

國立臺灣體育大學（臺中）
競技運動學系碩士班碩士學位論文

棒球投手投球後肌肉損傷之研究
-以血液生化指標為研究標的
MUSCLE DAMAGE AFTER BASEBALL PITCHING
-USING BLOOD BIOCHEMICAL MARKERS



研 究 生：蔡承諭 撰
指 導 教 授：林華韋 教授
協 同 教 授：張振崗 教授

中 華 民 國 97 年 6 月

論文名稱：棒球投手投球後肌肉損傷之研究—以血液生化指標為研究標的

院校所組別：國立臺灣體育大學（臺中）競技運動學系碩士班

畢業時間及提要別：九十六學年第二學期碩士學位論文提要

研究生：蔡承諭

棒球投手投球後肌肉損傷之研究—

以血液生化指標為研究標的

摘要

棒球投手的投擲動作中，肌肉會進行離心收縮的，一場比賽中反覆的牽扯肌肉，容易造成肌纖維的損傷，進而影響球速下降，甚至可能產生運動傷害。本研究目的為探討棒球投手投球後肌肉損傷的情況，並追蹤其恢復程度，以了解投球後必須休息多久才能讓選手的手臂獲得充分休息。以受過棒球訓練的甲組成棒投手 14 名為對象，分為先發投手組 7 名，平均年齡 20.0 ± 1.8 歲，與救援投手組 7 名，平均年齡 20.0 ± 1.8 歲，進行模擬比賽投球。先發投手投 6 局，救援投手投 2 局，每局各投 15 球，其中 10 顆直球，5 顆變化球，運動表現採測量投球量與球速的關係，判定肌肉疲勞程度。在投球前一天早上七點，讓受試者在空腹狀態進行採血，作為基準值，投球後的 0、30 分鐘、24 小時、第二天早晨（day 2）、第三天早晨（day 3）、第四天早晨（day 4）分別採血，分析血漿中肌酸激酶（creatine kinase, CK）、乳酸脫氫酶（lactate dehydrogenase, LDH）、血乳酸（blood lactate acid）、肌紅蛋白（myoglobin）、軟骨低聚物基質蛋白（cartilage oligomeric matrix protein, COMP）之改變。結果顯示，先發投手在投球後的立刻及 30 分鐘，肌紅蛋白濃度皆顯著高於基準值；在 30 分鐘時的血乳酸濃度顯著低於救援投手。救援投手的 LDH 活性在 24 小時後、CK 活性在 3 天後，皆顯著低於基準值；血乳酸濃度在投球後的立刻與 30 分鐘都顯著高於基準值。在投球數與球速之間的關係，先發投手在第二局及第五局的直球與變化球球速皆顯著高於第一局。本研究顯示，先發與救援投手在投球後的确會產生肌肉損傷，但休息 24 小時後就可以充分恢復，且 90 球內的投球量，先發投手球速並不會因投球量增加而減慢。

關鍵詞：棒球投手、肌肉損傷、生化指標

Muscle damage after baseball pitching – using blood biochemical markers.

Abstract

The repeated eccentric exercise in baseball pitching may result in muscle damage, lower ball speed, or even injury. The purpose of this study was to examine the muscular damage and recovery after baseball pitching. The responses to a bout of baseball pitching were analyzed in 7 starting pitchers (age 20 ± 1.8 yr) and 7 relievers (age 20 ± 1.8 yr). All subjects belonged to a Division I college baseball team. Each subject pitched a simulated game containing 6 (for starters) or 2 (for relievers) innings. Each inning has 15 pitches, including 10 fast balls and 5 breaking balls. Fasting blood samples were withdrawn in the morning on the day before the simulated game as the baseline. Blood samples were also collected immediately, 30 min, and 24 hr after the simulated game, and on the morning of the second, third, and fourth day after the test. Serum levels of creatine kinase, lactate dehydrogenase, lactate, myoglobin, and cartilage oligomeric matrix protein (COMP) were analyzed. In the starting pitchers, myoglobin concentrations were higher in immediately and 30 min after the game compared to the baseline. Blood lactate concentration in 30 min after was lower than that of the relievers in the same time. In the relievers, lactate dehydrogenase activity at 24 hr after, and creatine kinase activity at the third day after the game were significantly lower than the basal levels. Lactate concentrations were higher in immediately and 30 min after the game compared to the baseline. The starters showed higher average speed of fast balls and breaking balls in the second and fifth innings, compared to the first inning. The results of this study suggested that muscular damage occurred after baseball pitching. However, a recovery period of 24 hr would be sufficient to repair the damage. In addition, the starting pitchers can maintain their speed of fast and breaking balls within 90 pitches.

Keyword: baseball pitcher, muscle damage, biochemical markers

謝誌

如果用 100 公尺短跑來形容念研究所的時光飛逝，那我想 Asafa Powell 的速度應該是不二人選了。兩年的研究所生涯過得很快，碩一學習，碩二上實驗，碩二下完成論文，所有行程片刻不得緩頰，也讓我念得很有壓力。

感謝華韋老師收我當學生，讓我在棒球這塊領域上學到不少東西，也提供了我不少實驗的靈感，每當與華韋老師討論我想到的靈感時，他總會孜孜不倦地告訴我這個實驗優點與缺點，讓我知道哪些實驗可行，哪些不可行，將天馬行空的想像化為腳踏實地的成果，經過這一番洗禮後，研究生該有的獨立思考能力與研究思維也逐漸在我腦海中形成，而這，也是目前我最欠缺的部份。

同時也謝謝張振崗老師給予我在運動生化與實驗的指導，讓原本對運動生化感到懼怕的我逐漸喜歡上它，看著一篇篇關於肌肉損傷與血漿中酵素的文獻，發現其實它並沒有想像中來得令人反感，取而代之的是更專業的運動生理內容逐漸包覆在自己的知識圈當中，也越念越有興趣，以往看到就直接跳過的運動生化學，現在變成我可以慢慢細細品嚐，享受其中樂趣的章節。當然，沒有運科同學與季洧姐的協助，這個實驗也沒辦法完成，對他們的感謝真的無法言喻，因為我的實驗不是起得早，就是要在陽光底下忍受烈日曝曬的煎熬。模擬投球這個實驗，實施地點在棒球場的投手丘，那裡沒有遮陽的地方，加上作實驗的日子都是大晴天，讓他們必須一起跟我在陽光底下收集投球資料，而且受試者又多，必須分兩天進行，因此，我們曬了兩天的太陽，差點中暑，不過佳政連坑都沒有坑一聲，真的是感謝，事後採血也是件難以煎熬的過程，每天早上七點必須準時在實驗室報到，佳政與季洧姐都必須那麼早就到實驗室幫我的忙，害我真覺得很不好意思。

這本論文經過一改再改，從長篇大論，廢話連篇到簡潔扼要，字字重點，著實讓我在論文寫作上得到不少收穫，以往受到寫日記影響，以為寫論文就像寫日記一樣，只要把想寫的東西寫進去，表達出自己的實驗內容即可，結果並不如我想像那樣，看到很多人的論文都厚厚一本，一百多頁，讓我也認為該寫那麼多東西出來，不自覺的在贅詞上就會增加不少，進運科之後，漸漸地知道原來論文不是老太婆的裹腳布，又臭又長，簡單扼要就夠了，一開始華韋老師修改我的文章時，我還不知道為啥這樣寫有什麼不好，給張振崗老師修改時，也獲得相同的結果，漸漸地才了解到寫論文的方法。

因為受到家裡經濟影響，讓我不得不在學校工讀，相對而言，去實驗室找老師或參加實驗儀器學習的機會被迫在運科與電算中心之間做出抉擇，感謝華韋老師與張振崗老師能夠體諒學生的處境，經常給予學術上的幫忙，無論是在專業科目上或是棒球技術上，讓我如期畢業。電算中心的郭瑞庭主任與其他同仁也是我能如期畢業的關鍵角色，他知道我必須經常前往運科討論學業上的事情，因此，當我不在位置上時，他們都會儘量協助我將棘手的電腦問題處理完畢，剩下的簡單問題，再等我回來解決，有時候，真的遇到解決不了的問題時，他們也會很樂意教我該如何處理，兩年下來，除了在運動生化領域習得不少收穫外，也在電腦領域考取了辦公室應用軟體的證照，讓我未來多的一條出路。

實在沒有想到我可以在兩年內完成碩士學位，這段時間也經歷過前所未有的壓力，讓我一度認為自己得了憂鬱症，但最後靠著意志力及不服輸的個性撐了過來，努力的果實是甜美的，讀研究所讓我體驗到大學生與研究生最大的不同，在做學問方面已經不像以往上網查查資料就可以拿來敷衍了事，實事求是的精神才是做研究的根本，對於大家的感謝真的無法言喻，謝謝你們大家！

目錄

摘要.....	I
中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
謝誌.....	III
目錄.....	V
表目錄.....	VII
圖目錄.....	VIII
第壹章 緒論	1
第一節 研究背景.....	1
第二節 研究目的.....	2
第三節 研究範圍與限制.....	2
第貳章 文獻探討	3
第一節 棒球投手與肌肉損傷.....	3
第二節 運動與血液生化指標.....	4
第三節 訓練負荷對血液生化指標之影響.....	13
第叁章 實驗方法與步驟	15
第一節 研究對象.....	15
第二節 實驗儀器與設備.....	15
第三節 實驗設計.....	16
第四節 實驗流程.....	16
第五節 模擬比賽投球.....	16
第六節 飲食控制.....	17
第七節 血液分析.....	17
第八節 資料處理與統計分析.....	20

第肆章	結果.....	21
第一節	受試者基本資料.....	21
第二節	血液分析結果.....	21
第三節	投球量與球速之關係.....	22
第伍章	討論.....	23
參考文獻		36
附錄		
附錄一	受試者同意書.....	47
附錄二	投球前飲食內容表與製造商.....	49
附錄三	受試者飲食內容.....	50
附錄四	先發投手與救援投手 LDH、CK、肌紅蛋白、COMP 於各採血點情形.....	51
附錄五	先發投手與救援投手血乳酸於各採血點情形.....	52
附錄六	先發投手與救援投手之球速與投球量關係.....	53
附錄七	各受試者血液分析結果.....	54

表目錄

表一、受試者基本資料.....	29
-----------------	----

圖目錄

圖一、各時間點先發投手與救援投手 LDH 活性.....	30
圖二、各時間點先發投手與救援投手 CK 活性.....	31
圖三、各時間點先發投手與救援投手肌紅蛋白濃度.....	32
圖四、各時間點先發投手 COMP 濃度.....	33
圖五、各時間點先發投手與救援投手血乳酸濃度.....	34
圖六、先發投手投球量與球速之關係.....	35
圖七、救援投手投球量與球速之關係.....	36
圖八、實驗流程.....	37

第壹章 緒論

第一節 研究背景

肌肉在激烈運動時會產生高張力迫使肌肉拉長，導致部分肌纖維的傷害，通常在運動後的 1-3 天會有疼痛的現象，此現象稱為延遲性肌肉酸痛（Delayed Onset Muscle Soreness，DOMS）。棒球的投擲動作，在最後加速過程，肌肉會呈現離心收縮的狀態，在比賽中，投手包括熱身的投球數量，動輒 70 球以上，先發投手甚至會超過 100 球，如此反覆的牽扯肌肉，容易造成肌纖維的損傷，進而影響球速下降，嚴重甚至產生運動傷害。而肌肉中的一些酵素在肌肉損傷時會擴散到血液中，可分析這些酵素在血液中的活性，做為判斷肌肉損傷程度之指標。

棒球的短期盃賽當中，賽事安排往往間隔很短，至多休息一天後即將再進行下一場比賽，投手的調度顯得格外重要。綜觀大多數的國際賽事，投手人數通常超過全隊人數三分之一，目的就是為了要讓投手有充分的休息。

美國職棒棒球投手的輪值工作通常為投一天休三天，或投一天休四天，中華職棒較不固定，通常投一天休五天，但究竟投球後休息幾天才會是適當的休息天數，而救援投手連續出賽，是否會影響到運動表現，或是該休息多久後上場投球才不會導致手臂使用過度，這些問題仍缺乏科學的證據。

第二節 研究目的

本研究透過模擬比賽，控制投球數量、間隔時間、球種，讓投手的投球內容一致，以探討投球後 5 天內血液中肌酸激酶（creatine kinase，CK）、乳酸脫氫酶（lactate dehydrogenase，LDH）、肌紅蛋白（myoglobin），用以判定肌肉損傷與恢復的程度，並以血乳酸（blood lactate acid）作為運動強度負荷的指標，同時用軟骨低聚物基質蛋白（cartilage oligomeric matrix protein，COMP）判斷先發投手軟骨損傷程度。

第三節 研究範圍與限制

- 一、本研究是針對甲組成棒投手實施模擬比賽，讓投手可以在接近比賽節奏當中投球，收集到的血液也會最接近賽後的情況。
- 二、本實驗在施測前因未有投手的最大球速資料，故在投球過程中，僅能口頭告知受試者盡量依照比賽過程的力量投球，不要刻意減慢速度。
- 三、受試者擔任先發投手或救援投手由教練決定。
- 四、受試者採自由生活作息，僅能提醒受試者於採血前一天，儘量不要熬夜及吃宵夜，避免影響隔天早上血液樣本的分析結果。

第貳章 文獻探討

第一節 棒球投手與肌肉損傷

運動中，肌肉反覆的收縮，會造成肌纖維的斷裂，程度依運動強度不同有所差異。延遲性肌肉酸痛是一種經常在運動後感受到的肌肉疼痛感，包括 1.感覺肌肉功能損傷 2.關節活動度變小 3.肌力變弱 4.肌肉招募改變 5.受傷的風險增加 (Cheung, Hume, & Maxwell, 2003)。

運動引起的肌肉損傷原因有二個比較可信的假說，第一假說是認為受到新陳代謝的超載作用所引起，因為當體內的 ATP 需求量超過能供給的量時，就會導致細胞中鈣離子超載的惡性循環，進而降低 ATP 的生成。第二假說認為機械性的壓力是引起運動肌肉損傷的原因 (Ebbeling & Clarkson, 1989)，尤其是離心運動之後，會使肌肉型態引起很明顯的損傷、血液中 CK 活性會大量的升高以及肌肉會出現無力感、酸痛、觸痛、腫脹等症狀 (陳忠慶，1999)。

棒球投手投球過程可分為以下五個階段，抬腿 (windup)、跨步 (stride)、手臂捲曲 (arm cocking)、手臂加速 (arm acceleration)、跟隨期 (follow through)，其中跨步的軸心腳與手臂加速的投球手這兩個肢段皆在做離心運動，當投球數過多時，離心運動造成的肌肉傷害，往往使投手的控球力變差，球速下降，若休息天數不夠，或是不適當的賽後治療，很容易在手臂上產生運動傷害 (林光宏，2007)。

棒球比賽每半局的時間約為 7 分鐘，投手每投完一局，即可獲得休息，但經過大量投球後，肌肉損傷的程度會逐漸

累積，手臂也會感到不適，因此棒球投手賽後需要充分休息，讓手臂的肌纖維修補完全，如此才可避免肌纖維內部的疲勞累積（林光宏，2007）。

棒球投手因為是場上用力投球最多的選手，其手臂比起其他選手都還要來得容易受傷，就是因為肌肉持續地從事高強度的離心收縮，長時間累積下來的疲勞與不足的休息時間，就可能導致嚴重的運動傷害。

第二節 運動與血液生化指標

血液生化指標已廣泛地被應用於判定運動強度與訓練的成果，以及肌肉損傷之程度與恢復情況，Kostopoulos 等人 (2004) 以籃球選手為對象，研究其運動後血液中 CK、LDH 與肌紅蛋白之改變，作為肌肉損傷的血液生化指標；Potteiger 等人 (1992) 針對棒球投手使用 CK、LDH 作為評定肌肉損傷的血液生化指標；林澤民、陳紹廉、劉堂安 (2007) 使用 CK 評定國家足球隊訓練期間肌肉的改變；沈子斐 (2002) 探討血紅素、CK 及尿素氮在 3 週武術訓練的應用；詹貴惠、許美智、蔡溫義 (1998) 針對 6 位國家舉重隊選手，使用觀察其訓練後的尿素氮、CK 與血乳酸之改變。以下將探討 CK、LDH 以及血乳酸對於運動之影響。運動負荷的生化指標評定是分析運動負荷與各類生化指標的關係，促進運動的適宜性和科學化，提高訓練成績與身體機能（顏克典，2003；林文強，1996）。

一、CK 與運動之關係

CK 是促進腺嘌呤核苷二磷酸 (adenosine diphosphate, ADP) 還原成腺嘌呤核苷三磷酸 (adenosine triphosphate, ATP) 的一種蛋白酶，屬於一種雙偶聚合的酶類，主要被發現於骨骼肌與心肌，血清中的 CK 幾乎總是隨著急性心肌梗塞和骨骼肌損傷而增加，目前已確定 CK 有三種同功酶，分別為存於腦組織中的 CK-BB、心肌中的 CK-MB、骨骼肌中的 CK-MM (鄭桂玫、洪明吉，2000)。研究指出，運動所引起的肌肉傷害，除了選手對疼痛的描述及醫生的診斷外，血中 CK 會因肌肉損傷或肌細胞膜穿透力的改變，而從肌細胞釋放出來進入血液循環，使血液中的 CK 升高。因此，CK 經常作為是運動強度的一種指標 (鄭桂玫、洪明吉，2000)。

肌肉中的 CK 已經在研究中證實可以作為肌肉損傷的一種指標 (Potteiger 等人, 1992)，當肌肉受損時，肌肉中的 CK 會擴散到血液中，取得血液中 CK 的活性，即可了解該選手的肌肉損傷程度。

