

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

團隊合作獎

030323

有氧森活-探討國中生高海拔身體適應程度影響
因素

學校名稱：嘉義市立玉山國民中學

作者： 國二 王珮熒 國二 黃子恩 國二 黃詩雅	指導老師： 鄭淑援 陳苔青
-----------------------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：體適能、高山適應、血氧飽和度

摘要

本研究旨在探討不同海拔高度血氧飽和度、體適能與高山適應程度之關聯性。利用高山適應評分系統為受試者分組，再進行各組體適能測驗成績及不同海拔高度測量之血氧飽和度之研究。研究結果顯示：

一、血氧飽和度會隨著海拔高度上升而下降，於相同海拔高度，適應較差者之血氧飽和度比適應較佳者低。

二、體適能部分項目（立定跳遠、800/1600 跑走）會影響學生於高海拔的適應狀況。

建議可利用本研究結果，針對體適能立定跳遠、800/1600 跑走成績較差者加強訓練，登山過程中多關心血氧飽和度下降幅度較大的同學，以減少在高海拔地區不適症狀的發生，期望本研究結果可供校方或其他單位日後安排登山行程參考。

壹、研究動機

台灣是多山的島嶼，面積 70% 是高山，海拔高於 3,000 公尺以上的山峰約超過 260 座，若要造訪這些觀光景點，只要坐車一至兩天就可以抵達。快速登高的過程容易發生急性高山症(acute mountain sickness, AMS)。AMS 是在台灣遊客很常見的狀況，症狀包括頭痛、嘔吐、暈眩等，嚴重甚至會導致高山肺水腫、高山腦水腫或死亡。

本校有登山的探索課程，學校規劃一年級「麟趾山探索教育活動」；二年級「玉山前峰探索營」三年級「玉山主峰挑戰營」。一年級登麟趾山前，向學長姐請教爬山相關注意事項，他們提起登麟趾山和玉山前峰、主峰時，有些同學會產生不適症狀，如頭痛、噁心想吐、頭暈等，希望我們在登山前做好準備。因此，我們好奇哪些人容易在登山時出現不適症狀。和老師討論及參考各項資料後，沒有發現跟國中生登山有關的相關研究，決定透過指尖式脈搏血氧儀測量血氧飽和度，及高山適應評分系統（含高山症指數及體能自評），探討有哪些因素會影響國中生於高海拔的適應狀況。

根據文獻，造成急性高山症的原因目前尚不明確，但可以知道的是和低氧環境有關（翁立筠，郭博昭，蔡玉敏，溫德生，陳俊忠，2005），依 1991 年 Lake Louise Consensus 定義，急性高山症 (Acute Mountain Sickness, AMS) 是超過 2,500 公尺海拔高度時，低壓低氧血症之症狀（曾文培，鄭鈞任，2016），當高度提升後出現包含頭痛、疲倦、頭昏眼花、腸胃不適（厭食、噁心、嘔吐）、失眠頻醒等五大症狀。依症狀嚴重程度評分為患有 AMS，若不加以治療

將進展為致命的高海拔腦水腫(High Altitude Cerebral Edema, HACE)或高海拔肺水腫(High Altitude Pulmonary Edema, HAPE)，甚至導致死亡。因此，登山前的體能準備及登山時的預防工作，就顯得相當重要。

彙整文獻內容發現，隨著爬山的高度越高，發生高山症的比例也跟著升高。在高海拔上因為空氣稀薄，當登山海拔上升的速度超過身體適應的能力時，高山症就會發生。關於台灣的高山研究報告指出，當海拔高於 3,000 公尺以上時，急性高山症的發生率約 27%（梁佳君、林憶珊、陳薇光、鄒孟婷，2012）。而國外研究資料則顯示，在 2,000 公尺以下，急性高山症發生機率較低，但在 2,000 至 3,000 公尺的高度時，約 25%的人會產生高山症狀（曾文培，鄭鈞任，2016）。

從文獻蒐集與彙整過程中，我們發現國內對於登山高海拔身體適應的研究不多，而關於國中生登山身體適應的相關研究更是找不到。我們希望透過研究，找到可以評估發生高山適應狀況的因素，供帶隊老師參考，並針對登山時容易出現不適症狀者給予適當的體能加強訓練計畫與因應策略，減少以後學弟妹登山時不適症狀的發生，更自在地享受自然山林。

貳、研究目的

本研究主要探討國中生高海拔身體適應程度的影響因素，經文獻資料蒐集，再透過指尖式脈搏血氧儀(Pulse Oximeter)測量血氧飽和度、高山適應評分系統問卷、以及受試者體適能測驗成績之分類、彙整、歸納與統計分析，期望了解高海拔對身體適應程度的影響因素。本研究目的歸納如下：

- 一、探討國中生在各海拔高度產生高山不適的比例及症狀。
- 二、探討海拔高度與血氧飽和度之關聯性。
- 三、探討體適能與血氧飽和濃度、高山適應、體能自評的關係。

參、研究設備及器材

- 一、指尖式脈搏血氧儀（吉懋 GM601A）
- 二、八合一電子高度氣壓計
- 三、高山適應評分系統（圖 4）
- 四、統計軟體 Excel、SPSS



指尖式脈搏血氧儀



八合一電子高度氣壓計

肆、研究過程

一、研究流程圖

在萌生想以高山適應狀況作為研究主題後，我們確認題目並開始瀏覽和登山有關的文章、學術論文，蒐集各項資料，決定以登麟趾山、玉山前峰、主峰的同學作為研究對象；體適能及血氧飽和度作為本實驗的探討因素。擬定問卷時，除了採用路易斯湖高山症評分系統(圖3)，我們想到加入受試者的體能自評，以統整完之「高山適應評分系統」(圖4)作為問卷，探討體能自評和高山適應的關聯性，並計畫於學校、麟趾山等5處不同海拔高度之地點測量血氧飽和度。之後經過統計彙整資料、討論後，得出結論，並將此次實驗不足之處列為未來展望，希望日後能加以修正並深入探討。

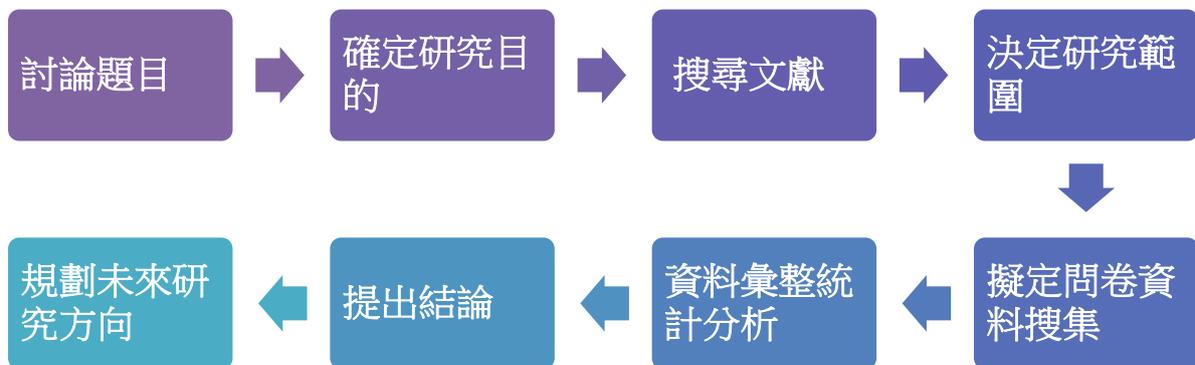


圖 1 本研究流程圖

二、研究架構

根據我們的研究目的，探討體適能、血氧飽和度和體能自評及高山適應的關聯性。

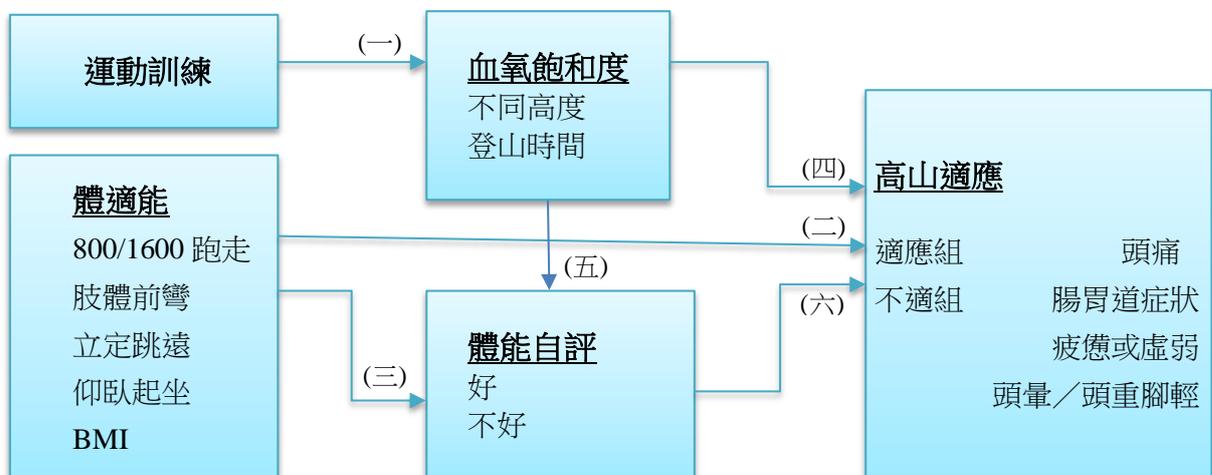


圖 2 本研究架構圖

三、研究內涵

(一) 名詞解釋

1. 血氧飽和度(SpO₂)

指尖式脈搏血氧儀(Pulse Oximeter)是一種非侵入式的裝置，只需要輕輕夾在手指頭上，就能估計受試者當下的即時脈搏血氧飽和度(SpO₂)及脈搏。攜帶氧氣的紅血球能吸收較多紅外光(850-1000nm)，未攜帶氧氣的紅血球則是吸收較多的紅光(600-750nm)，因此 Pulse Oximeter 就是一個迷你的分光計，利用不同紅血球之吸收光譜的原理，來分析血氧飽和度。血液含氧量高：紅外光吸收率 > 紅光吸收率；血液含氧量低：紅外光吸收率 < 紅光吸收率。這種即時而快速的測量方式，也廣泛被運用在許多臨床的參考及指標。本研究以下內容均以「血氧飽和」簡稱之。

2. 體位(BMI)

身體質量指數的計算方法為：體重（公斤）／身高（公尺）²，理想的身體質量指數應該介於 18.5 到 24 之間，體重過重或過輕都是不好的，本研究以下內容均以「BMI」簡稱之。我們將 BMI 過輕、適中分為 BMI 正常組；過重及肥胖分為 BMI 過重肥胖組。

性別	男			女		
年齡	過輕(BMI≤)	過重(BMI≥)	肥胖(BMI≥)	過輕(BMI≤)	過重(BMI≥)	肥胖(BMI≥)
13	17.0	22.2	24.8	17.0	22.2	24.6
14	17.6	22.7	25.2	17.6	22.7	25.1
15	18.2	23.1	25.5	18.0	22.7	25.3

3. 體適能

體適能(Physical Fitness)的定義，可視為身體適應生活與環境（例如溫度、氣候變化或病毒等因素）的綜合能力。體適能較好的人在日常生活或工作中，從事體力性活動或運動皆有較佳的活力及適應能力，而不會輕易產生疲勞或力不從心的感覺。包含有心肺耐力（800/1600 跑走）、腹肌力、肌耐力（仰臥起坐）、柔軟度（肢體前彎）、瞬發力（立定跳遠）五個因素，這和每一個人的健康息息相關。

本研究依據體適能檢測成績參照教育部民國 101 年公布之「中、小學學生 10 至 18 歲男、女生體適能各檢測項目百分等級常模」。以本研究國中生為對象，依不同性別及年齡，各單項檢測成績門檻標準如下表。

性別	女				男			
	項目／年齡	13	14	15	16	13	14	15
800/1600 跑走 (心肺耐力) (分)	5.3	5.4	5.3	5.2	11.3	11.0	10.3	9.6
肢體前彎 (柔軟度) (公分)	24	23	25	24	18	18	18	18
立定跳遠 (瞬發力) (公分)	120	122	125	127	148	165	175	180
仰臥起坐 (腹肌力、肌耐力) (次/分)	23	22	22	23	29	30	32	33

依教育部公佈之體適能各檢測項目百分等級常模和同年齡與性別比較，各測驗項目成績分為四個級別參照，單項成績達該年齡學生百分等級常模 85-99%為金牌；75-84%為銀牌；50-74%為銅牌；25-49%為中等；1-24% 為待加強。

