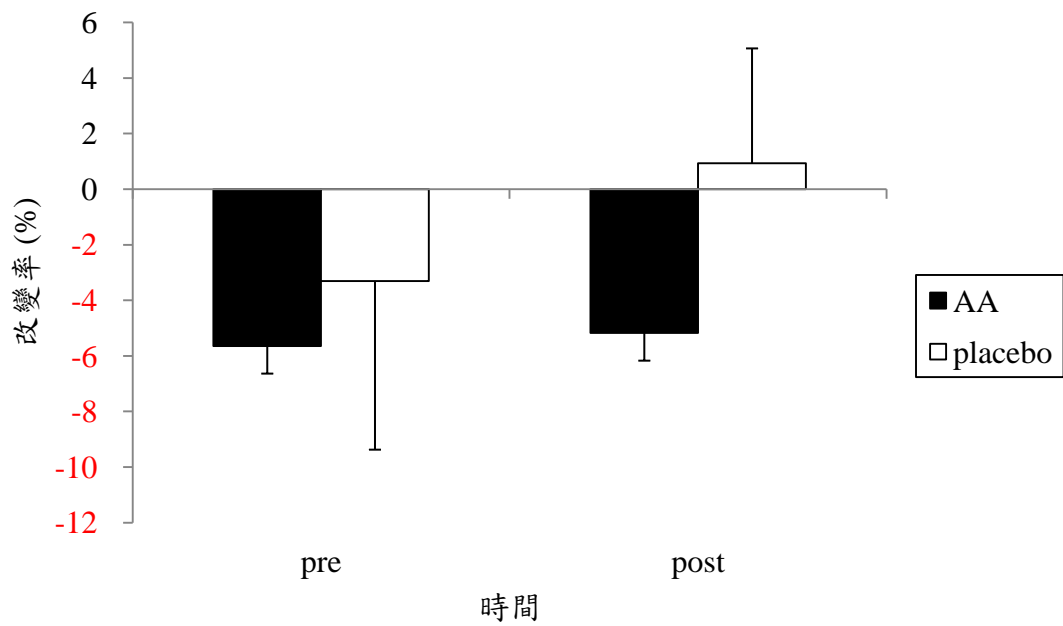


圖 29 AA 測試與 placebo 測試之技術測驗時間改變率

第五節 血液生化值

一、CK、LDH 活性

AA測試與placebo測試各時間點血漿CK活性如圖30，僅時間效應達顯著（ $p < .001$ ），AA測試於Day1 post-ex、Day1 post-ex 2h、Day2 pre-ex以及Day2 post-ex皆顯著高於基準值（Day1 pre-ex）；placebo測試於Day1 post-ex 2h、Day2 pre-ex以及Day2 post-ex皆顯著高於基準值。

AA測試與placebo測試各時間點血漿LDH活性如圖31，僅時間效應達顯著（ $p < .001$ ），AA測試與placebo測試於Day1 post-ex 2h與Day2 post-ex均顯著高於基準值。

結果顯示，AA測試與placebo測試運動後的CK與LDH活性都有顯著的上升，但並無明顯的肌肉損傷。另外，AA測試與placebo測試之間是無顯著差異的。

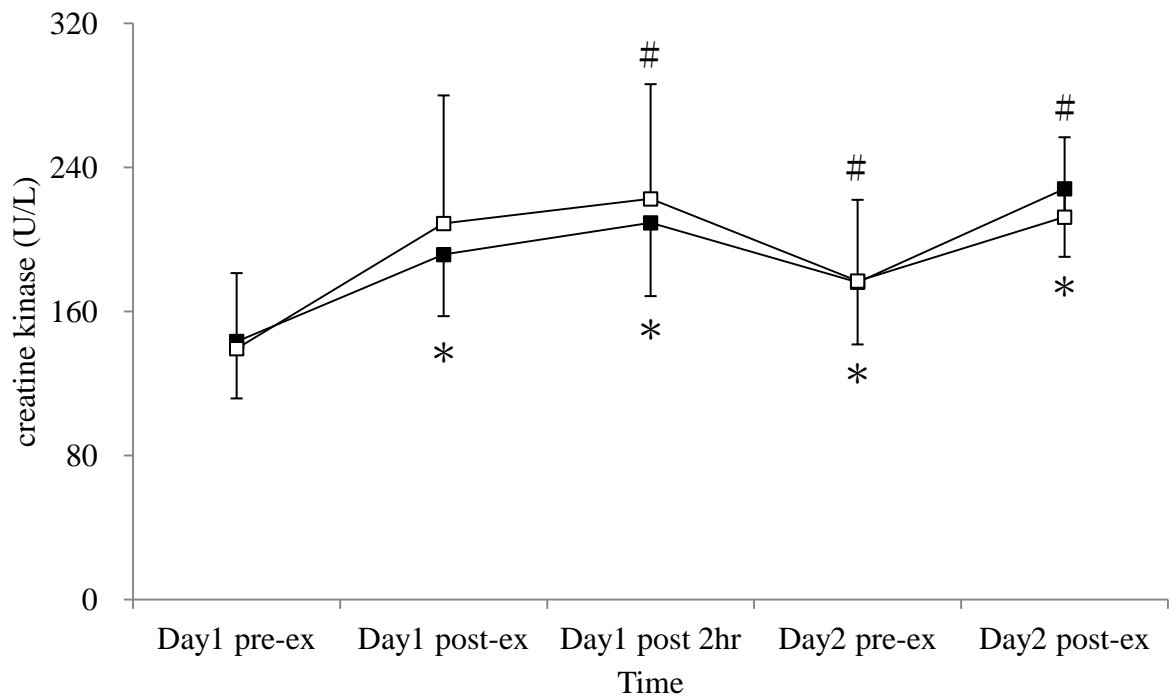


圖 30 AA 測試與 placebo 測試各時間點血漿 creatine kinase 活性

註：■：AA 測試；□：placebo 測試。

Trial effect : $p = .969$; Time effect : $p < .001$; Interaction : $p = .534$ 。 * : AA 測試與 Day1 pre-ex 達顯著差異 ($p < .05$) , # : placebo 測試與 Day1 pre-ex 達顯著差異 ($p < .05$) 。

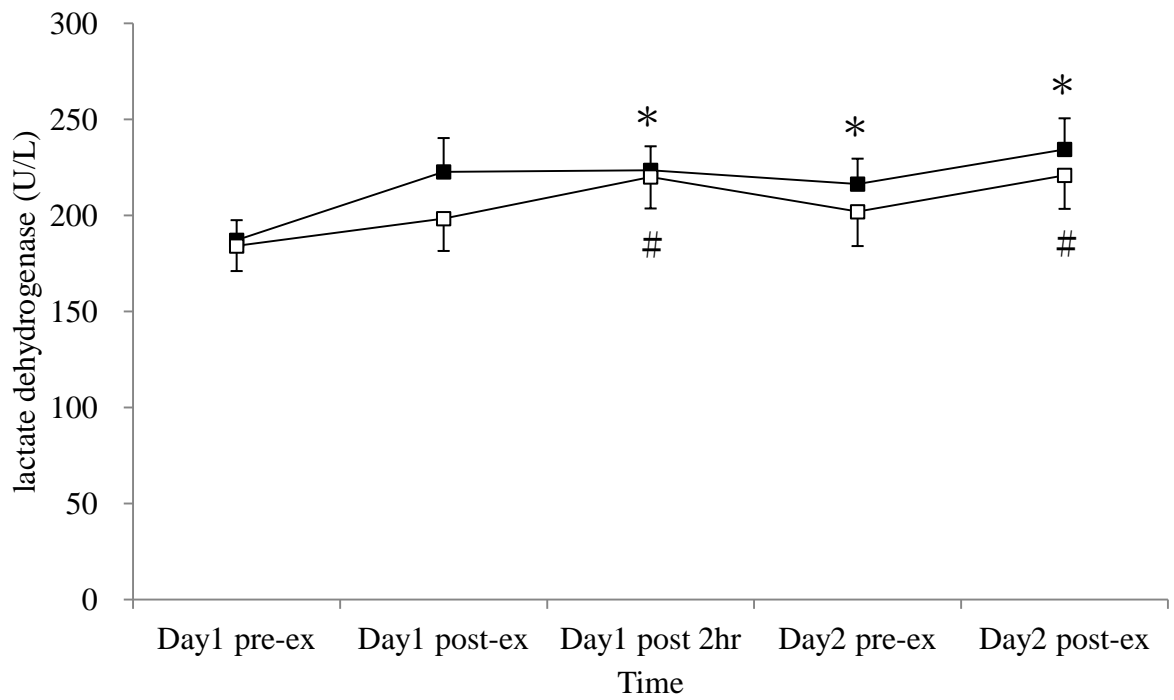


圖 31 AA 測試與 placebo 測試各時間點血漿 lactate dehydrogenase 活性

註：■：AA 測試；□：placebo 測試。

Trial effect : $p = .297$; Time effect : $p = .007$; Interaction : $p = .601$ 。 * : AA 測試與 Day1 pre-ex 達顯著差異 ($p < .05$) , # : placebo 測試與 Day1 pre-ex 達顯著差異 ($p < .05$) 。

二、乳酸、氨、尿素濃度

AA測試與placebo測試各時間點血漿乳酸濃度如圖32，僅時間效應達顯著 ($p < .001$)，AA測試與placebo測試於Day1 post-ex與Day2 post-ex (AA測試：Day1 post-ex 9.82 ± 0.85 mmol/L，Day2 post-ex 10.23 ± 0.87 mmol/L；placebo測試：Day1 post-ex 9.28 ± 0.79 mmol/L，Day2 post-ex 9.34 ± 0.86 mmol/L)均顯著高於基準值 (AA測試： 2.20 ± 0.27 mmol/L；placebo測試： 1.80 ± 0.10 mmol/L)。結果顯示，兩測試於第一天與第二天運動後的血漿乳酸濃度均顯著上升。

AA測試與placebo測試各時間點血漿氨濃度如圖33，僅時間效應達顯著 ($p < .001$)，AA測試與placebo測試於Day1 post-ex 2h均顯著低於基準值；其他時間點Day1 post-ex、Day2 pre-ex及Day2 post-ex皆無顯著差異，顯示兩測試運動後氨濃度並沒有顯著上升，與乳酸情況不同。

AA測試與placebo測試各時間點血漿尿素濃度如圖34，處置效應與時間效應均達顯著 ($p = .002$ 與 $p < .001$)，AA測試與placebo測試於Day1 post-ex 2h、Day2 pre-ex以及Day2 post-ex皆顯著高於基準值。AA測試與placebo測試運動期間血漿尿素濃度曲線下增加面積如圖35，AA測試於Day1與Day2的血漿尿素濃度曲線下增加面積 (Day1： 0.58 ± 0.12 arbitrary unit、Day2： 0.19 ± 0.06 arbitrary unit)均呈現高於placebo測試 (Day1： 0.43 ± 0.12 arbitrary unit、Day2： 0.08 ± 0.04 arbitrary unit)的趨勢 (Day1： $p = .061$ ；Day2： $p = .052$)。顯示運動前補充Arg可能可以提高尿素循環速率，增加血氨代謝成尿素。

