

嘉義市第 38 屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生物科

組 別：國中組

作品名稱: 有氧森活-探討高海拔身體適應程度影響因素

關鍵詞： 體適能、高山適應、血氧飽和度

編 號：

摘要

本研究旨在探討不同地點血氧飽和度、體適能與高山適應程度之關聯性。我們利用路易絲湖高山症評分系統與體能自評問卷為受試者分組，並取得體適能測驗結果及不同海拔高度測量之血氧飽和度，以統計軟體分析。

研究結果顯示:(1) 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。(2)體適能部分項目(跑走、跳遠)也會影響學生於高海拔的適應狀況。

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，建議可多留意血氧飽和度低及體適能成績較差者，以減少在高海拔地區不適症狀的發生。

壹、研究動機

台灣山區約佔全島面積的 70%，其中高於海拔 3,000 公尺以上的山區高達 219 公頃。遊客們若要造訪這些觀光景點，只要坐車就可以輕易到達，即使 3,000 公尺以上的高山，也只要一至兩天就可以抵達。然而，危險的是這些快速登高的人通常容易發生急性高山症(acute mountain sickness, AMS)。AMS 是在台灣遊客很常見的問題，一般遊客的發生率約為 27%。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」，每位學生踏上麟趾山、到達玉山登山口，讓學生們都能和玉山作實際的連結；二年級「玉山前峰探索營」帶領學生抵達 3239m 的高度，激發自我潛能；三年級「玉山主峰挑戰營」，抵達台灣最高峰-玉山主峰，站到高點俯瞰群峰，看見不同的自我。整體課程的安排，按部就班，逐年完成既定目標。

一年級登麟趾山前，我們向學長姐請教爬山相關注意事項,他們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，如:頭痛、噁心想吐、頭暈等。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，我們透過指尖式脈搏血氧儀測量血氧飽和度，以及登山後問卷(含高山症指數及體能自評)，探討有哪些因素會造成身體不適的情形。若能了解原因，可以供帶隊老師參考，並針對易成為不適應者的人給予適當的體適能相關訓練，讓學弟妹以後登山時減少不適症狀發生。

貳、研究目的

- 一、探討學生在各地點產生高山不適的比例及症狀。
- 二、透過指尖式脈搏血氧儀測量血氧飽和度，探討不同海拔高度與血氧飽和度之相關。
- 三、探討登麟趾山高山適應狀況與體能自評和血氧飽和度、體適能的相關性。
- 四、經本研究,向易於高海拔產生不適應之族群提供相關建議，減少不適症狀的發生。

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、路易絲湖高山症評分問卷(如附表 2)
- 四、統計軟體 excel、spss



肆、研究過程與方法

一、名詞解釋:

(一).血氧飽和度(SpO₂)

指尖式脈搏血氧儀(pulse oximeter)可以偵測氧氣在血液中的含量，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)，因此可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。

(二).體位(BMI)(教育部體育署體適能網站)

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。

附表：兒童及青少年肥胖定義 (資料來源:行政院衛生署)

| 年齡 | 男 | | | 女 | | |
|----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 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 |

(三).體適能(教育部體育署體適能網站)

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 (長距跑走)、腹肌力、肌耐力 (仰臥起坐)、柔軟度 (肢體前彎)、瞬發力 (跳遠) 五個因素，這和每一個人的健康息息相關。

(四)高山症

高山症發生的高度因人而異，有可能低至 1828 公尺就發生，也可能高至 4500 公尺時才發生，範圍差異相當大。根據台灣山岳活動的經驗，攀登 3000 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。

二、登山行程

(一)、一年級「麟趾山探索教育活動」

| 時間 | 行程 | 備註 |
|-------------|------------|------------|
| 7:30~10:00 | 學校-上東埔停車場 | |
| 10:00~12:30 | 上東埔停車場~麟趾山 | |
| 12:30~15:00 | 麟趾山~上東埔停車場 | 登山時間約 5 小時 |
| 15:00~18:30 | 上東埔停車場~學校 | |

(二)、二年級「玉山前峰探索營」

| 天數 | 時間 | 行程 | 備註 |
|-----|-------------|-------------|------------|
| 第一天 | 14:30~18:00 | 學校-東埔山莊 | |
| 第二天 | 5:00~11:00 | 東埔山莊~玉山前峰 | |
| | 11:00~15:00 | 玉山前峰~上東埔停車場 | 登山時間約 9 小時 |
| | 15:00~18:30 | 上東埔停車場~學校 | |

(三)、三年級「玉山主峰挑戰營」

| 天數 | 時間 | 行程 | 備註 |
|-----|-------------|-------------|----------------|
| 第一天 | 14:30~18:00 | 學校-東埔山莊 | |
| 第二天 | 1:00~7:30 | 東埔山莊~排雲山莊 | |
| | 8:30~10:30 | 排雲山莊~玉山主峰 | |
| | 11:00~12:30 | 玉山主峰~排雲山莊 | |
| | 13:00~18:00 | 排雲山莊~上東埔停車場 | 登山時間約 16~18 小時 |
| | 18:00~21:30 | 上東埔停車場~學校 | |

三、蒐集資料(測量數據)

(一). 測量血氧飽和度:

運用指尖式脈搏血氧儀，在登山過程不同地點測量氣壓及受試者血氧飽和度並記錄，包括 1.學校(海拔:約 37 m)、 2.上東埔停車場-登山前(海拔:約 2586m)、 3.麟趾山(海拔 2854m)或玉山前峰(3239m)、排雲山莊(3402m)及玉山主峰 (3952m) 4.上東埔停車場-登山後(海拔:約 2586m)、 5.阿里山觸口管理處(觸口阿管處)(海拔:約 119m)。



(二). 體適能成績

測驗項目-1.長距跑走(男生 1600m、女生 800m) 2.一分鐘仰臥起坐 3.立定跳遠 4.肢體前彎，向各班體育老師索取體適能成績。

(三) 高山症狀評分及體能自評問卷

於登山結束後折返於上東埔停車場發放登山後問卷(附表二)。統計問卷得到每位同學的路易絲湖高山症評分(王士豪, 2018, 附表二)及體能自評分數。

2018 年路易斯湖急性高山病評分系統 班級: 203 姓名:

| 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 好 3 普通 4 不好 5 非常不好 | 2 | | |