4. 高山症

彙整相關文獻可知，高山症發生的海拔高度是因人而異的，有可能低至 1,800 公尺就發生，也可能高至 4,500 公尺時才發生，範圍差異相當大。而根據台灣山岳活動的經驗，攀登 3,000 公尺以上的山岳，高山症發生的機率明顯增加。可能的症狀包括：頭痛、昏睡、視覺模糊、呼吸困難、嘔吐、噁心、衰弱以及心理疲憊等。

本研究將以「2018 年路易斯湖急性高山病評分系統」(圖 3)為範本，加入受試者體能感受自評，編製成本研究之「高山適應評分系統」(圖 4)，將填 3 分以下歸類為「適應」組，3 分(含 3 分)以上，歸類為「不適」組。另受試者體能感受自評結果「1 非常好」、「2 好」及「3 普通」歸類為「自評好」組，其餘「4 不好」或「5 非常不好」歸類為「自評不好」組。

(二) 登山行程

1. 一年級「麟趾山探索教育活動」

時間	行程	海拔高度	備註
7：30~10：00	學校—上東埔停車場	37m—2,586m	登山時間 約 5 小時
10：00~12：30	上東埔停車場—麟趾山	2,586m—2,854m	
12：30~15：00	麟趾山—上東埔停車場	2,854m—2,586m	
15：00~17：30	上東埔停車場—觸口阿管處	2,586m—119m	
17：30~18：30	觸口阿管處—學校	119m—37m	

2. 二年級「玉山前峰探索營」

日	時間	行程	海拔高度	備註
一	14:30~18:00	學校—東埔山莊	37m—2,586m	
二	05:00~11:00	東埔山莊(上東埔停車場)—玉山前峰	2,586m—3,239m	登山時間 約9小時
	11:00~15:00	玉山前峰—上東埔停車場	3,239m—2,586m	
	15:00~17:30	上東埔停車場—觸口阿管處	2,586m—119m	
	17:30~18:30	觸口阿管處—學校	119m—37m	

3. 三年級「玉山主峰挑戰營」

日	時間	行程	海拔高度	備註
一	14:30~18:00	學校~東埔山莊	37m~2,586m	
二	01:00~07:30	東埔山莊(上東埔停車場)~排雲山莊	2,586m~3,402m	登山時間 約16~18小時
	08:30~10:30	排雲山莊~玉山主峰	3,402m~3,952m	
	11:00~12:30	玉山主峰~排雲山莊	3,952m~3,402m	
	13:00~18:00	排雲山莊~上東埔停車場	3,402m~2,586m	
	18:00~20:30	上東埔停車場~觸口阿管處	2,586m~119m	
	20:30~21:30	觸口阿管處~學校	119m~37m	

(三) 蒐集資料(測量數據)

1. 研究對象：一年級參加「麟趾山探索教育活動」學生 135 名；二年級參加「玉山前峰探索營」學生 31 名；三年級「玉山主峰挑戰營」學生 20 名。
2. 體適能和高山適應、體能自評及血氧飽和測量部分：
 - (1) 一年級麟趾山：參加人數 135 人，高山適應評分有效樣本 132 人，體能自評有效樣本 128 人，血氧飽和有效樣本 102 人。
 - (2) 二年級玉山前峰：參加人數 31 人，高山適應評分有效樣本 30 人，體能自評有效樣本 30 人，血氧飽和有效樣本 27 人。
 - (3) 三年級玉山主峰：參加人數 20 人，高山適應評分有效樣本 20 人，體能自評有效樣本 20 人，血氧飽和有效樣本 20 人。
3. 運動訓練對象為參加玉山前峰之學生，共 31 人，獲得有效樣本 31 人。

(四) 測量血氧飽和度

依登山行程計畫，我們在登山過程中，擇定不同海拔高度之地點測量氣壓及受試者

血氧飽和度並記錄，測量地點包括：1.學校、2.上東埔停車場或東埔山莊(以上東埔表示)、3.麟趾山、4.玉山前峰、5.排雲山莊、6.玉山主峰、7.阿里山觸口管理處(以阿管處表示)。



(五) 體適能成績

本研究學生體適能成績，係由各班體育老師取得體適能測驗成績，項目包括：

- (1) 800/1600 跑走(男生 1,600m、女生 800m)，(分)，以「800/1600 跑走」表示；
- (2) 肢體前彎(公分)，以「肢體前彎」表示；
- (3) 立定跳遠(公分)，以「立定跳遠」表示；
- (4) 一分鐘仰臥起坐(次/分鐘)，以「仰臥起坐」表示。

(六) 高山適應評分系統問卷

高山適應評分系統(如圖 4)即高山症狀評分及體能自評問卷，於登山結束後發放填寫，本研究「高山適應評分系統」主要是修改自 2018 年路易斯湖急性高山病評分系統(王士豪，2018)(圖 3)，再加入受試者體能自我評估狀況。藉由問卷內容統計分析得到每位受試者的高山適應評分及體能自評分數。

(七) 分析方法

經登山取得高山適應評分系統資料後，加入體適能測驗成績，以統計軟體 Excel 及 SPSS，進行運動訓練、體適能、血氧飽和、高山適應、體能自評之差異與相關性分析。

<p>急性高山病診斷標準：抵達海拔高於 2,500 公尺以上的地方六小時後，或是更進一步到達海拔更高地方六小時後。一定要出現頭痛，且分數總和到達三分。</p>	
<p>頭痛</p> <p>0—完全沒有。</p> <p>1—輕微頭痛。</p> <p>2—中度頭痛。</p> <p>3—嚴重頭痛，無法緩解。</p>	<p>腸胃道症狀</p> <p>0—食慾良好。</p> <p>1—噁心或沒胃口。</p> <p>2—中度噁心或嘔吐。</p> <p>3—嚴重噁心或嘔吐，無法緩解。</p>
<p>疲憊及/或虛弱</p> <p>0—沒有疲憊/虛弱。</p> <p>1—輕微疲憊/虛弱。</p> <p>2—中度疲憊/虛弱。</p> <p>3—嚴重疲憊/虛弱，無法緩解。</p>	<p>頭暈/頭重腳輕</p> <p>0—沒有頭暈/頭重腳輕。</p> <p>1—輕微頭暈/頭重腳輕。</p> <p>2—中度頭暈/頭重腳輕。</p> <p>3—嚴重頭暈/頭重腳輕，無法緩解。</p>
<p>急性高山病臨床功能評分（供高海拔醫學研究者進行研究時使用，不列入診斷依據）</p> <p>0—完全沒有症狀。</p> <p>1—有症狀，但是不會對我的任何活動及任何行程產生任何改變。</p> <p>2—我的症狀迫使我必須停止上升海拔高度或是必須自行下撤。</p> <p>3—我必須要被救援，且被下撤到較低的海拔高度。</p>	
<p>急性高山病診斷，小試身手：</p> <p>單獨的嚴重頭痛，是急性高山病。</p> <p>輕微頭痛+噁心或沒胃口+輕微頭暈/頭重腳輕，是急性高山病。</p> <p>沒有頭痛，但是其他症狀分數總和達到三分，則不是急性高山病。</p>	
<p>急性高山病嚴重度分類：</p> <p>輕微急性高山病：總分 3 分到 5 分。</p> <p>中度急性高山病：總分 6 分到 9 分。</p> <p>嚴重急性高山病：總分 10 分到 12 分。</p>	
<p>特別注意：急性高山病絕對不可以與高海拔腦水腫相混淆。高海拔腦水腫症狀為神智不清、胡言亂語、走路不穩，症狀類似酒醉，務必要立刻下撤，否則會致命。</p> <p>原文出處：https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/ham.2017.0164</p> <p>整理及改寫：王士豪醫師（2018 年路易斯湖急性高山病評分系統作者暨修訂委員會委員）</p>	

圖 3 2018 年路易斯湖急性高山病評分系統（王士豪，2018）

高山適應評分系統		班級:	姓名:
症狀	自評分數		
頭痛 0分—完全沒有。 1分—輕微頭痛。 2分—中度頭痛。 3分—嚴重頭痛，無法緩解。	A		
腸胃道症狀 0—食慾良好。 1—噁心或沒胃口。 2—中度噁心或嘔吐。 3—嚴重噁心或嘔吐，無法緩解。	B		
疲憊及/或虛弱 0分—沒有疲憊/虛弱。 1分—輕微疲憊/虛弱。 2分—中度疲憊/虛弱。 3分—嚴重疲憊/虛弱，無法緩解。	C		
頭暈/頭重腳輕 0分—沒有頭暈/頭重腳輕。 1分—輕微頭暈/頭重腳輕。 2分—中度頭暈/頭重腳輕。 3分—嚴重頭暈/頭重腳輕，無法緩解。	D		
總分 總分 3 分到 5 分為輕微急性高山病 總分 6 分到 9 分為中度急性高山病 總分 10 分到 12 分為嚴重急性高山病	A+B+C+D		
體能自評(務必填寫) 1 非常好 2 好 3 普通 4 不好 5 非常不好			

圖 4 高山適應評分系統

伍、研究結果

一、基本資料分析

(一) 體適能分析

表 1 體適能成績分析

	麟趾山	玉山前峰	玉山主峰	合計(平均)
樣本數(人)	135 (男 61 女 74)	31 (男 16 女 15)	20 (男 17 女 3)	186 (男 94 女 92)
BMI	19.8±0.3	18.8±0.4	20.4± 0.7	19.7± 0.5
800/1600 跑走(分)	6.1±0.2	6.3±0.4	7.3±0.4	6.6±0.3
肢體前彎(公分)	31.8±0.8	35.3±1.8	30.5±2.4	32.5±1.6
立定跳遠(公分)	168.5±2.0	183.6±4.0	203.0 ±6.7	185.0±4.2
仰臥起坐(次/分)	36.5±0.7	40.9±1.5	39.2±2.7	38.9±1.6

針對參與學生進行體適能成績分析(如表 1)。其中，一年級登麟趾山為全年級活動，目前共收集第一、二梯次 5 個班級學生資料為研究樣本，而玉山前峰及主峰之攀登者為經篩選之體適能較佳的學生。由上表可發現，本次受試者 BMI 值平均屬於正常體位值，而肢體前彎、立定跳遠、以及仰臥起坐之平均值均優於於教育部頒定之中等成績標準。玉山主峰因為參加的男生比例較高，男生跑走測驗為 1600 公尺，時間較長，故 800/1600 跑走平均值高於麟趾山及玉山前鋒。

(二) 血氧飽和分析

表 2 不同海拔平均血氧飽和分析

	海拔(m)	麟趾山	玉山前峰	玉山主峰	氣壓	說明
學校	37	98.0±0.1	97.8±0.2	97.1±0.3	1012.4	
上東埔停車場	2,586	95.3±0.3	93.0±0.5	91.7±0.8	758.5	登山前
麟趾山	2,854	94.7±0.3	-	-	728.0	
玉山前峰	3,239	-	88.4±1.1	-	-	
排雲山莊	3,402	-	-	84.5±2.5	-	
玉山主峰	3,952	-	-	75.9±2.8	-	
上東埔停車場	2,586	92.0±0.4	94.0±0.7	91.1±0.9	757.0	登山後
阿管處	119	97.9±0.2	98.6±0.2	98.0±0.3	995.0	

註：表中“-”符號表示未到達該地點，因此未進行測量。

根據不同海拔高度量測的血氧飽和統計如上表 2，登麟趾山屬一天的行程，海拔高度由

37 公尺（學校），在 6 個小時內上升至海拔 2,854 公尺（麟趾山），而血氧飽和值則由 98.0 下降至 94.7。關於登麟趾山行程，不同海拔高度與血氣飽和關係彙整如圖 5。

玉山前峰探索營為兩天行程，海拔高度由 37 公尺（學校），在 6 個小時內上升至海拔 2,586 公尺（上東埔停車場），血氧飽和值則由 97.8 下降至 93.0；經東埔山莊休息後，在 6 個小時內由海拔 2,586 公尺（上東埔停車場）上升至 3,239 公尺（玉山前峰），血氧飽和值則由 93.0 下降至 88.4；經玉山前峰頂短暫休息後，在 8 個小時內分別下降至 2,586 公尺（上東埔停車場）、以及 119 公尺（阿管處），血氧飽和值則由 88.4 至上升至 94.0、以及 98.6。關於玉山前峰探索營，不同海拔高度與血氣飽和關係彙整如圖 6。

玉山主峰探索營亦為兩天行程，海拔高度由 37 公尺（學校），在 6 個小時內上升至海拔 2,586 公尺（上東埔停車場），血氧飽和值則由 97.1 下降至 91.7；經東埔山莊休息後，在 10 個小時內由海拔 2,586 公尺（上東埔停車場）上升至 3,402 公尺（排雲山莊）、以及 3,952 公尺（玉山主峰），血氧飽和值則由 91.7 分別下降至 84.5、以及 75.9；經玉山主峰頂短暫休息後，在 6 個小時內下降至 2,586 公尺（上東埔停車場）、以及 119 公尺（阿管處），血氧飽和值分別上升至 91.1、以及 98.0。關於玉山主峰探索營，不同海拔高度與血氣飽和關係彙整如圖 7。