肌肉中的 CK 主要功能為負責無氧呼吸代謝時合成 ATP 的酵素，其化學式為：



平時血液中的 CK 活性很低，運動後，血液中的 CK 會隨著骨骼肌的損傷而上升，這是因為運動時缺氧、代謝物堆積及供能不足等因素，造成肌肉細胞細胞膜通透性增加，或肌肉細胞的細胞膜受損，使 CK 釋放增加而進入血液循環 (林文強，1996)。

林文強（1996）指出，當運動員進行訓練負荷評估時，若 CK 活性高於 200 U/L，代表疲勞產生，但我國運動員在訓練期間的檢測結果發現，通常早晨安靜時 CK 活性不會低於 200 U/L，因此可能應將過度疲勞定義為 CK 大於 400 U/L（沈子斐，2002）。

離心運動雖然動用到的能量比向心運動少，且使用的肌纖維數目也較少，但產生的力量卻比較大，因此，每一條肌纖維所造成的損傷比率相對也較高，當肌纖維受損時，CK 會由肌纖維擴散到血液當中，棒球的投球動作，在最後出手階段，手臂的肌肉即是進行離心運動（林光宏，2007）。

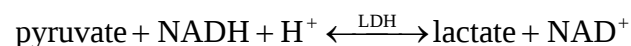
Potteiger 等人（1992）以 10 位曾經接受棒球投手訓練之投手為對象，經過 18 天的訓練後，進行 A、B、C 三場模擬比賽投球，A 與 B 的間隔為 4 天，B 與 C 的間隔 2 天，比賽後在 0 分鐘、6 小時、24 小時、48 小時以及 72 小時後採血觀察其 CK 活性的表現，發現 CK 最高值多發生在 24 小時後，唯有 C 比賽是發生在 6 小時後。Ahmadi, Sinclair, and Davis (2008) 以 9 名 6 個月內未接受肌力訓練者為對象，進行 40 分鐘的下坡走，坡度為 -25%，速度 6.4 km/h，每位受試者另外需負荷自己體重 5% 的背包，結果發現，在下坡走完後的第 1 天與第 3 天，CK 皆顯著高於受測前，至第 5 天恢復到無顯著差異。Kostopoulos 等人（2004）以 48 位男性為對象，其中 24 位患有 chronic anterior compartment syndrome（CACCS），平均年齡 21.1 ± 2.6 歲，另外 24 位為健康男性，進行 10 分鐘的激烈籃球運動，觀察血液中 CK 之影響，結果發現，兩組受試者在運動後瞬間、24 小時後、48 小時、72 小時及 96 小時後，血液中 CK 均顯著高於運動前。林正常、

郭堉圻（2001）以 20 名男性學生為對象，以隨機方式讓受試者分別接受美國運動醫學會推薦負荷強度之 8 RM 與 15 RM 的 8 項重量訓練，每次 3 組，組與組之間間隔 2 分鐘，不同強度測驗間隔時間為 7 天，觀察其血液中 CK 之影響，結果發現無論是在運動後瞬間、運動後 24 小時或是運動後 48 小時，8 RM 的 CK 值均高於 15 RM。

二、LDH 與運動之關係

肌肉細胞在有氧環境下會分解丙酮酸變成乙醯輔酶 A 和二氧化碳，乙醯輔酶 A 會進一步行三羧酸循環分解為二氧化碳和氫，氫會與氫載體菸鹼醯胺腺嘌呤二核苷酸（nicotinamide adenine dinucleotide, NAD^+ ）和黃素腺嘌呤二核苷酸（flavin adenine dinucleotide, FAD）結合成 NADH 和 FADH_2 。

當醣酵解（glycolysis）進行時，必須有足夠的 NAD，以接受來自於甘油醛-3-磷酸（Glyceraldehyde 3-phosphate, G-3-P）移除的氫離子，當粒腺體中沒有足夠的氧來接受氫，丙酮酸就會接受氫而形成乳酸，催化此反應的酵素是 LDH，這種結果造成乳酸的形成及 NAD 的再形成（林貴福、徐臺閣、吳慧君，2002），其化學式如下：



LDH 是醣酵解過程中，催化乳酸與丙酮酸互換的酵素，在體內以五種類型存在，分別為 LDH_1 ， LDH_2 ， LDH_3 ， LDH_4 ， LDH_5 ，其中 LDH_4 與 LDH_5 大多分布在肝臟與骨骼肌當中，

當肌肉受損時，LDH₄與LDH₅會擴散到血液中，可做為肌肉損傷的指標之一 (Potteiger 等人，1992; Abraham, 1977; Armstrong, 1984)，正常人的LDH活性約為115－245 U/L (Takashima, Ishii, Takizawa, Yamaguchi, & Nosaka, 2007)。

LDH分布在體內許多器官，包括腎、心肌、骨骼肌、胰臟、脾臟、肺臟、肝臟等等，當這些組織受傷時，都會釋出LDH到血液中，導致LDH的活性增加。在醫界常用以判定心肌梗塞、溶血性貧血、休克、高血壓、肝硬化與惡性腫瘤等。

黃奕仁、吳慧君、陳文茹、林孟賢 (2004) 以9名參加24小時超級馬拉松且成績超過100公里以上的選手為對象，在賽前一天、賽後即刻、賽後48小時及第9天進行採血，分析血液中LDH的變化，結果發現LDH在賽後顯著升高3.8倍，直到第9天檢測值仍顯著高於賽前。Kim, Lee, Kim (2007) 以54名受過訓練的超級馬拉松選手為對象，平均年齡 45.7 ± 5.1 歲，觀察在200公里超級馬拉松後血液中LDH的變化，結果發現LDH在賽後顯著增加。Takashima 等人 (2007) 以11名健康男性為對象，平均年齡 21.2 ± 1.9 歲，進行50公里的長途滑雪，且限制受試者不能食用抗發炎藥與營養補充品，追蹤其長途滑雪後的0 min、24、48、72、144小時的血液生化反應，結果發現，LDH在各採血點皆顯著高於運動前，其中最高點發生在運動後瞬間，LDH活性約為255 U/L。Kostopoulos 等人 (2004) 以48位男性為對象，其中24位患有CACs，平均年齡 21.1 ± 2.6 歲，另外24位為健康男性，進行10分鐘的激烈籃球運動，觀察血液中LDH之變化，結果發現，兩組受試者在運動後瞬間、24小時後、48小時、72

小時及 96 小時後，除了未患有 CACS 的受試者在 72 小時後 LDH 與運動前未達顯著差異外，其它各採血點之 LDH 都顯著高於運動前。

三、肌紅蛋白與運動之關係

肌紅蛋白大量存在骨骼肌和心肌細胞中，因此肌紅蛋白的上升，幾乎都和肌肉有關，它廣泛地被應用在評估心肌梗塞及骨骼肌的損傷 (Weber 等, 2007)，一般人大多低於 60 ng/ml (Takashima 等, 2007)。另一方面，在劇烈運動後所導致的運動性橫紋肌溶解症 (exertional rhabdomyolysis)，也會釋放許多肌肉中的蛋白質到血液中，其中一種就是肌紅蛋白 (Clarkson, 2007)。Ahmadi 等人 (2008) 以 9 名六個月內未接受肌力訓練男性為對象，進行 40 分鐘的下坡走，坡度為 -25%，速度 6.4 km/h，每位受試者另外需負荷自己體重 5% 的背包，結果發現，在下坡走完後的第 1 天與第 5 天，myoglobin 顯著高於受測前。Takashima 等人 (2004) 以 11 名健康男性為對象，平均年齡 21.2 ± 1.9 歲，進行 50 公里的長途滑雪，且限制受試者不能食用抗發炎藥與營養補充品，追蹤其長途滑雪後的 0 min、24、48、72、144 小時的血液生化反應，結果發現，肌紅蛋白濃度在運動後瞬間顯著高於運動前，24 小時後即恢復到與受測前無顯著差異。Kostopoulos 等人 (2004) 以 48 位男性為對象，其中 24 位患有 CACS，平均年齡 21.08 ± 2.63 歲，其他 24 人則未有 CACS 的症狀，進行 10 分鐘的激烈籃球運動，觀察血液中肌紅蛋白之影響，結果發現，兩組受試者在運動後瞬間、24 小時後、48 小時、72 小時及 96 小時後，血液中肌紅蛋白濃度均顯著高於運動前。

四、COMP 與運動之關係

軟骨細胞與許多關節軟骨基質的成分有著密切關係，當軟骨基質遭到破壞，會導致軟骨細胞合成速度減慢，其中一種由五聚物糖蛋白組成的稱之為軟骨低聚物基質蛋白（cartilage oligomeric matrix protein, COMP）（Hedbom 等,1992），COMP 是關節軟骨重要的要素之一。研究顯示在患有膝關節炎、類風濕性關節炎的病人具有較高的 COMP（Forslind 等,1992; Skoumal 等,2003），因此，有較高 COMP 的病人可能會增加關節軟骨退化的速度（Mündermann 等,2005）。COMP 可能可作為激烈運動後一種軟骨傷害的生化指標（Kersting 等,2005）。Kim 等（2007）以 54 位曾參加超級馬拉松的選手為對象，每位受試者都已經接受超級馬拉松訓練超過三年以上的時間，結果顯示，200 公里的超級馬拉松在 100 公里與 200 公里時的 COMP 活性皆顯著高於受測前，其中 200 公里時的 COMP 活性甚至達到受測前的 3 倍，約 38 IU/L。Mündermann 等人（2005）以 10 位健康成年人為對象，其中 5 位男性，5 位女性，進行半小時隨機散步，採血點分別為散步前瞬間、散步後瞬間、散步後 0.5 小時、1.5 小時、3.5 小時與 5.5 小時，結果發現，散步後瞬間的 COMP 活性顯著高於散步前。Neidhart 等人（2000）以 8 位有氧耐力選手為對象，進行馬拉松測驗，觀察血液中 COMP 的改變，過程中一共採了 6 次血，分別為起跑前、31 公里之後、42 公里之後、結束後的 2 小時、隔天早晨與後天早晨，另外取了 16 位未測驗馬拉松之健康男性的血液作為控制組。結果發現，在起跑前的 COMP 濃度已經顯著高於控制組，在 31 公里、42 公里時與結束後 2 小時，COMP 濃度亦顯著高於起跑前。

五、血乳酸與運動之關係

王永盛（1994）指出肌肉和血液中乳酸堆積是引起肌肉機能下降的重要因素。乳酸在體液中分解成乳酸根和氫離子，當血液中氫離子過多時會干擾神經衝動的傳導，並影響到部份酵素的活性，如 ATP 酶及 CK 等等，進而導致肌肉收縮的能量來源減緩，肌肉收縮速度下降。

血乳酸是運動期間，能量代謝的產物之一，運動強度越大，血乳酸堆積的越快，短時間高強度的運動會造成乳酸迅速的堆積，有兩種情況會造成肌肉的乳酸堆積：（一）肌肉局部缺氧時，氧供應不足使粒線體呼吸受到限制，細胞只能由無氧代謝以維持 ATP 的生成。（二）當 ATP 需求超過粒線體檸檬酸循環的氧化能力時，乳酸也會在供氧充足時產生（馮煒權等，1990）。運動中造成乳酸產生的主要因素有 1.運動強度 2.參與的肌肉量 3.持續時間（Hultman & Saholm, 1980; Itoh & Ohkuwo, 1991），當運動強度過高，參與的肌肉量增加時，乳酸就會開始堆積。

事實上，肌肉的乳酸與血乳酸是不同的，運動後肌肉中的乳酸需經過一段時間才會進入血液，約 5-10 分中才能達到平衡（Gollnick 等，1973），而運動後靜脈乳酸的最高峰出現在第 6 分鐘（Gass, Rogers & Mitchell, 1981）。

林文郎與何忠鋒（1998）指出，運動訓練能使人體產生適應，如進行無氧代謝訓練，則可提高無氧代謝能力，從而提高速度、速耐力及力量素質。Butios and Tasika (2007) 以 24 位跆拳道選手為對象，依體重分為三組，進行模擬比賽對打的試驗，共進行三場比賽，一場比賽三回合，每回合三分鐘，間隔一分鐘，結果發現，在第一場比賽的第二回合，血乳酸

開始增加，在第三回合達到最高，其中最高的血乳酸發生在體重 58—68 公斤組，於第二場比賽的第三回合達到 4.2 mmol/L。Chen, Nosaka and Tu (2007) 以 10 位足球選手為對象，平均年齡 20.5 ± 1.5 歲，進行下坡跑的測驗，觀察血液中血乳酸的變化，下坡跑結束後的接連五天同一時間皆需進行跑步經濟性的測驗，受試者分別在跑步機上以 65%、75% 及 85% 最大攝氧量的速度進行跑步，每一種跑五分鐘，各組間休息五分鐘，結果發現，下坡跑結束後的血乳酸無論在 65%、75% 或 85% 皆顯著大於受測前，而在第一、第二、第三天的跑步經濟性測驗中也發現跑步完之後的血乳酸顯著高於受測前。陽愛紅、史豔莉、馬玉敏（2007）以優秀女子賽艇運動員 14 名為對象，觀察 2000 公尺划艇比賽後，血乳酸的影響，結果發現，賽後 5 分鐘與 1 小時的血乳酸均較空腹時顯著升高。

目前比較常用的肌肉損傷的血液生化指標有 CK、LDH、肌紅蛋白、COMP，而運動強度則以乳酸作為指標，棒球投手的能量系統介於有氧與無氧之間，無氧在於每一次投球與守備皆在幾秒內完成，有氧在於九局的比賽下來，肌肉必須承受長時間的站立，雖然局與局之間有休息的時間，能讓肌肉獲得放鬆，但一場比賽累積下來的疲勞仍值得更深入的探討。

第三節 訓練負荷對血液生化指標之影響

超過六週的訓練負荷可以增加有氧或無氧代謝的能力 (Costill 等, 1979; Jacobs 等人, 1987), 一些短期的訓練負荷雖然可以增進代謝能力及血液動力, 但對於運動表現、最大攝氧量及蛋白酶的增加並沒有太多影響 (Green 等, 1992; Cadefau 等, 1994; Phillips 等, 1996; Shoemaker 等, 1996)。然而, 在傷後復健或是個人部分因素, 短時間的運動訓練仍然是必要的 (Rodas 等, 2000)。

肌肉受損後, 肌纖維中的部份酵素會擴散到血液中, 從這些酵素的活性可以評估該選手能夠承受的運動強度。影響競技運動的基本運動能力為速度、耐力與力量都需要強健的肌肉, 運動訓練可以使肌纖維變粗, 力量增大, 血液生化指標是觀察選手的體能狀況指標之一。

Green 等 (2000) 以 10 位健康男性為對象, 進行 16 小時的無氧踏車動力訓練, 每一小時進行一次 6 分鐘的 90% 最大攝氧量強度的踏車, 訓練前至少 2 天與訓練後 36-48 小時各進行 40 分鐘的踏車測試, 測試內容包含兩次不同強度的踏車運動, 分別為 $60 \pm 0.9\%$ 最大攝氧量及 $75 \pm 1.0\%$ 最大攝氧量, 比較訓練前後血液中血乳酸的改變情形, 結果發現訓練後進行相同強度的踏車測驗, 血乳酸濃度會顯著低於訓練前。Rodas 等 (2000) 以 5 位近期末接受訓練負荷的健康男性學生為對象, 進行 2 週的踏車無氧動力訓練, 訓練前後各做一次衰竭性的踏車測驗, 並採其股外側肌之肌肉樣本作訓練前後的比較, 結果發現, 衰竭性踏車測驗後的血乳酸濃度經過訓練後, 顯著低於訓練前, 在 CK 與 LDH 方面, 經過訓練後,

CK 與 LDH 也顯著高於訓練前。詹貴惠、杜美華、廖學勇、許美智（2001）以 14 名桌球專長的大學生為對象，持續 6 天的桌球多球訓練，觀察乳酸與 CK 的影響，結果發現乳酸在每天訓練後皆會上升，但隔天訓練前即恢復平常水準，但 CK 的恢復較慢，而 6 天訓練期間，每次訓練前的 CK 活性均高於前一天，並在第 6 天達到最高（191.86 U/L）。田振軍、石磊、劉小傑、熊正英（2000）針對 36 隻大鼠採用游泳耐力訓練負荷，分為對照組、一般訓練組、過度訓練組等 3 組，觀察訓練後血液中 CK 與 LDH 活性的改變，結果發現過度訓練組無論在 CK 與 LDH 活性表現上皆為最高。沈子斐（2002）以 11 名男子武術隊員為對象，其中散手組有 7 人，套路組 4 人，進行 3 週的武術訓練，第 5、12、19 日採血檢測 CK 活性的影響，結果發現散手組在第一週與第二週的 CK 值均顯著高於受測前，第三週則降為無顯著差異，在套路組方面，第一週即顯著上升，但第二週開始便開始下降至與受測前未達顯著差異。

大多數文獻都顯示運動後，血液中的部份酵素活性皆會升高，經過訓練後，肌纖維可接受較高強度的運動，當再進行相同強度運動時，血液中部份酵素的活性會變得較不明顯。雖然大多文獻證明運動訓練後，可以有效的降低肌肉損傷情況，唯目前血液生化指標針對棒球投手在運動訓練負荷方面仍缺乏，需進一步研究探討。