(背面續答)

圖一: 問卷內容

四、實驗方法

取得各項資料後，以統計軟體 Eexcel 及 SPSS 做各項資料與高山適應及體能自評之差異與相關性分析。

伍、研究結果

實驗一:探討玉山主峰、前峰及麟趾山

實驗 1-1:登玉山前峰校內訓練課程血氧飽和度、心跳比較

(一)、主峰、前峰訓練計畫:如附表一

(二)、測量方式: 於訓練前測量血氧飽和度及心跳後，進行訓練課程，收操結束後測量運動後血氧飽和度及心跳，統計資料比較差異。

表 1: 運動前後血氧飽和度(血氧)及心跳比較

| | | 運動前 | 運動後 | P 值 (運動前 vs 運動後) |
|-------------|-----------------|-----------|------------|---------------------|
| 血氧 (%) | 跑步 | 97.8±0.12 | 97.0±0.16 | 0.000* |
| | 戴口罩登階 | 98.1±0.12 | 97.6±0.15 | 0.003* |
| | P 值(跑步 vs 登階訓練) | 0.19 | 0.02* | |
| 心跳 (次/分) | 跑步 | 98.3±1.75 | 127.8±1.74 | 0.000* |
| | 戴口罩登階 | 95.8±2.01 | 121.4±2.52 | 0.000* |
| | P 值(跑步 vs 登階訓練) | 0.36 | 0.03* | |

*: p<0.05 (成對樣本 t 檢定)

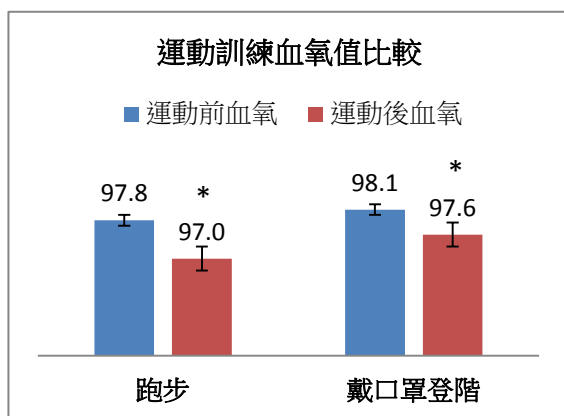


圖 2、運動前後血氧值比較

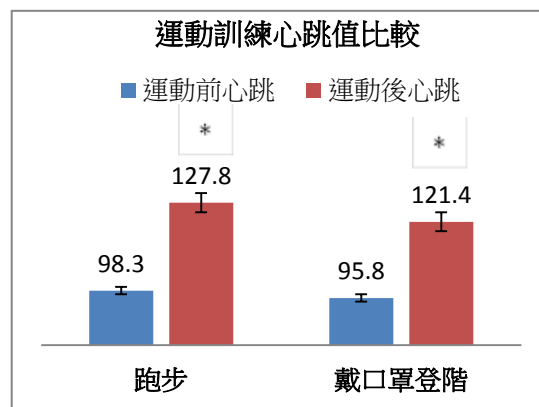


圖 3、運動前後心跳值比較

由表 1、圖 2、圖 3 可知，跑步與登階運動前後的血氧飽和度均下降、心跳均上升，且具顯著差異。跑步後血氧飽和度低於登階後，跑步後心跳高於登階後，達顯著差異。

實驗 1-2 各地點學生人數及高山適應人數

路易斯湖高山症評分系統(王士豪, 2018)總分 3 分以上定義為「不適組」，總分低於 3 分定義為「適應組」。

表 2 各登山地點不適組百分比

| 登山別 | 總人數 (人) | 適應組 | | 不適組 | |
|------|------------|-------|--------|-------|--------|
| | | 人數(人) | 百分比(%) | 人數(人) | 百分比(%) |
| 玉山主峰 | 20 | 4 | 20 | 16 | 80 |
| 玉山前峰 | 30 | 25 | 83 | 5 | 17 |
| 麟趾山 | 131 | 97 | 74 | 34 | 26 |