綜合以上，不論是登主峰、前峰或是麟趾山，隨著海拔高度攀升，血氧飽和逐漸下降，之後高度下降，血氧飽和又漸攀升。另外，根據相關文獻指出，海拔高度愈低氣壓愈高，依本研究登麟趾山行程的記錄，學校海拔高度 37 公尺，氣壓為 1,012.4，而隨著海拔高度的上升，氣壓在上東埔停車場為 758.5，麟趾山頂氣壓則降為 728.0，下山回程隨著海拔高度下降，氣壓亦逐步上升。有學者指出氣壓亦是高山適應狀況的因素之一，但礙於玉山前峰及玉山主峰行程緊湊，無法完整記錄氣壓資料，因此本研究決定不納入氣壓討論，待後續研究再進行。

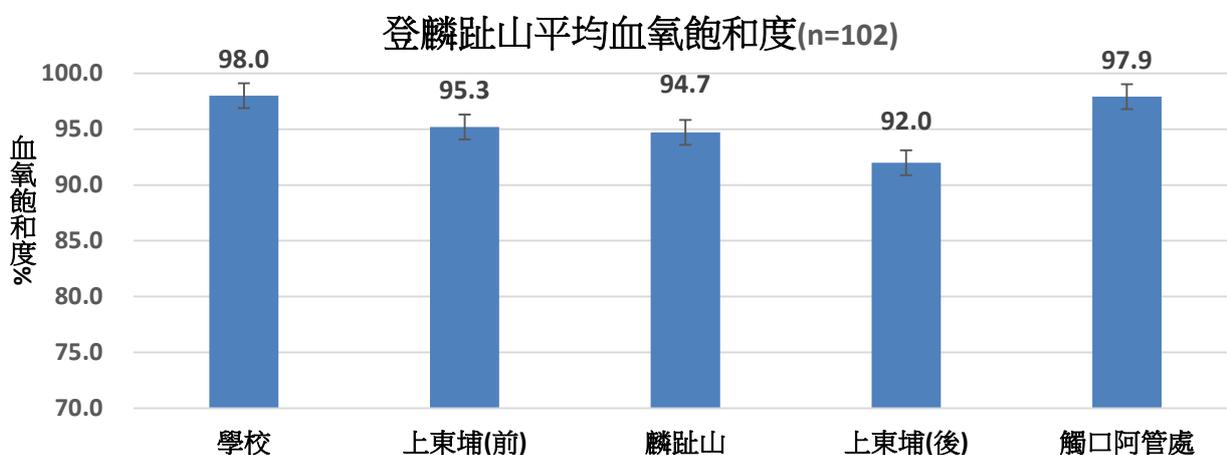


圖 5 登麟趾山不同海拔高度平均血氧飽和度分析圖

登玉山前峰平均血氧飽和度(n=27)

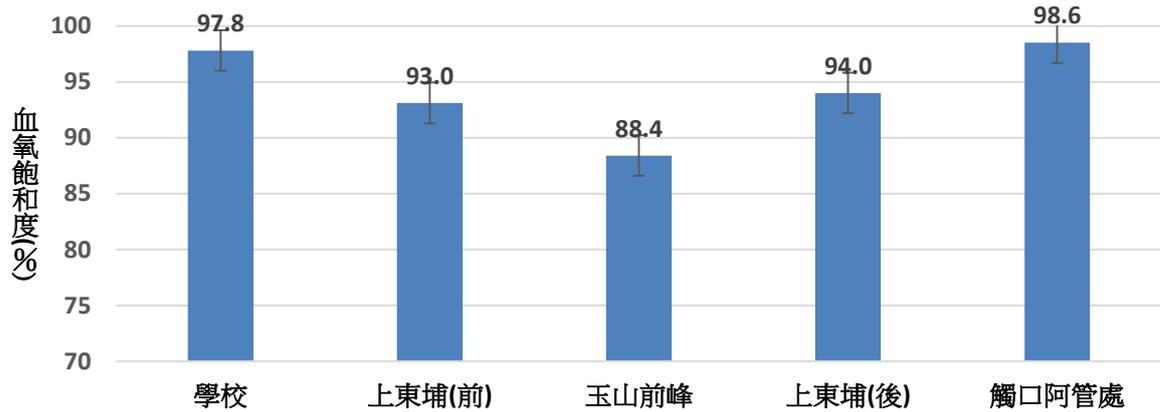


圖 6 登玉山前峰不同海拔高度平均血氧飽和度分析圖

登玉山主峰血氧飽和度(n=20)

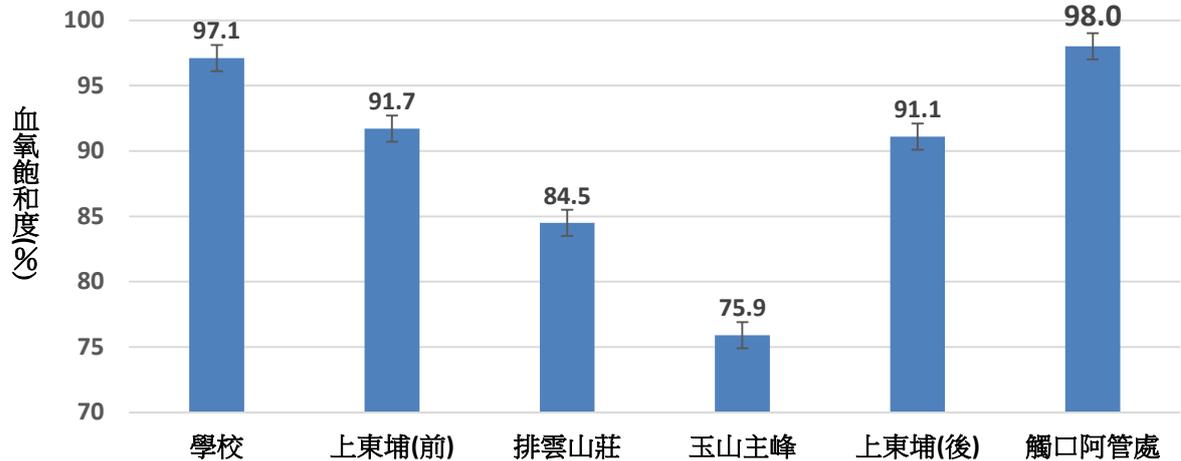


圖 7 登玉山主峰不同海拔高度平均血氧飽和度分析圖

(三)體能自評高山適應分析

表 3 不同海拔體能自評與高山適應狀況分析

項目	狀況	地點		
		麟趾山	玉山前峰	玉山主峰
體能自評	好	106(83%)	30(100%)	16(80%)
	不好	22(17%)	0(0%)	4(20%)
高山適應	適應	98(74%)	25(83%)	4(20%)
	不適應	34(26%)	5(17%)	16(80%)
高山症狀	頭痛	47(36%)	7(23%)	15(75%)
	腸胃道症狀	16(12%)	0(0%)	6(30%)
	疲憊或虛弱	79(60%)	12(40%)	20(100%)
	頭暈/頭重腳輕	43(33%)	6(20%)	13(65%)

關於不同海拔體能自評與高山適應狀況統計如表 3，登麟趾山體能自評好者佔 83%；高山適應者佔 74%；高山症狀以感到疲憊或虛弱者有 60%最多，其次感覺頭痛者佔 36%、頭暈/頭重腳輕佔 33%。登玉山前峰體能自評好者佔 100%；高山適應者佔 83%；高山症狀以感到疲憊或虛弱者有 40%最多，其次感覺頭痛者佔 23%、頭暈/頭重腳輕佔 20%。登玉山主峰體能自評好者佔 80%；高山適應者佔 80%；高山症狀以感到疲憊或虛弱者有 100%最多，其次感覺頭痛者佔 75%、頭暈/頭重腳輕佔 65%。高山症狀發生比例均以疲憊或虛弱佔多數，頭痛占第二高，之後依序為頭暈/頭重腳輕及腸胃道症狀。

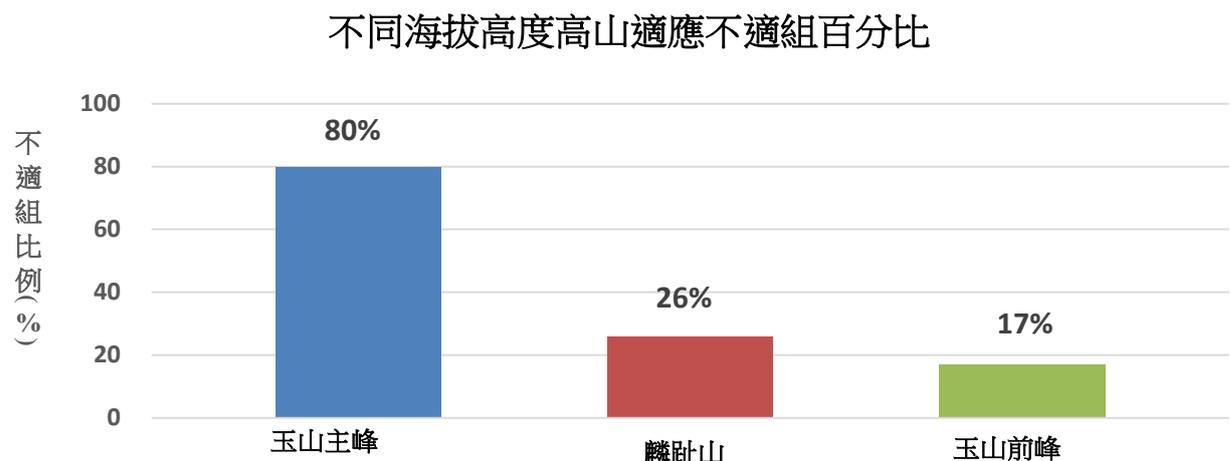


圖 8 不同海拔高度高山適應不適組分析圖

關於不同海拔高度高山適應不適組所佔比例如圖 8 所示，登玉山主峰之高山適應不適組佔 80%，登麟趾山之高山適應不適組佔 26%，登前峰之高山適應不適組佔 17%。

二、實驗結果

(一)運動訓練與血氧飽和度的關係

研究對象：登玉山前峰之二年級學生。

1. 登山訓練計畫（如附件一）。
2. 測量方式：於訓練前測量血氧飽和及心跳後，進行訓練課程，收操結束後測量運動後血氧飽和及心跳，統計資料比較差異。
3. 統計方法：獨立樣本 T 檢定、成對樣本 t 檢定、卡方檢定

運動前後血氧飽和及心跳的比較彙整如表 4。首先，以成對樣本 t 檢定進行運動前及運動後的血氧飽和心跳的關係。其次，再以獨立樣本 t 檢定進行各運動項目在運動前與

運動後是否有顯著差異。

表 4 運動前後血氧飽和及心跳比較

檢定項目	運動項目	運動前	運動後	P 值(運動前 VS 運動後)
血氧飽和 (%)	跑步	97.9±0.1	97.0±0.2	0.000*
	戴口罩登階	98.1±0.1	97.6±0.2	0.003*
	P 值(跑步 vs 登階訓練)	0.20	0.02 [#]	
心跳 (次/分)	跑步	98.1±1.7	127.6±1.7	0.000*
	戴口罩登階	95.7±2.0	121.3±2.5	0.000*
	P 值(跑步 vs 登階訓練)	0.36	0.04 [#]	

* : $p < 0.05$ (成對樣本 t 檢定) # < 0.05 (獨立樣本 t 檢定)

統計結果發現，跑步($p=0.000$)與登階($p=0.003$)訓練前後血氧飽和均具顯著差異，跑步($p=0.000$)與登階($p=0.000$)訓練前後心跳值也均具顯著差異。跑步與登階運動後之血氧飽和($p=0.02$)與心跳值($p=0.04$)具顯著差異，運動前皆不具顯著差異。