第叁章 實驗方法與步驟

第一節 研究對象

本研究對象為國立臺灣體育大學（臺中）甲組成棒投手共 14 名，其中先發投手 7 名，救援投手 7 名，皆為 2008 年向中華民國棒球協會登記之業餘成棒甲組球隊中之球員。近期並未受傷，也未接受高強度訓練。實驗開始前告知實驗之目的與流程，並填寫受試者同意書。

第二節 實驗儀器與設備

本實驗儀器包括：

1. 身體質量組成分析儀（Inbody 3.0, Biospace, Seoul, Korea）
2. 棒球專用測速槍（FCC ID:IBQACMI003 Applied Concepts, INC. Plano, Texas 75074, USA）
3. 離心機（H-26009, Kokusan Corporation, Tokyo, Japan）
4. 自動生化分析儀（7020 Automatic Analyzer, Hitachi, Tokyo, Japan）
5. 附抗凝血劑之採血針頭（Vacurette 22G*1 1/2", Greiner BIO-ONE, Frickenhausen, Germany）與針筒（Vacurette K3E K₃EDTA, Greiner BIO-ONE, Frickenhausen, Germany）。

第三節 實驗設計

本研究採用模擬比賽的方式，固定先發投手與救援投手的投球數量，與休息的時間，讓每個人在相同情境下進行投球的動作，以探討投球後肌肉與軟骨損傷情形。投球後 4 天連續採血，分析 CK、LDH、血乳酸、肌紅蛋白的改變，另外也分析先發投手 COMP 的改變狀況。

第四節 實驗流程

本實驗流程如圖八所示。

第五節 模擬比賽投球

受試者於受測前一天早上七點，空腹狀態下以身體質量分析儀檢測體重，電子身高器儀測量身高，並隨即在非慣用手採靜脈血 6 毫升，作為基準值，用以與投球後相比較。採血點共有 7 個，分別為基準值，結束投球後立刻 (0 min)，結束投球後 30 分鐘 (30 min)，結束投球後 24 小時 (24 hour)，以及第二天 (day 2)，第三天 (day 3)，第四天 (day 4) 之早上空腹。為要求實驗數據之一致，除了投球當天有先進食以外，其餘採血點皆在空腹的情況下進行採血。

受試者實驗當天，投球前一小時食用含 1.5 公克/公斤體重的高碳水化合物早餐，在休息半小時後開始熱身，熱身方式不限，但須包含伸展與傳接球，直到受試者準備好上投手丘投球為止。受試者在徵求過教練意見後，分為先發投手與救援投手兩組，先發投手投球量為 6 局，救援投手 2 局，每

局投 15 球，球與球間隔為 12 秒，每局開始投球前，需進行 3 球的熱身，投球過程中前 2 球為直球，第 3 球為投手習慣之一種變化球（滑球 5 人、曲球 5 人、變速球 4 人），依此類推，直到投球結束。每局休息時間約為 4 分鐘，並允許受試者飲水。投手投的每一球均以架設在捕手正後方之測速槍記錄其球速。

第六節 飲食控制

投球前的飲食，每一位受試者均食用相同比例熱量、營養素的飲食。食物含有熱量 8.5 卡/公斤，70%碳水化合物，10%蛋白質，20%脂肪。所有的食物在相同地點購買，並且是相同品牌，依照商品上的營養標示計算食物的熱量及碳水化合物、蛋白質、脂肪含量（詳見附錄二、三）。

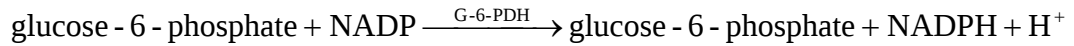
第七節 血液分析

採集之血液先以離心機將血漿與血球分離（2500 轉，20 分鐘），取血漿後，存放於 -70℃ 之冰箱中，待所有受試者皆做完實驗後一併分析。分析項目包含 CK、LDH、肌紅蛋白、COMP 與血乳酸。血液生化值檢驗如下：

(1) CK 活性生化值

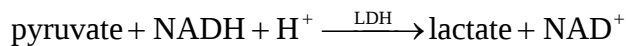
血漿中 CK 活性採用 CK 活性檢定用體外診斷藥品（77528 7529，關東化學株式會社，Tokyo, Japan），以自動生化分析儀分析，吸光值波長 340 nm，化學反應原理如下：

$$\text{phosphocreatine} + \text{ADP} \xrightarrow{\text{CK}} \text{creatine} + \text{ATP}$$



(2) LDH 活性生化值

血漿中 LDH 活性採用乳酸脫氫酶測定試劑 (20300AMZ00410, Shino, Tokyo, Japan)，以自動生化分析儀分析，吸光值波長 340 nm，化學式反應原理如下：



(3) 肌紅蛋白濃度生化值

血漿中肌紅蛋白濃度採用商業試劑測量 (MY 2127, Randox, Antrim, United Kingdom)，主要原理是透過 polystyrene latex particles of uniform size 與肌紅蛋白結合在一起，這個結合物會使血漿變濁，使用自動生化分析儀分析，吸光值波長定為 570 nm。

(4) COMP 活性生化值

血漿中 COMP 活性採用商業試劑測量 (Cat# KA0021, Abnova, Taipei, Taiwan)，透過酵素連結免疫吸附分析 (enzyme-link immunosorbent assay, ELISA)，使用電子化學發光免疫分析儀 (Roche Elecsys 1010/2010, Roche Diagnostics, Mannheim, Germany) 分析，吸收波長定為 450nm。分析方式採 ELISA，過程如下：

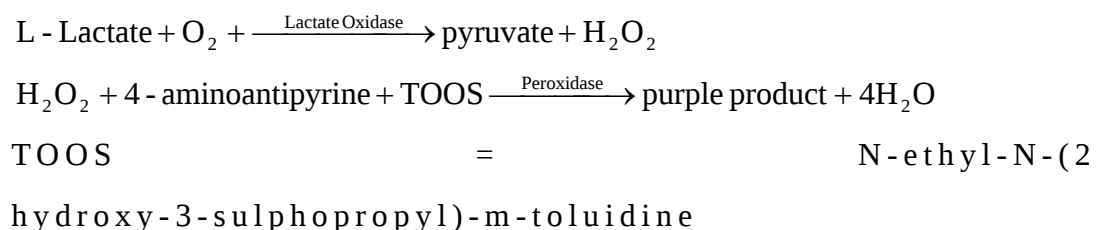
a. 將 Calibrators, Quality Controls 及樣本以稀釋液 (diluted buffer) 稀釋，樣本 5 倍稀釋，Calibrators 分別稀釋成 128, 64, 32, 8, 4 ng/ml，blank 再以 100 μ l 分量注入已 coated 一次抗體 (first anti-human COMP monoclonal antibody.) 96 孔培養盤中，於 4°C 冰箱中隔夜。

b. 用清洗劑洗培養皿格子三次，每一格 0.35 ml。

- c. 加入 100 μ l 的 Biotin-Labelled Anti-human COMP 抗體溶液在每一格中。
- d. 在室溫約 25 度下，讓培皿盤置於轉速 300 rpm 的 shaker 上放置一小時。
- e. 用清洗劑洗培養皿格子三次，每一格 0.35 ml。
- f. 加入 100 μ l 的 Streptavidin-HRP Conjugate 溶液在每一格中。
- g. 在室溫約 25 度下，讓培皿盤置於轉速 300 rpm 的 shaker 上放置 30 分鐘。
- h. 用清洗劑洗培養皿格子三次，每一格 0.35 ml。
- i. 加入 100 μ l 的成色劑 TMB 溶液在每一格中，並使用鋁紙包覆在其周圍，避免培養盤暴露在陽光直射處。
- j. 在室溫下靜置培養皿 10~30 分鐘。
- k. 加入 100 μ l 停止溶液 4NH₂SO₄，使其停止成色反應。
- l. 決定吸收光波長為 450nm 的 ELISA (Benchmark plus, BIO-RAD, Hercules California) 讀取機中讀取吸光值並以標準品 (Human COMP) 定量，且在加入停止溶液後 10 分鐘內完成這個過程。

(5) 血乳酸濃度生化值

血漿中血乳酸濃度採用商業試劑測量 (LC 2389, Randox, Antrim, United Kingdom)，以自動生化分析儀分析，吸光值波長 550 nm，化學反應原理如下：



第八節 資料處理與統計分析

本實驗中各數值以平均數 $\pm$ 標準差形式表示 (Mean $\pm$ SD)，以描述性統計分析受試者基本資料，重複量數單因子變異數分析各採血點之 CK、LDH、肌紅蛋白、COMP、血乳酸與基準值之變化，事後檢定採 LSD 法。以配對 T 考驗分析投球數與球速之關係。用 SPSS for windows 14.0 (SPSS for windows 14.0, SPSS Inc., Chicago, USA) 中文視窗版套裝軟體進行統計分析，顯著性定為 $p < 0.05$ 。

第肆章 結果

一、受試者基本資料

受試者基本資料如表一，本研究對象共 14 名，先發投手 7 名，救援投手 7 名，先發投手與救援投手身高範圍分別為 1.75-1.86 m、1.68-1.87 m，體重範圍分別為 64.7-85.5 kg、56.5-95.6 kg，BMI 範圍分別為 20.4-25.8 kg/m²、20.0-28.8 kg/m²，體脂率範圍分別為 8.4-23.0 %、11.7-25.1 %。

二、血液分析結果

(一) 先發投手與救援投手各時間點血清 LDH 活性關係 (圖一)

先發投手投球後之 LDH 與基準值皆未達顯著差異，救援投手 LDH 在投球後 24 hour 顯著低於基準值 ($p < 0.05$)。而先發投手與救援投手之間於各時間點均未達顯著差異。

(二) 先發投手與救援投手各時間點血清 CK 活性關係 (圖二)

先發投手投球後之 CK 與基準值皆未達顯著差異，救援投手 LDH 在投球後 day 3 顯著低於基準值 ($p < 0.05$)。而先發投手與救援投手之間於各時間點均未達顯著差異。

(三) 先發投手與救援投手各時間點血清肌紅蛋白濃度關係 (圖三)

先發投手肌紅蛋白在投球後 0 min 與 30 min 皆顯著高於

基準值 ($p < 0.05$)，救援投手投球後之肌紅蛋白與基準值未達顯著差異。而先發投手與救援投手之間於各時間點均未達顯著差異。

(四) 先發投手各時間點血清 COMP 濃度關係 (圖四)

先發投手投球後之 COMP 與基準值皆未達顯著差異。

(五) 先發投手與救援投手各時間點血清血乳酸濃度關係 (圖五)

先發投手投球後之血乳酸濃度與基準值未達顯著差異，救援投手則在投球後 0 min、30 min 皆顯著高於基準值 ($p < 0.05$)。而救援投手之間在投球後 30 min 時，血乳酸濃度顯著高於先發投手 ($p < 0.05$)。

三、投球量與球速之關係

(一) 先發投手與救援投手直球球速與投球量之關係

先發投手與救援投手直球球速與投球量之關係，先發投手在第二局與第五局之球速皆顯著高於第一局 ($p < 0.05$)，救援投手的球速與投球量則未達顯著差異。先發投手與救援投手在第一及第二局的直球球速亦未達顯著差異。(圖六)

(二) 先發投手與救援投手變化球球速與投球量之關係

先發投手與救援投手變化球球速與投球量之關係，先發投手在第二局與第五局之球速皆顯著高於第一局 ($p < 0.05$)，救援投手的球速與投球量未達顯著差異。先發與救援投手在第一及第二局的變化球球速亦未達顯著差異。(圖七)

第伍章 討論

本研究最主要的發現為，先發投手投 90 球及救援投手投 30 球後肌肉損傷程度並不嚴重，血液生化分析結果顯示，投球後瞬間只有肌紅蛋白與血乳酸顯著大於基準值，且在 24 小時後即恢復到與基準值無顯著差異。另外也發現，先發投手在 90 球的投球當中，球速仍可維持與剛開始投球接近水準。

研究指出，肌肉進行完高強度離心收縮後，肌肉中的 CK 活性會持續增加三天以上，有些甚至會在第四天達到最高 (Lavender & Nosaka, 2006)，Nosaka 等 (2002) 指出，在 3 分鐘內進行 12 次/15 秒的手臂最大離心收縮後，血液內的 CK 活性直到第四天仍顯著高於測驗前。Hyatt and Clarkson (1998) 指出，CK 活性通常會在高強度離心後的第三到四天達到最高。然而，本實驗結果發現，CK 活性在投球後的瞬間並未與基準值達顯著差異，在接下來的四天追蹤也沒有增加的趨勢，這與 Potteiger 等 (1992) 針對棒球投手模擬投球的實驗相類似，該實驗中，CK 值最高發生在投球後 24 小時，接著便恢復至受測前水準，本實驗先發投手投球後瞬間 CK 活性比受測前稍為上升，但救援投手 CK 卻比受測前低，且 day 3 顯著低於受測前，救援投手的 CK 在受測前活性為 334.0 ± 195.3 U/L，沈子斐 (2002) 指出國內運動員 CK 活性需超過 400 U/L 會被認為過度疲勞，本研究救援投手在受測前的活性接近沈子斐指出的值，認為救援投手在受測前血液中 CK 活性偏高，投球後瞬間的活性與先發投手類似，因本實驗基準值並非在受測當天早晨採得，而是在受測前一天早晨，推測救援投手受測當天早晨的 CK 活性已比基準值低，且受試

者受測時間雖是比賽期，訓練強度較低，但選手仍進行少量練習與體能維持的肌力訓練，才導致投球前 CK 活性高於投球後。

Kostopoulos 等人 (2004) 以籃球選手為對象，進行模擬籃球比賽的實驗，結果發現 LDH 活性最高點發生在運動後 48 小時，其他研究也有類似的結果 (Paschalis 等人, 2007; Nosaka & Clarkson, 1996a; Nosaka & Clarkson, 1996b)。Linossier 等人 (1997) 以健康男性為對象，進行 7 週的踏車無氧間歇訓練，每次 2 組，1 組 15 個循環 (5 秒衝刺，55 秒休息)，結果發現 LDH 在訓練後顯著高於訓練前。Jamurtas 等 (2005) 以健康男性為對象，進行手臂的離心收縮測驗 (75%最大離心力矩，6 組，每組 12 下)，結果顯示運動後 24 到 72 小時的 LDH 活性皆顯著高於基準值。本研究，先發投手與救援投手在投球後瞬間的平均 LDH 活性呈現高於基準值的趨勢，其中先發投手顯著性為 0.08，接近顯著。LDH 結果與 CK 相同，在投球後立刻的肌肉損傷程度與基準值無顯著差異。顯示棒球投手投球後肌肉損傷程度在生化指標 CK 與 LDH 上並不明顯，經過 30 分鐘休息後，LDH 活性已經開始下降。Ferri 等 (2006) 的結果指出，小腿以 70%最大肌力進行離心收縮 10 組，每組 10 次後的瞬間與 30 分鐘後，血液中 LDH 與基準值並無顯著差異，與本實驗結果相同。Potteiger 等人 (1992) 的棒球投手實驗結果發現，投球後 LDH 最高點發生在受測後 6 小時，接著開始下降，本實驗也與 Potteiger 等人 (1992) 的實驗結果相類似。

先發投手投球後瞬間及休息 30 分鐘後的肌紅蛋白濃度顯著高於基準值，24 小時後恢復至與基準值無顯著差異，救

援投手投球後 30 分鐘肌紅蛋白呈現增加的趨勢，顯著性為 0.059，先發與救援投手在投球後 24 小時，肌紅蛋白濃度均恢復至基準值。Kostopoulos 等人 (2004) 以籃球選手為對象，進行模擬籃球比賽的實驗，結果發現肌紅蛋白一直到受測後四天仍顯著高於受測前，Ahmadi 等人 (2008) 以 6 個月內未接受肌力訓練者為對象，進行 40 分鐘的下坡走，坡度為 -25%，速度 6.4 km/h，結果發現，測驗後瞬間與 5 天後的肌紅蛋白濃度顯著高於受測前。Jamurtas 等 (2005) 以健康男性為對象，進行手臂的離心收縮測驗 (75%最大離心力矩，6 組，每組 12 下)，結果發現肌紅蛋白在 72 小時後的濃度顯著高於 baseline。Lavender and Nosaka (2008) 以年輕男子為對象，進行手臂離心收縮測驗 (40%最大等長收縮肌力，6 組，每組 5 下)，結果顯示，受測後血液中肌紅蛋白濃度在第三天達到最高，約 900 ng/ml。

在本研究中，先發投手與救援投手在投球後的肌紅蛋白濃度最高分別為 95.0 ± 22.1 ng/ml 及 74.6 ± 14.6 ng/ml，與 Lavender and Nosaka (2008) 的結果有很大的差距 (最高濃度為 900 ng/ml)，也與 Jamurtas 等 (2005) 的結果有很大的差距 (最高濃度為 752 ng/ml)，造成此現象的可能原因之一應為棒球投手在每局投球結束後，有約 5 分鐘的休息時間，如此長的休息時間，使肌肉得到較足夠的休息，減少投球累積造成的傷害。

本研究針對 7 名先發投手進行 COMP 的探討，結果發現投球後 COMP 的濃度與基準值並無顯著差異，Kersting 等 (2005) 以受過有氧耐力訓練的選手為對象，進行 1 小時的高速跑測驗，結果顯示，跑步後瞬間的 COMP 濃度與跑步前未

達顯著差異。Neidhart 等 (2000) 以有氧耐力選手為對象，進行非比賽性的馬拉松測驗，結果顯示，跑完 31、42 公里及結束測驗後的 2 小時，其 COMP 濃度皆顯著高於受測前，經過 24 小時後則與受測前無差異。Kim, Lee, Kim (2007) 以受過訓練的超級馬拉松選手為對象，觀察其經過 200 公里超級馬拉松測驗後的影響，結果顯示，跑步經過 100 與 200 公里後，血液中 COMP 濃度皆顯著高於受測前。