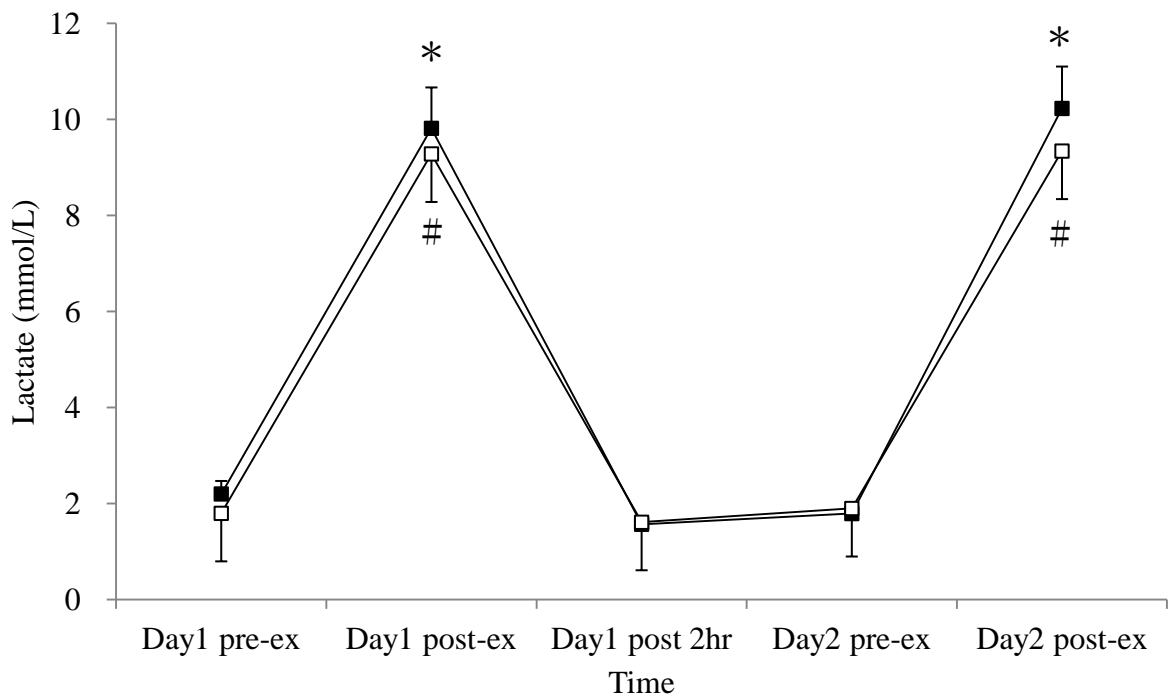


圖 32 AA 測試與 placebo 測試各時間點血漿乳酸濃度

註：■：AA 測試；□：placebo 測試。

Trial effect : $p = .223$; Time effect : $p < .001$; Interaction : $p = .604$ 。 * : AA 測試與 Day1 pre-ex 達顯著差異 ($p < .05$) , # : placebo 測試與 Day1 pre-ex 達顯著差異 ($p < .05$) 。

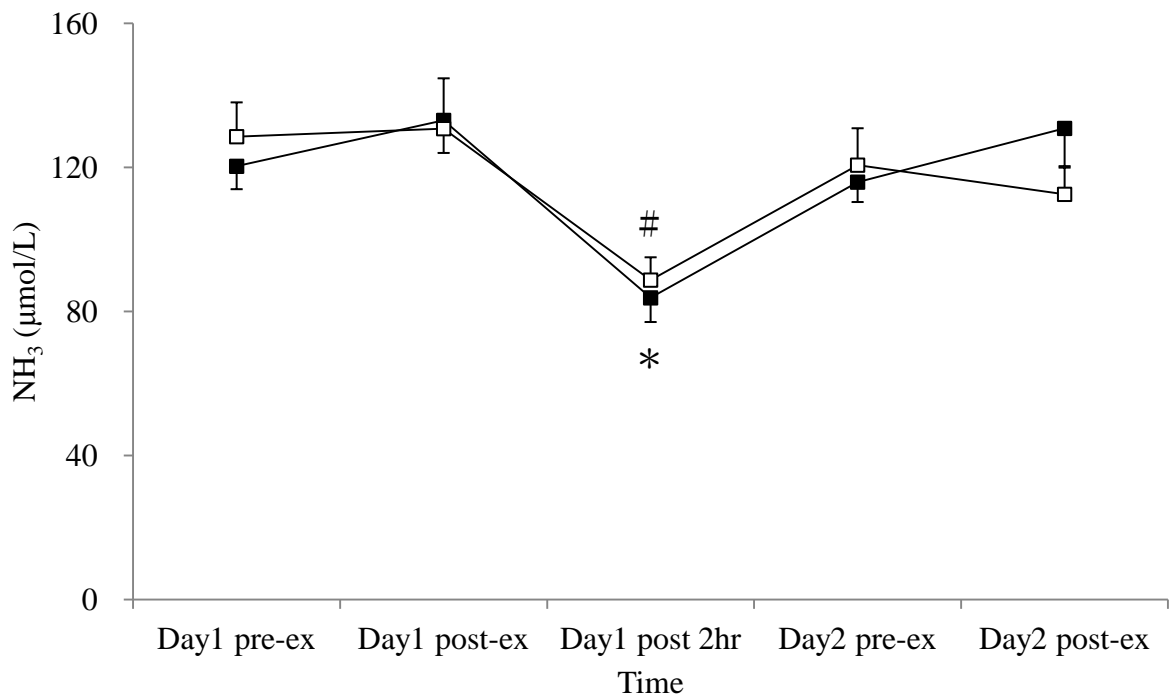


圖 33 AA 測試與 placebo 測試各時間點血漿氨濃度

註：■：AA 測試；□：placebo 測試。

Trial effect : $p = .921$; Time effect : $p < .001$; Interaction : $p = .175$ 。 * : AA 測試與 Day1 pre-ex 達顯著差異 ($p < .05$) , # : placebo 測試與 Day1 pre-ex 達顯著差異 ($p < .05$) 。

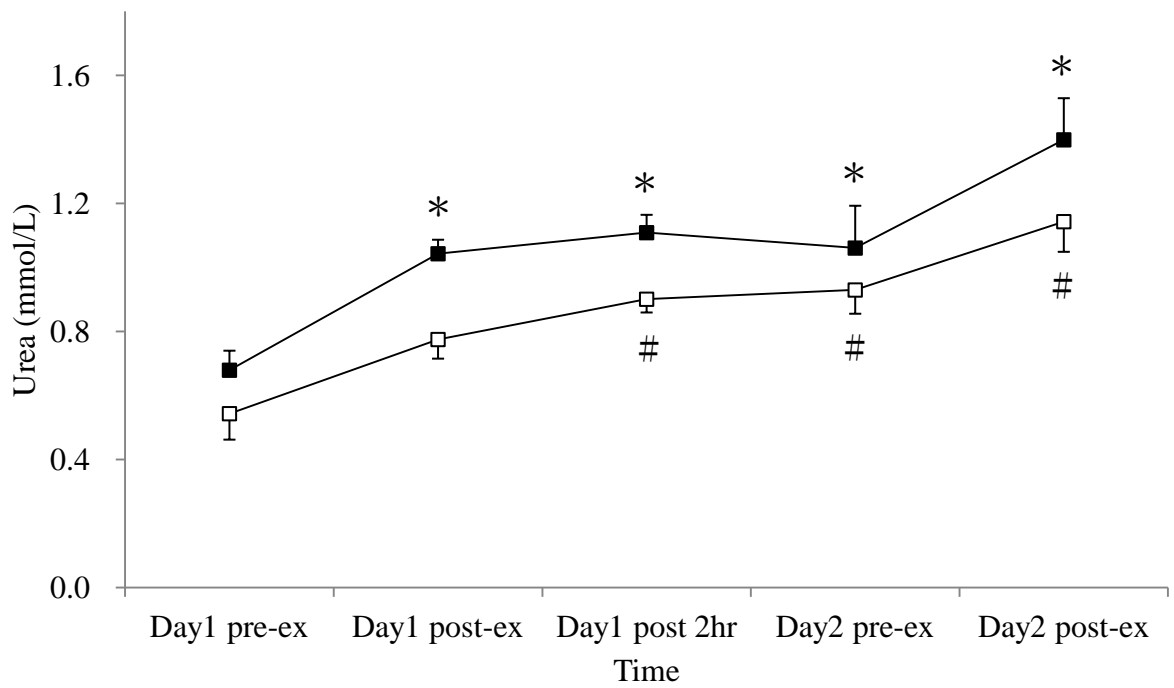


圖 34 AA 測試與 placebo 測試各時間點血漿尿素濃度

註：■：AA 測試；□：placebo 測試。

Trial effect : $p = .002$; Time effect : $p < .001$; Interaction : $p = .749$ 。 * : AA 測試與 Day1 pre-ex 達顯著差異 ($p < .05$) , # : placebo 測試與 Day1 pre-ex 達顯著差異 ($p < .05$) 。

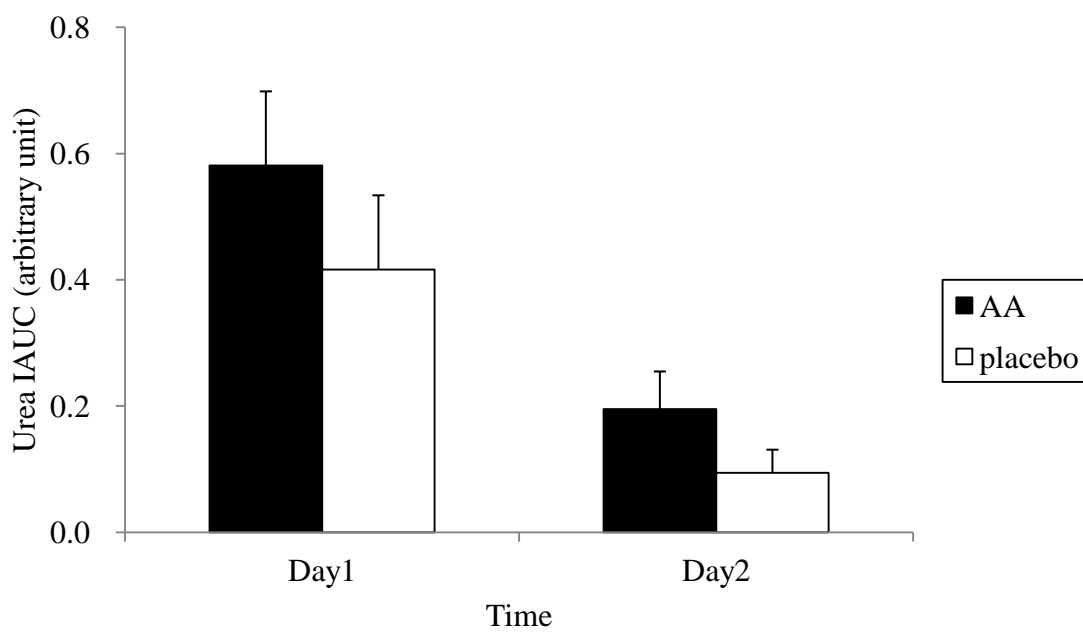


圖 35 AA 測試與 placebo 測試兩天之血漿尿素濃度曲線下增加面積

三、葡萄糖、甘油、NEFA 濃度

AA測試與placebo測試各時間點血漿葡萄糖濃度如圖36，僅時間效應達顯著 ($p = .005$)，AA測試於Day1 post-ex與Day2 post-ex均顯著高於基準值，placebo測試則於Day1 post-ex 2h、Day2 pre-ex顯著高於基準值。

AA測試與placebo測試各時間點血漿甘油濃度如圖37，僅時間效應達顯著 ($p < .001$)，AA測試與placebo測試均於Day1 post-ex、Day1 post-ex 2h及Day2 post-ex顯著高於基準值。顯示二測試於第一天與第二天運動後均顯著上升。

AA測試與placebo測試各時間點血漿NEFA濃度如圖38，僅時間效應達顯著 ($p < .001$)，AA測試於Day1 post-ex 2h顯著高於基準值，但第一天與第二天運動後並無顯著增加；placebo測試各時間點則與基準值無顯著差異。