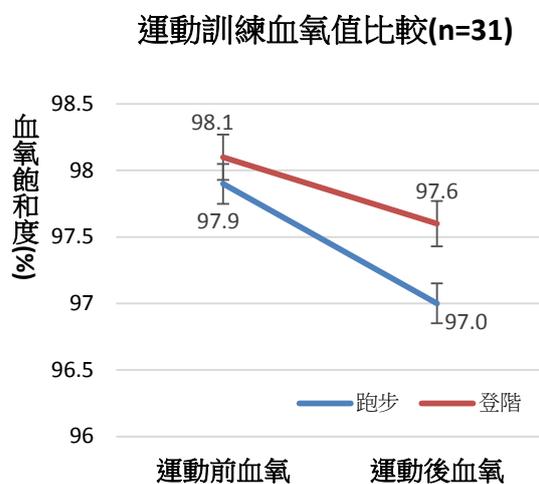


圖 9 運動前後血氧值比較

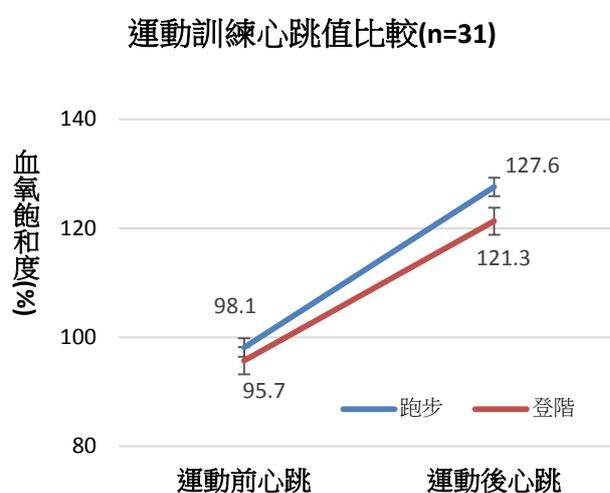


圖 10 運動前後心跳值比較

由表 4 得知，跑步與登階運動後的血氧飽和下降、心跳上升，且具顯著差異。跑步後血氧飽和 97.0 低於登階後 97.6 (如圖 9)，而跑步後心跳 127.6 高於登階後 121.3 (如圖 10)，達顯著差異。

(二)體適能、BMI 與高山適應的關係

研究對象：登麟趾山之一年級學生。

統計方法：獨立樣本 T 檢定、卡方檢定

本研究將體適能常模給予分數：金牌 5 分，銀牌 4 分；銅牌 3 分；中等 2 分；待加強 1 分。再將高山適應症狀總分 ≥ 3 為不適組， < 3 為適應組。而 BMI 過輕、適中為 BMI 正常組；過重、肥胖為 BMI 過重肥胖組。

表 5 體適能（常模）、BMI 與高山適應之關係

體適能項目	適應組平均(n=98)	不適組平均(n=34)	P 值
800/1600 跑走	3.74±0.11	3.47±0.18	0.22
肢體前彎	3.46±0.12	3.62±0.23	0.53
立定跳遠	3.57±0.12	3.47±0.24	0.71
仰臥起坐	3.71±0.12	3.79±0.22	0.73
BMI	19.8±0.39	20.1±0.69	0.72

以獨立樣本 t 檢定進行高山適應之適應組與不適組在各體適能項目（常模）是否有顯著差異。由統計結果（如表 5）得知，高山適應之適應組與不適組在各體適能項目（常模）均無顯著差異($p > 0.05$)，分佈明細如圖 11。

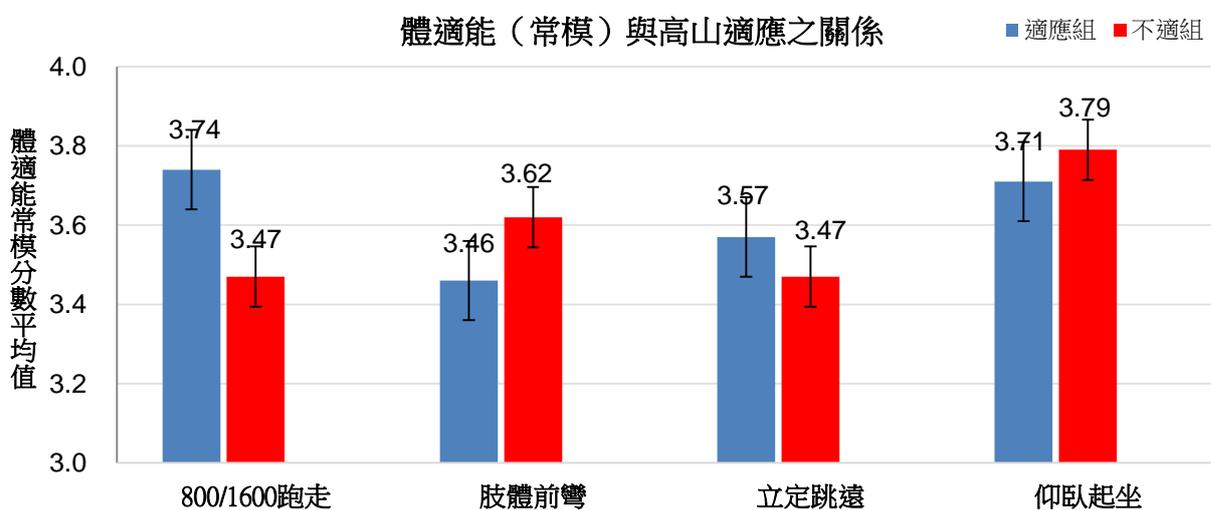


圖 11 體適能（常模）與高山適應之關係分析圖

表 6 BMI 兩組與高山適應之關係

BMI	適應組個數	不適組個數	合計	P 值
正常組（人）	72	23	95	0.515
過重肥胖（人）	26	11	37	
合計	98	34	132	

以卡方檢定進行BMI體位正常組與過重肥胖組在高山適應之適應組與不適組是否有顯著差異。由統計結果（如表 6）獲得，BMI 體位正常組與過重肥胖組在高山適應之適應組與不適組無顯著差異。

(三)體適能、BMI 與體能自評的關係

研究對象：登麟趾山之一年級學生

統計方法：獨立樣本 T 檢定、卡方檢定、單因子變異數分析

表 7 體適能與體能自評 2 組之關係

體適能項目	好組平均(n=106)	不好組平均(n=22)	P 值
800/1600 跑走	3.75±0.11	3.38±0.23	0.17
肢體前彎	3.55±0.12	3.14±0.29	0.17
立定跳遠	3.66±0.12	2.95±0.25	0.02*
仰臥起坐	3.81±0.12	3.55±0.27	0.38
BMI	19.8±0.39	20.8±1.10	0.27

*P<0.05

以獨立樣本 t 檢定分析體能自評 2 組（體能自評評分 1、2、3 分為好組，4、5 分為不好組）的 BMI 及體適能各項目是否有顯著差異。經統計結果（如表 7、圖 12）發現，自評 2 組於立定跳遠(瞬發力)具顯著差異 ($p= 0.02^*$)，其他項目雖無顯著差異，但結果皆為好組優於不好組。經過後續的實驗進行，我們認為體適能其他項目也有影響的可能，因此我們進一步將體能自評分為三組進行分析。

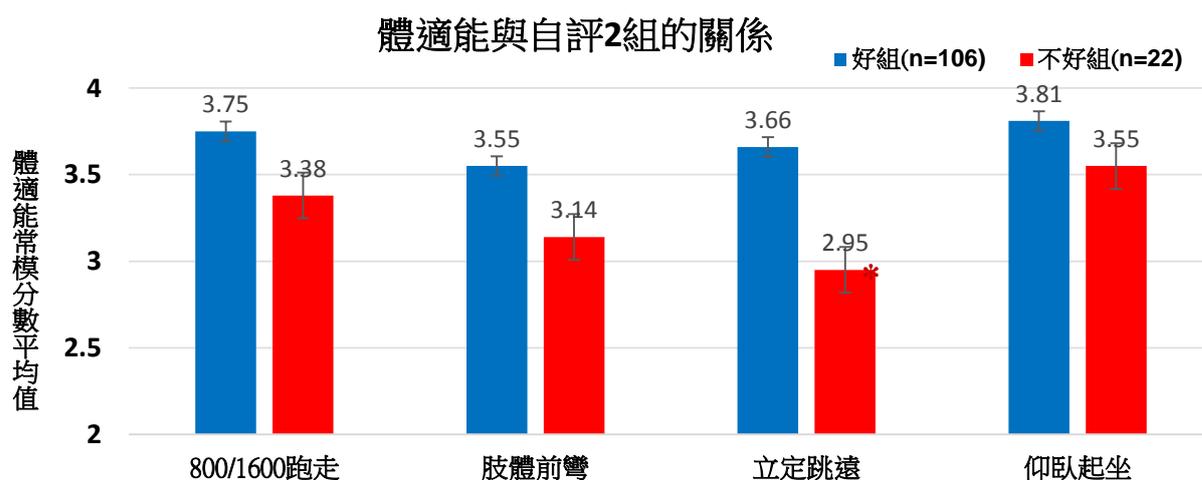


圖 12 體適能與自評 2 組之關係分析圖

表 8 體適能與體能自評 3 組之關係

體適能項目	好組平均(n= 58)	普通組平均(n= 48)	不好組平均(n= 22)	P 值
800/1600 跑走	4.02±0.13	3.43±0.16	3.38±0.23	0.01 *
肢體前彎	3.47±0.18	3.65±0.17	3.14±0.29	0.31
立定跳遠	3.79±0.15	3.50±0.19	2.95±0.25	0.03 *
仰臥起坐	3.78±0.16	3.85±0.18	3.55±0.27	0.64
BMI	19.6±0.42	20.1±0.58	20.8±1.10	0.27

*P<0.05

以單因子變異數分析體能自評三組（體能自評評分 1、2 分為好組，3 分為普通組，4、5 分為不好組）與體適能各項目是否有顯著差異。由統計結果（如表 8、圖 13）得知，自評 3 組於 800/1600 跑走（ $p= 0.01^*$ ）及立定跳遠（ $p= 0.03^*$ ）具顯著差異。

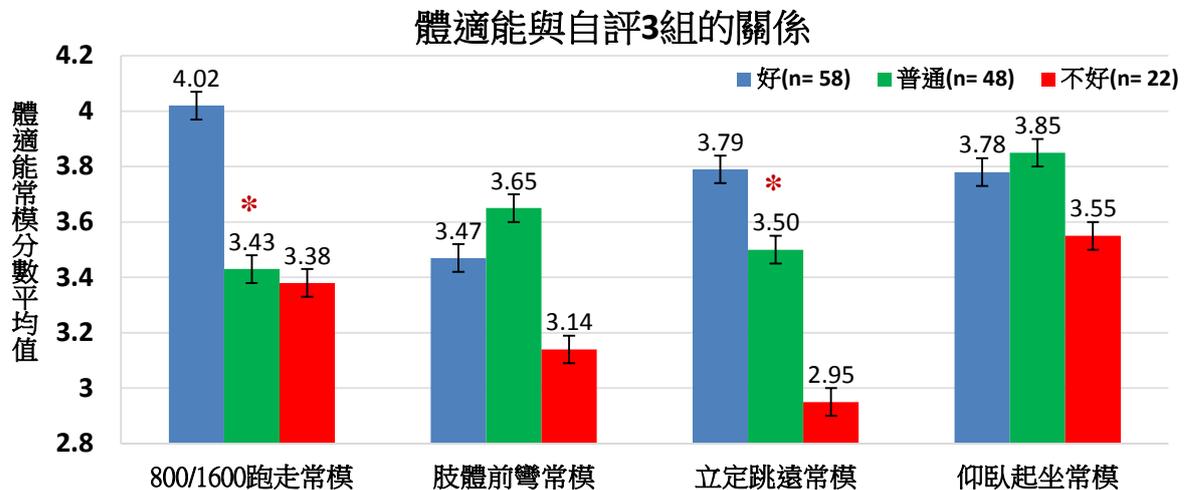


圖 13 體適能與自評 3 組之關係分析圖

表 9 BMI 兩組與自評兩組之關係

BMI \ 體能自評	好組	不好組	合計	P 值
正常組 (人)	74	17	91	0.690
過重肥胖組 (人)	31	5	36	
合計	112	22	127	

以卡方檢定 BMI 兩組與自評 2 組之關係。由統計結果（如表 9）得知，BMI 兩組與自評 2 組無顯著差異。

表 10 BMI 兩組與體能自評三組之關係

BMI \ 體能自評	好組	普通組	不好組	合計	P 值
正常組 (人)	42	32	17	91	0.721
過重肥胖組 (人)	16	15	5	36	
合計	58	47	22	127	

以卡方分析體能自評三組與 BMI 兩組是否有顯著差異。由統計結果(如表 10)得知，能自評三組與 BMI 兩組無顯著差異。

(四)血氧飽和與高山適應的關係

研究對象：登麟趾山之一年級學生。

統計方法：獨立樣本 T 檢定

表 11 不同海拔高度血氧飽和與高山適應比較

地點 海拔高度(M)	學校 (37)	上東埔(登山前) (2586)	麟趾山 (2854)	上東埔(登山後) (2586)	阿管處 (119)
適應組(n=78)	97.8±0.2	94.5±0.4	95.2±0.3	92.2±0.5	97.9±0.2
不適應組(n=24)	98.3±0.2	95.1±0.6	93.8±0.8	91.5±1.0	98.0±0.4
P 值	0.13	0.42	0.04 *	0.46	0.80