目前仍缺乏以無氧動力為運動類型的 COMP 相關實驗，大多數都是以跑步型態來做測驗，且長跑佔大多數，這是因為研究顯示受過長跑訓練的人當中，有 76% 以上的人都有膝蓋上的疾病 (van Mechelen, 1992)。棒球投手的投球過程屬於無氧運動，與 Kersting 等 (2005) 的結果相同，在投球後血液中 COMP 濃度與投球前未達顯著差異，顯示單一一次模擬投球 90 球的投球負荷對軟骨的耗損並沒有太大的影響。

血乳酸的結果發現，救援投手在投球後的瞬間與 30 分鐘後，血乳酸皆顯著高於基準值，先發投手雖然血乳酸在投球後瞬間也有較基準值增加的趨勢 ($p = 0.057$)，顯示投手投球後瞬間的血乳酸濃度會增加，與 Itoh and Ohkuwa (1991) 針對短跑選手進行實驗的結果相同，在無氧動力過程，血液中血乳酸濃度會迅速增加。Butios and Tasika (2006) 以跆拳道選手為對象，進行模擬比賽的實驗，結果也發現 3 回合比賽結束後，血乳酸濃度會顯著增加。Chen, Nosaka and Tu (2007) 以健康男性為對象分別進行 65%、75% 和 85% 最大攝氧量的下坡跑，結果顯示，運動後瞬間的血乳酸濃度皆顯著高於運動前。棒球運動的動作都是非常短暫、快速、且具爆發性的 (黃世魁、林文郎，1997)，所以，棒球運動的能量大部分來

自於無氧非乳酸系統（ATP-PC）（莊廷玉、李來發，2007；Kindall, 1992）。本研究中投手投球後血乳酸濃度上升較類似能量系統的運動並不明顯，推測應為投手在投球後，局與局之間有獲得約 5 分鐘的休息機會，且血乳酸的代謝是持續在進行的，研究顯示，乳酸被心肌和骨骼肌當成是一種受質，轉化成丙酮酸，接著進入粒線體進行克氏循環（Krebs Cycle）產生能量。

Cluck (1994)認為一名成功投手應具備的條件之一就是能夠妥善地照顧自己的手臂，投球數過多常使得投手的手臂不堪負荷，投手肘（Pitcher elbow）是一個很常在棒球投手看到的運動傷害，研究顯示，投球時，肘關節內側會承受很大的張力，在肘關節外側也須承受同等大小的壓力，因此產生投手肘的症狀方面，最先是在內側有疼痛、無力感，手握拳或手腕彎曲時肘關節內側會有疼痛的現象（Matsuo 等人，2006），肘關節外側則因壓力使橈骨頭跟肱骨外髁處產生壓力，使外髁產生壓迫性的傷害，形成一種很特殊外髁骨頭壞死現象。

血液生化指標雖已經普遍地被用來判斷肌肉損傷的程度及運動強度，但以棒球投手為對象的文獻並不多，壘球投手更是不曾出現，因棒球投球是屬於無氧高強度間歇運動，加上肌肉在加速期多以離心收縮為主，與其他類似運動型態文獻相較之下，棒球投手的肌肉損傷程度並不劇烈，且負荷強度以血乳酸做研究標的的情況下，投球後雖然血乳酸濃度有顯著上升，但上升幅度並不高。

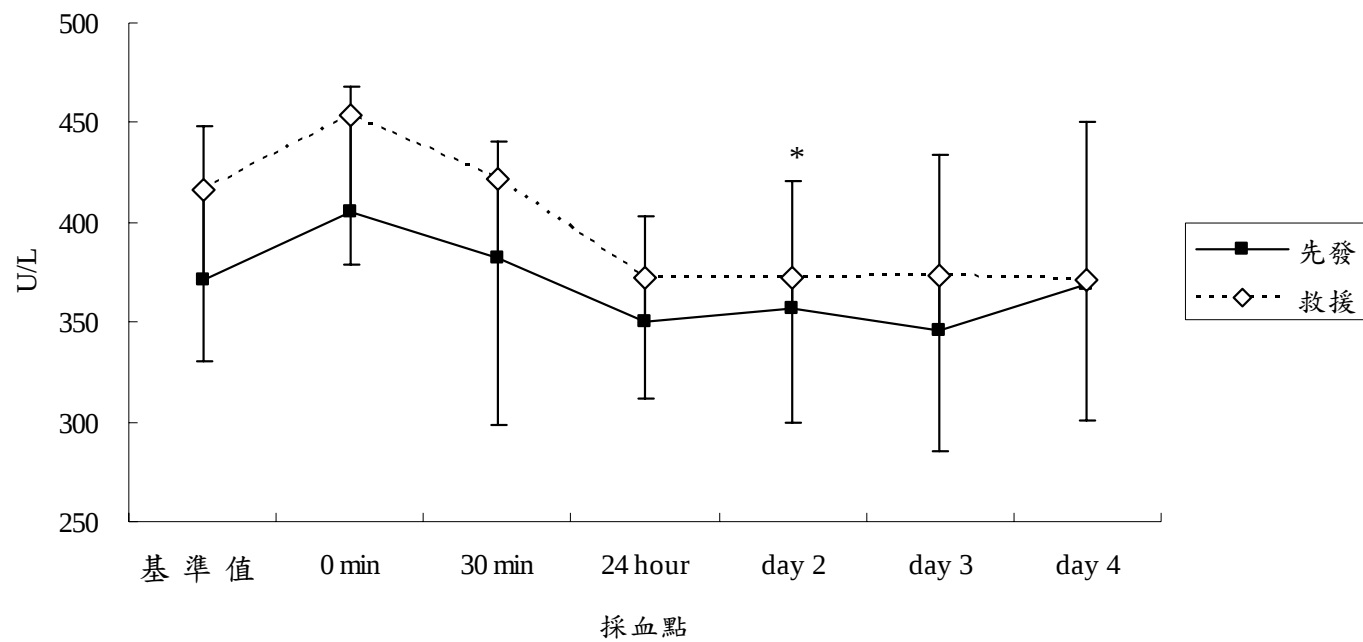
影響棒球投手投球成績好壞的因素有很多，包括生理特質、心理特質、團隊、戰術、技術等等，本篇研究結果顯示

先發投手在投 90 球後肌肉損傷經過 24 小時的休息後即可恢復到與 baseline 差不多的水準，救援投手更是在投 30 球後，肌肉損傷指標皆與投球前沒有顯著差異，為了避免手臂過度疲勞，又擔心休息過久會影響投球感覺，建議先發投手投 90 球後休息一天，即可進行投球練習，而救援投手投 30 球之內，則可於隔天出賽。

本篇論文的受試者為甲組成棒選手，因訓練不能停止的因素，受試者在模擬比賽過程投球結束後，僅能口頭上提醒在 4 天內儘量避免高強度運動，以免影響實驗結果。但投手必須經常性的練投，在實驗前亦未限制受試者停止訓練幾天，因此，會看到部份受試者在基準值的血液生化指標偏高的現象。本研究探討的肌肉與軟骨損傷指標在投球後改變並不顯著，或一天內即恢復正常，可能單一次的 90 球投球並不會造成肌肉與關節軟骨顯著的傷害，常見的投手運動傷害可能是長期過度使用累積而成。韌帶的損傷由於缺乏可信的生化指標，因此本研究並未探討。未來若要從事這方面的實驗，建議跟教練溝通好，讓受試者於受測前有充分的休息，在實驗後亦可避免高強度運動，讓影響實驗結果的變數減到最低。另外，本篇論文是針對先發投手與救援投手做比較，建議未來可嘗試針對救援投手連續場次出賽的結果進行研究，探討連續出賽對肌肉損傷及球速的影響。

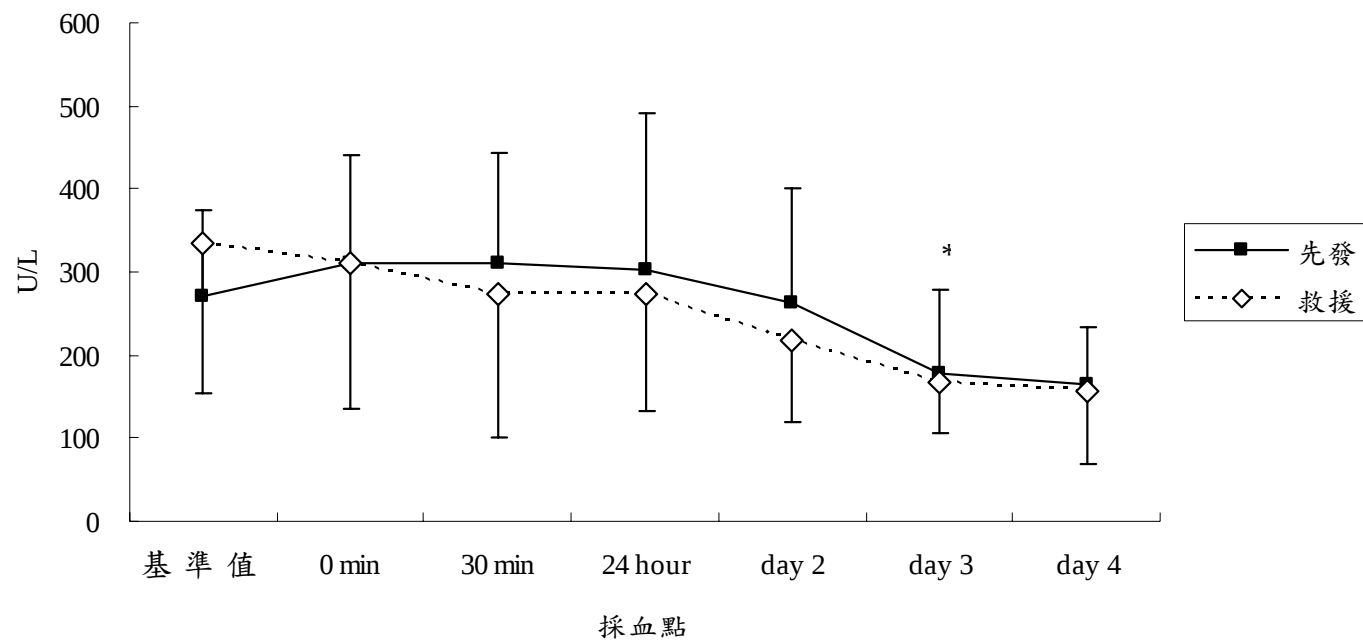
表一、受試者基本資料

類型	人數	年齡（歲）	身高（m）	體重（kg）	BMI（kg/m ² ）	體脂率（%）
全部	14	20 ± 1.8	1.80 ± 0.05	79.8 ± 10.7	24.5 ± 2.7	17.0 ± 5.3
先發投手	7	20 ± 1.8	1.81 ± 0.04	77.8 ± 7.3	23.6 ± 2.0	14.6 ± 4.5
救援投手	7	20 ± 1.8	1.79 ± 0.06	81.9 ± 12.9	25.4 ± 3.0	19.4 ± 4.8



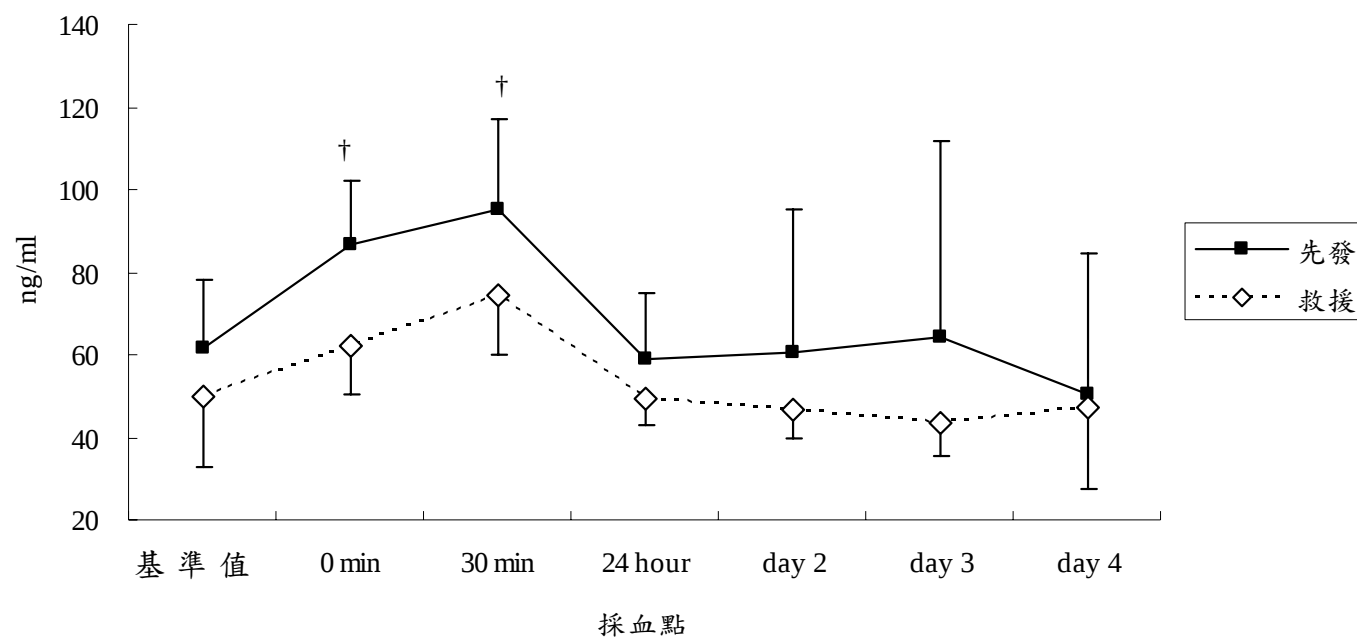
* 救援投手：與基準值達顯著差異 ($p < 0.05$)

圖一、先發投手與救援投手各時間點血清 LDH 活性



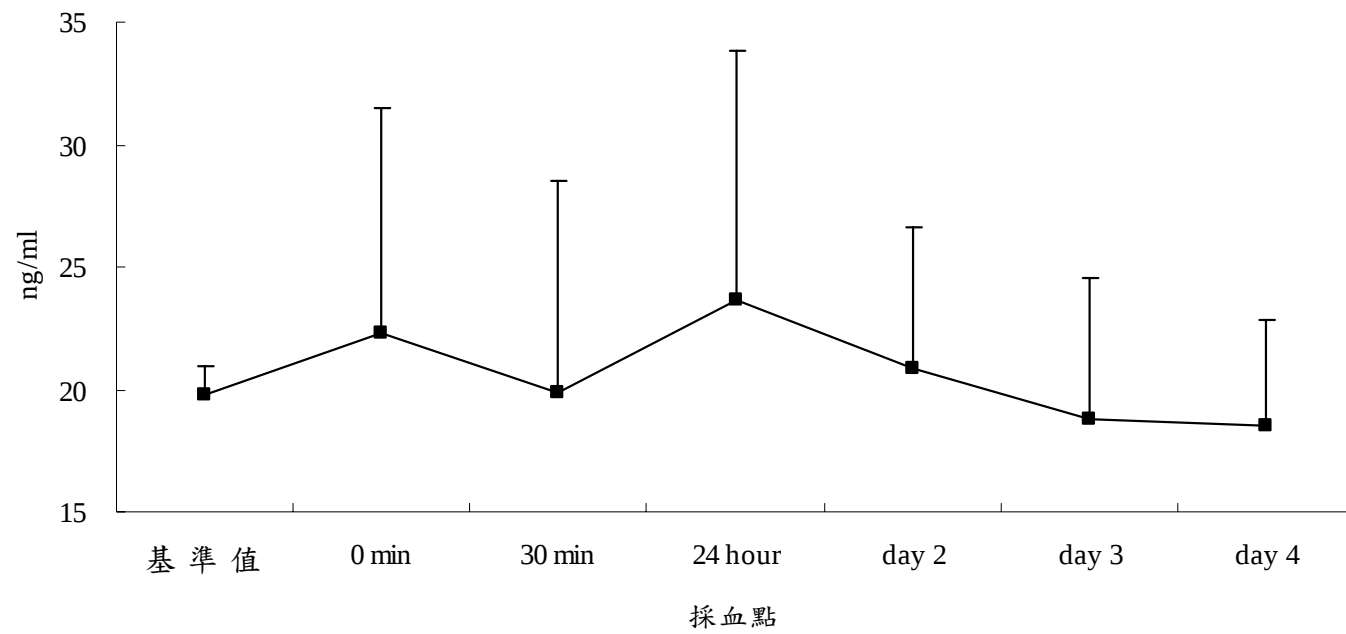
* 救援投手：與基準值達顯著差異 ($p < 0.05$)