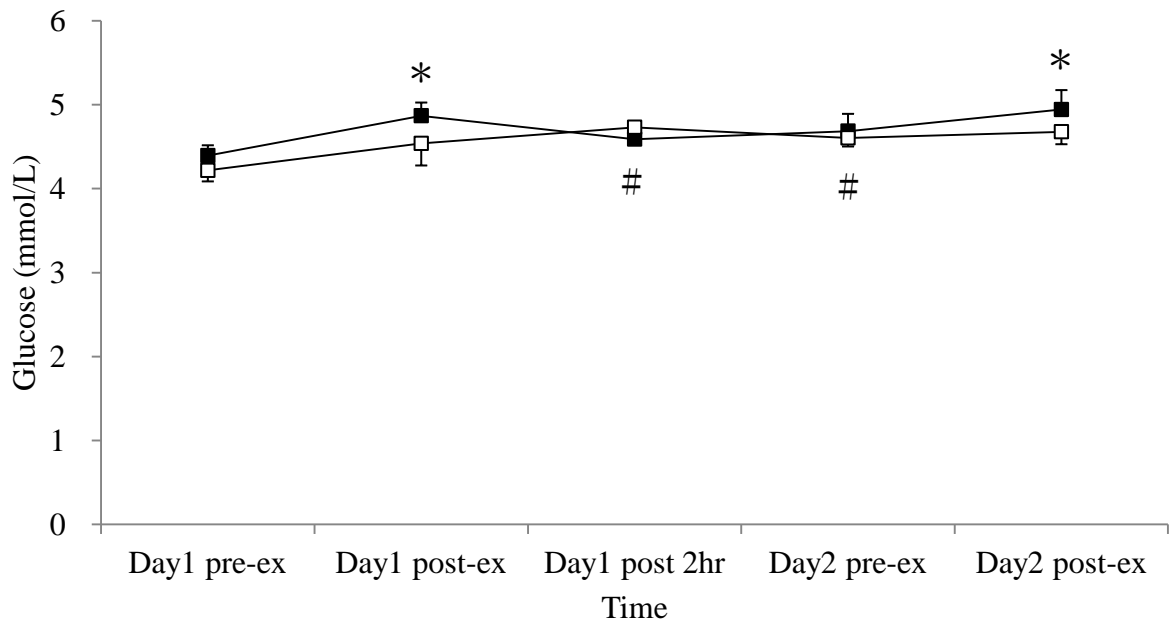


圖 36 AA 測試與 placebo 測試各時間點血漿葡萄糖濃度

註：■：AA 測試；□：placebo 測試。

Trial effect : $p = .269$; Time effect : $p = .005$; Interaction : $p = .434$ 。 * : AA 測試與 Day1 pre-ex 達顯著差異 ($p < .05$) , # : placebo 測試與 Day1 pre-ex 達顯著差異 ($p < .05$) 。

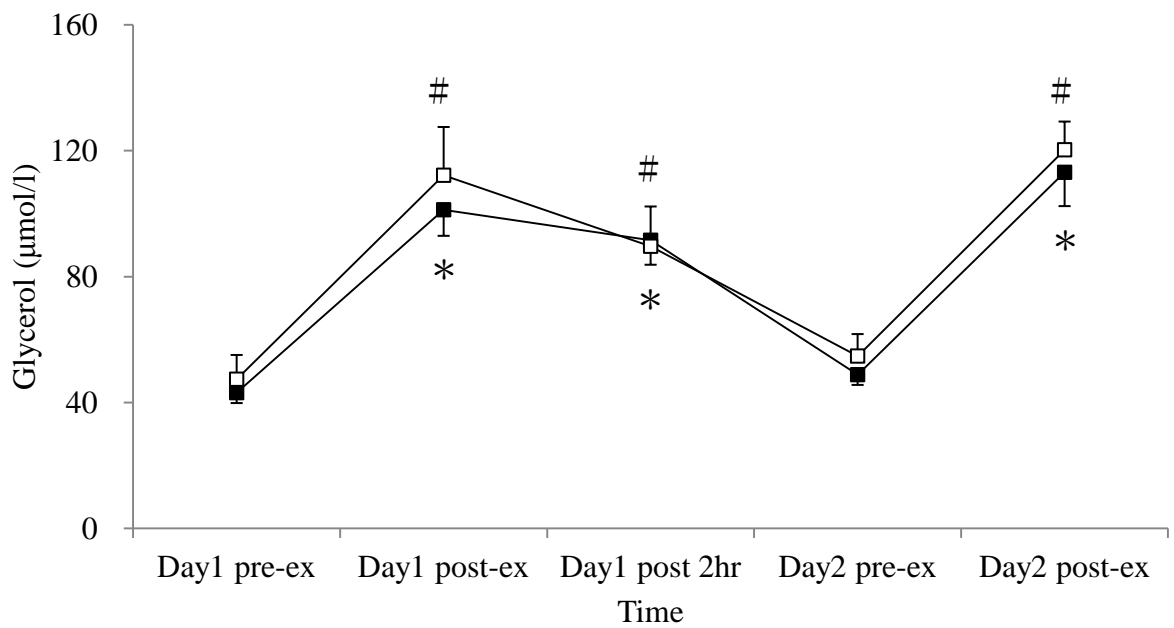


圖 37 AA 測試與 placebo 測試各時間點血漿甘油濃度

註：■：AA 測試；□：placebo 測試。

Trial effect : $p = .414$; Time effect : $p < .001$; Interaction : $p = .870$ 。 * : AA 測試與 Day1 pre-ex 達顯著差異 ($p < .05$) , # : placebo 測試與 Day1 pre-ex 達顯著差異 ($p < .05$) 。

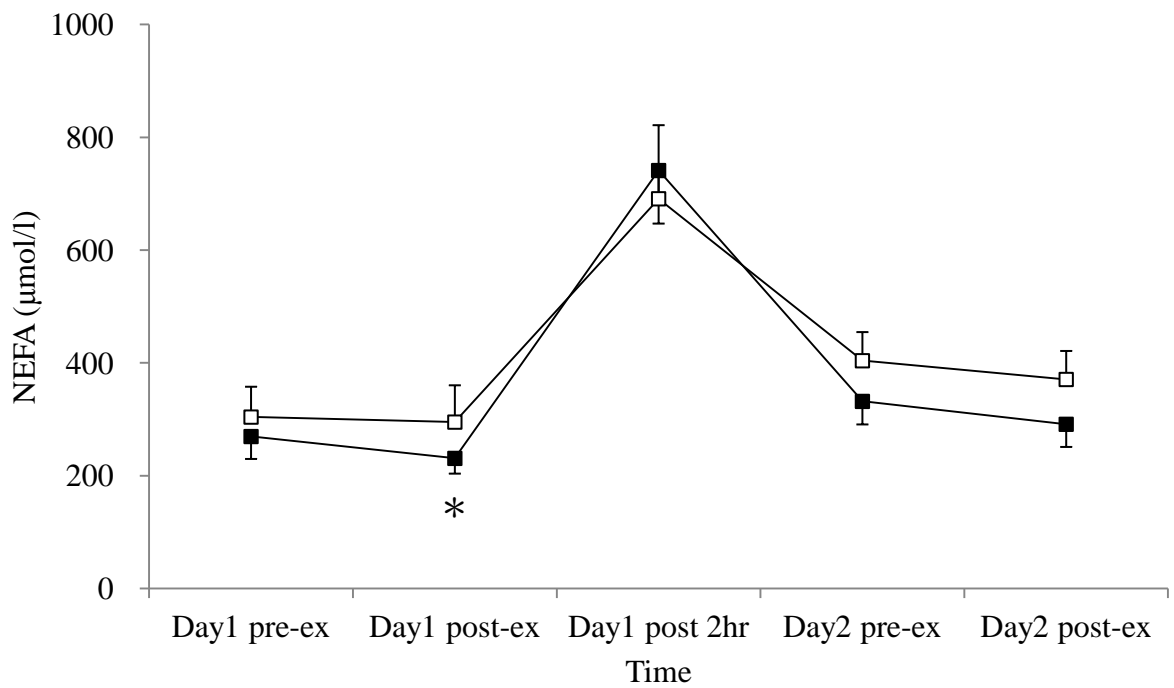


圖 38 AA 測試與 placebo 測試各時間點血漿 NEFA 濃度

註：■：AA 測試；□：placebo 測試。

Trial effect : $p = .495$; Time effect : $p < .001$; Interaction : $p = .738$ 。 * : AA 測試與 Day1 pre-ex 達顯著差異 ($p < .05$)。

四、Testosterone、Cortisol 濃度、T/C 比率

AA測試與placebo測試各時間點血漿testosterone濃度如圖39，僅時間效應達顯著（ $p < .001$ ），AA測試與placebo測試均於Day1 post-ex與Day2 post-ex顯著低於基準值。

AA測試與placebo測試各時間點血漿cortisol濃度如圖40，僅時間效應達顯著（ $p < .001$ ），AA測試於Day1 post-ex 2h顯著低於基準值；placebo測試各時間點則與基準值無顯著差異。結果顯示，二測試於第一天與第二天運動後的血漿cortisol濃度並無顯著變化。

AA測試與placebo測試各時間點血漿T/C比率如圖41，僅時間效應達顯著（ $p < .001$ ），AA測試於Day1 post-ex與Day2 pre-ex顯著低於基準值；placebo測試僅於Day1 post-ex顯著低於基準值。

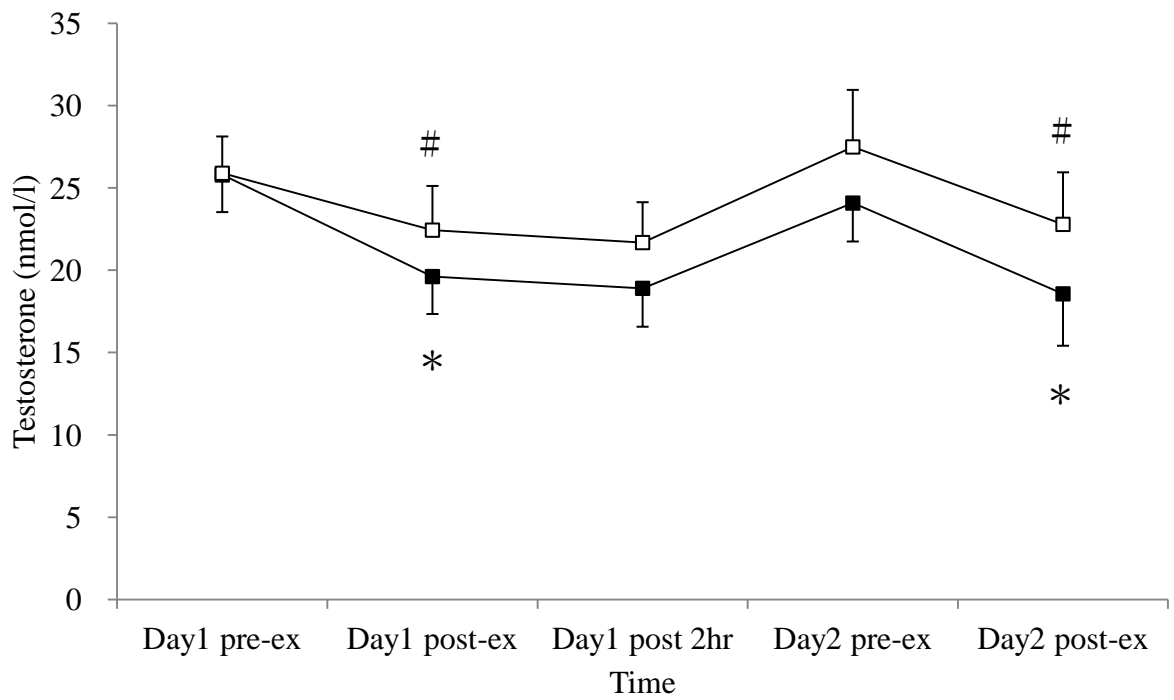


圖 39 AA 測試與 placebo 測試各時間點血漿 Testosterone 濃度

註：■：AA 測試；□：placebo 測試。

Trial effect : $p = .426$; Time effect : $p < .001$; Interaction : $p = .599$ 。 * : AA 測試與 Day1 pre-ex 達顯著差異 ($p < .05$) , # : placebo 測試與 Day1 pre-ex 達顯著差異 ($p < .05$) 。