*P<0.05

以獨立樣本 t 檢定分析不同海拔高度血氧飽和與高山適應狀況是否有顯著差異。統計結果如表 11 及圖 14，不適應組、適應組在學校(p=0.13)、上東埔(p=0.42、0.46)、觸口阿管處(p=0.80)血氧飽和均無顯著差異；於麟趾山(2854m)時，不適應組與適應組血氧飽和具差異(p=0.04*)

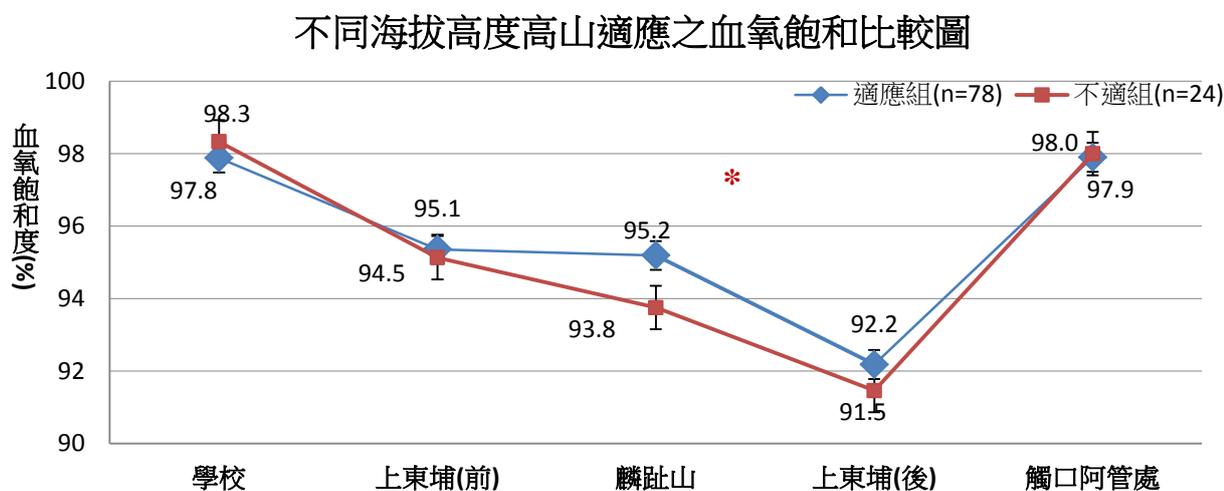


圖 14 不同海拔高度高山適應血氧比較圖

在學校(37m)適應組與不適應組之血氧飽和無顯著差異，隨著海拔高度上升，血氧飽和下降。不適應組於麟趾山血氧飽和降低幅度較適應組大，兩組於海拔最高的麟趾山(2854m)產生顯著差異。之後血氧飽和亦隨著海拔高度下降而逐漸上升。

(五)血氧飽和度與體能自評的關係

研究對象：登麟趾山之一年級學生

統計方法：獨立樣本 T 檢定

表 12、不同海拔高度血氧飽和度體能自評比較

地點 海拔高度(M)	學校 (37)	上東埔(登山前) (2586)	麟趾山 (2854)	上東埔(登山後) (2586)	觸口阿管處 (119)
自評好(n=87)	98.0±0.2	95.5±0.3	95.0±0.3	92.3±0.4	97.9±0.2
自評不好(n=13)	98.2±0.2	93.5±0.7	93.5±0.7	89.6±1.3	98.1±0.6
P 值	0.61	0.01*	0.03*	0.03*	0.78

*P<0.05

以獨立樣本 t 檢定分析不同海拔高度血氧飽和度體能自評是否有顯著差異。統計結果如表 12 及圖 15，在學校、觸口阿管處自評好和不好二組血氧飽和無顯著差異，於上東埔(登山前)(p=0.01*)、麟趾山(p=0.03*)、上東埔(登山後)(p=0.03*)好和不好二組血氧飽和具顯著差異。

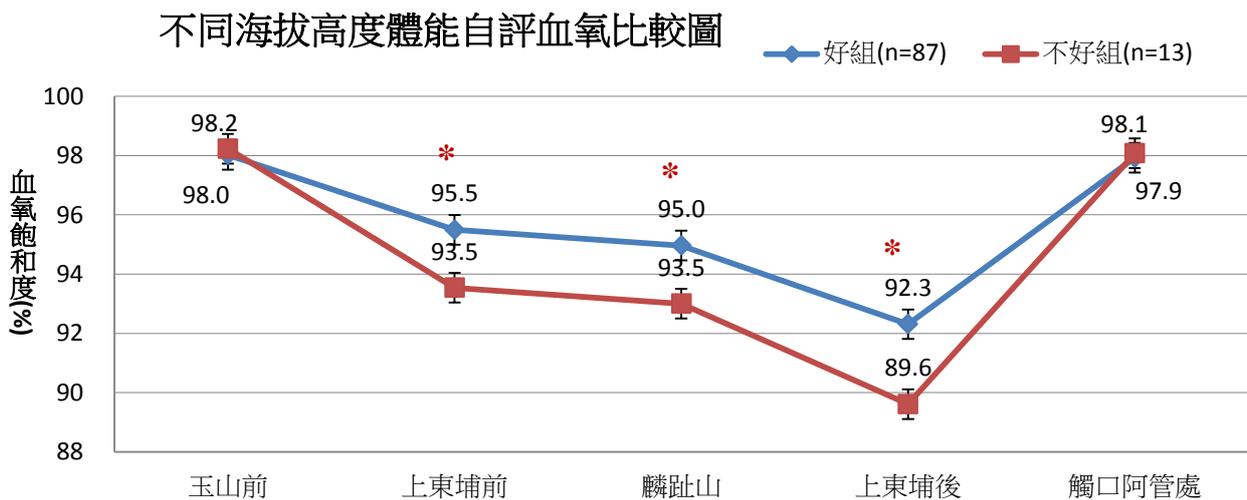


圖 15 不同海拔高度體能自評血氧比較圖

由上圖發現在學校、觸口阿管處自評好和不好二組血氧飽和幾乎無差距，隨著海拔高度上升，血氧飽和下降，二組血氧飽和度也於上東埔前、麟趾山及上東埔後具有顯著差異。於上東埔前開始健行後，「好」組於麟趾山血氧飽和下降幅度較「不好」組低。綜合以上，此表所呈現之趨勢大致與圖 14 相同。

(六)體能自評與高山適應的關係

本次分析中包含 128 位受試者，體能自評好的人為 106 人，體能自評不好有 22 人；適應組的有 94 人，不適應組的有 34 人。體能自評好的 106 人中有 81 人為適應組 25 人為

不適應組，而體能自評不好的 22 人中有 13 人為適應組 9 人為不適應組，接著進一步看以下的卡方檢定檢驗這兩種比例的關聯性。

研究對象：登麟趾山之一年級學生

統計方法：卡方檢定

表 13、體能自評(2 組)與高山適應的關係

體能自評	適應組	不適應組	合計	P 值
自評好(人)	81	25	106	0.064
自評不好(人)	13	09	22	
合計(人)	94	34	128	

以卡方分析體能自評與高山適應之關係(如表 13)。Pearson 卡方值小於 0.05 時，表示有統計上顯著差異，本次結果 p 值為 0.064，大於 0.05。

表 14、體能自評(3 組)與高山適應的關係

體能自評	適應組	不適應組	合計	P 值
自評好(人)	48	10	58	0.051
自評普通(人)	33	15	48	
自評不好(人)	13	9	22	
合計	93	34	128	

進一步以體能自評 3 組進一步進行卡方檢定，結果 P 值為 0.051，得知體能自評與高山適應未達顯著差異。

陸、討論

一、基本資料討論

(一) 血氧飽和分析

由比較三族群於不同地點之血氧飽和，我們發現於平地所測得之血氧飽和高於高海拔，且血氧飽和隨著海拔高度上升而下降；由表 2 上東埔後的數據可知，主峰、前峰及麟趾山之血氧飽和分別為 91.1、94.0 和 92.0，前峰最高、麟趾山次之、主峰最低，主要為運動時間、海拔高度變化所致：因為主峰海拔高度變化量約 1400 公尺，加上路程遠體力消耗大，血氧飽和較低；而玉山前峰之血氧飽和理應較麟趾山低，但因登麟趾山者在體能及各項準備度較前峰不足，因此血氧飽和較前峰低；此外，上東埔停車場前、後的海拔高度雖相同，由於運動時間的影響，上東埔停車場後的平均血氧飽和低於上東埔停車場前。

(二)體能自評高山適應分析

1.不適組比例

高偉君，曾春典，陳秀熙，馬惠明，陳俊忠，高偉峰。(2006)在《以玉山登山口與平地血氧飽和差異預測急性高山病》的研究中提到，海拔高度越高，高山症發生機率就越高。本實驗研究結果顯示不適組比例玉山主峰>麟趾山>玉山前峰。因玉山前峰(3,239m)海拔高度高於麟趾山(2,586m)，前峰之高山不適比例理論上會比麟趾山大，但結果為麟趾山不適組比例高於玉山前峰。原因可能為一年級登麟趾山為全年級活動，除特殊狀況外大部分同學都會參加；而玉山前峰參加對象為篩選過體適能較佳的學生，經過3個月體能訓練及高山前導課程後進行，所以學生在體能及各項準備比麟趾山完整，產生高山不適的比例相對減少許多；登玉山主峰學生雖然也有體能訓練以及高山課程介紹，但因登玉山主峰為當天往返，登山時間高達16小時，單日海拔高度變化量大，約1400公尺，故高山不適發生比例較高。

2.各項高山症狀發生比例

不適症狀發生比例方面，主峰、前峰及麟趾山均以疲憊佔多數，推測為自我體能認知所致；其次為因血氧飽和下降，腦部微血管為獲得更多氧氣而擴張的頭痛，之後依序為較受個人體質影響的頭暈及腸胃道症狀。

由麟趾山、玉山前峰、玉山主峰的比較，我們發現就算海拔高度相同，行前準備較完整、海拔上升速度較緩慢的族群，產生不適症狀的比例也較低。

二、研究結果討論

(一)運動訓練與血氧飽和度之關係

根據表4比較運動前後血氧飽和、心跳之研究結果，我們發現無論是跑步或登階，訓練後血氧飽和明顯較訓練前低(統計具顯著差異)，證明運動後會因血液裡的含氧量減少，導致血氧飽和降低；運動後心跳明顯加快，應為血氧飽和降低，身體負荷加大，導致須加快運輸血液中養分、廢物之緣故；另外，運動後血氧飽和跑步低於登階、心跳跑步高於登階，推測原因為跑步注重心肺能力鍛鍊所致。主峰、前峰訓練以負重登階鍛鍊肌力與肌耐力，模擬登山時的起伏環境，並以戴口罩方式模擬高海拔低氧的環境。測得之心跳、血氧飽和升降情形和上山健行時情況相同，推論事前訓練有助於提升在山上的適應程度，減少高山症狀的發生。

綜合以上，我們認為運動後血氧飽和會明顯下降，心跳明顯上升，且不同運動也會使血氧飽和與心跳升降幅度有所不同。透過在平地模擬高海拔起伏的地形、低含氧量及其他狀況，有助於提升學生在山上的適應程度。

(二) 體適能、BMI 與高山適應之關係

1. 體適能高山適應之關係

由表 5 統計結果顯示，高山適應分組和體適能成績無顯著差異。雖高山適應和各體適能項目均無顯著差異，但可由常模 p 值看出 800/1600 跑走（心肺耐力）有影響最深的趨勢，若增加樣本數，應可使差距更為明顯。

2. BMI 與高山適應之關係

王士豪醫師研究小六學童攀登雪山，BMI「肥胖」組高山症發生率高於「過重」、「正常」及「過輕」三組。此研究發現肥胖及體能最弱的孩子，是發生高山症的高危險群(王士豪，2019，瘋高山)。另外，翁立筠;郭博昭;蔡玉敏;溫德生;陳俊忠(2005)。也在《身體特徵及生理反應與急性低氧症狀之相關性》指出於低氧環境中凡有不適症狀的個案，多具有較高的身體質量指數(BMI)。表 5 顯示，適應組及不適應組的身高、體重及 BMI 並無顯著差異，我們以卡方檢定統計，結果 BMI 兩組與高山適應無顯著差異(表 6)。但表 5 之 BMI 有不適應組高於適應組之趨勢，推測體位也是影響高山適應狀況的因素之一。若增加樣本數，應可使差距更為明顯。

(三) 體適能、BMI 與體能自評之關係

1. 體適能與體能自評之關係

我們統計結果顯示，自評 2 組於立定跳遠(瞬發力)具顯著差異，且各項成績皆為好組優於不好組;自評 3 組則於 800/1600 跑走(心肺耐力)、立定跳遠(瞬發力)具顯著差異。