圖二、先發投手與救援投手各時間點血清 CK 活性

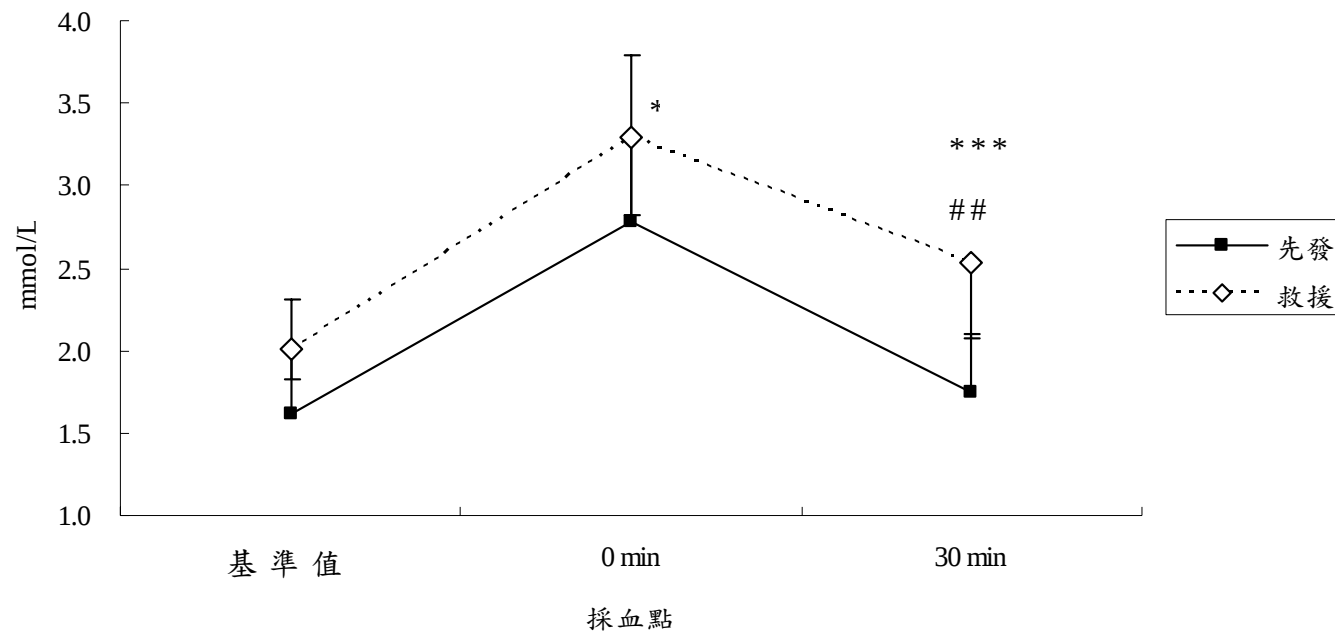


† 先發投手：與基準值達顯著差異 ($p < 0.05$)

圖三、先發投手與救援投手各時間點血清肌紅蛋白濃度



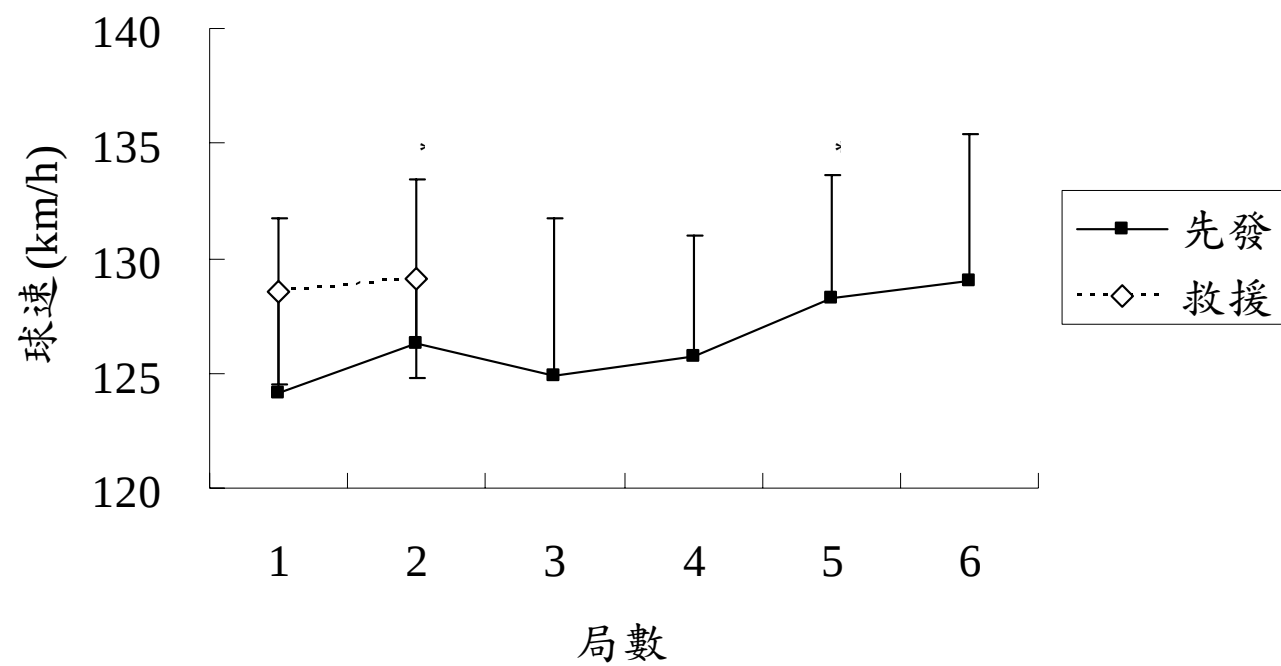
圖四、先發投手各時間點血清 COMP 濃度



* 救援投手：與基準值達顯著差異 ($p < 0.05$) *** 救援投手：與基準值達極為顯著差異 ($p < 0.001$)

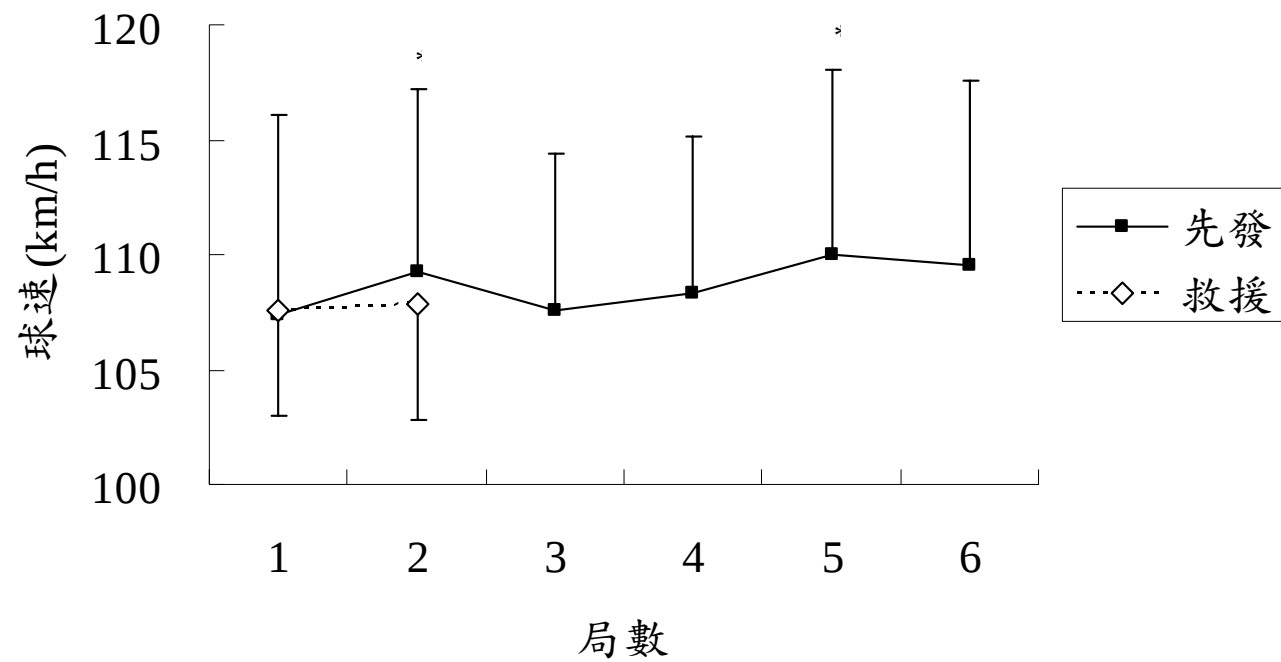
先發投手與救援投手達非常顯著差異 ($p < 0.005$)

圖五、先發投手與救援投手各時間點血清血乳酸濃度



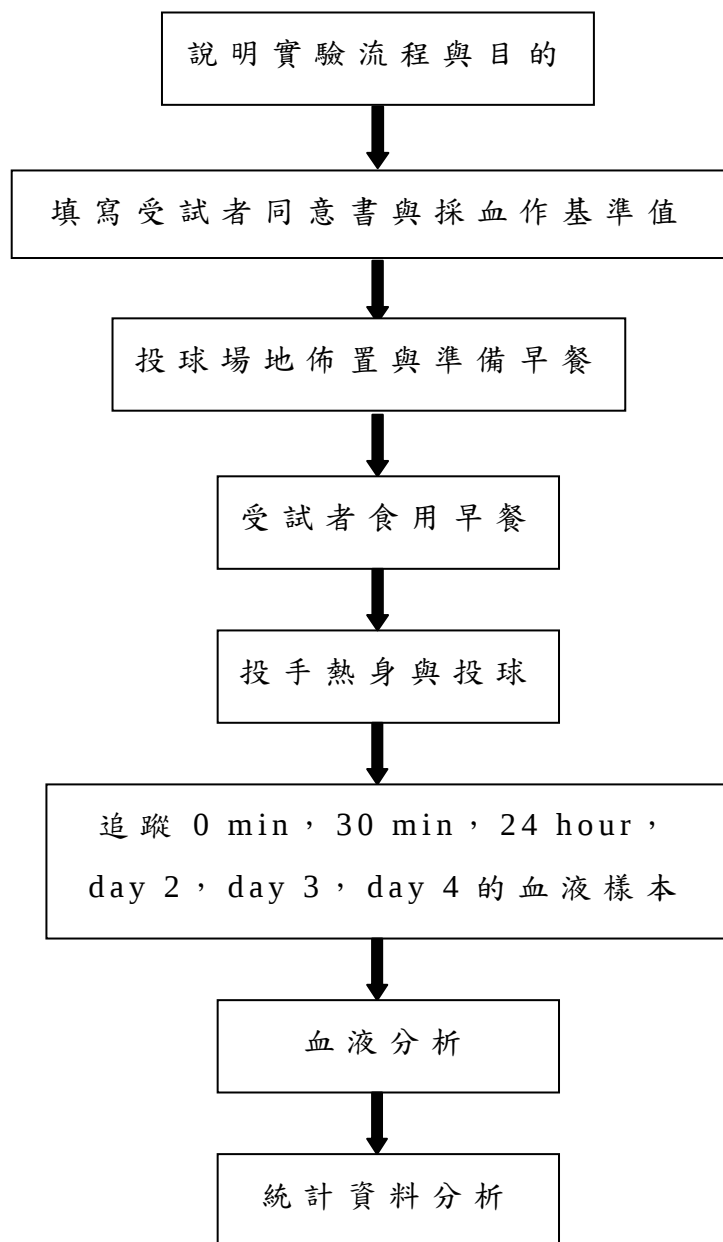
* 先發投手：與第一局球速達顯著差異 ($p < 0.05$)

圖六、先發投手與救援投手直球投球量與球速之關係



* 先發投手：與第一局球速達顯著差異 ($p < 0.05$)

圖七、先發投手與救援投手變化球投球量與球速之關係



圖八、實驗流程

參考文獻

- 莊廷玉、李來發 (2007)。2005 年莊勝雄棒球教室－投手訓練實務介紹。大專體育，88，45-50。
- 林澤民、陳紹廉、劉堂安 (2007)。足球運動對血液中肌酸激酶濃度的影響。國立台灣體育學院學報，20，61-78。
- 陽愛紅、史豔莉、馬玉敏 (2007)。優秀女子賽艇運動員比賽前後血乳酸、血尿素及血清肌酸激酶跟蹤測試。中國組織工程研究與臨床康復。11(39)，7920-7923。
- 林光宏 (2007)。棒球投手。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。
- 黃奕仁、吳慧君、陳文茹、林孟賢 (2004)。24 小時超級馬拉松對跑者肝膽功能之影響。大專體育學刊，6(1)，275-283。
- 沈子斐 (2002)。探討血紅素、血漿肌酸激酶及血尿素氮在三週武術訓練之應用。大專體育學刊，4(2)，141-148。
- 林貴福、徐臺閣、吳慧君 (譯) (2002)。運動生理學：體適能與運動表現的理論與應用。台北市：藝軒。(Powers, S. K., & Howley, E. T., 2001)
- 詹貴惠、杜美華、廖學勇、許美智 (2001)。六天桌球多球訓練期間之運動負荷生化值的探討。體育學報，31，259-270。
- 林正常、郭堉圻 (2001)。阻抗運動對肌酸激酶及丙二醛的影響。體育學報，31，35-46。
- 鄭桂玫、洪明吉 (2000)。肌酸激酶對肌肉運動傷害評估探討。大專體育，49，189-193。
- 田振軍、石磊、劉小傑、熊正英 (2000)。過度訓練對大鼠血

- 清 CK、LDH、SOD、SDH 活性及 UMb 含量影響的研究。 *中國運動醫學雜誌*，19(1)，49-50。
- 陳忠慶 (1999)。肌肉損傷引起的原因與修補作用。 *中華體育季刊*，13，3，89-95。
- 詹貴惠、許美智、蔡溫義 (1998)。舉重選手重量訓練後血液生化值的變化。 *中華體育季刊*，12(2)，79-85。
- 林文郎、何忠鋒 (1998)。血乳酸與運動之探討。 *大專體育*，40，115-124。
- 黃士魁、林文郎 (1997)。淺談成功球隊的靈魂人物－投手。 *大專體育*，33，70-77。
- 林文強 (1996)。 *運動負荷的生化評定*。廣州：廣東高等教育出版社。
- 王永盛 (1994)。 *現代運動訓練*。北京：北京體育大學出版社。
- 馮煒權、翁慶章 (1990) *血乳酸與運動訓練－應用手冊*。北京：人民體育出版社。
- Abraham, W. M. (1977). Factors in delayed muscle soreness. *Medicine and Science in Sports*, 9(1), 11-20.
- Ahmadi, S., Sinclair, P. J., & Davis, G. M. (2008). Muscle oxygenation after downhill walking-induced muscle damage. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 28(1), 55-63.
- Armstrong, R. B. (1984). Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16(6), 529-538.
- Butios, S., & Tasika, N. (2007). Changes in heart rate and

- blood lactate concentration as intensity parameters during simulated Taekwondo competition. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(2), 179-185.
- Cadefau, J., Green H. J., Cusso, R., Ball-Burnett, M., & Jamieson, G. (1994). Coupling of muscle phosphorylation potential to glycolysis during work after short-term training. *Journal of Applied Physiology*, 76, 2586-2593.
- Chen, T. C., Nosaka, K., & Tu, J. H. (2007). Changes in running economy following downhill running. *Journal of Sport Sciences*. 25(1), 55-63.
- Cheung, K., Hume, P., & Maxwell, L. (2003). Delayed onset muscle soreness : treatment strategies and performance factors. *Sports Medicine*, 33(2), 145-164.
- Clarkson, P. M. (2007). Exertional rhabdomyolysis and acute renal failure in marathon runners. *Sports Medicine*, 37(4-5), 361-363.
- Cluck, B. (1994). *Play better baseball: winning techniques and strategies for coaches and players*. Chicago, IL: Contemporary Books.
- Costill, D. L., Coyle, E. F., Fink, W. R., & Witzmann, F. A. (1979). Adaptations in skeletal muscle following strength training. *Journal of Applied Physiology* 46, 96-99.
- Driessen, M. F., Bar, P. R., Scholte, H. R., Hoogeraad, T. U., & Luyt-Howen I. E. M. (1987). A striking correlation

- between muscle damage after exercise and mitochondrial dysfunction in patients with chronic progressive external ophthalmoplegia. *Journal of Inherited Metabolic Diseases*, 10, 252-255.
- Ebbeling, C. B., & Clarkson, P. M. (1989). Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Medicine*, 7(4), 207-234.
- Ferri, A., Narici, M., Grassi, B., & Pousson, M. (2006). Neuromuscular recovery after a strength training session in elderly people. *European Journal of Applied Physiology*, 97(3), 272-279.
- Forslind, K., Eberhardt, K., Jonsson, A., & Saxne, T. (1992). Increased serum concentration of cartilage oligomeric matrix protein. A prognostic marker in early rheumatoid arthritis. *British Journal of Rheumatology*, 31, 593-598.
- Gass, G. C., Rogers, S., & Mitchell, R. (1981). Blood lactate concentration following maximum exercise in trained subjects. *British Journal of Sports Medicine*, 15(3), 172-176.
- Gollnick, P. D., & Hermansen, L. (1973). Biochemical adaptation to exercise: anaerobic metabolism. *Exercise Sports Science Review*, 1, 1-43.
- Green, H. J., Helyar, R., Ball-Burnett, M., Kowalchuk, N., Symon, S., & Farrance, B. (1992). Metabolic adaptations to training precede changes in muscle

- mitochondrial capacity. *Journal of Applied Physiology*, 72, 484-491.
- Hedbom, E., Antonsson, P., Hjerpe, A., Aeschlimann, D., Paulsson, M., Rosa-Primentel, E., et al (1992). Cartilage matrix proteins: an acidic oligomeric protein (COMP) detected only in cartilage. *The Journal of Biological Chemistry*, 267, 6137-6141.
- Hultman, E., & Sahlin, K. (1980). Acid-base balance during exercise. *Exercise and Sport Science Reviews*, 8, 41-128.
- Hyatt, J. P., & Clarkson, P. M. (1998). Creatine kinase release and clearance using MM variants following repeated bouts of eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(7), 1059-1065.
- Itoh, H., & Ohkuwa, T. (1991) Ammonia and lactate in the blood after short-term sprint exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 62, 22-25.
- Jacobs, I., Esbjornsson, M., Sylven, C., Holm, I., & Jansson, E. (1987). Sprint training effects on muscle myoglobin, enzyme, fiber types, and blood lactate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19, 368-374.
- Jamurtas, A. Z., Theocharis, V., Tofas, T., Tsiokanos, A., Yfanti, C., Paschalis, V., et al. (2005). Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage. *European Journal of Applied Physiology*, 95(2-3),

179-185.