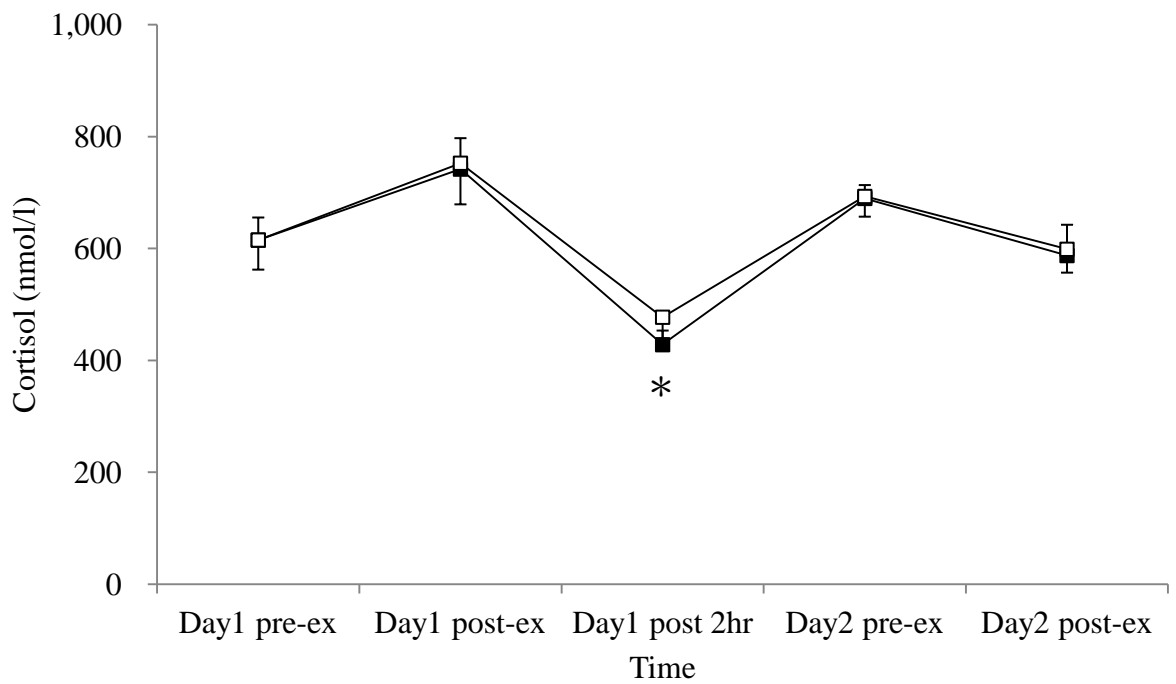


圖 40 AA 測試與 placebo 測試各時間點血漿 Cortisol 濃度

註：■：AA 測試；□：placebo 測試。

Trial effect : $p = .674$; Time effect : $p < .001$; Interaction : $p = .955$ 。 * : AA 測試與 Day1 pre-ex 達顯著差異 ($p < .05$)。

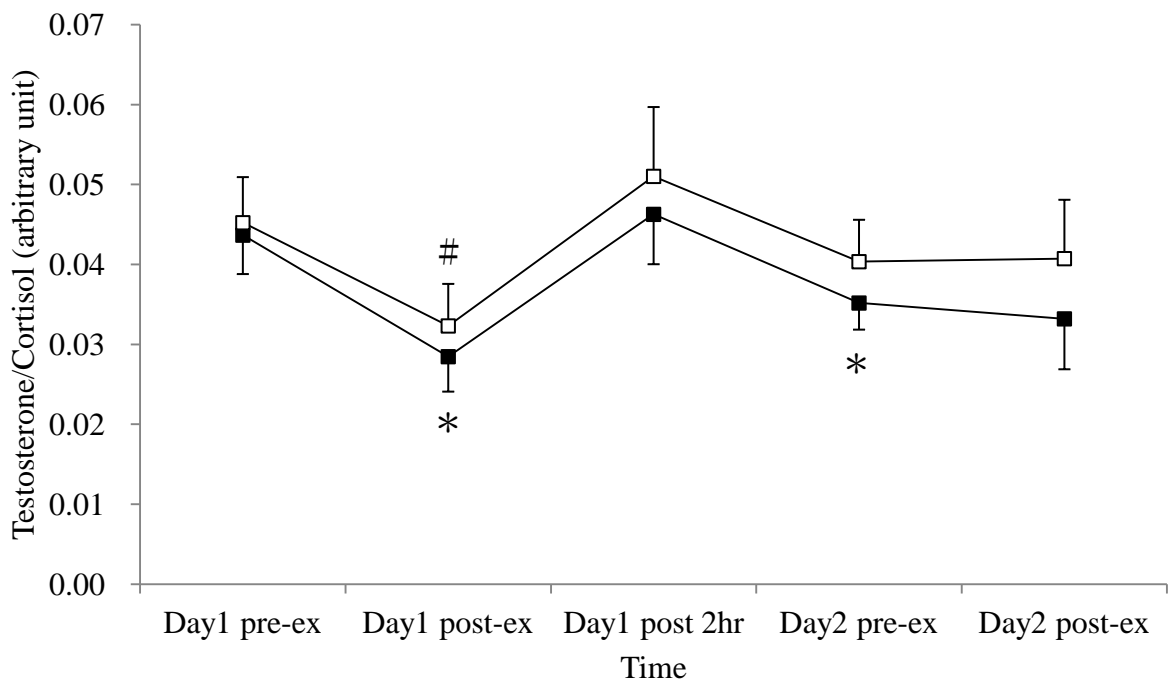


圖 41 AA 測試與 placebo 測試各時間點血漿 T/C 比率

註：■：AA 測試；□：placebo 測試。

Trial effect : $p = .125$; Time effect : $p < .001$; Interaction : $p = .804$ 。 * : AA 測試與 Day1 pre-ex 達顯著差異 ($p < .05$) , # : placebo 測試與 Day1 pre-ex 達顯著差異 ($p < .05$) 。

第六節 心跳率與自覺量表

一、心跳率

AA測試與placebo測試運動測試期間之各階段平均心跳率如圖42。AA測試於兩天運動測試之平均心跳率，Day1為 169.76 ± 2.15 beats/min，Day2為 164.43 ± 2.24 beats/min，placebo測試之Day1為 169.14 ± 2.19 beats/min，Day2為 163.75 ± 2.31 beats/min，兩測試間均無顯著差異。運動期間平均心跳約為167 beats/min，為最大心跳75-87%，經休息後，平均心跳為 126.27 ± 1.63 beats/min。