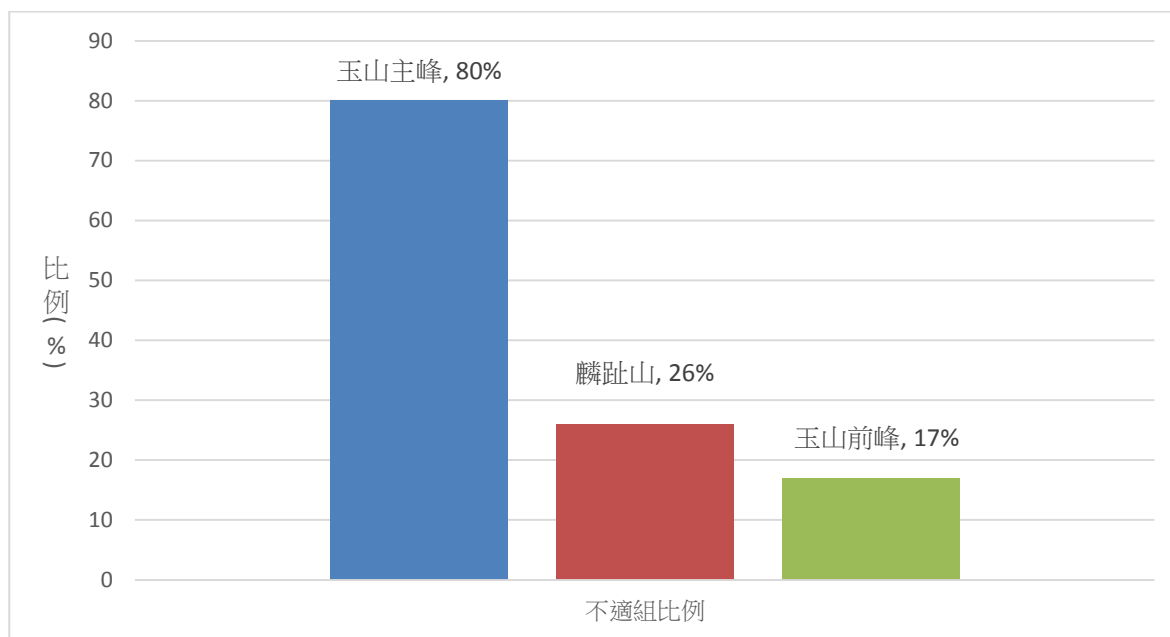


圖 4 各登山地點不適組百分比

結果顯示不適組比例玉山主峰>麟趾山>玉山前峰。分別為 80%、26%和 17%。

表 3、各地點高山症狀發生比例

| | 總人數 (人) | 頭痛症狀 人數(%) | 腸胃道症狀 人數(%) | 疲憊或虛弱症狀 人數(%) | 頭暈/頭重腳輕 症狀人數(%) |
|------|------------|---------------|----------------|------------------|--------------------|
| 玉山主峰 | 20 | 15(75%) | 6(30%) | 20(100%) | 13(65%) |
| 玉山前峰 | 30 | 7(23%) | 0(0%) | 12(40%) | 6(20%) |
| 麟趾山 | 131 | 47(36%) | 16(12%) | 79(60%) | 43(33%) |

症狀發生比例，主峰、前峰及麟趾山均以疲憊佔多數，頭痛占第二高，之後依序為頭暈及腸胃道症狀。

實驗 1-3:不同登山地點血氧飽和度之探討

表 4、不同地點平均血氧飽和度(血氧)

| 地點 | 登主峰學生 平均血氧 | 登前峰學生 平均血氧 | 登麟趾山學生 平均血氧 | 平均 | 高度(公尺) |
|--------|---------------|---------------|----------------|-----------|--------|
| 學校 | 97.3±0.26 | 97.8±0.23 | 97.9±0.20 | 97.7±0.19 | 37 |
| 上東埔(前) | * | * | 95.2±0.62 | 95.2±0.62 | 2586 |
| 麟趾山 | * | * | 94.7±0.75 | 94.7±0.75 | 2854 |
| 玉山前峰 | * | 88.8±1.06 | * | 88.8±1.06 | 3239 |
| 排雲山莊 | 84.8±1.57 | * | * | 84.8±1.57 | 3402 |
| 玉山主峰 | 79.4±2.56 | * | * | 79.4±2.56 | 3952 |
| 上東埔(後) | 91.4±0.80 | 93.4±0.70 | 92.0±0.97 | 92.3±0.59 | 2586 |
| 觸口阿管處 | 98.0±0.19 | 98.4±0.19 | 97.9±0.20 | 98.1±0.15 | 119 |

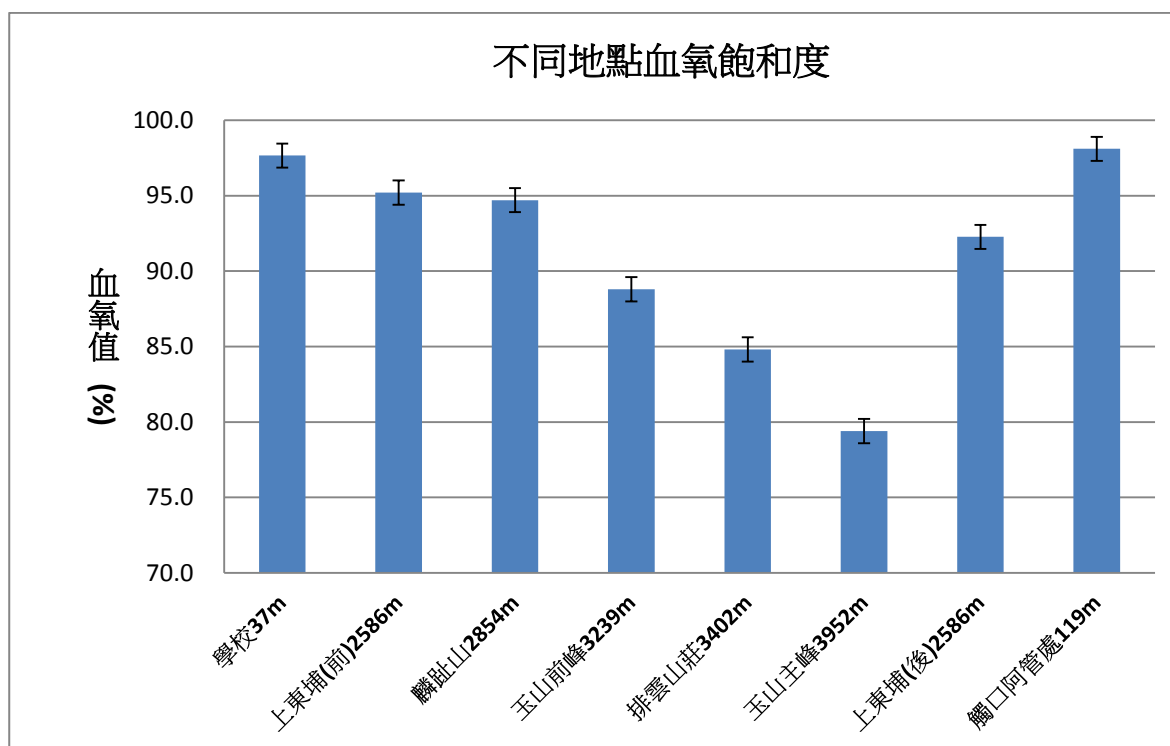


圖 5、不同地點血氧飽和度比較

在學校及觸口阿管處血氧飽和度均高於 97，隨著海拔高度攀升，血氧飽和度逐漸下降，於海拔高度最高的玉山主峰降至 79.4，之後高度下降血氧飽和度又漸攀升。

實驗二:探討麟趾山

本實驗以一年級麟趾山的學生為受測對象，分為依高山症評分統計(路易絲湖高山症評分系統)(王士豪，2018)及依體能自評統計兩部分，探討其和高海拔血氧飽和度、體適能之關聯性。