- Kersting, U. G., Stubendorff, J. J., Schmidt, M. C., & Bruggemann, G. P. (2005). Changes in knee cartilage volume and serum COMP concentration after running exercise. *Osteoarthritis Cartilage*, 13(10), 925-934.
- Kim, H. J., Lee, Y. H., & Kim, C. K. (2007). Biomarkers of muscle and cartilage damage and inflammation during a 200 km run. *European Journal of Applied Physiology*, 99(4), 443-447.
- Kindall, J. (1992). *Science of coaching baseball*. Champaign, IL: Leisure Press.
- Kostopoulos, N., Fatouros, I. G., Siatitsas, I., Baltopoulos, P., Kambas, A., Jamurtas, A. Z., et al. (2004). Intense basketball-simulated exercise induces muscle damage in men with elevated anterior compartment pressure. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 451-458.
- Lavender, A. P., & Nosaka, K. (2006). Comparison between old and young men for changes in marker of muscle damage following voluntary eccentric exercise of the elbow flexors. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 31(3), 218-225.
- Matsuo, T., Fleisig, G. S., Zheng, N., & Andrews, J. R. (2006). Influence of shoulder abduction and lateral trunk tilt on peak elbow varus torque for college baseball pitchers during simulated pitching. *Journal of Applied*

Biomechanics, 22(2), 93-102.

- Mündermann, A., Dyrby, C. O., Andriacchi, T. P., & King K. B. (2005). Serum concentration of cartilage oligomeric matrix protein (COMP) is sensitive to physiological cyclic loading in healthy adults. *Osteoarthritis and Cartilage*, 13(1), 34-38.
- Neidhart, M., Hauser, N., Paulsson, M., DiCesare, P. E., Michel, B. A., & Hauselmann, H. J. (1997). Small fragments of cartilage oligomeric matrix protein in synovial fluid and serum as markers for cartilage degradation. *British Journal of Rheumatology*, 36(11), 1151-1160.
- Neidhart, M., Muller-Ladner, U., Frey, W., Bosserhoff, A. K., Colombani, P. C., Frey-Rindova, P., et al. (2000). Increased serum levels of non-collagenous matrix proteins (cartilage oligomeric matrix protein and melanoma inhibitory activity) in marathon runners. *Osteoarthritis and Cartilage*, 8(3), 222-229.
- Nosaka, K., & Clarkson, P. M. (1996a). Variability in serum creatine kinase response after eccentric exercise of the elbow flexors. *International Journal of Sports Medicine*, 17, 120-127.
- Nosaka, K., & Clarkson, P. M. (1996b). Changes in indicators of inflammation after eccentric exercise of the elbow flexors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, 953-961.

- Nosaka, K., Newton, M., & Sacco, P. (2002). Muscle damage and soreness after endurance exercise of the elbow flexors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(6), 920-927.
- Paschalis, V., Giakas, G., Baltzopoulos, V., Jamurtas, A. Z., Theoharis, V., Kotzamanidis, C., et al. (2007). The effects of muscle damage following eccentric exercise on gait biomechanics. *Gait Posture*, 25(2), 236-242.
- Phillips, S. M., Green, H. J., Tarnopolsky, M. A., Heigenhauser, G. J., & Grant, S. M. (1996). Progressive effect of endurance training on metabolic adaptations in working skeletal muscle. *American Journal of Physiology*, 270, E265-E272.
- Potteiger, J. A., Blessing, D. L., & Wilson, G. D. (1992). Effects of varying recovery periods on muscle enzymes, soreness, and performance in baseball pitchers. *Journal of Athletic Training*. 27(1), 27-31.
- Rodas, G., Ventura, J. L., Cadefau, J. A., Cusso, R., & Parra, J. (2000). A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. *European Journal of Applied Physiology*, 82(5-6), 480-486.
- Shoemaker, J. K., Phillips, S. M., Green, H. J., & Hughson, R. L. (1996). Faster femoral artery blood velocity kinetics at the onset of exercise following short-term training. *Cardiovascular Research*, 31, 278-286.

- Skoumal, M., Kolarz, G., & Klingler, A. (2003). Serum levels of cartilage oligomeric matrix protein. A predicting factor and a valuable parameter for disease management in rheumatoid arthritis. *Scandinavian Journal of Rheumatology*, 32, 156-161.
- van Mechelen, W. (1992). Running injuries. A review of the epidemiological literature. *Sports Medicine*, 14(5), 320-335.
- Takashima, W., Ishii, K., Takizawa, K., Yamaguchi, T., & Nosaka, K. (2007) Muscle damage and soreness following a 50-km cross-country ski race. *European Journal of Sport Science* , 7(1), 27-33.
- Weber, M. A., Kinscherf, R., Krakowski-Roosen, H., Aulmann., Renk, H., Kunkele, A., et al. (2007). Myoglobin plasma level related to muscle mass and fiber composition-a clinical marker of muscle wasting? *Journal of Molecular Medicine*, 85(8), 887-896.

附錄一、受試者同意書

學術研究受試者同意書

本書表應向受試者說明詳細內容，並請受試者經過慎重考慮後方得簽名

您被邀請參與此研究，本表格提供您有關本研究之相關資訊。

計畫名稱	甲組棒球投手之賽後恢復過程		
計畫主持人	林華韋	機構名稱	台灣體院
		部門/職稱	競技運動學系
		電話/分機	04-22213108*2260
		手機	
共同主持人	張振崗	部門/職稱	運科中心
		電話/分機	04-22213108*2211
		手機	
計畫聯絡人	蔡承諭	手機	0963-262373
受試者姓名		出生年月日	
聯絡電話		緊急聯絡電話	
通訊地址			
一、試驗目的	探討甲組棒球投手先發與救援投球後之肌肉傷害與荷爾蒙平衡之恢復過程		
二、試驗方法與程序	略		
三、身心上可能導致之副作用、不適或危險	本研究需進行多次抽血，將從非慣用手手肘處抽血，每次抽血量約 6 cc，可能會感覺疼痛，但不會對健康或運動表現有任何負面的影響。		
四、預期試驗效果	本研究將可了解甲組棒球投手先發與救援投球後之肌肉損傷、荷爾蒙平衡之恢復過程，可做為安排先發投手輪值，以及救援投手出場頻率與時機之參考。		
五、隱私權保護	研究執行單位對於檢查結果將絕對保密，一個研究的號碼會取代受試者的姓名，試驗所得資料可能發表於學術性雜誌，但受試者姓名將不會公佈，受試者之隱私將予絕對保密，本研究中所取得的血液檢體也絕對不外流。		

六、受試者簽名	1. 我已經詳細閱讀以上資料，研究人員已經對我詳細解釋內容，相關研究人員也已經回答我所有的疑問。 2. 我知道如果我以後有問題，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。 3. 我瞭解在試驗期間我有權隨時通知研究執行單位，退出試驗，而不會遭受處罰或損失應得之利益。 4. 本人同意參加本研究，同意本計畫研究人員使用我的血液檢體進行分析，且我將盡力遵循與配合所有研究的步驟。 受試者簽名：_____日期：__年__月__日
-----------------------	--

附錄二、投球前飲食內容表與製造商

品名	製造商	電話	購買地點
楓康鮮奶超綿吐司	興農股份有限公司	04-26933841	興農超市
大湖草莓果醬	大湖鄉農會	037-993232	興農超市
光泉高鈣牛乳	光泉牧場股份有限公司	0800-092898	興農超市

附錄三、受試者飲食內容

受試者	體重	吐司(克)	果醬(克)	牛奶(克)	總 CHO 量(克)	總 FAT 量(克)	總 Protein 量(克)	總熱量(卡)
先發投手 A	74.5	120.2	62.9	200.0	111.8	12.6	19.6	638.8
救援投手 A	90.5	151.6	79.3	200.0	135.8	14.7	23.7	770.1
先發投手 B	85.5	141.8	74.2	200.0	128.3	14.1	22.4	729.1
救援投手 B	56.5	84.9	44.4	200.0	84.8	10.3	14.9	491.1
先發投手 C	75.6	122.4	64.0	200.0	113.4	12.8	19.9	647.9
救援投手 C	72.3	115.9	60.6	200.0	108.5	12.3	19.0	620.8
先發投手 D	73.6	118.4	61.9	200.0	110.4	12.5	19.4	631.5
救援投手 D	84.3	139.4	72.9	200.0	126.5	13.9	22.1	719.3
先發投手 E	85.0	140.8	73.6	200.0	127.5	14.0	22.3	725.0
救援投手 E	94.5	159.4	83.4	200.0	141.8	15.2	24.7	803.0
先發投手 F	64.7	101.0	52.8	200.0	97.1	11.3	17.1	558.4
救援投手 F	95.6	161.6	84.5	200.0	143.4	15.4	25.0	812.0
先發投手 G	85.4	141.6	74.1	200.0	128.1	14.0	22.4	728.3
救援投手 G	79.7	130.4	68.2	200.0	119.6	13.3	20.9	681.5

附錄四、先發投手與救援投手 LDH、CK、肌紅蛋白、COMP 於各採血點情形

分析項目	採血點 投球類型	基準值	0 min	30 min	24 hour	day 2	day 3	day 4	p-value
LDH (U/L)	先發 (n=7)	422.1 ± 82.0	467.6 ± 64.2	442.4 ± 59.0	407.0 ± 53.5	426.6 ± 70.2	411.1 ± 90.8	440.43 ± 85.8	0.115
	救援 (n=7)	416.3 ± 92.9	453.7 ± 81.4	421.7 ± 132.9	372.6 ± 66.2*	372.3 ± 78.5	373.7 ± 95.9	371.3 ± 76.8	0.031
CK (U/L)	先發 (n=7)	265.6 ± 102.6	319.7 ± 131.3	318.0 ± 134.4	310.7 ± 188.9	295.6 ± 164.8	281.3 ± 291.2	369.6 ± 544.1	0.982
	救援 (n=7)	334.0 ± 195.3	311.0 ± 188.4	273.0 ± 185.6	273.3 ± 151.1	216.6 ± 106.2	167.3 ± 67.0*	157.4 ± 96.0	0.012
肌紅蛋白 (ng/ml)	先發 (n=7)	61.6 ± 16.3	86.4 ± 15.8*	95.0 ± 22.1*	58.7 ± 16.2	60.6 ± 34.9	64.4 ± 47.3	50.3 ± 34.1	0.006
	救援 (n=7)	49.9 ± 17.3	62.3 ± 11.8	74.6 ± 14.6	49.4 ± 6.5	46.9 ± 6.9	43.3 ± 7.7	47.1 ± 19.5	0.024
COMP (ng/ml)	先發 (n=5)	19.84 ± 1.23	23.48 ± 9.56	21.24 ± 9.14	24.41 ± 10.35	22.43 ± 6.73	21.26 ± 8.00	19.14 ± 4.55	0.440

* 與基準值達顯著差異 (p < 0.05)

附錄五、先發投手與救援投手血乳酸於各採血點情形

分析項目	採血點 投球類型	基準值	0 min	30 min	p-value
血乳酸 (mmol/L)	先發 (n=7)	1.767 ± 0.792	2.669 ± 1.049	1.730 ± 0.360 ^{##}	0.039
	救援 (n=7)	2.009 ± 0.204	3.295 ± 0.510***	2.539 ± 0.497*	0.000

* 與基準值達顯著差異 (p < 0.05)

*** 與基準值達極為顯著差異 (p < 0.001)

^{##} 與救援投手達非常顯著差異 (p < 0.005)

附錄六、先發投手與救援投手之球速與投球量關係

先發投手						
局數	一	二	三	四	五	六
球種						
直球	124.1 ± 8.2	126.3 ± 7.7*	124.9 ± 7.4	125.7 ± 5.7	128.2 ± 5.8*	129.0 ± 7.0
變化球	107.4 ± 9.3	109.3 ± 8.6*	107.6 ± 7.3	108.3 ± 7.4	110.0 ± 8.7*	109.5 ± 8.7

* 與第一局球速達顯著差異

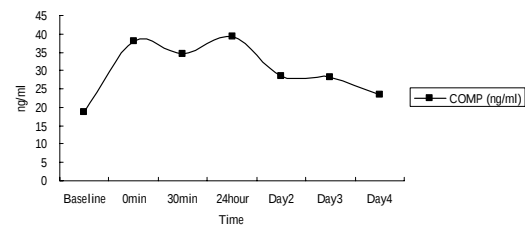
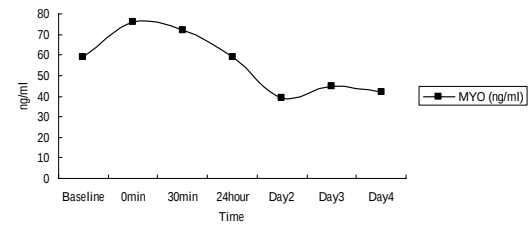
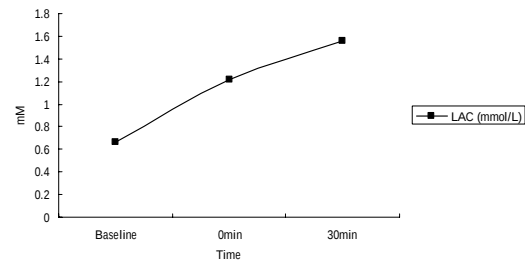
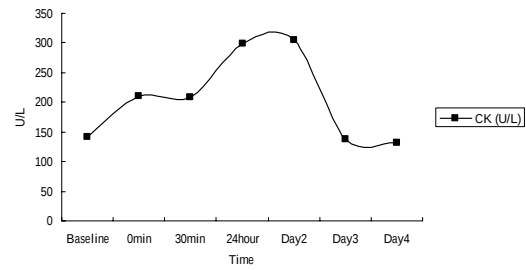
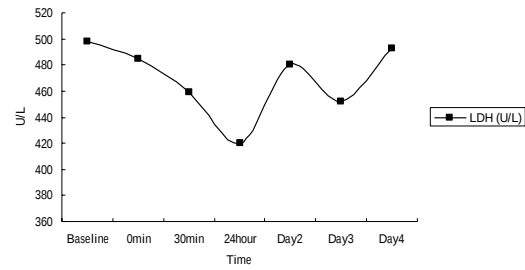
單位：km/h

救援投手		
局數	一	二
球種		
直球	128.5 ± 4.3	129.1 ± 4.7
變化球	107.6 ± 5.0	107.9 ± 5.5

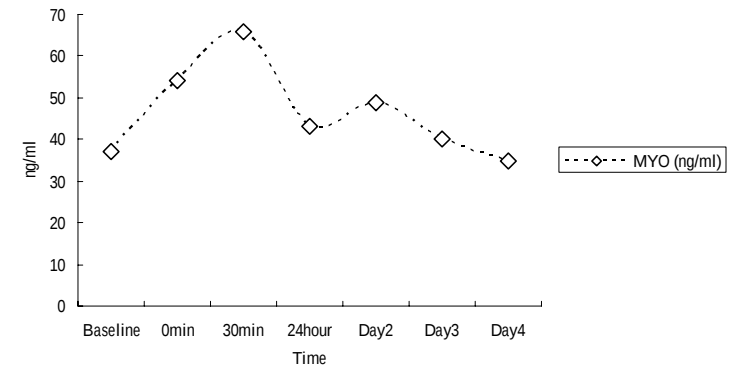
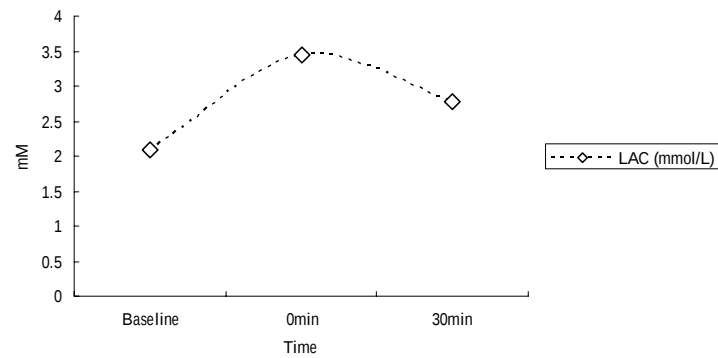
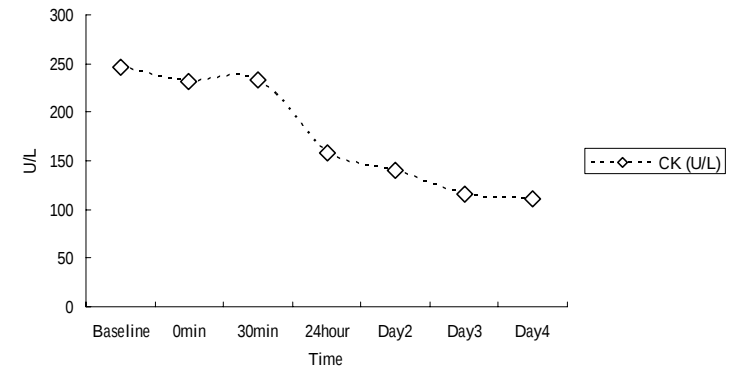
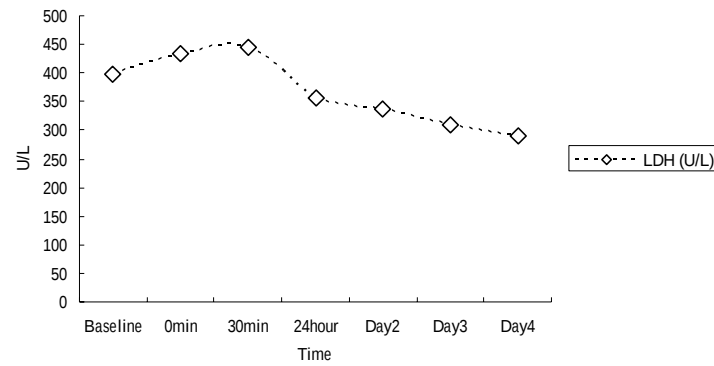
單位：km/h

