

漫談

國內的

高山運動醫學研究

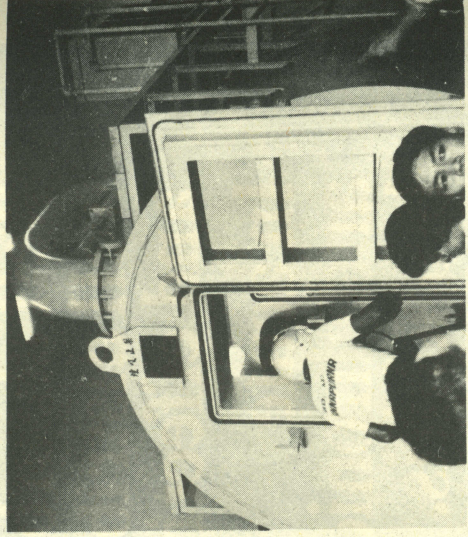
台大醫院復健部主治醫師

賴金鑫

一、我和高山醫學研究的緣

很多朋友都知道我不是喜歡野外活動的人，因此當他們聽到我從玉山回來的消息，都非常驚奇。一個從未有過攀登高山經驗的文弱書生，居然敢在嚴冬期間上玉山，那豈不是「小孩玩大車」——危險之至嗎？又十分僥倖地能安然歸來，不知是托誰之福？

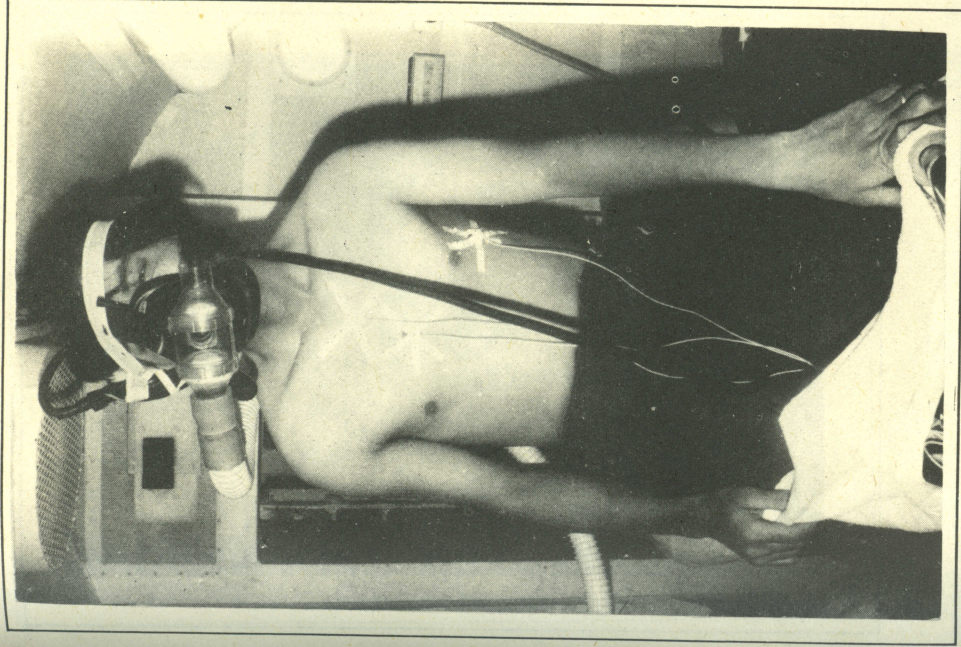
談起和登山友的交往，不得不提起「山貓」應詩登，就是受他的影響和居中聯繫，才使我和登山友們有了第一次的接觸。那是民國六十七年的秋天，我正忙著替運動員作耐力測驗的研究。大概是透過報紙報導「蒲仲強在台大醫院接受運動測驗」的影響，當時還在清華大學擔任體育老師的應詩登突然跑來找我，希望我替玉山冬訓隊員安排體能測驗及進行高山醫學研究。我雖然在台大醫院擔任復健醫學系的運動生理學教學，從書本上吸收了許多國外有關這方面的研究結果，但是並沒有機會實地去探討，也不知道中國人在高山上的體能狀況是否勝過洋人，因此當他提出初步建議時，我的腦海中已架好完整的構想，彷彿看到青天白日滿地紅的國旗正飄揚在聖母峯上，一時非常的興奮。即使在百忙之中，我還是抽出了星期假日的時間，在輔仁大學吳錦雲副教授和文化學院江界山老師的協助之下，完成了民國六十八年玉山冬訓隊的基本體能測驗。根據這些測驗結果，領隊能了解各隊員的身體狀況，作適當的任務安排，在以後的救難工作上發揮了很大的效用。不