一、基本資料

(一)依高山症評分統計

本研究共有 131 位受測者，皆是國一學生，年齡 12-13 歲。其中有 34 位高山症評分自評 3 分以上定義為「不適組」，另外 97 位高山症評分自評低於 3 分定義為「適應組」。利用獨立樣本 t 檢定比較兩組間的差異。

受試者基本資料如下表:

表 5、一年級登麟趾山之基本資料

| | 總人數 (人) | 適應組 | 不適組 | P 值 (適應 vs 不適組) |
|-------|------------|------------|------------|--------------------|
| 個數 | 131 | 97(74%) | 34(26%) | |
| 男生(%) | 60(46%) | 45(75%) | 15(25%) | 0.82 |
| 女生(%) | 71(54%) | 52(73%) | 19(27%) | |
| 身高 | 154.9±15.2 | 153.6±17.5 | 156.2±5.95 | 0.39 |
| 體重 | 48±12.7 | 48.0±13.2 | 49.3±11.6 | 0.59 |
| BMI | 20.0±3.85 | 19.9±3.83 | 20.1±3.99 | 0.79 |

由表 5 可知，適應組及不適組的身高、體重及 BMI 並無顯著差異，但有不適組高於適應組之趨勢。

(二)依體能自評統計

本研究共有 128 位受測者，皆是國一學生，年齡 12-13 歲。其中有 58 位體能自評為「1 非常好」及「2 好」定義為「好」組，48 位體能自評定義「3 普通」為「普通」組，另外 22 位體能自評「4 不好」或「5 非常不好」定義為「不好」組。體能自評問卷可見圖 1 或附表 2。利用單因子變異數分析，比較三組間的差異。

受試者基本資料如下表:

表 6、一年級登麟趾山之基本資料(體能自評)

| 麟趾山 | 總人數 (人) | 好 | 普通 | 不好 | P 值 |
|-------|------------|------------|------------|------------|-------|
| 個數 | 128 | 58(45%) | 48(38%) | 22(17%) | |
| 男生(%) | 58(45%) | 30(52%) | 15(25%) | 13(23%) | |
| 女生(%) | 70(55%) | 28(40%) | 33(47%) | 9(13%) | |
| 身高 | 154.2±1.38 | 156.8±0.96 | 151.2±3.38 | 154.2±1.70 | 無顯著差異 |
| 體重 | 48.4±1.13 | 48.5±1.28 | 47.3±2.02 | 50.2±3.64 | 無顯著差異 |
| BMI | 19.9±1.10 | 19.5±0.41 | 20.0±0.58 | 20.8±1.10 | 無顯著差異 |

由上表可知好、普通及不好三組的身高、體重並無顯著差異，但 BMI 有不好組大於普通組大於好組之趨勢。

實驗 2-1:不同地點測量血氧飽和度

(一) 依高山症評分統計

表 7、一年級登麟趾山不同地點血氧飽和度(血氧)比較

| 地點 | 適應組血氧 (n=78) | 不適應組血氧 (n=24) | P 值 (適應 vs 不適應組) | 高度 (m) | 氣壓 (百帕) |
|----------|-----------------|------------------|---------------------|-----------|------------|
| 學校 | 97.9±0.16 | 98.3±0.19 | 0.13 | 37 | 1012.4 |
| 上東埔(登山前) | 95.4±0.27 | 95.1±0.62 | 0.41 | 2586 | 758.5 |
| 麟趾山 | 95.2±0.36 | 93.8±0.75 | 0.04 * | 2854 | 728 |
| 上東埔(登山後) | 92.2±0.44 | 91.5±0.97 | 0.46 | 2586 | 757 |
| 觸口阿管處 | 97.9±0.19 | 98.0±0.35 | 0.80 | 119 | 995 |

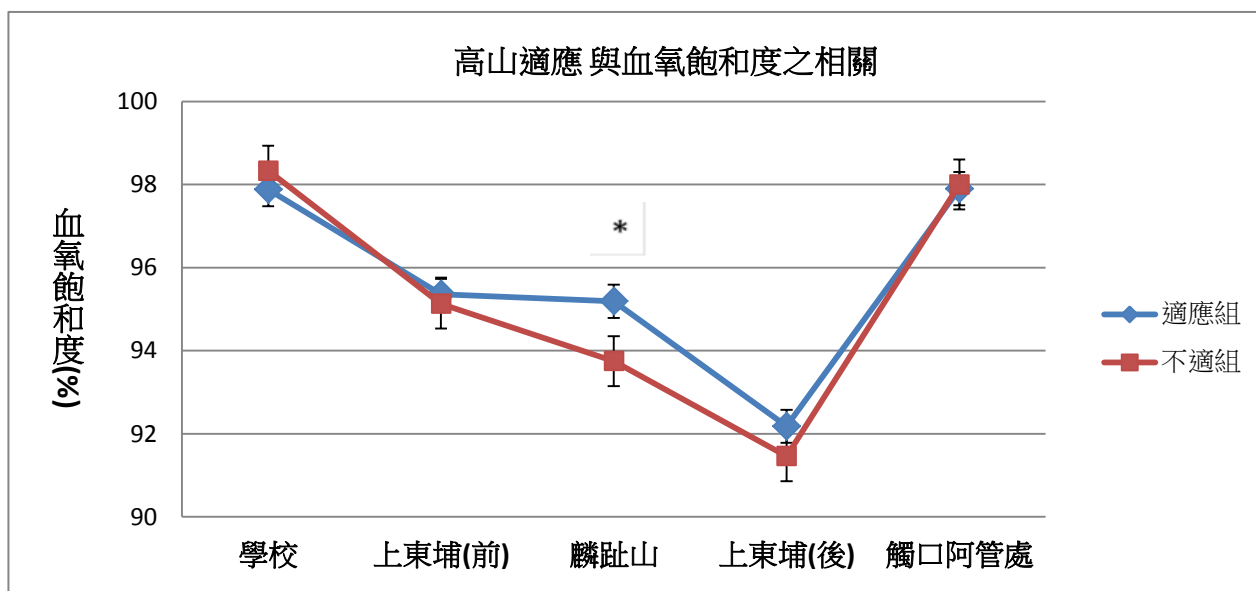


圖 6、受試者於不同地點之血氧飽和度變化情形(高山適應)