立定跳遠於自評 2 組、3 組均具顯著差異，雖立定跳遠主要為檢測瞬發力，但登山過程中若遇到上坡路段，運用下肢肌力之次數及運動強度高，而下肢肌力也是影響立定跳遠成績的因素之一，因此推論立定跳遠能直接影響高山適應情形。

心肺耐力較好的人，其心臟、肺臟及血管的功能也較好，能輸送更多的血液和氧氣供組織細胞使用，並維持身體正常代謝，可以使運動持續較久且不至於很快疲倦(教育部體育署體適能網站)。自評 2 組中上山適應情況較佳的族群 800/1600 跑走成績較好，且於自評 3 組具顯著差異，因此我們推論心肺耐力也能影響高山適應情形，如加強學生跑走

訓練，應可增加上山的適應度。

根據實驗結果，我們認為於平地的體適能成績能影響高海拔的適應狀況。立定跳遠及 800/1600 跑走為影響最大的因素：大腿肌力較佳者於健行過程中上坡段較不易感到疲憊；心肺耐力較好的人，也可以持續運動較久且不至於很快疲倦、出現不適症狀。

2. BMI 與體能自評之關係

由表 7 可知自評好及不好二組的 BMI 無顯著差異，表 8 也顯示 BMI 兩組與自評 3 組無顯著差異。但表 7 之 BMI 有「不好」組大於「好」組之趨勢。若增加樣本數，應可使差距更為明顯，BMI 兩組與自評 3 組亦同。

(四) 血氧飽和度與高山適應的關係

高偉君(2006)研究中指出，在平地與登山口所量測的血氧飽和數值相差越大，越有發生高山症的風險。但王士豪醫師在玉山山區所做的調查(王世豪，2019，瘋高山)，認為以血氧飽和預測高山症並未能達到顯著的統計意義，臨床上無法應用及預測高山症。故我們想要探討不同地點血氧飽和以及在登山過程中不適組的學生血氧飽和是否會比適應組低。

血氧飽和受到海拔高度、運動時間的影響。本實驗結果顯示，於平地所測得之血氧飽和高於高海拔，且血氧飽和隨著海拔高度上升而下降。不適組、適應組在平地(學校、觸口阿管處)血氧飽和均高，在平地差距並不明顯；於麟趾山(2854m)時，不適組與適應組血氧飽和具差異，應為海拔高度最高所致；在健行及高度攀升過程中，不適組血氧飽和降低幅度較適應組大，推測血氧飽和低可能是造成高山症狀發生而產生身體不適的原因之一，此研究結果與(翁立竊，2005)的研究結果相同。

(五) 血氧飽和度與體能自評的關係

研究結果顯示，在平地(學校、觸口阿管處)自評好和不好二組血氧飽和幾乎無差距，且二者血氧飽和均隨著海拔高度上升而下降，因此判斷海拔和血氧飽和的關係是在高海拔才會成立。於上東埔(登山前)「好」及「不好」兩組血氧飽和具顯著差異，判斷「不好」組可能因為海拔高度上升，血氧飽和降低較多，引起不適症狀發生，故體能自評為「不好」；開始健行後，「好」組血氧飽和下降幅度較「不好」組低；我們也發現麟趾山上東埔(登山後)二組血氧飽和皆降低，雖海拔高度已經開始下降，但當時已運動 5 至 6 個小時，因此血氧飽和下降主因為運動時間拉長所致。綜合以上幾點，體能自評血氧飽和變化(圖 15)所呈現之趨勢大致與高山適應(圖 14)相同

藉由測量不適組、適應組及體能自評好、不好的受試者之血氧飽和，可知血氧飽和會隨

著海拔高度上升而下降。無論是高山適應或體能自評，於相同海拔高度，不適組及自評不好組的血氧飽和都較適應較佳者來得低，推測因血氧飽和低，使其產生不適症狀，但此血氧飽和的差異只於高海拔才會產生。高山適應與體能自評都具此一趨勢，因此我們認為體能自評也可作為在高山適應狀況的依據。不只海拔高度，運動時間也為影響血氧飽和的因素之一。

(六) 體能自評與高山適應的關係

本實驗採用之高山適應評分系統除了參考 2018 年路易斯湖急性高山症評分系統外，也加上體能自評。我們想要了解評估學生的適應狀況時，除了依症狀評估外，主觀的體能自評結果是否與高山症評分系統的結果相符。若是，可以先以體能自評作為判斷學生適應狀況的依據，再進一步參考高山症症狀了解學生的適應情形，類似於現今「快篩」的概念。

由表 13 體能自評 2 組與高山適應的關係以卡方檢定統計結果 p 值為 0.064，由表 14 可知體能自評 3 組進一步進行卡方檢定，結果 P 值為 0.051，得知體能自評與高山適應雖未達顯著差異，但若能增加樣本數，應可證明可以利用體能自評來推估學生高山適應狀況。

(七) 供易發生高山不適症狀族群之建議

綜合以上六大點，我們發現事前訓練、行程安排、BMI、血氧飽和、體適能(立定跳遠、800/1600 跑走)等因素皆可影響學生於高海拔的適應狀況。因此建議學校登山前可針對上述因素表現較差的同學給予額外訓練，於登山時多加注意，相信能有效減少同學不適症狀發生的比例。另外也建議學校在規畫登山行程時留意海拔高度攀升的速度、事前進行訓練或舉行登山前導課程，讓學生們能更有效且快速地適應高山環境。

三、未來展望與建議

本次研究因為新型冠狀病毒疫情的影響，導致學校停止戶外相關活動，造成我們實驗的樣本數無法再增加，進而影響統計，無法明顯得知各項因素對高山適應狀況的關聯性。對本研究我們未來展望與建議為：

- (一) 擴大研究對象，增加樣本數，也希望逐年取得同一批受試者登麟趾山、前峰及主峰的數據，延續此實驗，以便更清楚了解各因素與高山適應狀況之關聯性。
- (二) 建議持續本課程，以累積登玉山前峰及主峰之樣本數，因高度與行程的差異，未來可以分別予以深入探究，以利師生進行高山探索相關課程之體能訓練計劃及登山安全之指引。
- (三) 建議後續可加入氣壓、溫度、溼度等影響因素，進行更全面的探究，可嘗試進階分析，

找到預測高山適應之模式。

(四) 建議未來可結合最新資訊科技，運用物聯網概念，即時回應受試者身體狀況資訊，可透過線上系統，立即更新評估資訊，以利師生經由即時身體適應資訊，做更準確之判斷與因應策略，讓師生均能在安全可靠的即時資訊中，享受登山之樂趣。

柒、結論

- 一、運動後血氧飽和會明顯下降，心跳顯著上升，且不同運動也會使血氧飽和與心跳升降幅度有所不同。透過在平地模擬含氧量低的狀況，有助於學生提升在山上的適應程度。
- 二、血氧飽和會隨著海拔高度上升而下降。然而不只海拔高度，運動時間、氣壓也都為影響血氧飽和的因素。於相同海拔高度時，適應較差者的血氧飽和會較適應較佳者來得低，進而使其產生高山不適症狀，但於平地較不會產生此現象。
- 三、就算海拔高度相同，登山準備、運動時間等因素均會影響血氧飽和的升降：行前準備較完整、海拔上升速度較緩慢的族群，於高海拔血氧飽和降低的幅度小，產生不適症狀的比例也較低。
- 四、體適能成績(立定跳遠、800/1600 跑走)會影響體能自評狀況。
- 五、建議學校登山前可針對 BMI、體適能(立定跳遠、800/1600 跑走)等因素表現較差的同學提供協助，登山時多留意血氧飽和下降幅度較大的學生，相信能有效減少不適症狀發生的比例；另外也建議在規劃登山行程時留意海拔高度攀升的速度、事前進行訓練或舉行登山前導課程，讓學生們能更有效且快速地適應高山環境。
- 六、108 課綱之後有些學校開始進行登山探索課程，但關於國中學生登山的相關研究不多；經過本實驗的相關探討，可提供學校做為行前訓練規劃以及於山上身體狀況的參考。

捌、參考資料

1. 王世豪。(2005)。瘋高山-登山狂醫師私房安全攻略 & 高山紀行大公開，讓大人小孩都能放心入山。臺北市：天下生活。34-53。
2. 李敏凡、鍾慧、官玫秀。(2019)。高山症的診斷與治療。藥學雜誌，141(35)，4。
3. 翁立筠、郭博昭、蔡玉敏、溫德生、陳俊忠。(2005)。身體特徵及生理反應與急性低氧症狀之相關性。中華民國航空醫學暨科學期刊，19(2)，83-93。
4. 高偉君、曾春典、陳秀熙、馬惠明、陳俊忠、高偉峰。(2006)。以玉山登山口與平地血氧飽和度差異預測急性高山病。中華民國急救加護醫學會雜誌，17(2)，47-54。
5. 曾文培, & 鄭鈞任. (2016). 急性高山症之生理反應及藥物治療. 大專體育, (137), 54-61.
6. 教育部體育署體適能網站 <https://www.fitness.org.tw/direct01.php>
7. 梁佳君、林憶珊、陳薇光、鄒孟婷(2012)。高山症的治療與預防。家庭醫學與基層醫療，27 卷 6 期，196-201 頁。
8. Roach, R. C., Hackett, P. H., Oelz, O., Bärtsch, P., Luks, A. M., MacInnis, M. J., ... & Lake Louise AMS Score Consensus Committee. (2018). The 2018 Lake Louise acute mountain sickness score. *High altitude medicine & biology*, 19(1), 4-6.

附件一：攀登玉山主(前)峰探索營隊體適能訓練課表

編號	日期	星期	時間	訓練內容	備註
1	9月4日	三	早自修 0730-0815	1. 暖身操 2. 慢跑1500公尺(10分)	三年級 複習考
2	9月6日	五	早自修 0730-0815	1. 暖身操 2. 慢跑1500公尺(10分) 3. 馬克操 4. 登階跑*2	
3	9月11日	三	早自修 0730-0815	1. 暖身操 2. 慢跑2100公尺(14分) 3. 馬克操 4. 追逐跑*3	
4	9月18日	三	早自修 0730-0815	1. 暖身操 2. 慢跑2100公尺(14分) 3. 馬克操 4. 100M*3 5. 150M*2	週考
5	9月20日	五	早自修 0730-0815	1. 暖身操 2. 慢跑3000公尺(20分) 3. 馬克操 4. 登階跑*2	
6	9月23日	一	放學後 1700-1745	1. 暖身操 2. 馬克操 3. 12分鐘跑測驗(計圈數)	
7	9月25日	三	早自修 0730-0815	1. 暖身操 2. 慢跑3000公尺(20分) 3. 馬克操 4. 追逐跑*3	
8	9月27日	五	早自修 0730-0815	1. 暖身操 2. 慢跑3000公尺(20分) 3. 馬克操 4. 追逐跑*3	
9	10月2日	三	放學後 1700-1745	1. 暖身操 2. 馬克操 3. 12分鐘跑測驗(計圈數)	三年級 訓練結束
10	10月16日	三	早自修 0730-0815	1. 暖身操 2. 戴口罩慢跑3000公尺(25分) 3. 登階跑	三年級 畢旅
11	10月18日	五	早自修 0730-0815	1. 暖身操 2. 負重(6KG)快走3000公尺(30分) 3. 登階跑	三年級 畢旅
12	10月23日	三	早自修 0730-0815	1. 暖身操 2. 戴口罩慢跑3000公尺(20分) 3. 登階跑	二年級早自修補課
13	10月25日	五	早自修 0730-0815	1. 暖身操 2. 負重(6KG)快走3000公尺(25分) 3. 登階跑	二年級早自修補課
14	11月1日	五	早自修 0730-0816	1. 暖身操 2. 開合跳 3. 負重(6KG)+戴口罩體育館階梯訓練 *8趟	
15	11月6日	三	早自修 0730-0815	1. 暖身操 2. 開合跳 3. 負重(6KG)+戴口罩體育館階梯訓練 *10趟	
16	11月8日	五	早自修 0730-0815	1. 暖身操 2. 負重(6KG)戴口罩快走3000公尺(30分) 3. 登階跑 4. 重量訓練	
17	11月13日	三	早自修 0730-0815	1. 暖身操 2. 負重(6KG)戴口罩快走3000公尺(25分) 3. 登階跑 4. 重量訓練	
18	11月15日	五	早自修 0730-0815	1. 暖身操 2. 負重(6KG)戴口罩快走3000公尺(25分) 3. 登階跑 4. 重量訓練	