附錄七、各受試者血液分析結果

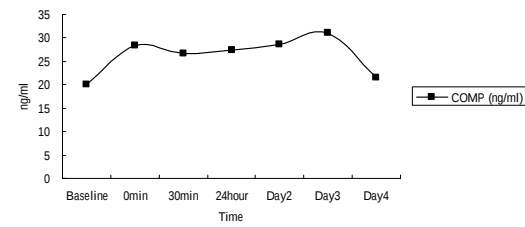
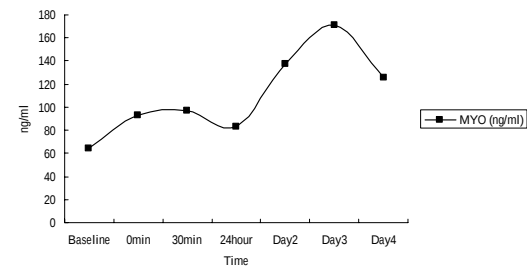
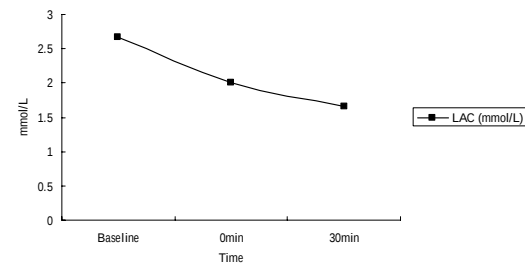
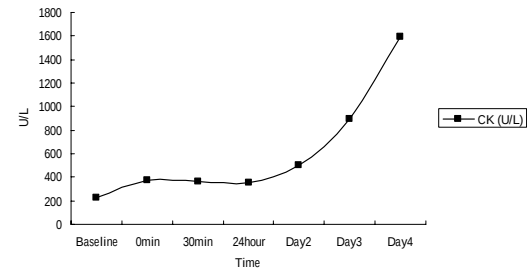
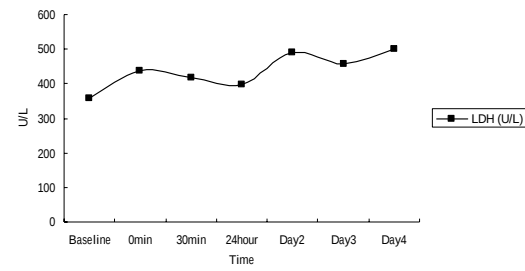
先發投手 A 分析結果



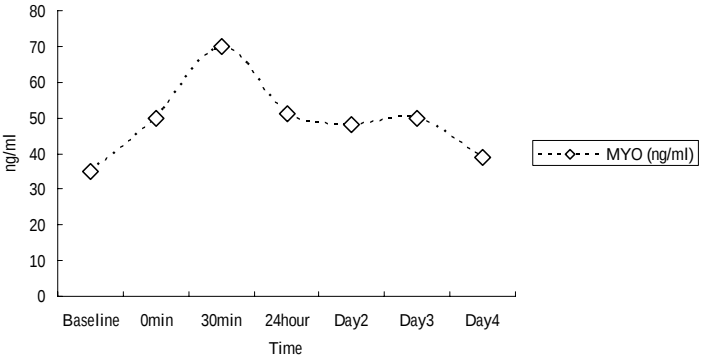
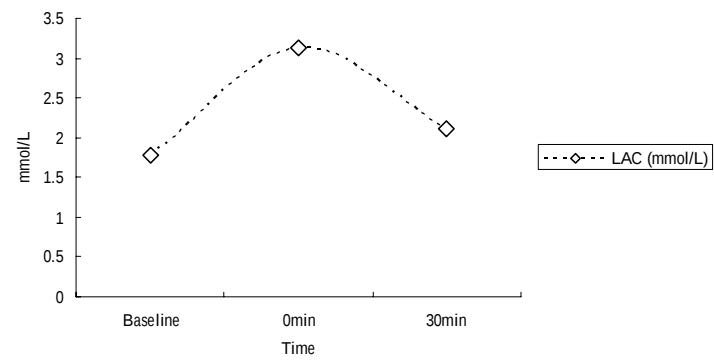
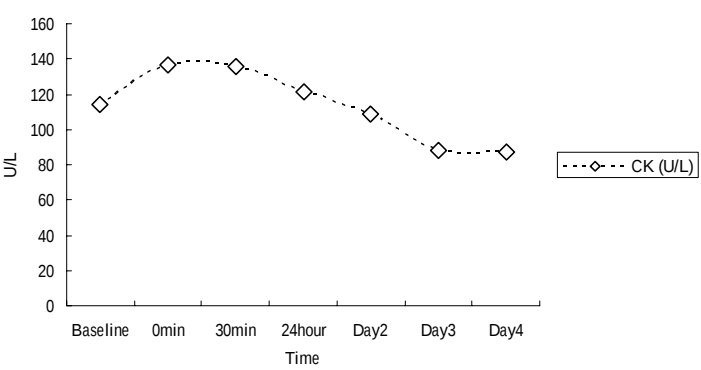
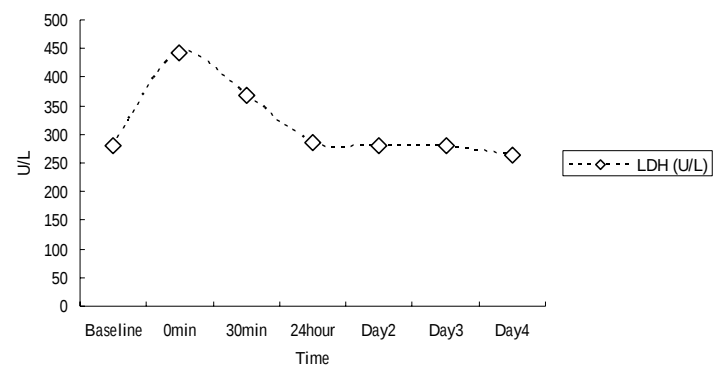
救援投手 A 分析結果



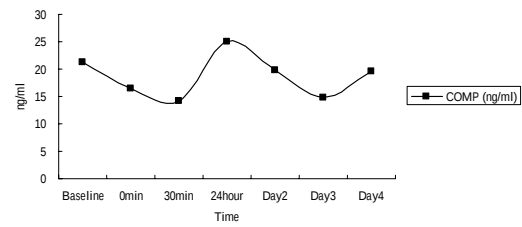
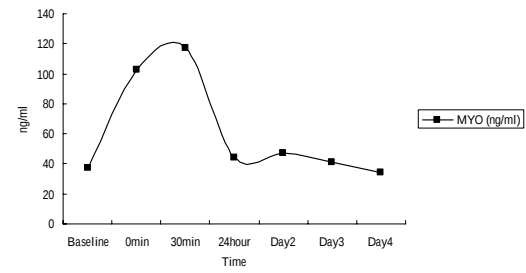
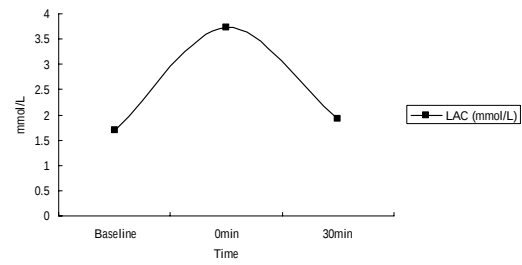
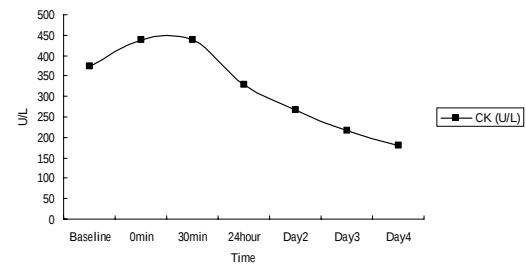
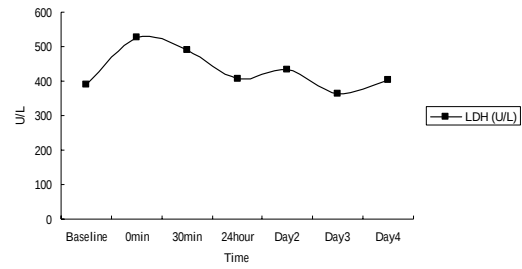
先發投手 B 分析結果



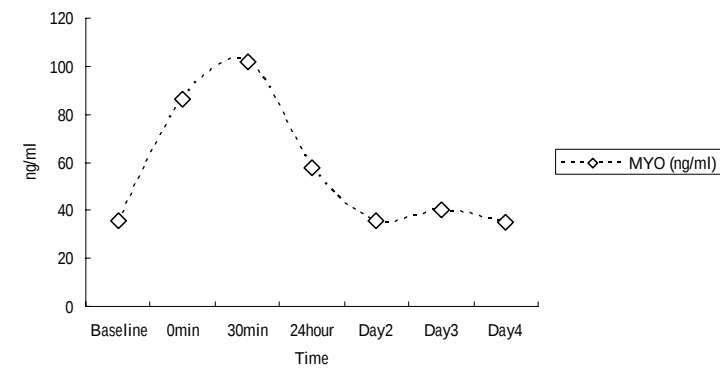
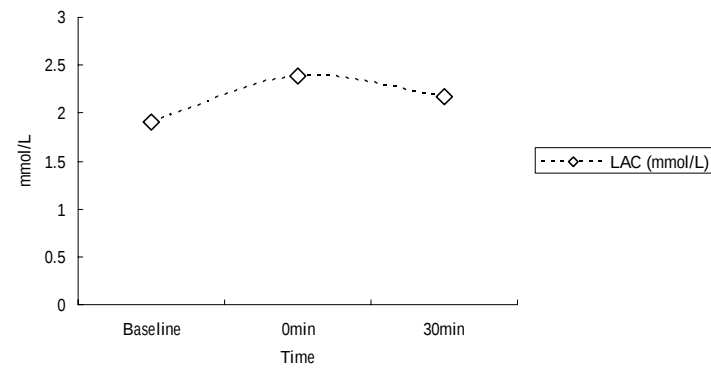
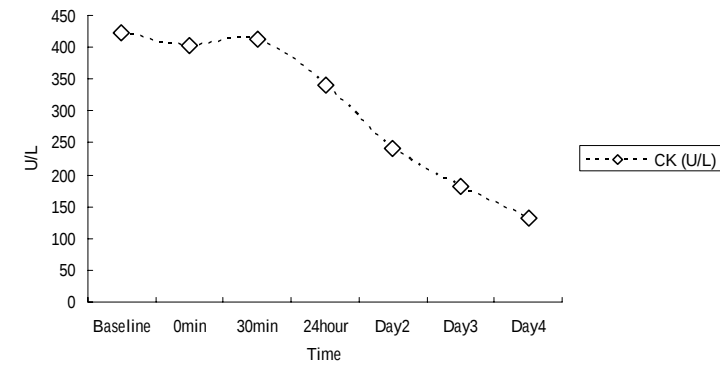
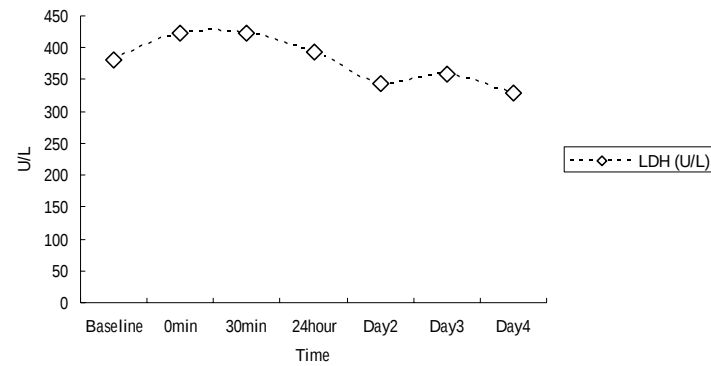
救援投手 B 分析結果



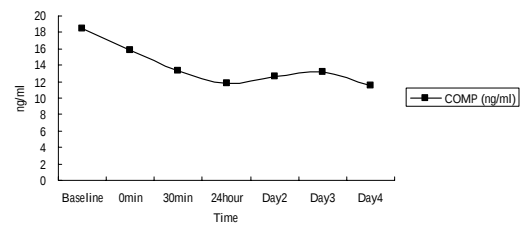
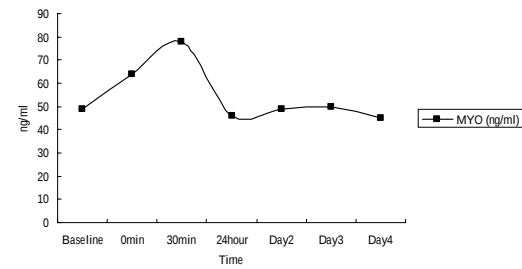
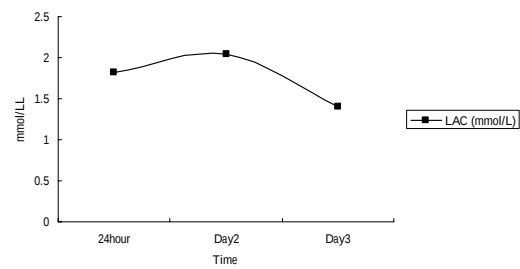
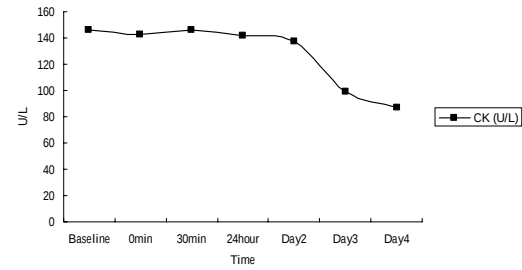
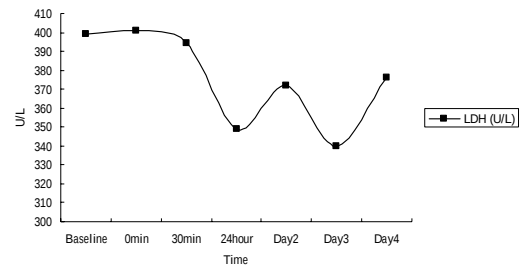
先發投手 C 分析結果



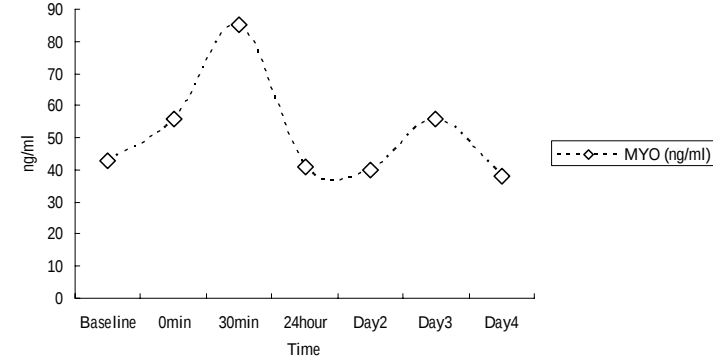
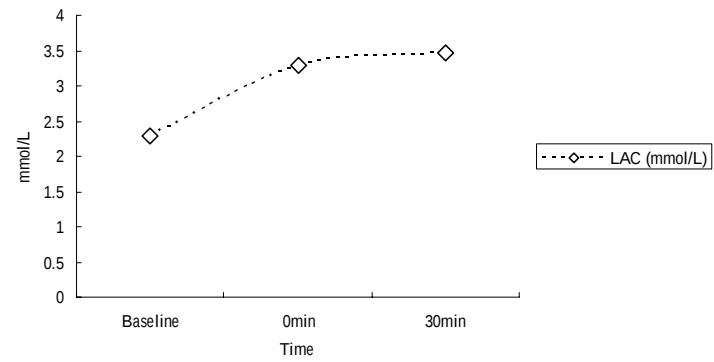
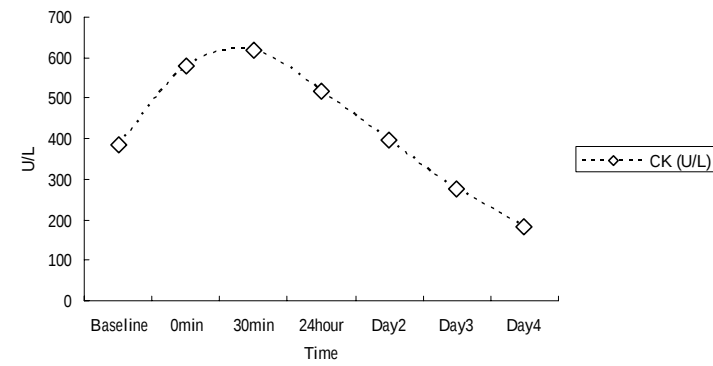
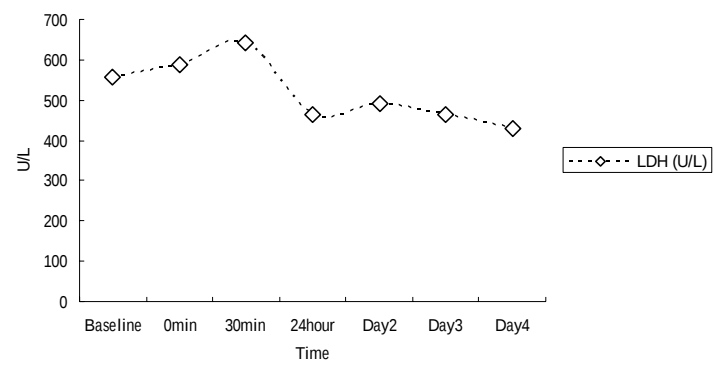
救援投手 C 分析結果