在學校(37m)適應組與不適應組之血氧飽和度並無顯著差異，血氧飽和度均高，隨後隨著海拔高度上升，血氧飽和度下降。由上圖可知，不適應組於麟趾山血氧飽和度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。血氧飽和度亦隨著高度增加、大氣壓力降低而逐漸下降。由表 7 可知，於麟趾山(2854m)測得之氣壓為 728 百帕，適應組與不適應組之血氧飽和度均下降。

(二)依體能自評統計

表 8、一年級登麟趾山不同地點血氧飽和度比較

| 體能自評/地點 | 1 好組 血氧 | 2 普通組 血氧 | 3 不好組 血氧 | P 值 |
|----------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 學校 | 97.9±0.24 | 98.2±0.13 | 98.2±0.23 | 無顯著差異 |
| 上東埔(登山前) | 95.6±0.34 | 95.3±0.43 | 93.5±0.72 | *0.021(1-3) |
| 麟趾山 | 94.8±0.41 | 95.1±0.45 | 93.0±1.13 | 0.087(2-3) |
| 上東埔(登山後) | 92.7±0.56 | 91.7±0.65 | 89.6±1.25 | *0.038(1-3) |
| 觸口阿管處 | 98.2±0.19 | 97.6±0.32 | 98.1±0.63 | 無顯著差異 |

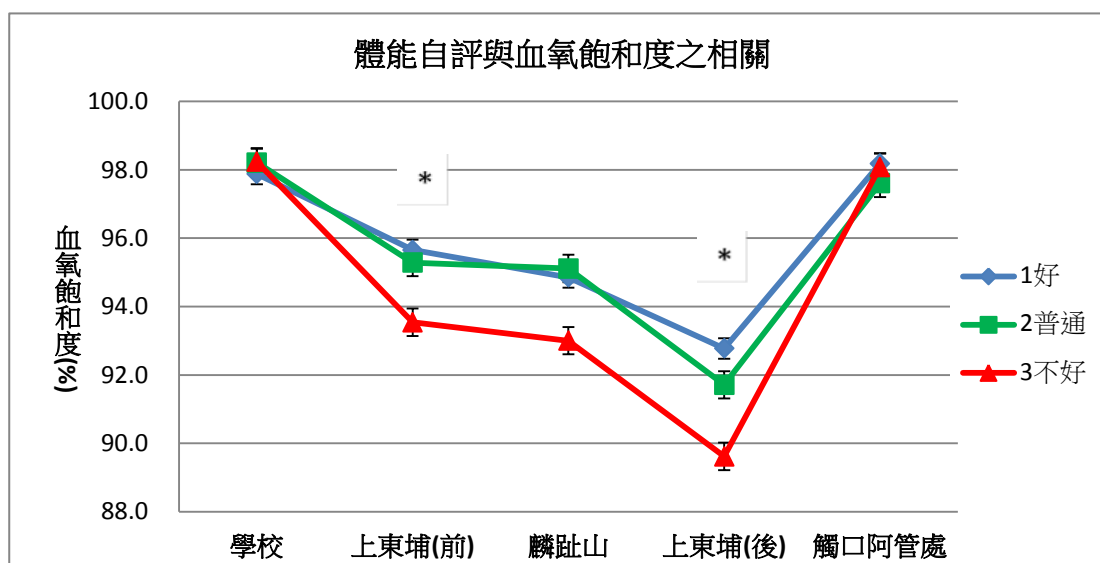


圖 7、受試者於不同地點之血氧飽和度變化情形(體能自評)

在學校、觸口阿管處自評好、普通和不好三組血氧濃度幾乎無差距, 隨著海拔高度上升, 血氧飽和度下降, 三組血氧飽和度也於上東埔前及上東埔後出現顯著差異。開始健行後, 「好」與「普通」組於麟趾山血氧下降幅度較「不好」組低。綜合以上, 此表所呈現之趨勢大致與圖 6 相同。

實驗 2-2:體適能與高山適應之相關性

表 9、體適能與高山適應之關係

| | 800/1600 跑走 (分) | 肢體前彎 (公分) | 跳遠 (公分) | 仰臥起坐 (次/分) |
|-----------------------|--------------------|--------------|-------------|---------------|
| 適應組 | 6.05±0.24 | 31.7±0.91 | 169.51±2.33 | 36.8±0.86 |
| 不適組 | 6.13±0.41 | 32.8±1.56 | 165.5±4.24 | 36.4±1.29 |
| 原始 P 值 (適應 vs 不適組) | 0.87 | 0.56 | 0.40 | 0.82 |
| 常模 P 值 (適應 vs 不適組) | 0.23 | 0.56 | 0.68 | 0.80 |

高山適應與體適能無論是在原始 p 值或常模 p 值均無顯著差異。

表 10、體適能與體能自評之關係

| | 800/1600 跑走 (分) | 肢體前彎 (公分) | 跳遠 (公分) | 仰臥起坐 (次/分) |
|--------|---------------------------|---------------------------------------|----------------------------|---------------|
| 1 好 | 6.11±0.31 | 31.2±1.22 | 175.6±3.20 | 37.9±1.24 |
| 2 普通 | 5.5±0.38 | 34.3±1.30 | 162.0±3.05 | 36.0±1.06 |
| 3 不好 | 6.9±0.54 | 28.4±1.84 | 161.0±4.63 | 35.6±1.60 |
| 原始 P 值 | 0.43(1-3) 0.06(2-3) | 0.43(1-3) 0.18(1-2) *0.032(2-3) | *0.008(1-2) *0.031(1-3) | 0.40 |
| 常模 P 值 | *0.018(1-2) 0.06 (1-3) | 0.31 | *0.025(1-3) | 0.64 |

*p<0.05 單因子變異數分析

跑走方面，原始 p 值並無顯著差異，但依常模分組後，好與普通組成績有顯著差異；肢體前彎原始 p 值普通、不好兩組距顯著差異，常模卻無；跳遠成績原始 p 值三組皆有明顯差異、常模 p 值則是好、不好兩組有顯著差異；仰臥起坐與高山適應及體能自評均無顯著差異。