二、自覺量表

AA測試與placebo測試於運動前及各節運動結束之自覺量表如圖43，AA測試與placebo測試兩天之自覺量表平均值如圖44，二測試間均無顯著差異。

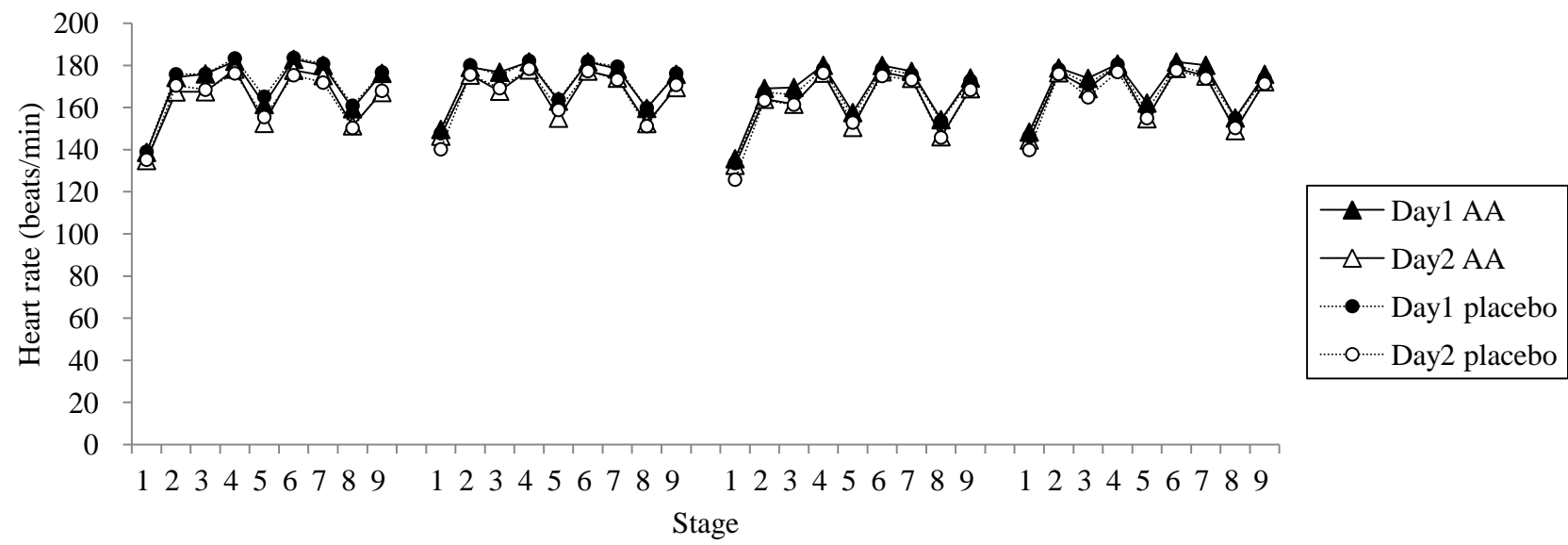


圖 42 AA 測試與 placebo 測試運動測試各階段之平均心跳率

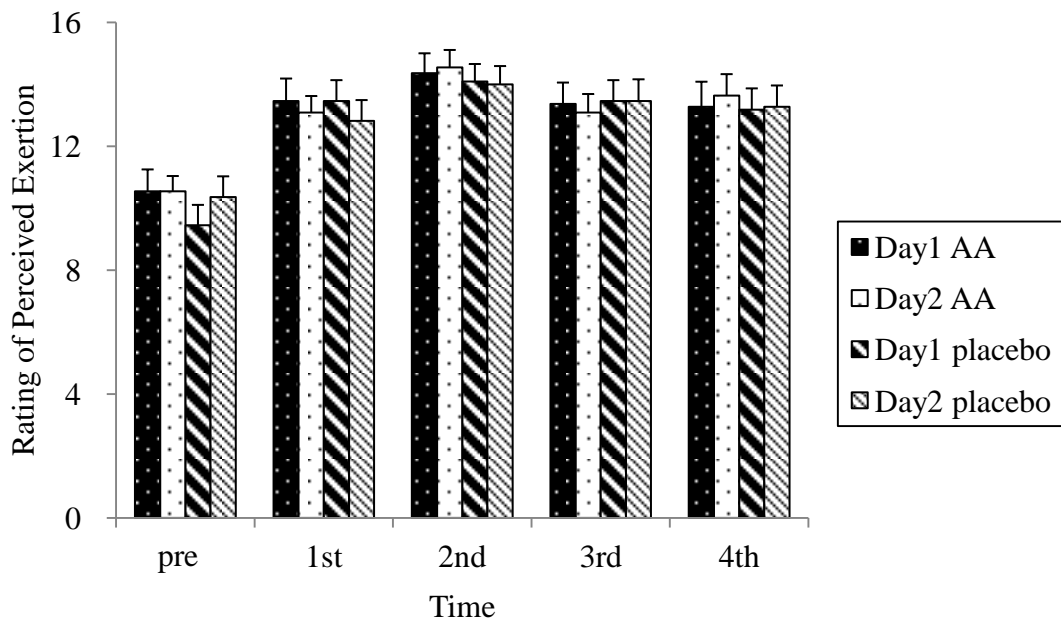


圖 43 AA 測試與 placebo 測試與運動前及各節結束後之自覺量表

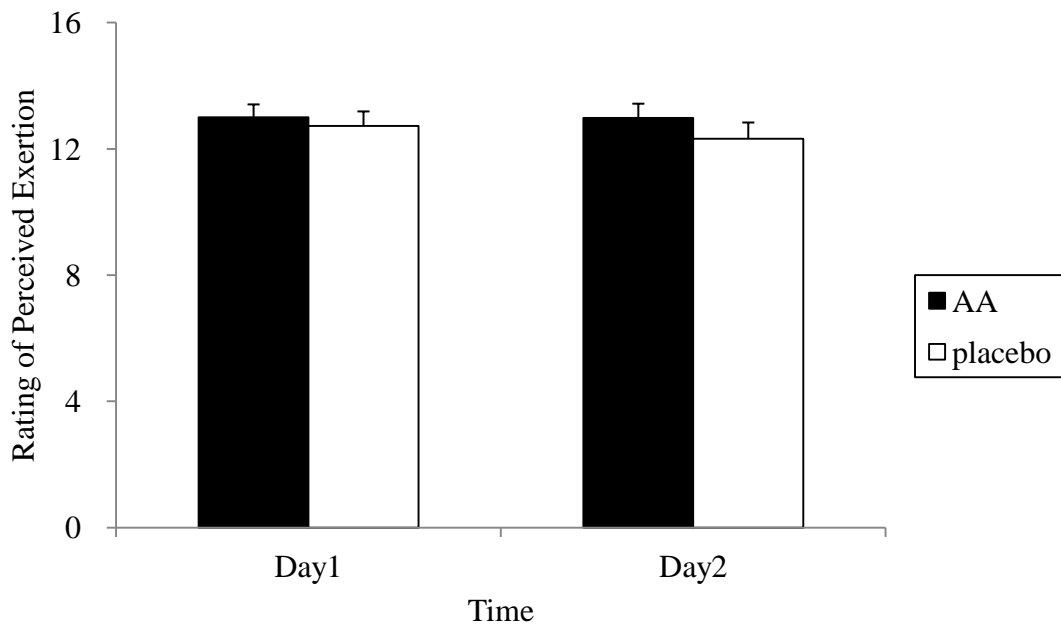


圖 44 AA 測試與 placebo 測試兩天之自覺量表平均值

第五章 討論

本研究的獨特性在於運動測試中，除了體能測試，增加分析籃球專項技術表現（投籃命中率與技術測驗），過去探討補充BCAA與Arg效果之研究，大多僅探討體能表現。此外，本研究運動測試為連續兩天，以貼近實際球類競賽之賽程安排，而以往的研究大多為一天。本研究的結果發現，甲二級大學男子籃球校隊選手於運動測試前1小時合併補充BCAA與Arg，可能可以在連續兩天模擬比賽中，增進第二天的籃球專項體能表現，幫助血氨代謝成尿素；然而，對於技術表現、運動中及運動後的其他血液代謝生化指標、肌肉損傷指標、自覺疲勞程度，皆無顯著影響。

一、運動表現

本研究顯示運動前補充BCAA與Arg，顯著提升第二天模擬比賽後期的體能表現，這樣的結果和本實驗室先前同樣針對男性運動員之研究結果一致。黃玫璇（民99）以15位優秀男子手球運動員為受試者，實驗設計與本研究同樣為期兩天，每天進行一次運動測試，測試內容為模擬手球比賽，結果在AA測試第二天運動後期的20公尺衝刺時間呈現較快的趨勢，相較於第一天，AA測試於第二天運動表現改變率的第21-25趟顯著快於placebo測試。

在過去相關研究中，大多指出補充BCAA對受過訓練的運動員或一般健康成人於運動表現並無顯著影響。Madsen等人（1996）以9名自行車選手為受試者，進行100公里自行車運動，BCAA測試與CHO測試於運動前分別補充

18 g BCAA與安慰劑。結果顯示，BCAA測試於運動期間顯著增加血氨濃度，而對運動表現無顯著影響。van Hall等人（1995）同樣以受過訓練的運動員為受試者（10名），進行70-75%最大輸出功率的腳踏車運動直到衰竭，共進行4次測試，高劑量BCAA測試、低劑量BCAA測試、Trp測試、placebo測試分別補充18g BCAA、6g BCAA、3g Trp與安慰劑。結果顯示，補充BCAA或Trp對運動表現均無顯著影響。

而Cheuvront等人（2004）以7名受過熱訓練的男性為受試者，進行50% VO_2 peak腳踏車運動60分鐘，隨後於熱環境下（40°C）30分鐘，AA測試與placebo測試於運動期間分別補充60 g/l 葡萄糖+10g/l BCAA與60g/l 葡萄糖+10g/l 麥芽糊精。結果顯示，AA測試顯著降低fTrp/BCAA比值，但在運動表現、血乳酸及血糖則無顯著差異。

同一時期，Watson等人（2004）以8名健康男性為受試者，於熱環境下（30°C）進行50% VO_2 peak腳踏車運動至衰竭，於運動前2小時，每30分鐘補充3g BCAA，以及在運動期間每15分鐘補充1.8 g BCAA。結果顯示，BCAA測試顯著降低fTrp/BCAA比值，但在運動期間顯著增加血氨濃度；另外，在運動表現、心跳率、皮膚溫度、血乳酸及血糖則無顯著差異。

另一方面，過去仍有少數研究指出，補充BCAA可能可以增進人體的運動表現。以8名女性與8名男性為受試者，於熱環境（ $34.4 \pm 1.8^\circ\text{C}$ ）下進行40% VO_2 peak固定式腳踏車運動直到衰竭，女性與男性受試者於運動期間每30分鐘補充BCAA或安慰劑，男性BCAA總攝取量為 15.8 ± 1.1 g，女性為 9.4 ± 0.8 g。研究結果顯示，男、女性BCAA測試於運動後血

漿BCAA濃度均顯著增加，顯著降低fTrp/BCAA比值，並且顯著增加運動衰竭時間(Mittleman, et al., 1998)。而Gualano等人(2011)以7名健康男性為受試者，於運動前一天開始補充0.3 g/kg/day BCAA或安慰劑，連續補充3天，於第2天進行70% VO₂ peak跑步機運動45分鐘，接著兩次10分鐘90% VO₂ peak的衝刺，於第3天以80%的無氧閾值運動強度直到衰竭。結果顯示，補充BCAA顯著增加運動衰竭時間，而對於血漿游離脂肪酸、血乳酸和酮體濃度變化沒有影響。

值得探討的是，以往的文獻較少針對運動專項的技術表現進行分析，且都為單一天單一次的運動測試與體能測驗，而許多球類運動的賽程安排常常是連續數天的比賽，例如美國四大職業運動中的NBA、MLB，台灣的HBL、SBL、CPBL等，甚至是國際賽皆為連續天的比賽；第一天運動後的恢復程度對第二天的體能與技術表現是非常重要的；因此，本研究透過連續兩天模擬比賽的實驗設計，以更符合實際的比賽型態。本研究結果顯示，在運動前補充BCAA與Arg，可能可以提升第二天模擬比賽後期的體能表現，但對第一天體能表現則無顯著影響，可能是過去大部份研究顯示補充BCAA對運動表現無顯著影響的主要原因之一。

二、中樞疲勞

本研究運動測試項目依據為(Baker, et al., 2007)，經專業籃球教練調整以符合大專選手之運動強度，其中包含籃球專項所應具備的多次短距離衝刺與中低速度移位等基本技能，以及高難度技術動作和投籃命中率。其中，技術表現(投籃命中率、技術測驗)的部分，是本研究與過去文獻主要的差

別點，並以技術表現間接評估補充支鏈胺基酸對中樞疲勞之影響。

本研究發現在第二天模擬比賽後期的體能表現有顯著提升，而運動員本身感覺的疲勞程度（RPE）卻沒有顯著差異。在過去的文獻中，有些研究顯示補充BCAA能夠顯著降低以運動自覺量表測量之疲勞感覺（Greer, et al., 2011），並增加運動後的認知表現（Blomstrand, Andersson, Hassmen, Ekblom, & Newsholme, 1995; Blomstrand, et al., 1997），顯示補充BCAA可能可以降低中樞疲勞。其中，Blomstrand等人（1997）以7名受過耐力訓練的自行車運動選手為受試者，進行70% VO₂ max腳踏車運動60分鐘，隨後進行20分鐘最大強度運動，於運動期間的每15分鐘補充1.05-1.4 g BCAA（總補充劑量約6.5 g）或安慰劑。結果發現，BCAA測試只對於較複雜的認知功能有提升的效果，如快速辨別顏色相對應的字，對於簡單的認知功能及心理狀態則無顯著影響。

而本研究所使用之自覺量表（RPE）屬於相當簡易的心理狀態問卷，或許因而得到沒有顯著差異的結果。事實上，於過去的研究中，採用認知行為以及心理狀態的問卷，結果同樣顯示補充BCAA對運動後認知行為以及心理狀態並無顯著影響（Cheuvront, et al., 2004）。因此，補充BCAA對於運動員自覺疲勞的影響可能有著很大的變異。

本研究結果顯示，補充BCAA與Arg可能可使受試者在相同自覺疲勞程度之下，提升體能表現，推測運動前補充BCAA與Arg仍然可能具有降低中樞疲勞的效果，對於中樞疲勞的影響機轉與途徑，需更進一步的研究。

三、肌肉損傷

過去研究指出補充BCAA可能可以降低運動後的肌肉損傷。然而，在本研究中，AA測試與placebo測試血漿CK、LDH活性，二測試之間並無顯著差異。Matsumoto等人（2009）以12名長跑選手為受試者，進行兩次測試，運動訓練為期3天，分別間隔三週，運動訓練為長距離路跑（男性17-40公里/天、共86公里；女性12-30公里/天，共64公里），於每天的早上、下午及晚餐後補充BCAA或安慰劑，BCAA測試每天補充20 g BCAA、5 g Arg及87.5 g CHO，placebo測試為25 g 麥芽糊精。結果顯示，BCAA測試在運動訓練期間的全身肌肉評分與自覺疲勞評估都顯著低於placebo測試，血漿CK與LDH的活性也呈現BCAA測試顯著低於placebo測試。

Koba等人（2007）同樣以長跑選手為受試者（8名），運動訓練為期5天，BCAA測試在第一至第四天早上、下午及晚餐後補充2 g BCAA、0.5 g Arg及20 g CHO，placebo測試為2.5 g 麥芽糊精。運動測試在第四天下午進行25公里長跑，運動前30分鐘再度補充1 g BCAA、0.25 g Arg及10 g CHO。結果顯示，BCAA測試（總補充劑量2.36 g）之血漿LDH活性顯著低於placebo測試，CK活性則無顯著差異。

然而，以健康成人為受試者的相關研究也顯示，補充BCAA可能有降低運動後肌肉損傷的效果。以9名未受過訓練的男性為受試者，進行55% VO_2 peak腳踏車運動90分鐘，分別在運動前和運動60分鐘補充CHO（200 kcal）、CHO+2.5 g BCAA或安慰劑。結果發現，BCAA測試在運動後4小時、24小時及48小時的血漿CK活性顯著低於placebo測試，以及運動後24小時也顯著低於CHO測試，BCAA測試的血漿LDH活性在