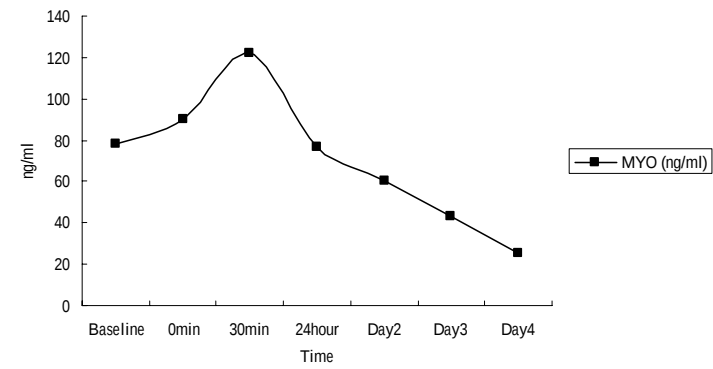
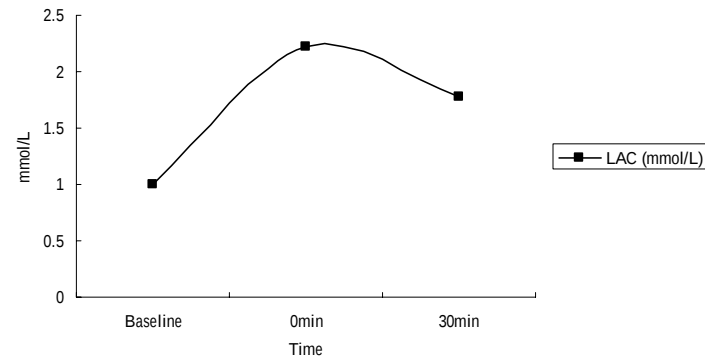
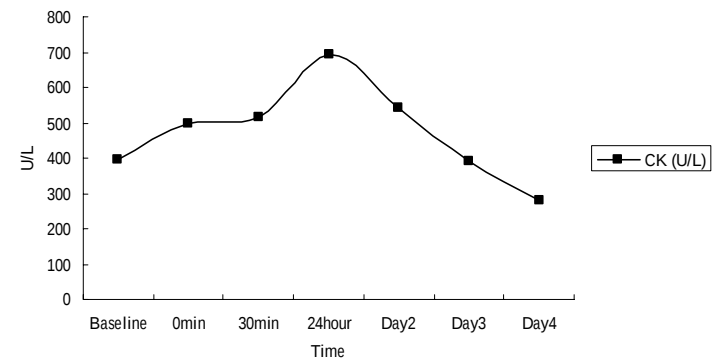
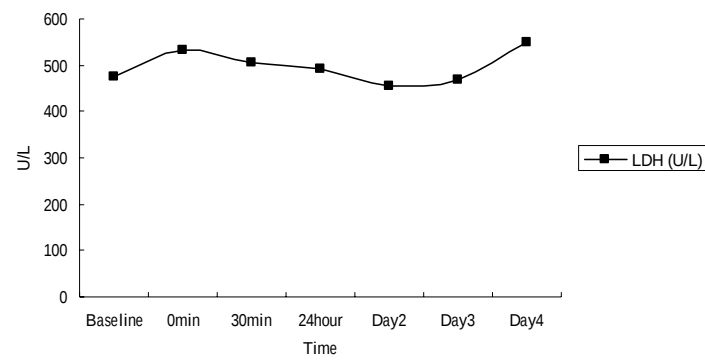
先發投手 D 分析結果



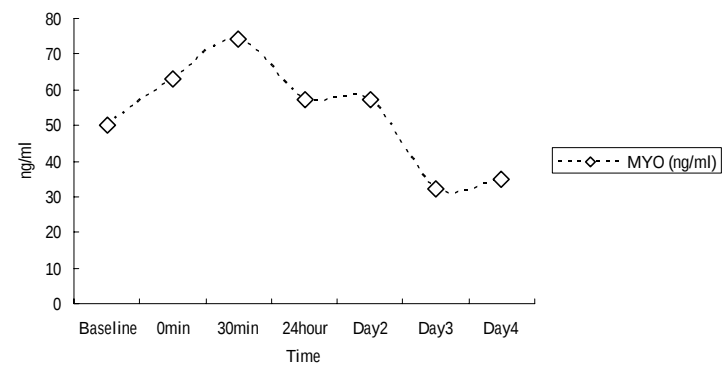
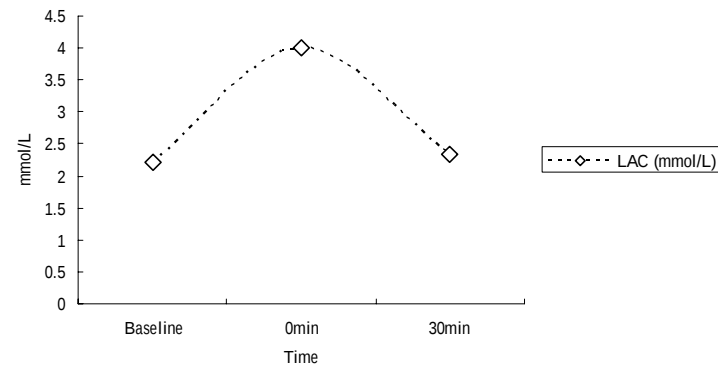
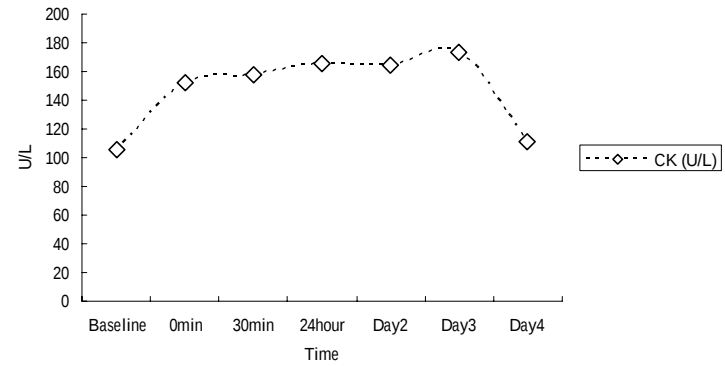
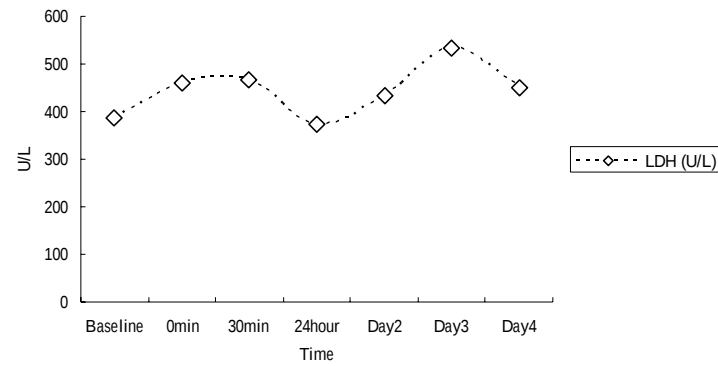
救援投手 D 分析結果



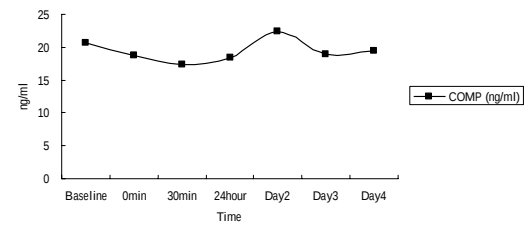
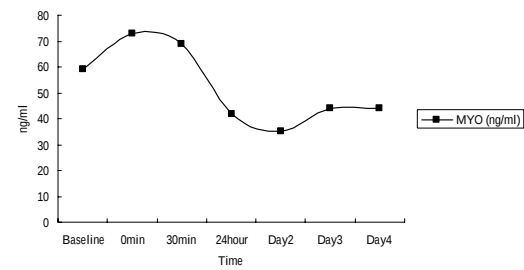
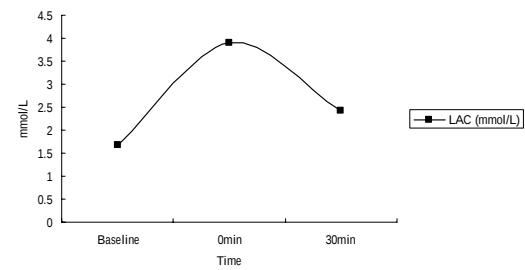
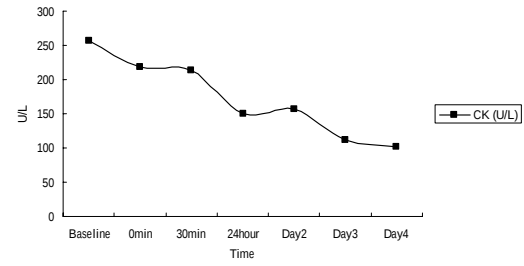
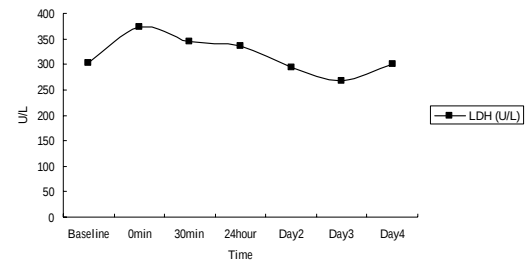
先發投手 E 分析結果



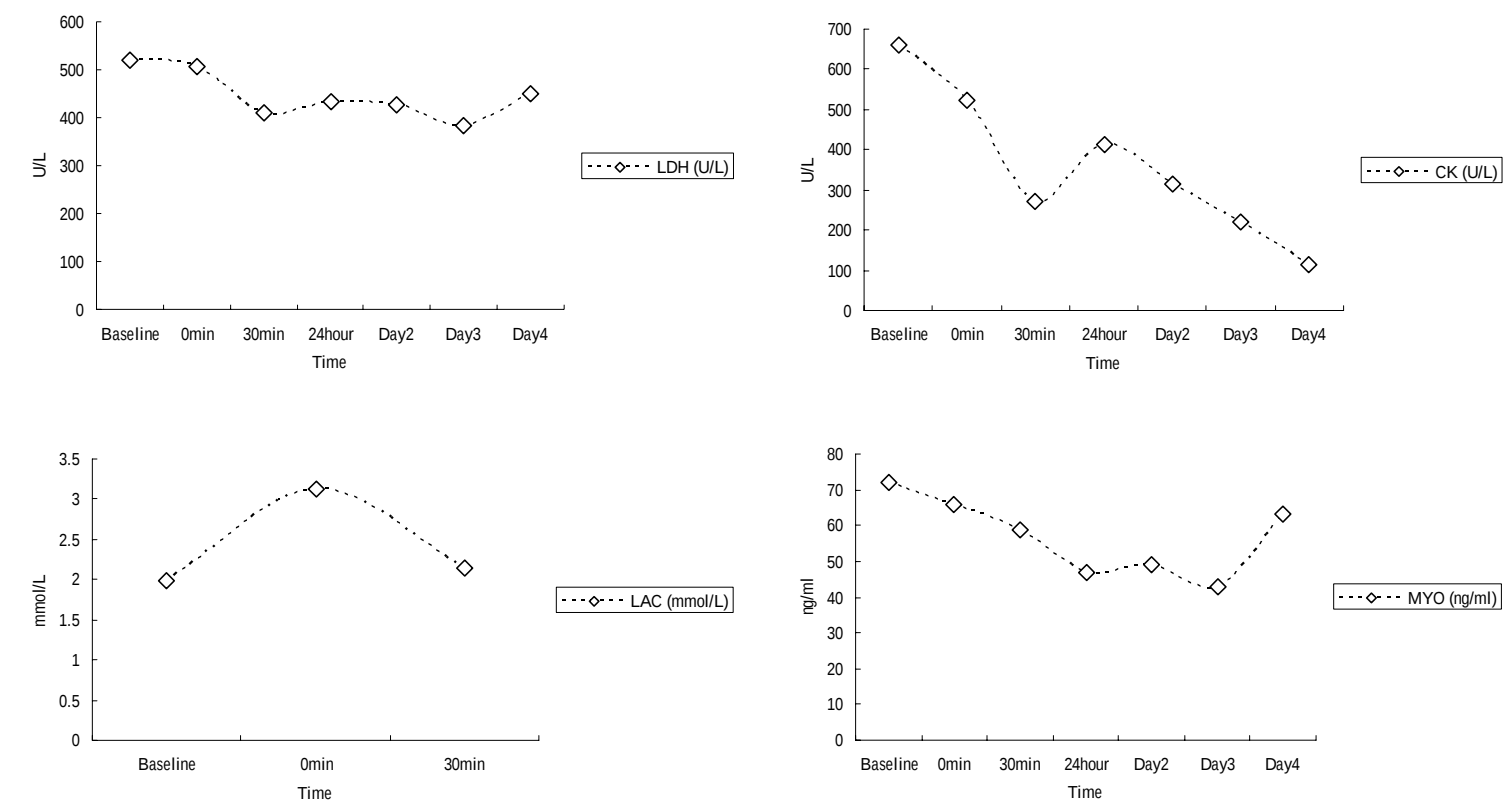
救援投手 E 分析結果



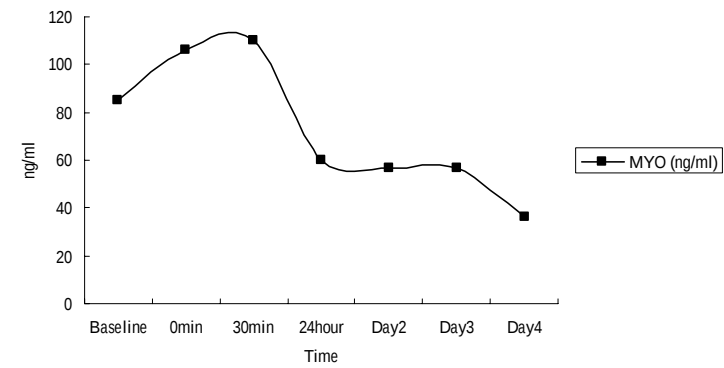
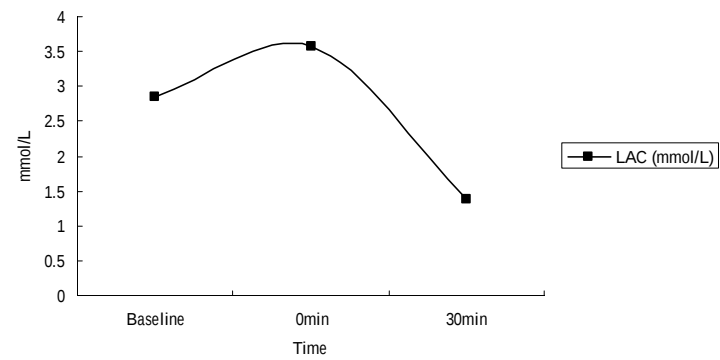
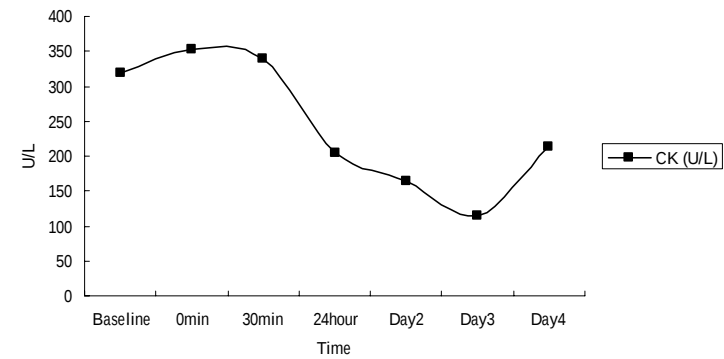
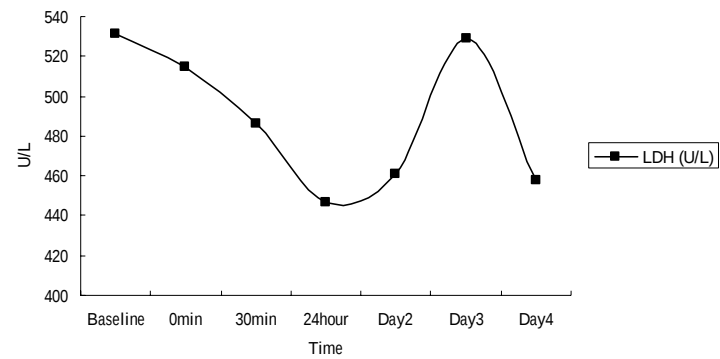
先發投手 F 分析結果



救援投手 F 分析結果



先發投手 G 分析結果



救援投手 G 分析結果