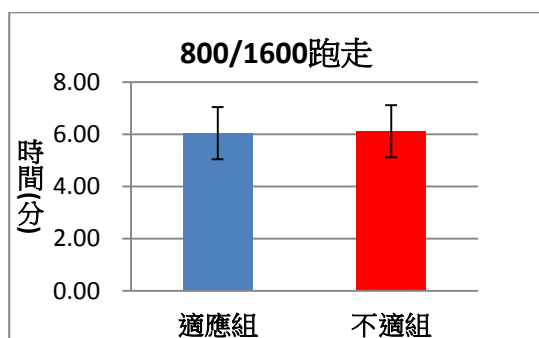


圖 8、體適能-跑走與高山適應之相關性

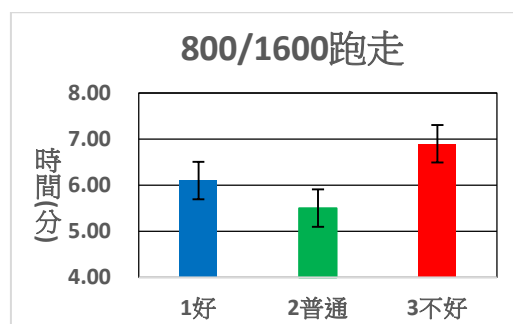


圖 9、體適能-跑走與體能自評之相關性

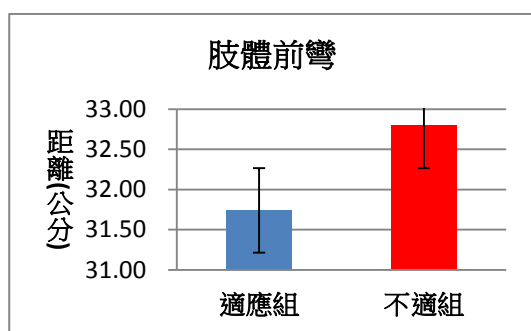


圖 10、體適能-肢體前彎與高山適應之相關性

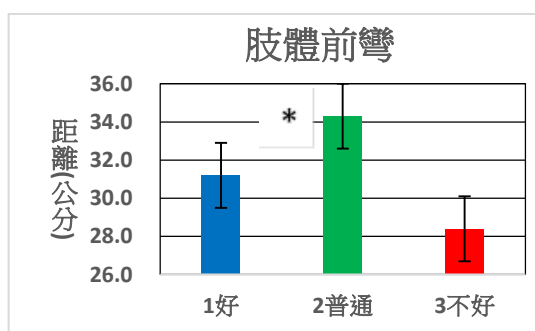


圖 11、體適能-肢體前彎與體能自評之相關性(顯著差異)

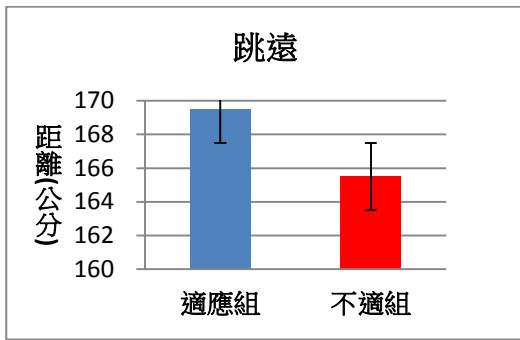


圖 12、體適能-跳遠與高山適應之相關性

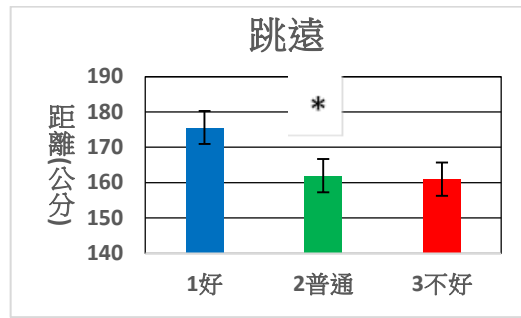


圖 13、體適能-跳遠與體能自評之相關性 (顯著差異)