運動後4小時亦低於placebo測試，表示BCAA的補充可能可以降低長時間耐力運動後的肌肉損傷；另外，BCAA測試在運動後24小時也有較低的自覺疼痛等級(Greer, et al., 2007)。Coombes與McNaughton (2000)以16名健康男性為受試者，進行70% VO₂max腳踏車運動120分鐘，BCAA測試為正常飲食加上早、晚餐各服用6g的BCAA，placebo測試則為正常飲食，共持續14天，運動測試則是在第7天進行，並且在運動測試前及運動後額外補充20g的BCAA。結果發現，BCAA測試的血漿CK(運動後4小時到第五天)、LDH(運動後2小時到第五天)活性均顯著低於placebo測試。

和以上這些文獻不同的是，本研究血漿CK、LDH活性，兩測試之間並無顯著差異，造成這樣的差異，可能是補充方式的不同，過去的研究大多是長期補充，而本研究僅於運動前一小時給予單一次的補充。另外，本研究BCAA的補充劑量，若1名體重70kg的受試者則補充7g，這樣的劑量依據是依Jang等人(2011)指出，在以往相關研究中，於運動前給予的劑量範圍約6.5-15.8g，而本研究所有受試者的補充量皆在此範圍內；另外，Arg的補充劑量，過去文獻已證實，1名體重70kg的受試者補充7g Arg可顯著增加血管擴張，並建議於運動後補充0.3-0.5 g/total protein/kg/hr可以增加胰島素的作用。因為乳清蛋白水解後會產生13.4%的BCAA與Arg，因此，本研究BCAA與Arg補充劑量訂為BCAA 0.1 g/kg與Arg 0.1 g/kg。

四、血液生化值

大多數研究顯示，補充BCAA與Arg對運動後血乳酸濃度無顯著影響(Chevront, et al., 2004; Gualano, et al., 2011; Watson, et al., 2004)，本研究結果與過去的研究相似。AA測試與placebo測試於兩天運動測試中，血乳酸濃度均顯著上升，顯示運動員進行本研究所設計之模擬比賽型態與強度後，的確產生乳酸堆積而造成肌肉疲勞。另外，過去部分研究指出，補充BCAA可能提高運動期間體內BCAA氧化作用，造成血氨濃度增加(MacLean & Graham, 1993; MacLean, et al., 1994, 1996)，可能進一步抵銷補充BCAA對運動表現的效果。

而本研究預期藉由補充Arg刺激血管擴張、血流量增加及加速尿素循環速率，幫助移除血氨。結果發現，在兩天模擬比賽中，AA測試與placebo測試的血氨濃度變化並無顯著升高，於第一天運動後兩小時均呈現顯著低於基準值。可能表示補充BCAA並無導致體內BCAA氧化作用提升，亦可能為Arg增加血氨的清除速率，使得體能表現不會受到氨濃度的影響。從本研究的結果顯示，補充Arg或許可以提升血氨的清除速率，因而抵銷運動期間因BCAA代謝而增加的氨，進而提升第二天運動後期的運動表現。至於血氨的基準值呈現偏高的情形，原因仍不清楚。

此外，過去研究也顯示，補充Arg可能可以透過提高尿素循環速率，增加血氨代謝成尿素排出體外(Eto, et al., 1994; Schaefer, et al., 2002; Tsuei, et al., 2005)，而本研究結果與過去文獻的結果相似。AA測試於兩天運動測試期間，血漿尿素濃度顯著上升，且尿素濃度曲線下面積均

呈現高於 placebo 測試的趨勢，顯示補充 Arg 可能可以透過提高運動期間體內尿素循環速率，幫助血氨的移除。

大部分研究顯示，運動前補充 BCAA 與 Arg，對血糖、甘油、NEFA 濃度並沒有顯著影響 (Gualano, et al., 2011; Watson, et al., 2004)。以 9 名受過耐力訓練的自行車選手為受試者，進行各三分鐘 75% VO_2max 與 45% VO_2max 的間歇性運動，共進行三小時，隨後以 85% VO_2max 直到衰竭，於運動期間每 20 分鐘補充 7.75% CHO、7.75% CHO+1.94% PRO 或安慰劑。結果發現，補充碳水化合物以及蛋白質能夠顯著提升運動表現，但對於血液中的胰島素、血糖以及游離脂肪酸並無顯著影響，這樣的結果和本研究的結果相似 (Ivy, Res, Sprague, & Widzer, 2003)。因此，在運動前補充 BCAA 與 Arg，對於第二天後期體能表現提升的原因，或許無法僅從血液的生化代謝指標來解釋。

過去許多研究探討運動對血漿荷爾蒙濃度的影響，其中，血液中 testosterone 濃度是影響肌肉合成的重要指標 (Griggs et al., 1989)，且 testosterone/cortisol 比率也被認為是影響肌肉生長的因素。當 T/C 比率增加時，肌肉會偏向合成而增加肌肉生長；當 T/C 比率減少時，肌肉會偏向於分解，使得肌肉量減少 (Hug, et al., 2003)。Sharp 與 Pearson (2010) 探討於高強度阻力訓練期間，短期補充 BCAA 是否能夠維持短期淨同化荷爾蒙的狀態並減緩肌肉細胞的損傷。結果顯示，BCAA 測試的血漿 testosterone 濃度與 T/C 比率顯著高於 placebo 測試；而 cortisol 與 CK 濃度則是 BCAA 測試顯著的比 placebo 測試低。

而在本研究中，於運動前補充BCAA與Arg，AA 測試與 placebo 測試的testosterone、cortisol濃度以及T/C比率皆沒有顯著的差異，這也許與造成CK與LDH沒有顯著差異的原因相似。長期或多次補充BCAA可促進肌肉合成(Coombes & McNaughton, 2000; Greer, et al., 2007; Koba, et al., 2007; Matsumoto, et al., 2009)，但本研究僅於運動前單一次補充，所以對testosterone濃度與肌肉合成並無顯著影響。

五、運動強度

心跳率可做為反應運動強度之參考參數之一，本研究於運動測試時配戴心律錶紀錄每階段心跳率，進而了解運動強度。本研究之運動測試平均心跳率約為167 bpm左右。Wells、Balke與Van Fossan (1957) 依據心跳率將運動強度分類，指出心跳率大於100為溫和；大於120為適量；大於140為中等強度；大於160為劇烈強度；小於180為最大強度；大於180為衰竭。

Morehouse (1972) 利用乳酸評定運動強度，指出乳酸值範圍在1.7-2.2 mM為普通運動強度，2.2-4.4 mM為強運動強度，4.4-6.7 mM為較強運動強度，6.7-8.9 mM為非常強運動強度，8.9 mM以上為非常非常強運動強度，本研究運動後平均乳酸濃度約9.7 mM左右。因此，本研究之運動測試可視為高強度間歇性之運動型態。

第陸章 結論與建議

本研究以甲二級大學男子籃球校隊選手為研究對象，於運動測試前1小時合併補充0.17 g/kg BCAA與0.04 g/kg Arg，以間歇性高強度進攻防守的運動型態模擬連續兩天籃球比賽。結果發現，可能可以促進第二天的籃球專項體能表現，特別是下半場；但對於投籃命中率與技術測驗則無顯著影響；對於運動後血漿中的尿素濃度變化，顯示可能可以提高尿素循環速率；而運動後血漿中肌肉損傷指標：CK、LDH，血液代謝指標：乳酸、氨，能量代謝指標：葡萄糖、甘油、NEFA以及testosterone、cortisol及T/C比率皆無顯著影響。對於自覺疲勞程度亦無顯著影響。但是，補充BCAA與Arg可能可使受試者於相同自覺疲勞程度下達到更佳的體能表現，顯示補充BCAA與Arg可能有減低中樞疲勞的效果。

本研究未檢測fTrp/BCAA比值，以致無法確切瞭解是否有延緩中樞疲勞之效果，建議未來可進一步分析血漿中Trp和BCAA胺基酸之濃度，並計算fTrp/BCAA比值，以更加瞭解補充BCAA與Arg對運動誘發之中樞疲勞的影響。

參考文獻

- 黃玫璇 (民 99) 。 補充支鏈胺基酸與精胺酸對連續二天手球運動表現及肌肉損傷之影響 (未出版之碩士論文) 。 國立臺灣體育運動大學，臺中市。
- Armstrong, R. B. (1984). Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 16(6), 529-538.
- Atkinson, G. (2002). Analysis of repeated measurements in physical therapy research: multiple comparisons amongst level means and multi-factorial designs. *Physical Therapy in Sport*, 3(4), 191-203.
- Baker, L. B., Dougherty, K. A., Chow, M., & Kenney, W. L. (2007). Progressive dehydration causes a progressive decline in basketball skill performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(7), 1114-1123.
- Banister, E. W., & Cameron, B. J. (1990). Exercise-induced hyperammonemia: peripheral and central effects. *International Journal of Sports Medicine*, 11 (Suppl 2), S129-142.
- Bednarz, B., Wolk, R., Chamiec, T., Herbaczynska-Cedro, K., Winek, D., & Ceremuzynski, L. (2000). Effects of oral L-arginine supplementation on exercise-induced QT dispersion and exercise tolerance in stable angina pectoris. *International Journal of Cardiology*, 75(2-3),

205-210.

- Bescos, R., Gonzalez-Haro, C., Pujol, P., Drobnic, F., Alonso, E., Santolaria, M. L., & Galilea, P. (2009). Effects of dietary L-arginine intake on cardiorespiratory and metabolic adaptation in athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 19(4), 355-365.
- Blomstrand, E. (2006). A role for branched-chain amino acids in reducing central fatigue. *Journal of Nutrition*, 136(2), 544S-547S.
- Blomstrand, E., Andersson, S., Hassmen, P., Ekblom, B., & Newsholme, E. A. (1995). Effect of branched-chain amino acid and carbohydrate supplementation on the exercise-induced change in plasma and muscle concentration of amino acids in human subjects. *Acta Physiologica Scandinavica*, 153(2), 87-96.
- Blomstrand, E., Celsing, F., & Newsholme, E. A. (1988). Changes in plasma concentrations of aromatic and branched-chain amino acids during sustained exercise in man and their possible role in fatigue. *Acta Physiologica Scandinavica*, 133(1), 115-121.
- 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 Physiologica Scandinavica*, 159(1), 41-49.

- Blomstrand, E., Hassmen, P., Ekblom, B., & Newsholme, E. A. (1991). Administration of branched-chain amino acids during sustained exercise--effects on performance and on plasma concentration of some amino acids. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 63(2), 83-88.
- Blomstrand, E., Moller, K., Secher, N. H., & Nybo, L. (2005). Effect of carbohydrate ingestion on brain exchange of amino acids during sustained exercise in human subjects. *Acta Physiologica Scandinavica*, 185(3), 203-209.
- Cheuvront, S. N., Carter, R., 3rd, Kolka, M. A., Lieberman, H. R., Kellogg, M. D., & Sawka, M. N. (2004). Branched-chain amino acid supplementation and human performance when hypohydrated in the heat. *Journal of Applied Physiology*, 97(4), 1275-1282.
- Coombes, J. S., & McNaughton, L. R. (2000). Effects of branched-chain amino acid supplementation on serum creatine kinase and lactate dehydrogenase after prolonged exercise. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40(3), 240-246.
- Davis, J. M. (1995). Carbohydrates, branched-chain amino acids, and endurance: the central fatigue hypothesis. *International Journal of Sport Nutrition*, 5 (Suppl), S29-38.
- Davis, J. M., Alderson, N. L., & Welsh, R. S. (2000). Serotonin and central nervous system fatigue:

- nutritional considerations. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(2 Suppl), 573S-578S.
- Davis, J. M., Bailey, S. P., Woods, J. A., Galiano, F. J., Hamilton, M. T., & 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 and Occupational Physiology*, 65(6), 513-519.
- Davis, J. M., Welsh, R. S., De Volve, 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.
- Doutreleau, S., Mettauer, B., Piquard, F., Rouyer, O., Schaefer, A., Lonsdorfer, J., & Geny, B. (2006). Chronic L-arginine supplementation enhances endurance exercise tolerance in heart failure patients. *International Journal of Sports Medicine*, 27(7), 567-572.
- Endemann, D. H., & Schiffrin, E. L. (2004). Endothelial dysfunction. *Journal of the American Society of Nephrology*, 15(8), 1983-1992.
- Eto, B., Peres, G., & Le Moel, G. (1994). Effects of an ingested glutamate arginine salt on ammonemia during and after long lasting cycling. *Archives Internationales de Physiologie, de Biochimie et de Biophysique*, 102(3), 161-162.