PS：1. 自備背包(1個)、口罩(1個)、2000C.C空寶特瓶(3支)---9月27日前。
 2. 每天至少慢跑操場十圈(3000公尺)---利用放學後自主訓練。
 3. 以戴口罩方式模擬高海拔低氣壓、空氣稀薄大氣含氧量降低的環境。
 4. 以負重登階鍛鍊肌力與肌耐力，並模擬登山時多變的起伏環境。

附件二

「玉見名山」探索課程參與者登山資訊使用同意書

親愛的家長您好：

首先，感謝您同意貴子弟積極參與本校「玉見名山」探索教育課程。配合自然領域課程，進行及訓練學生小組自研學習。為了加深學生課程體驗與學習歷程，特別安排了許多融入設計，其中包括測量血氧、高山症狀及體能評估等科學探究活動。

本校自然教學團隊計畫在登山過程，透過指尖式脈搏血氧儀測量每位參與師生的血氧飽和度，預計探討登山海拔高度與血氧飽和度、體能自評之關係，並嘗試分析血氧飽和度與體適能訓練及測驗成績是否有關，企圖透過實務研究，讓師生了解登山體能訓練著重方向為何，及協助師生登山身體狀況評估與判斷。

為此，我們需要收集參與師生體適能檢測成績及體能訓練、不同登山海拔高度之血氧飽和度、高山症狀及體能自評等資料。所有資料將由學校負責保存。除研究團隊外不會提供別人使用，將持保密的態度，以研究號碼會取代姓名。書面資料將會上鎖，數位資料庫將以密碼管制。除了有關機構依法調查外，我們會小心維護您的隱私。

我同意，「體適能檢測」、「指尖式脈搏血氧儀測量」及「高山症狀及體能自評資料」應用於「玉見名山」探索課程科學探究實驗上，並全力配合實驗期間各項檢測。

我知道，若有其他問題或不可抗拒之因素希望退出時，告知研究者即可退出。

學生簽名：

家長/監護人簽名：

(簽章)

中 華 民 國 年 月 日

【評語】 030323

本研究探討國中生體適能對應海拔變化的適應程度，將學生分組，以體適能項目分數以及學校各年級登山活動中抽測學生血氧濃度作為對應高海拔不良反應的預測分析。有趣的是，能夠適應高海拔的學生在統計上有較高的血氧濃度，但與肥胖程度以及體適能成績無關。

優點：本調查研究將該校三個年級的登山課程納入分析，能夠利用現有的學校資源進行調查研究是一個很好的範例。研究中的資料彙整及統計分析堪稱完善，在登山課程中大量測量同學的血氧含量並與高山適應情形做出關聯性，是一個具有參考價值的調查研究。

建議：這個研究的最重要應用是能否找到高山適應能力的預測因子，目前研究顯示在高山中的血氧濃度維持是決定適應與否的重要條件，但是這個條件沒有辦法在登山之前便能測量出來。在研究中也發現運動所導致的血氧濃度下降可以作為參考，建議可以將學生運動前後血氧下降的速率（或是下降程度）一起納入分析，也許在運動中能夠維持血氧量的同學會具有高海拔適應性。



摘要

本研究旨在探討不同海拔高度血氧飽和度 (SpO₂)、體適能與高山適應程度之關聯性。利用高山適應評分系統為受試者分組，進行體適能測驗成績及不同海拔高度血氧飽和度之研究。研究結果顯示：

- 一. 血氧飽和度會隨海拔高度上升而下降；相同海拔高度之血氧飽和度，適應較差者比較低。
- 二. 體適能測驗「立定跳遠」、「800/1600跑走」兩項目會影響學生於高海拔的適應狀況。

建議可利用本研究結果，針對立定跳遠、800/1600跑走成績較差者加強訓練，登山過程中多關心血氧飽和度下降幅度較大的同學，以減少在高海拔地區不適症狀的發生，期望本研究結果可供校方或其他單位日後安排登山行程參考。



壹、研究動機

本校有登山的課程，登麟趾山前，學長姐提起登麟趾山或玉山前峰、主峰時，有些同學會產生不適症狀，因此我們好奇哪些人容易在登山時發生不適症狀。經過討論以及參考各種資料後，沒有發現跟國中生登山相關的研究。透過指尖式脈搏血氧儀測量血氧飽和度，並以登山後問卷作為族群分類標準，探討有哪些因素會造成身體不適的情形。



貳、研究目的

- 一. 探討國中生在各海拔高度產生高山不適的比例及症狀。
- 二. 探討海拔高度與血氧飽和度之關係。
- 三. 探討體適能、血氧飽和度與高山適應、體能自評的關係。



參、研究設備及器材

- 一. 指尖式脈搏血氧儀 (吉懋GM601A)
- 二. 高山適應評分系統



指尖式脈搏血氧儀



肆、研究過程



研究內涵

SpO₂ (一) 名詞解釋

一. 血氧飽和度 (SpO₂)

指血中氧飽和血紅蛋白相對於總血紅蛋白的比例。利用指尖式脈搏血氧儀測量受試者的SpO₂及脈搏。

二. 體位 (BMI)

體重 (公斤) / 身高 (公尺)²

三. 體適能

包含800/1600跑走、仰臥起坐、肢體前彎、立定跳遠四個項目。

四. 高山症

人體在高海拔狀態由於氧氣濃度降低而出現的急性病理變化表現。症狀有頭痛、腸胃道症狀、疲憊虛弱、頭暈等。

SpO₂ (二) 蒐集資料 (針對研究對象測量)

年級	活動	人數
一	麟趾山探索教育問卷分析	135
	麟趾山探索教育血氧測量	102
二	玉山前峰探索營	31
三	玉山主峰挑戰營	20

SpO₂ (二) 測量血氧飽和度

	地點	海拔m
1	學校	37
2	阿里山觸口管理處	119
3	上東埔停車場	2,586
4	麟趾山	2,854
5	玉山前峰	3,239
6	排雲山莊	3,402
7	玉山主峰	3,952



SpO₂ (三) 體適能成績

本研究之學生體適能成績，係由各班體育老師取得體適能測驗成績。

SpO₂ (四) 高山適應評分系統問卷

高山適應評分系統問卷內容包含症狀總分以及體能自評兩部分。登山結束後發放填寫，統計問卷填答內容得到每位同學的高山適應及體能自評評分。

症狀	自評分數	開始地點	緩解地點
頭痛 0分-完全沒有。 1分-輕微頭痛。 2分-中度頭痛。 3分-嚴重頭痛，無法緩解。	0		
腸胃道症狀 0-食慾良好。 1-噁心或沒胃口。 2-中度噁心或嘔吐。 3-嚴重噁心或嘔吐，無法緩解。	0		
疲憊及/或虛弱 0分-沒有疲憊/虛弱。 1分-輕微疲憊/虛弱。 2分-中度疲憊/虛弱。 3分-嚴重疲憊/虛弱，無法緩解。	1	石渠	上東埔停車場
頭暈/頭重腳輕 0分-沒有頭暈/頭重腳輕。 1分-輕微頭暈/頭重腳輕。 2分-中度頭暈/頭重腳輕。 3分-嚴重頭暈/頭重腳輕，無法緩解。	0		
總分 總分3分到5分為輕微急性高山病 總分6分到9分為中度急性高山病 總分10分到12分為嚴重急性高山病	1		
體能自評(務必填寫) 1分-非常好 2分-好 3分-普通 4分-不好 5分-非常不好 (後面填寫)	2		

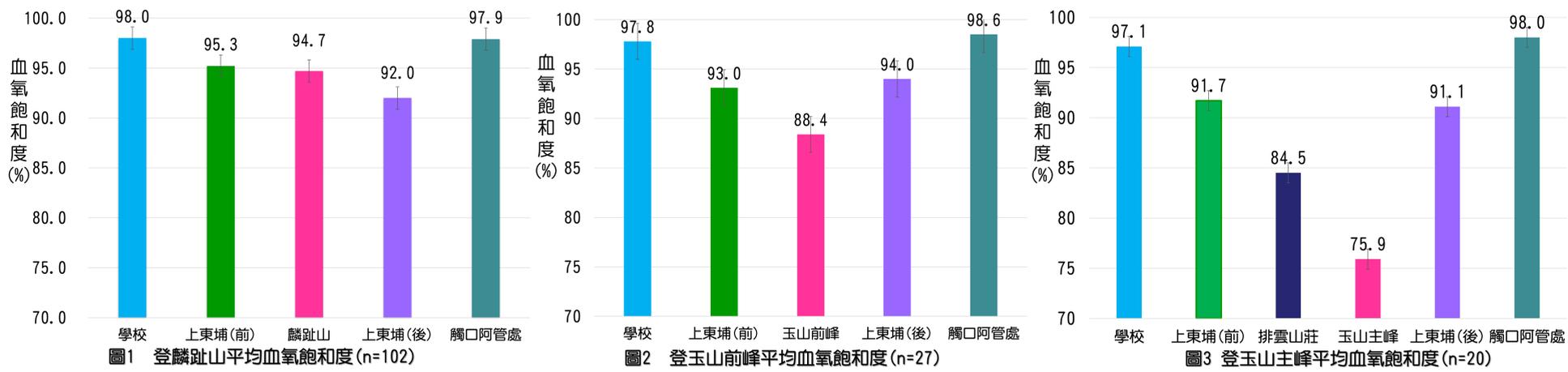
SpO₂ (五) 分析方法

取得資料後，以統計軟體SPSS及Excel進行運動訓練、體適能、血氧飽和度、高山適應、體能自評之差異與相關性分析。



伍、研究結果

SpO₂ 血氧飽和分析



→→→海拔高度攀升，血氧飽和度逐漸下降；海拔高度下降，血氧飽和度隨之上升。

SpO₂ 高山適應分析

適應組：高山適應評分 < 3
不適組：高山適應評分 ≥ 3

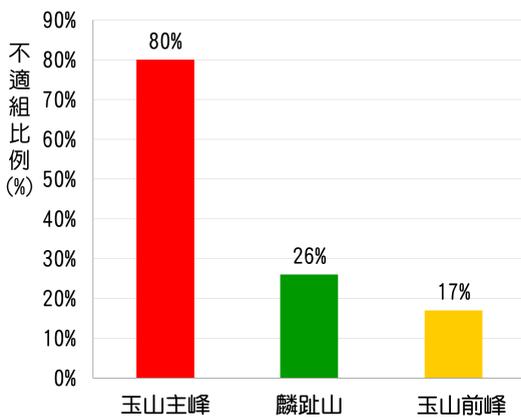


圖4 不同海拔高度高山適應不適組分析圖

SpO₂ 體能自評分析

好組：自評評分 1、2、3分
不好組：自評評分 4、5分

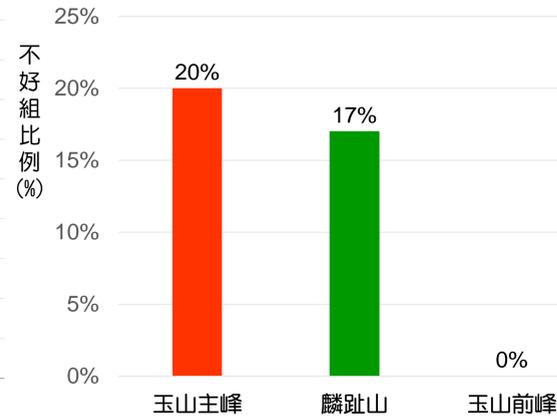


圖5 不同海拔高度自評不好組分析圖

SpO₂ 高山症狀分析

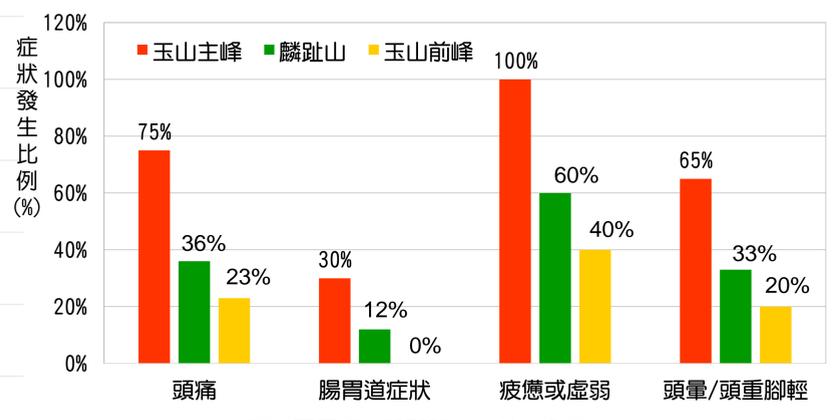


圖6 不同海拔高度高山症狀分析圖

→→→不適組、自評不好組及高山症狀比例均為主峰 > 麟趾山 > 前峰。

SpO₂ (一) 運動訓練與血氧飽和度的關係 (登玉山前峰之二年級學生)