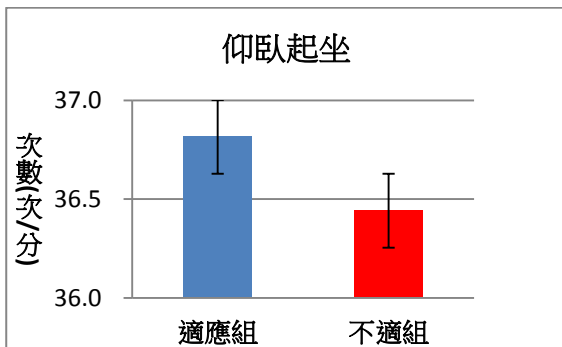


圖 14、體適能-仰臥起坐與高山適應之相關性

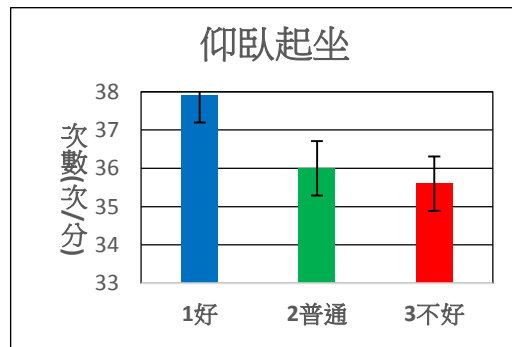


圖 15、體適能-仰臥起坐與體能自評之相關性

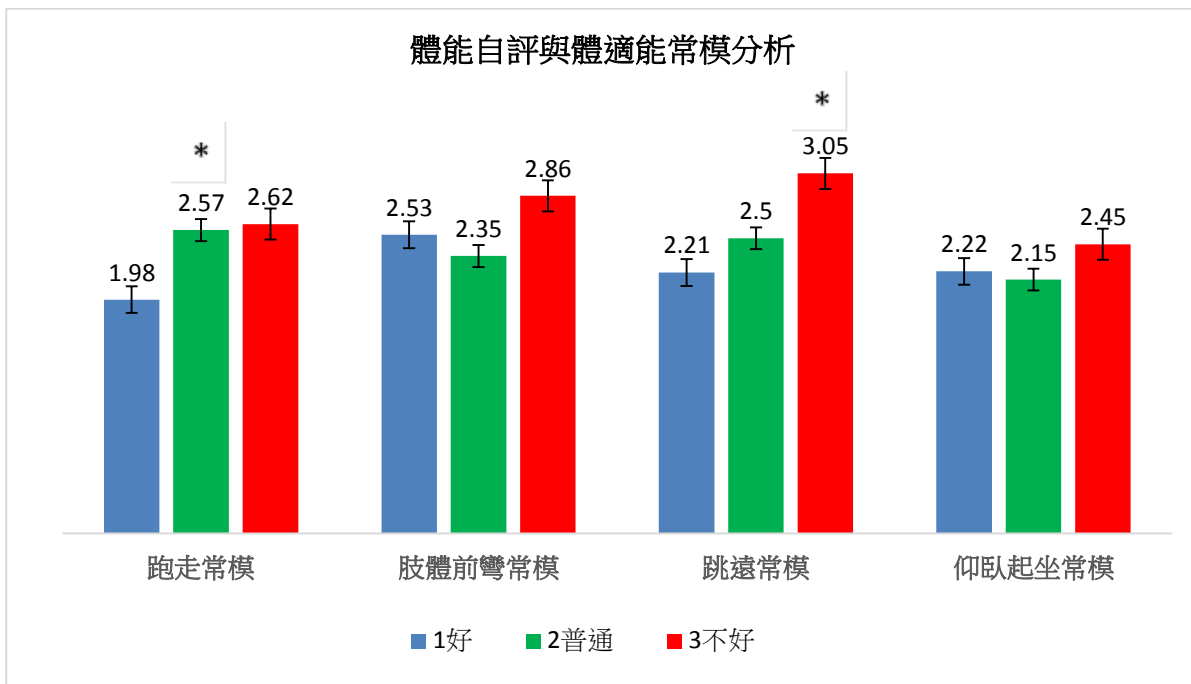


圖 16、體能自評與體適能常模

(常模標準為 1 分:金牌, 2 分:銀牌; 3 分:銅牌; 4 分:中等; 5 分:待加強。)

高山適應和體適能常模無顯著差異, 但可由常模 p 值看出跑走(心肺耐力)有影響最深的趨勢, 體能自評則於長跑(心肺功能)好、普通組具顯著差異, 跳遠(瞬發力)自評好、不好兩組具明顯差異。

陸、討論

一、運動前後血氧飽和度、心跳變化之關係

根據實驗 1-1 比較運動前後血氧飽和度、心跳之研究結果，我們發現無論是跑步或登階，訓練後的血氧飽和度明顯較訓練前低(統計具顯著差異)，證明長時間運動會使血液裡的含氧量減少，血氧飽和度降低；運動後心跳明顯加快，應為血氧飽和度降低，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，運動後跑步與登階之血氧飽和度、心跳之比較，結果顯示血氧飽和度跑步低於登階、心跳跑步高於登階，推論跑步注重心肺能力鍛鍊，所以對血氧飽和度、心臟之消耗較大所致。前峰訓練以負重登階鍛煉肌力與肌耐力，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、血氧飽和度顯示運動後的心跳將大幅加快、血氧飽和度也降低，和真正上山時的情況大致相同，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，我們認為長時間運動後血氧飽和度會明顯下降，心跳會明顯上升，且不同運動也會使血氧飽和度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、麟趾山、玉山前峰、玉山主峰之比較

(一)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度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。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(3239m)海拔高度高於麟趾山(2854m)，前峰之高山不適比例理論上會比麟趾山大，但結果卻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(約 1 個月)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。

(二)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；頭痛則因血氧飽和度下降，腦部微血管為獲得更多氧氣而擴張占第二高，之後依序為較受個人體質影響的頭暈及腸胃道症狀。

(三)不同地點對血氧之影響

由比較三族群於不同地點之血氧飽和度，我們發現於平地所測得之血氧飽和度高於高海拔(2500m 以上)，且血氧飽和度隨著海拔高度上升而下降；由表 4 上東埔後的數據可知，主峰、前峰及麟趾山之血氧飽和度分別為 91.4、93.4 和 92，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，血氧飽和度較低；而玉山前峰之血氧飽和度理應較麟趾山低，但因登麟趾山者在體能及各項準備度較前峰不足，因此血氧飽和度較前峰低；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度低於上東埔停車場前。

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，不同族群、登山準備、運動時間等因素均會影響血氧飽和度的升降。行前準備較完整、海拔上升速度較緩慢的族群，於高海拔血氧飽和度降低的幅度較小，產生不適症狀的比例也較低。

三、體位與高山適應狀況

(一)、體位與高山適應

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，翁立竊;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)。實驗二基本資料顯示，適應組及不適組的身高、體重及 BMI 並無顯著差異，但有不適組高於適應組之趨勢，推測體位也是影響於高海拔適應狀況的因素之一。若增加樣本數，應可使差距更為明顯。

(二)、體位與體能自評

由實驗二基本資料可知自評好、普通及不好三組的身高、體重並無顯著差異，但 BMI 有「不好」組大於「普通」組大於「好」組之趨勢。若增加樣本數，可使差距更為明顯。

四、血氧飽和度與高山適應狀況之關聯性(麟趾山)

(一)、不同地點血氧飽和度對高山適應之影響

(高偉君，2006)研究中指出，在平地與登山口所量測的血氧飽和度數值相差越大，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)，認為以血氧飽和度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度以及在登山過程中不適組的學生血氧量是否會比適應組低。