- Goldberg, A. L., & Chang, T. W. (1978). Regulation and significance of amino acid metabolism in skeletal muscle. *Federation Proceedings*, 37(9), 2301-2307.
- Graham, T. E., Turcotte, L. P., Kiens, B., & Richter, E. A. (1997). Effect of endurance training on ammonia and amino acid metabolism in humans. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29(5), 646-653.
- Greer, B. K., White, J. P., Arguello, E. M., & Haymes, E. M. (2011). Branched-chain amino acid supplementation lowers perceived exertion but does not affect performance in untrained males. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 539-544.
- Greer, B. K., Woodard, J. L., White, J. P., Arguello, E. M., & Haymes, E. M. (2007). Branched-chain amino acid supplementation and indicators of muscle damage after endurance exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 17(6), 595-607.
- Griggs, R. C., Kingston, W., Jozefowicz, R. F., Herr, B. E., Forbes, G., & Halliday, D. (1989). Effect of testosterone on muscle mass and muscle protein synthesis. *Journal of Applied Physiology*, 66(1), 498-503.
- Gualano, A. B., Bozza, T., Lopes De Campos, P., Roschel, H., Dos Santos Costa, A., Luiz Marquezi, M., & Herbert Lancha Junior, A. (2011). Branched-chain amino acids supplementation enhances exercise capacity and lipid oxidation during endurance exercise after muscle

- glycogen depletion. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51(1), 82-88.
- Hug, M., Mullis, P. E., Vogt, M., Ventura, N., & Hoppeler, H. (2003). Training modalities: over-reaching and over-training in athletes, including a study of the role of hormones. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 17(2), 191-209.
- Ivy, J. L., Res, P. T., Sprague, R. C., & Widzer, M. O. (2003). Effect of a carbohydrate-protein supplement on endurance performance during exercise of varying intensity. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 13(3), 382-395.
- Jang, T. R., Wu, C. L., Chang, C. M., Hung, W., Fang, S. H., & Chang, C. K. (2011). Effects of carbohydrate, branched-chain amino acids, and arginine in recovery period on the subsequent performance in wrestlers. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 8, 21.
- Jurimae, J., Jurimae, T., & Purge, P. (2001). Plasma testosterone and cortisol responses to prolonged sculling in male competitive rowers. *Journal of Sports Sciences*, 19(11), 893-898.
- Kacsoh, B. (2000). *Endocrine Physiology*, New York: McGraw-Hill.
- Koba, T., Hamada, K., Sakurai, M., Matsumoto, K., Hayase, H., Imaizumi, K., & Mitsuzono, R. (2007).

- Branched-chain amino acids supplementation attenuates the accumulation of blood lactate dehydrogenase during distance running. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(3), 316-322.
- Koopman, R., Pannemans, D. L., Jeukendrup, A. E., Gijzen, A. P., Senden, J. M., Halliday, D., & Wagenmakers, A. J. (2004). Combined ingestion of protein and carbohydrate improves protein balance during ultra-endurance exercise. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*, 287(4), E712-720.
- Layman, D. K. (2002). Role of leucine in protein metabolism during exercise and recovery. *Journal of Applied Physiology*, 27(6), 646-663.
- Liu, T. H., Wu, C. L., Chiang, C. W., Lo, Y. W., Tseng, H. F., & Chang, C. K. (2009). No effect of short-term arginine supplementation on nitric oxide production, metabolism and performance in intermittent exercise in athletes. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 20(6), 462-468.
- MacLean, D. A., & Graham, T. E. (1993). Branched-chain amino acid supplementation augments plasma ammonia responses during exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 74(6), 2711-2717.
- MacLean, D. A., Graham, T. E., & Saltin, B. (1994). Branched-chain amino acids augment ammonia metabolism while attenuating protein breakdown during exercise. *American Journal of Physiology*, 267(6),

E1010-1022.

- MacLean, D. A., Graham, T. E., & Saltin, B. (1996). Stimulation of muscle ammonia production during exercise following branched-chain amino acid supplementation in humans. *The Journal of Physiology*, *493*, 909-922.
- Madsen, K., MacLean, D. A., Kiens, B., & Christensen, D. (1996). Effects of glucose, glucose plus branched-chain amino acids, or placebo on bike performance over 100 km. *Journal of Applied Physiology*, *81*(6), 2644-2650.
- Matsumoto, K., Koba, T., Hamada, K., Sakurai, M., Higuchi, T., & Miyata, H. (2009). Branched-chain amino acid supplementation attenuates muscle soreness, muscle damage and inflammation during an intensive training program. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *49*(4), 424-431.
- Matsumoto, K., Mizuno, M., Mizuno, T., Dilling-Hansen, B., Lahoz, A., Bertelsen, V., & Doi, T. (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.
- Mittleman, K. D., Ricci, M. R., & Bailey, S. P. (1998). Branched-chain amino acids prolong exercise during heat stress in men and women. *Medicine & Science in*

- Sports & Exercise*, 30(1), 83-91.
- Morehouse, L. E. (1972). The C.V. Mosby. *Laboratory Manual for Physiology of Exercise*, 161-167.
- Mourier, A., Gautier, J. F., De Kerviler, E., Bigard, A. X., Villette, J. M., Garnier, J. P., & Cathelineau, G. (1997). Mobilization of visceral adipose tissue related to the improvement in insulin sensitivity in response to physical training in NIDDM. Effects of branched-chain amino acid supplements. *Diabetes Care*, 20(3), 385-391.
- Newsholme, E. A., & Blomstrand, E. (2006). Branched-chain amino acids and central fatigue. *Journal of Nutrition*, 136(1 Suppl), 274S-276S.
- Riazi, R., Wykes, L. J., Ball, R. O., & Pencharz, P. B. (2003). The total branched-chain amino acid requirement in young healthy adult men determined by indicator amino acid oxidation by use of L-[1-¹³C]phenylalanine. *Journal of Nutrition*, 133(5), 1383-1389.
- Schaefer, A., Piquard, F., Geny, B., Doutreleau, S., Lampert, E., Mettauer, B., & Lonsdorfer, J. (2002). L-arginine reduces exercise-induced increase in plasma lactate and ammonia. *International Journal of Sports Medicine*, 23(6), 403-407.
- Segura, R., & Ventura, J. L. (1988). Effect of L-tryptophan supplementation on exercise performance. *International Journal of Sports Medicine*, 9(5), 301-305.
- Sharp, C. P., & Pearson, D. R. (2010). Amino acid

- supplements and recovery from high-intensity resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 1125-1130.
- Shimomura, Y., Yamamoto, Y., Bajotto, G., Sato, J., Murakami, T., Shimomura, N., & Mawatari, K. (2006). Nutraceutical effects of branched-chain amino acids on skeletal muscle. *Journal of Nutrition*, 136(2), 529S-532S.
- Silber, B. Y., & Schmitt, J. A. (2010). Effects of tryptophan loading on human cognition, mood, and sleep. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 34(3), 387-407.
- Struder, H. K., Hollmann, W., Platen, P., Wostmann, R., Weicker, H., & Molderings, G. J. (1999). Effect of acute and chronic exercise on plasma amino acids and prolactin concentrations and on [³H]ketanserin binding to serotonin_{2A} receptors on human platelets. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 79(4), 318-324.
- Tsuei, B. J., Bernard, A. C., Barksdale, A. R., Rockich, A. K., Meier, C. F., & Kearney, P. A. (2005). Supplemental enteral arginine is metabolized to ornithine in injured patients. *Journal of Surgical Research*, 123(1), 17-24.
- Urhausen, A., & Kindermann, W. (2002). Diagnosis of overtraining: what tools do we have? *Sports Medicine*, 32(2), 95-102.
- van Hall, G., Raaymakers, J. S., Saris, W. H., & Wagenmakers, A. J. (1995). Ingestion of branched-chain amino acids

and tryptophan during sustained exercise in man: failure to affect performance. *The Journal of Physiology*, 486, 789-794.

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.

Wells, J. G., Balke, B., & Van Fossan, D. D. (1957). Lactic acid accumulation during work; a suggested standardization of work classification. *Journal of Applied Physiology*, 10(1), 51-55.

附錄一 支鏈胺基酸與精胺酸與運動表現及代謝之相關文獻整理

耐力型運動					
時間/劑量	受試者	運動型態	運動表現	其他指標	作者
運動前 越野賽：7.5 g BCAA 馬拉松：16 g BCAA	25 名男性 (越) 193 名男性 (馬)	30 公里越野賽、馬拉松	(馬)+	fTrp/BCAA：↓ 認知表現(越)：+ 血清素濃度：+	Blomstrand 等 (1991)
運動前 BCAA 測試： 5% CHO+18 g BCAA GLU 測試： 5% CHO	9 名 自行車選手	100 公里自行車運動 (最大努力)	NS	NH ₃ ：-	Madsen 等 (1996)
BCAA 測試： 18 g BCAA 色胺酸測試： 6 g BCAA+3 g 色胺酸	10 名 受過訓練 男性	70-75%最大輸出功率 腳踏車運動直到衰竭	色胺酸或 BCAA 測 試：NS	色胺酸濃度：-	VanHall 等 (1995)
運動期間每 15 分鐘 1.05-1.4 g BCAA (總攝取量 6.5 g)	7 名 自行車選手	70 % VO ₂ max 持續 60 分鐘腳踏車運動，隨後 進行 20 分鐘最大強度運 動		fTrp/BCAA：↓ 運動自覺量表：+ 心理自覺量表：+ 認知表現：+	Blomstrand 等 (1997)

運動期間每 30 分鐘 女：總攝取量 9.4±0.8 g BCAA 男：總攝取量 15.8±1.1 g BCAA	7 名男性 6 名女性	熱環境 40% VO _{2 peak} 固定腳踏 車運動直到衰竭		fTrp/BCAA：↓ 衰竭時間：+	Mittleman, Ricci, & Bailey (1998)
早、晚餐 各 6 g BCAA (持續 14 天) 運動前、後 額外補充 20 g BCAA (第 7 天)	16 名 健康男性	70% VO _{2 max} 持續 120 分鐘腳踏車運動		CK、LDH 活性：↓	Coombes and McNaughton (2000)
恢復期 4 小時 CHO+PRO 測試： 0.7 g CHO+0.25 g PRO CHO 測試： 0.7 g CHO	8 名男性	6 小時運動 (包含 2.5 小時的自行 車、1 小時的運行和 2.5 小時的單車)		蛋白質合成速率：+	Koopman 等 (2004)
運動前 2 小時： 每 30 分鐘 3 g BCAA 運動中： 每 15 分鐘 1.8 g BCAA	8 名 健康男性	熱環境 50% VO _{2 peak} 腳踏車運 動至衰竭	NS	fTrp/BCAA：↓ NH ₃ ：— 皮膚體溫、血乳酸、 血糖：NS	Watson, Shirreffs, and Maughan (2004)
運動前及運動中每 15 分鐘 BCAA 測試： 60 g 葡萄糖+10 g BCAA 安慰劑測試： 60 g 葡萄糖+10 g 麥芽糊精	7 名 健康男性	第一天： 早上 50-90%最大輸出功 率持續 90 分鐘腳踏車運 動，下午於熱環境 下進 行 2-3 小時跑步 第二天： 50% VO _{2 peak} 腳踏車	BCAA 測 試：NS	fTrp/BCAA：↓ 認知表現：NS	Chevront 等 (2004)