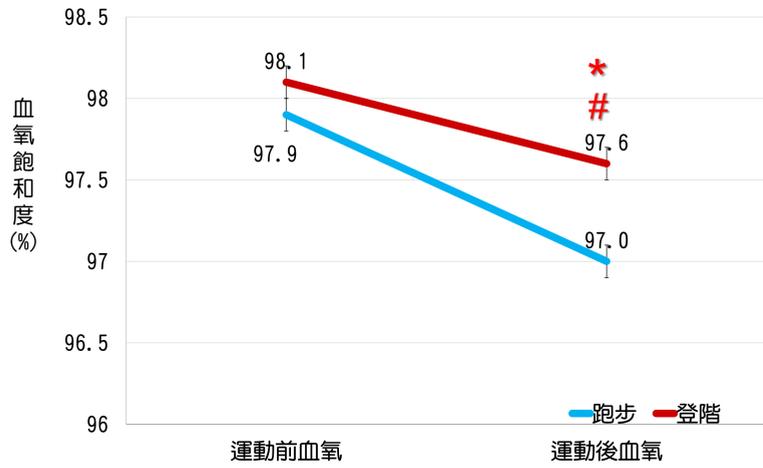


圖7 運動訓練前後血氧值比較 (n=31)

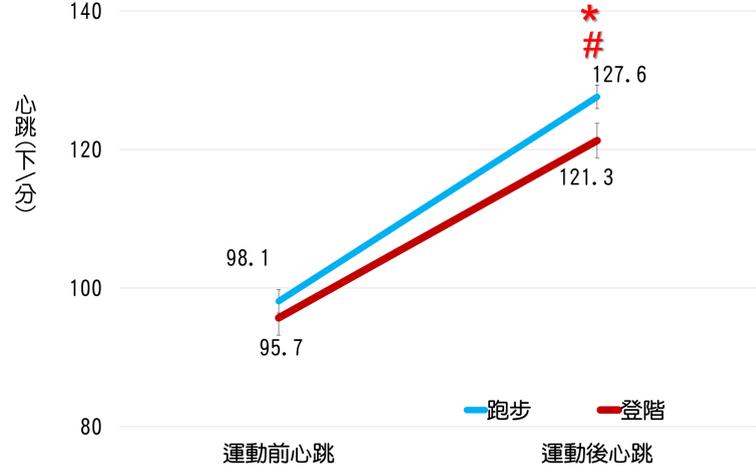


圖8 運動訓練前後心跳值比較 (n=31)

→→→成對樣本t檢定 (*p<0.05) (運動前後) 獨立樣本t檢定 (#p<0.05) (不同運動)
跑步與登階運動後血氧飽和度下降 (p=0.000、0.003)、心跳上升 (p=0.000、0.000)，與運動前具顯著差異。
跑步與登階運動後之血氧飽和度 (p=0.02)、心跳 (p=0.04) 具顯著差異。

SpO₂ (二) 體適能、BMI與高山適應的關係 (登麟趾山之一年級學生)

高山適應—適應組：高山適應評分 < 3 不適組：高山適應評分 ≥ 3
體適能常模—金牌：5分 銀牌：4分 銅牌：3分
中等：2分 待加強：1分
BMI—過輕適中組：BMI過輕、適中 過重肥胖組：BMI過重、肥胖

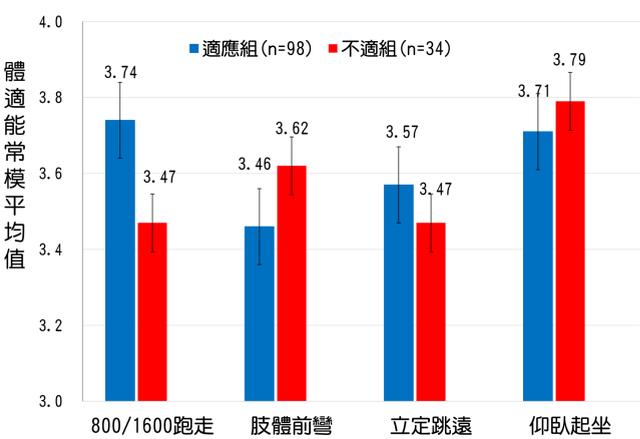


圖9 體適能(常模)與高山適應之關係分析圖

SpO₂ (三) 體適能、BMI與體能自評的關係 (登麟趾山之一年級學生)

體能自評—二組：好組：自評評分 1、2、3分 不好組：自評評分 4、5分
三組：好組：自評評分 1、2分 普通組：自評評分 3分 不好組：自評評分 4、5分
體適能常模—金牌：5分 銀牌：4分 銅牌：3分 中等：2分 待加強：1分
BMI—過輕適中組：BMI過輕、適中 過重肥胖組：BMI過重、肥胖

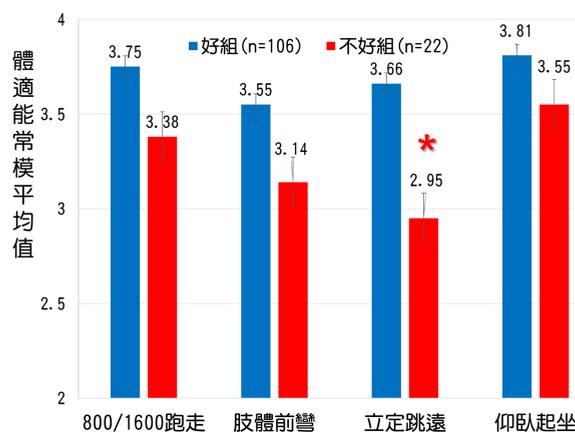


圖10 體適能與自評2組之關係分析圖

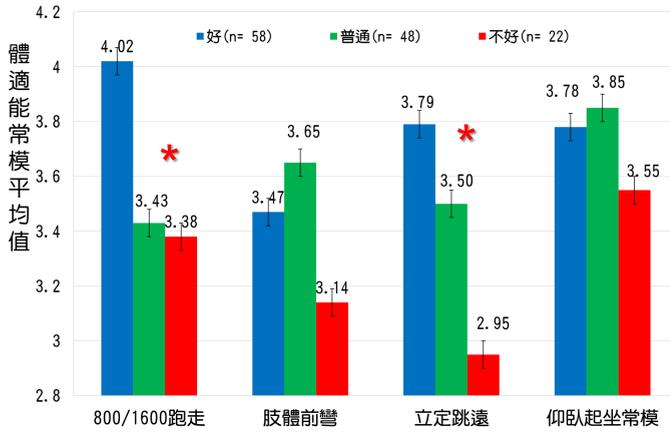


圖11 體適能與自評3組之關係分析圖

→→→獨立樣本t檢定
高山適應(2組)與體適能各項目無顯著差異

→→→獨立樣本t檢定 (*p<0.05)
體能自評(2組)於立定跳遠(瞬發力)具顯著差異 (p=0.02*)

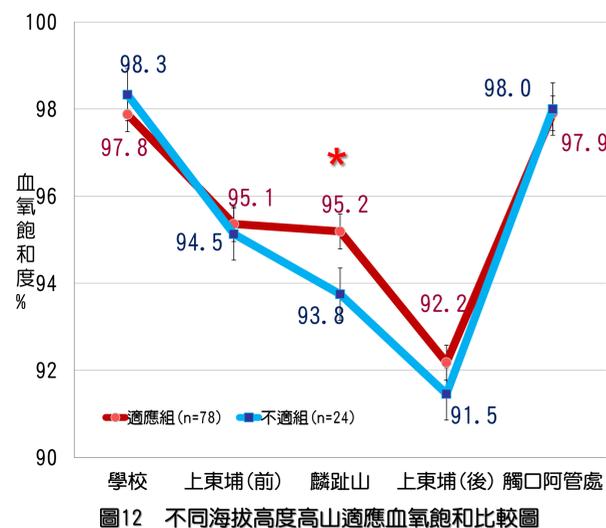
→→→單因子變異分析 (*p<0.05)
體能自評(3組)於800/1600跑走 (p=0.01*)及立定跳遠 (p=0.03*) 具顯著差異。

BMI(2組)與高山適應(2組)於卡方檢定統計無顯著差異

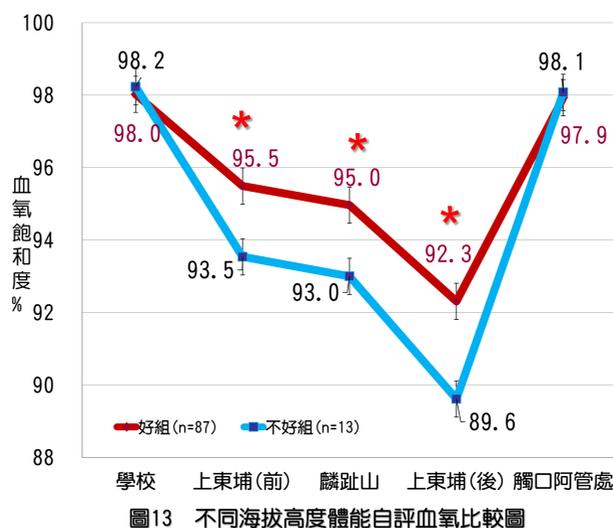
體能自評(2組)與BMI(2組)以卡方檢定統計結果無顯著差異。

體能自評(3組)與BMI(2組)以卡方檢定統計結果無顯著差異。

SpO₂ (四) SpO₂與高山適應的關係



SpO₂ (五) SpO₂與體能自評的關係



SpO₂ (六) 高山適應與體能自評

體能自評	適應組	不適組	合計	P值
好 (人次)	81	25	106	0.064
不好 (人次)	13	9	22	
合計	94	34	128	

表1 高山適應與體能自評2組卡方分析表

→→→ 獨立樣本T檢定 (*P<0.05)

1. 平地適應組與不適組之血氧飽和度均高，無顯著差異。
2. 不適組於麟趾山血氧飽和度降低幅度較適應組大 (p=0.04)，具顯著差異。

→→→ 獨立樣本T檢定 (*P<0.05)

平地自評好、不好2組血氧飽和度幾乎無差距，但於上東埔(前) (p=0.01)、麟趾山 (p=0.03) 及上東埔(後) (p=0.03) 具顯著差異。

→→→ 卡方檢定

體能自評二組與高山適應二組進行卡方檢定 (p=0.064)，進一步以自評三組分析 (p=0.051) 皆未達顯著差異。若增加樣本數，或許可證明兩者關聯。

陸、結 論

- 一. 運動後血氧飽和度下降，心跳上升，達顯著差異。不同運動使血氧飽和度與心跳升降幅度有所不同。
- 二. 血氧飽和度隨海拔高度上升而下降，運動時間長短也為影響血氧飽和度的因素。
- 三. 相同海拔高度時，適應較差者的血氧飽和度會較適應較佳者低。
- 四. 體適能成績(立定跳遠、800/1600跑走)能影響體能自評。
- 五. 建議學校登山前可針對體適能(立定跳遠、800/1600跑走)等因素表現較差的同學提供協助，登山時多留意血氧飽和度下降幅度較大的學生；在規劃登山行程時留意海拔高度攀升的速度、事前進行訓練，讓學生們能更有效且快速地適應高山環境。
- 六. 近年來有學校進行登山探索課程，但關於國中生登山的相關研究不多；經過本實驗的相關探討，可提供學校作為行前訓練規劃以及評估山上適應狀況的參考。

柒、未來展望

- 一. 本次實驗因為新型冠狀病毒疫情的影響，導致學校停止戶外相關活動，造成我們實驗的樣本數無法再增加，進而影響統計，希望下次能擴增樣本數，並逐年取得同一批受試者登麟趾山、前峰及主峰的數據，延續此實驗，以便更清楚了解各因素與高山適應狀況之關聯性。
- 二. 建議未來可結合最新資訊科技，運用物聯網概念，即時接收、分析學生身體狀況資訊、更新評估，以利師生做更準確之因應策略，使師生均能在更安全可靠的即時資訊中，享受登山之樂趣。
- 三. 建議後續可加入氣壓、溫度、溼度等影響因素，進行更全面的探究，嘗試進階分析，找到預測高山適應之模式。



捌、參考資料

- 一. 高偉君，曾春典，陳秀熙，馬惠明，陳俊忠，高偉峰。以玉山登山口與平地血氧飽和度差異預測急性高山病。中華民國急救加護醫學會雜誌，17卷2期(2006)；p47-54
- 二. 王世豪 (2019)。瘋高山-登山狂醫師私房安全攻略&高山紀行大公開，讓大人小孩都能放心入山。臺北市：天下生活。34-53頁
- 三. Roach, R. C., Hackett, P. H., Oelz, O., Bärtsch, P., Luks, A. M., MacInnis, M. J., ... & Lake Louise AMS Score Consensus Committee. (2018). The 2018 Lake Louise acute mountain sickness score. High altitude medicine & biology, 19(1), 4-6.