血氧飽和度受到海拔高度、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度高於高海拔(2500m 以上)，且血氧飽和度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)血氧飽和度均高，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度具差異，應為海拔高度最高所致；在健行及高度攀升過程中，不適組血氧飽和度降低幅度較適應組大，推測血氧飽和度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；另外，我們發現血氧飽和度的升降也受到氣壓的影響，依據氧氣分壓，隨著地面高度的增加，大氣壓力愈來愈低，氧氣的分壓也會愈來愈低。由表 7 可知，於麟趾山(2854m)測得之氣壓為 728 百帕，適應組與不適組血氧飽和度均下降，符合該原理。

測量血氧飽和度可能會因為儀器的精準度及測量誤差而造成數據上的誤差，未來需要更多的樣本數及較精準之血氧相關儀器測量血氧飽和濃度，確認兩組之間是否具有顯著差異。

(二)、不同地點血氧飽和度對體能自評之影響

本實驗採用之登山後問卷除了參考 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。

研究結果顯示，在平地(學校、觸口阿管處)自評好、普通和不好三組血氧飽和度幾乎無差距,且三者血氧飽和度均隨著海拔高度上升而下降，因此判斷海拔和血氧飽和度的關係是在高海拔才會成立；於上東埔前「好」及「不好」兩組血氧飽和度具顯著差異，判斷「不好」組可能因為海拔高度上升，血氧飽和度降低較多，引起不適症狀發生，體能自評為「不好」；開始健行後，「好」與「普通」組血氧飽和度下降幅度較「不好」組低；我們也發現麟趾山至上東埔停車場後三組血氧飽和度皆降低。雖海拔高度已經開始下降，但當時已健行 5 至 6 個小時，因此血氧飽和度下降主因為運動時間拉長所致。綜合以上幾點，體能自評血氧飽和度變化(圖 7)所呈現之趨勢大致與高山適應(圖 6)相同，體能自評也可作為在高海拔適應狀況的依據。

藉由測量不適組、適應組及體能自評好、普通、不好的受試者之血氧飽和度，可知血氧飽和度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度都較適應較佳者來得低，推測因血氧飽和度低，使其產生不適症狀，但此血氧飽和度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海拔適應狀況的依據。不只海拔高度，運動時間、氣壓也都為影響血氧飽和度的因素之一。

五、體適能影響高山適應狀況(麟趾山)

我們統計之結果顯示，高山適應和體適能無顯著差異，體能自評則於長跑(心肺功能)、跳遠(瞬發力)常模具明顯差異。推測為體能自評較主觀，於高海拔的適應狀況會受平地體適能的心理影響所致。雖高山適應和各體適能項目均無顯著差異，但適應組成績普遍有佳於不適組之趨勢，且可由常模 p 值看出跑走(心肺耐力)有影響最深的趨勢，若增加樣本數，可使差距更為明顯。

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，可以使我們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)。體能自評中好、普通組於跑走常模具顯著差異，因此我們推論跑走(心肺耐力)能直接影響高山適應狀況，如加強不適者的跑走訓練，應可增加上山的適應度。

肢體前彎主要為檢測柔軟度，推斷因登山時較不需運用到柔軟度，因此高山適應及體能自評在肢體前彎方面均無顯著差異。

跳遠於體能自評原始及常模 p 值均具顯著差異，雖跳遠主要為檢測瞬發力，但由於起跳時也會使用到大腿肌力，因此下肢肌力也是影響跳遠成績的因素之一。健行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，和跳遠起跳時肌肉狀況相似，因此推論跳遠能直接影響受測者的體能自評，統計具顯著差異。

仰臥起坐主要為檢測腹部核心肌群的肌耐力(教育部體育署體適能網站)，統計結果顯示其和體能自評原始及常模 p 值均無顯著差異，我們認為此次受試者健行之路

線尚算平緩，且為輕裝，較無機會進行使用至腹部核心的激烈動作，因此仰臥起坐不為影響受試者體能自評的因素。

由實驗 2-2 結果，我們認為於平地的體適能成績有可能導致於高海拔的適應狀況，甚至因心理因素而對體能自評造成影響。長距跑走及跳遠為影響最深的因素：心肺耐力較好的人，可以持續運動較久且不至於很快疲倦；大腿肌力較佳者也於健行過程中上坡路段較不易感到疲憊。

六、供易發生高山不適症狀族群之建議

綜合以上五大點，我們發現事前訓練、行程安排、體位、體適能(跑走、跳遠)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以上因素表現較差的同學給予特殊安排，也於登山時多加注意，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。

七、未來展望

本次實驗因為需配合學校活動規劃，導致本實驗的樣本數的不足，無法明顯得知各項因素對高山適應狀況的關聯性，希望下次能擴大研究對象，增加樣本數，以求得更穩定之數值；另外，也望往後能使用更精準之血氧相關儀器測量血氧飽和濃度，以減少誤差。

柒、結論

- 一、長時間運動後血氧飽和度會明顯下降，心跳會顯著上升，且不同運動也會使血氧飽和度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、血氧飽和度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度的因素之一。於相同海拔高度時，適應較差者的血氧飽和度會較適應較佳者來得低，進而使其產生高山不適症狀，但於平地便不會產生此現象。
- 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度的升降：行前準備較完整、海拔上升速度較緩慢的族群，於高海拔血氧飽和度降低的幅度小，產生不適症狀的比例也較低。
- 四、體適能成績可能影響高海拔的適應狀況，甚至因心理因素而對體能自評造成影響。心肺功能及跳遠為影響最深的因素。
- 五、建議學校登山前可針對體位、體適能(跑走、跳遠)等因素表現較差的同學提供協助，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。

捌、參考資料

- 1.教育部體育署體適能網站 <https://www.fitness.org.tw/direct01.php>
- 2.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。
- 3.翁立筠;郭博昭;蔡玉敏;溫德生;陳俊忠: 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 卷 2 期, (2005), P.83 ~ 93。
- 4.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。
- 5.李敏凡、鍾慧、官玫秀: 高山症的診斷與治療。藥學雜誌 第 141 冊第 35 卷第 4 期(2019)

附表一：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。

附表二: (王士豪, 2018)

2018 年路易斯湖急性高山病評分系統 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。 | |
| 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。 | |
| 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。 | |
| 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。 | |
| 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 | |
| 體能自評 1分 非常好 2好 3普通 4不好 5非常不好 | |