		運動持續 60 分鐘，隨後進行 30 分鐘 time 測試			
運動前 60 分鐘 CHO+PRO 測試： 200 kcal+2.5 g BCAA CHO 測試： 無熱量飲料	9 名 未受過訓練 男性	55%VO ₂ peak 腳踏車運動 90 分鐘		CK 活性：↓ LDH 活性：運動後 4 小時↓ 自覺疼痛等級：運動後 24 小時↓	Greer 等 (2007)
早、午、晚餐後 2 g BCAA+0.5 g Arg+20 g CHO 運動前 30 分鐘 1 g BCAA+0.25 g Arg+10 g CHO	8 名 長跑選手	25 公里長跑		LDH 活性：↓	Koba 等 (2007)
早、午、晚餐後 20 g BCAA+5 g Arg+87.5 g CHO	12 名 長跑選手 (6 男 6 女)	男：86 公里長跑 女：64 公里長跑		CK、LDH 活性：↓ 肌肉評分、自覺疲勞評估：↓	Matsumoto 等 (2009)
連續 3 天飲食控制 飲食控制測試： 精胺酸 5.5±0.3 g/d 飲食第一測試： 富含精胺酸食物，9.0±1.1 g/d 飲食第二測試： 飲食控制組相同飲食，加上補充 15 g/d 精胺酸	9 名 男性 網球選手	漸增性跑步測試 (開始速度 10-11 km/hr，每 4 分鐘增加 1 km/hr 直到 85%~90% VO ₂ max，每階級休息 2 分鐘)	NS		Bescos 等 (2009)

<p>運動前一天開始補充 連續補充 3 天 300 mg/kg/day BCAA</p>	<p>7 名 健康男性</p>	<p>第 2 天： 70%VO₂ peak 跑步機運動 45 分鐘，接著兩次 10 分鐘 90%VO₂ peak 衝刺 第 3 天： 80%無氧閾值運動直到 衰竭</p>		<p>衰竭時間：+ 游離脂肪酸、血乳酸 和酮體濃度：NS</p>	<p>Gualano 等 (2011)</p>
<p>運動前和運動的第 60 分鐘</p>	<p>9 名 未受過訓練 男性</p>	<p>3 回 90 分鐘 55% VO₂ peak 腳踏車運動</p>	<p>有氧運動表現：NS</p>	<p>RPE：↓</p>	<p>Greer 等 (2011)</p>

短時間高強度運動					
時間/劑量	受試者	運動型態	運動表現	其他指標	作者
限制每日熱量攝取 (28 kcal/kg/day) 持續 19 天 低熱量控制測試 低熱量低蛋白質測試 低熱量高 BCAA 測試 低熱量低蛋白質測試	25 名 角力選手		低熱量高 BCAA 測試： +	低熱量高 BCAA 測 試：脂肪組織↓、體重 +	Mourier 等 (1997)
BCAA 測試： 運動前 1 小時 5 ml/kg (20% CHO + 7 g BCAA) 運動前立即 5 ml/kg (6% CHO + 7 g BCAA) CHO 測試： 運動前 1 小時、運動前立即 5 ml/kg (20% CHO) 運動期間 2 ml/kg (6% CHO)	3 名男性 5 名女性	間歇性折返跑 (包含走路、55%VO2max 慢跑、95%VO2max 跑及衝 刺) 直到衰竭	CHO 測試或 BCAA 測 試：+	CHO 測試或 BCAA 測試：血漿葡萄糖、 血漿胰島素— CHO 測試或 BCAA 測試：FFA↓	Davis 等 (1999)

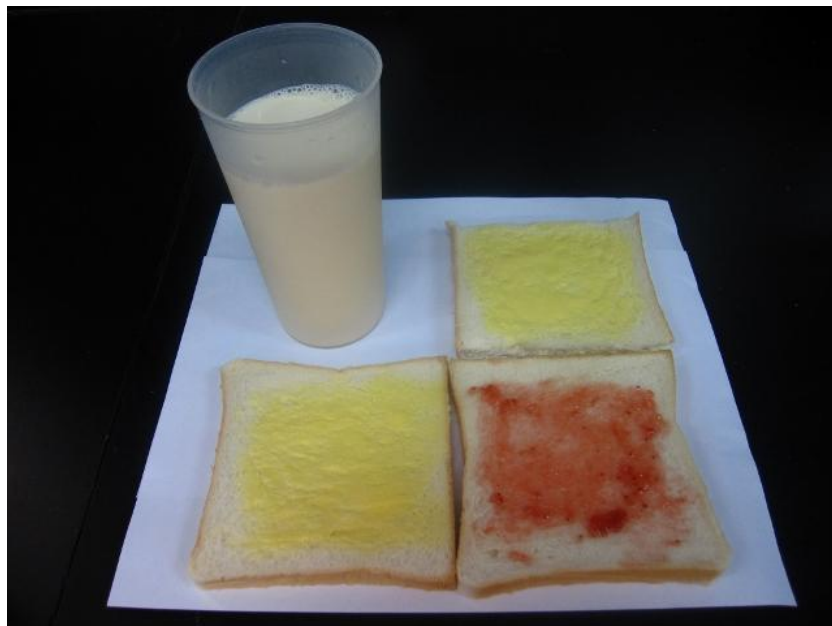
運動前 連續補充 3 天 口服 6 g 精胺酸	10 名男性 柔道選手	間歇運動模式 模擬柔道比賽		NO 合成作用、血乳 酸與氮代謝以及反覆 高強度無氧運動之最 大功率、平均功率： NS	Liu 等 (2009)
第 2 場結束後立即 CHO 測試： 1.2 g/kg 葡萄糖 CHO+ AA 測試： 1.0 g/kg 葡萄糖 + 0.1 g/kg Arg + 0.1 g/kg BCAA 安慰劑測試： 水	9 名男子 角力選手	3 場模擬角力比賽加上 10 秒全力衝刺和 20 秒休息	三測試：NS	CHO、CHO+ AA 測 試： 血糖和胰島素濃度↑ 甘油和 NEFA 濃度：↓	Jang 等 (2011)

單關節運動和其他					
時間/劑量	受試者	運動型態	運動表現	其他指標	作者
運動前 77 mg/kg BCAA	5 名男性	單關節運動 60 分鐘		肌肉細胞 BCAA 濃度：↑	MacLean 等 (1994)
每回合中間休息 45 分鐘 補充 77 mg/kg BCAA	5 名男性	70% 最大膝伸肌運動兩回合		血氨濃度：↑	MacLean 等 (1994)
於運動前 30 分鐘 口服 20 g 麩胺酸-精胺酸	3 名 健康男性	75-80% VO ₂ max 腳踏車運動持續 30 分鐘		血氨濃度：↓	Eto 等 (1994)
每日補充 持續 3 天 6 g Arg	冠狀動脈 疾病患者			運動持續時間：+	Bednarz 等 (2000)
運動前 90 分鐘 靜脈注射 3 g Arg	8 名 健康男性	漸增性腳踏車運動		血乳酸、氨濃度：↓ 血瓜氨酸濃度：↑	Schaefer 等 (2002)
持續三週 3 g/d 精胺酸-天門冬胺酸	16 名男性	非最大腳踏車運動測試		血乳酸濃度：↓ 氧攝取量：↑ 脂肪酸氧化：↑	Burtscher 等 (2005)
持續六週 口服 Arg	心臟衰竭 疾病患者	漸增性最大運動強度與 30 分鐘耐力運動測試	+		Doutreleau 等 (2006)

附錄二 受試者之飲食控制



午、晚餐



早餐

附錄三 自覺疲勞程度

RPE, Borg scale		運動 前	1 st 結束	2 nd 結束	3 rd 結束	4 th 結束
6	完全沒有用力的感覺					
7	非常非常輕鬆					
8						
9	非常輕鬆					
10						
11	輕鬆					
12						
13	有些吃力					
14						
15	吃力					
16						
17	非常吃力					
18						
19	非常非常吃力					
20	盡最大努力					

附錄四 受試者須知及同意書

研究名稱	補充支鏈胺基酸與精胺酸對連續兩天籃球比賽體能與技術表現之影響		
教練	林彥廷	單位/電話	亞洲大學體育室 04-23323456#3802
指導教授	張振崗	單位/電話	國立臺灣體育運動大學運動科學研究中心 04-22213108#2211
研究生	邱名穗	連絡電話	0937-295558 / 0982-369458
研究目的	本研究的目的是在於探討合併補充支鏈胺基酸與精氨酸，對連續二天籃球模擬比賽之高強度間歇性運動，於籃球專項體能表現、投籃命中率、技術測驗及運動後肌肉損傷的影響。		
實驗流程	實驗要進行兩次且每次為期兩天，實驗前一天及運動測試兩天必須飲食控制；每次運動測試前一天晚上 10 點過後須禁食。於測試當日空腹至實驗室採血，食用早餐完畢。受試者在運動測試前一小時飲用實驗飲料，將 0.17 g/kg BCAA 溶於 250 ml 葡萄調味水配上 0.04 g/kg Arg 藥錠；安慰劑則食用裝有低筋麵粉的膠囊，及飲用等量葡萄調味水。運動測試結束後立即採集血液，待運動後 2 小時再採血一次；第二天早上進行相同實驗步驟，但運動後 2 小時未收集血液樣本。		
運動測試	共 4 節，每節 10 分鐘，且有 2 次的 60 秒休息，第 1 至 2 節、第 3 至 4 節中間休息 2 分鐘，上、下半場各 20 分鐘，中場休息 15 分鐘。 籃球模擬比賽以每節 10 分鐘為一組，進行流程如下：(1) 連續 10 次跳→(2) 四線折返衝刺→(3) 底線衝刺跳投→(4) 休息 60 秒→(5) Z 字防守後跳投→(6) 罰球 10 顆→(7) 禁區組合運動→(8) 休息 60 秒→(9) 全場組合運動→(10) 5 方向投籃→(11) 6 次邊線折返跑。		

禁 忌 或 限 制 活 動	參與研究期間，採自由生活作息，控制飲食，盡量不熬夜、不吃宵夜、不飲酒，並避免高蛋白營養品。				
風 險	1. 參加模擬比賽所產生的疲勞現象，經過休息後即可逐漸解除。 2. 若是有不慎發生肌肉拉傷等運動傷害，將立即停止測驗，並請合格醫護人員進行運動傷害之急救，並將就近至合格醫院進行診療。				
權 利	1. 參加本試驗皆不須繳交任何費用。 2. 在試驗過程中無須提出任何理由可隨時撤回同意，退出試驗，且不會引起任何不愉快，或影響在學校的成績與權益。 3. 對參與研究的相關權益有疑問，將會得到計畫主持人的完整說明。				
隱 私	試驗所得資料可能發表於學術性雜誌，但姓名不會公佈，我的隱私將絕對保密，我所提供的血液檢體也絕對不外流，除了有關機構依法調查外，研究人員將會盡力維護我的隱私。				
聲 明	本人已經詳細閱讀以上資料，研究人員已經對我詳細解釋研究之性質與目的，相關研究人員也已經回答我有關藥品與所有的疑問，我已了解且同意參與此項研究計畫，自願擔任受試者，並同意本計畫研究人員使用我的血液檢體進行分析。 如果我以後有問題，我可與計畫主持人聯絡，日後如果受試者同意書內容有任何更新，或有新資訊可能影響受試者繼續參與試驗之意願，我將隨時收到更新後的內容。				
受試者姓名		出生年月日		性 別	
聯絡電話		身 高		體 重	
通訊地址					
緊急聯絡人		聯絡電話			
受試者簽署			簽署日期		
法定代理人簽署			簽署日期		