只加強了我對高山醫學研究的興趣與信心，也從那時起，讓我和登山友們結了不解之緣。

二、實地到玉山上做運動試驗

由於缺乏電源的供應，許多儀器在玉山上都無法使用，因此六十八年只在玉山上測量脈搏和血壓的變化。在海拔三千七百公尺以上居住幾天後，休息時的脈搏次數或動脈血壓會明顯地比在平地時增加。登山前在台大醫院作登階運動時，每個隊員都能作完連續五分鐘的運動，可是在氣壓降低到四百八十毫米水銀柱高度，氣溫低到攝氏零度的高山上作相同的登階運動測驗時，二十位隊員中有百分之四十的人無法完成連續五分鐘的運動，他們平均只能持續運動兩分多鐘，表示他們在高山上的劇烈攝氧性運動的能力明顯地降低。在玉山上居留六至十一天後回到平地，發現接受抽血檢查的每一個人，不管是紅血球數、血紅素濃度或血球容積比都比登山前的數值顯著增加，表示骨髓製造紅血球較多，這可能是受缺氧的刺激所產生的生理反應。可惜的是我們無法證實在高山上訓練一段時間後回到平地，最大攝氧量會比登山前增加，也許和他們在山上訓練



左上：在開始測驗之前，賴醫師仔細檢查各項儀器、管線
 左下：測驗者正進入減壓艙中
 右圖：測驗者在減壓艙中接受測驗

，除此之外，我們還把收集呼出氣體的裝置和向師大體育系借用的一部氣體體積測量儀，以及抽血的器材統統打包成四大箱，總重量達七十公斤，創紀錄性的登上三、九二〇公尺的玉山北峯，在那裡進行六十九年的高山研究。

六十九年的研究內容及項目和六十八年大不相同，共有下列幾個特點：

一、登階運動測驗的地點不同：六十八年是在三、七〇〇公尺的基地營（BC），六十九年則在三、九二〇公尺的北峯測候站，高度更高，缺氧的程度更厲害。但六十八年是在戶外，氣溫低至攝氏零度左右，六十九年改在室內，更由於有火爐的緣故，室溫保持在攝氏十至十二度之間，因此低溫的影響比去年少。

二、登階運動測驗的份量不同：前年是以每分鐘三十階的速度上下高度為四十分公尺的木階五分鐘，去年的木階高度保持不變，但速度則減為每分鐘二十四階，因此運動的份量比前年低。減少運動量的目的是因為去年測驗的地點比前年更高，如仍以前年的運動量施測的話，恐怕有更多的人無法完成連續五分鐘的劇烈運動，而發生意外的機會可能也會增加，基於安全上的顧慮，才決定減少運動量，但這種份量仍屬於劇烈的攝氧性運動範圍。

三、登階運動測驗的項目不同：六十八年只能測量運動前後脈搏次數和血壓的變化，六十九年由於儀器能上山發揮功用，除了能以無線電式的發射機，接收機和記錄器來連續監視運動前、運動中以及運動後的心電圖變化之外，還能定時收集運動中呼出的氣體，以計算出在高山上的登階運動每一分鐘所需的呼吸量和攝氧量。同時還在運動前和停止運動後的五分鐘及十分鐘各抽少量的靜脈血，檢查血液乳酸的濃度變化。根據上述的心電圖、心跳頻率、每分鐘呼吸量、攝氧量、運動時間，以及血液乳酸濃度的改變，可以顯示出在高山上的劇烈運動對人體心肺功能及

的時間太短有關。

有了這些初步的研究結果之後，使我對高山醫學研究的興趣提高了很多，也增加了不少信心。假如能把儀器搬到高山上使用的話，那麼所能研究探討的內容豈不是更深入嗎？

不知是巧合，還是上帝的安排，「山貓」應詩澄不幸出了車禍，右大腿骨下端骨折，又波及血管神經，雖經急救處理並以石膏固定，但進展一直很慢。於是我設法讓他到台大醫院重新開刀治療，同時接受一段時間的復健。在他出院之前，忽然又提起六十九年玉山冬訓隊的計劃，問我是否有意再作醫學研究。當時他認為可利用玉山北峯氣象測候站的發電機供應電源，於是我不知思索地便答應了他，並且開始各項籌備作業。

沒想到在去（六十九）年元月初得到確實的消息，山上的發電機發生故障，根本無法使用，一時感到十分的洩氣，這一來整個計劃泡湯了！在我的堅持之下，領隊黃一元排除萬難，終於借到了一部發電機，決定不辭辛勞地背上山去，而我也鬆了一口氣。

由於有了電源供應，我們可以把心電圖記錄器、無線電式發射機以及接收機、氣體分析儀等儀器搬到山上使用

能源利用的影響，這些是最基本的、也是最重要的運動生理研究內容。

四、登階運動測驗的時間不同：六十八年是在準備下山的前一天作測驗，等於在山上居留了六至十一天才檢查；六十九年則在上山後第三及第四天就作測驗，希望減少一些適應以後的影響，比較能接近急性缺氧的變化。

五、接受檢查的對象不同：六十八年接受檢查的對象全是男性，六十九年則增加了四位女性的隊員。即是在國外，以女性登山家為對象的研究報告還是少見，而在國內恐怕是有史以來的第一次，因此顯得格外的珍貴。同時六十九年的檢查對象當中，還包括了在北峯測候所的一位工作人員及作者本身，從前者可看出長期居留在高山的影響，而後者則可代表第一次上高山的情形，這是兩種極端的對比。

六、高山病的調查：六十八年雖印好了高山病調查表，同時也帶到山上去了，但由於救難工作的影響，不能如期分發給各隊員記錄。六十九年則指派專人負責按時詢問各人狀況加以記錄，因此能獲得較完整的資料，只要能繼續收集幾次類似的調查表，對中國人的高山病就能有更深入的了解。

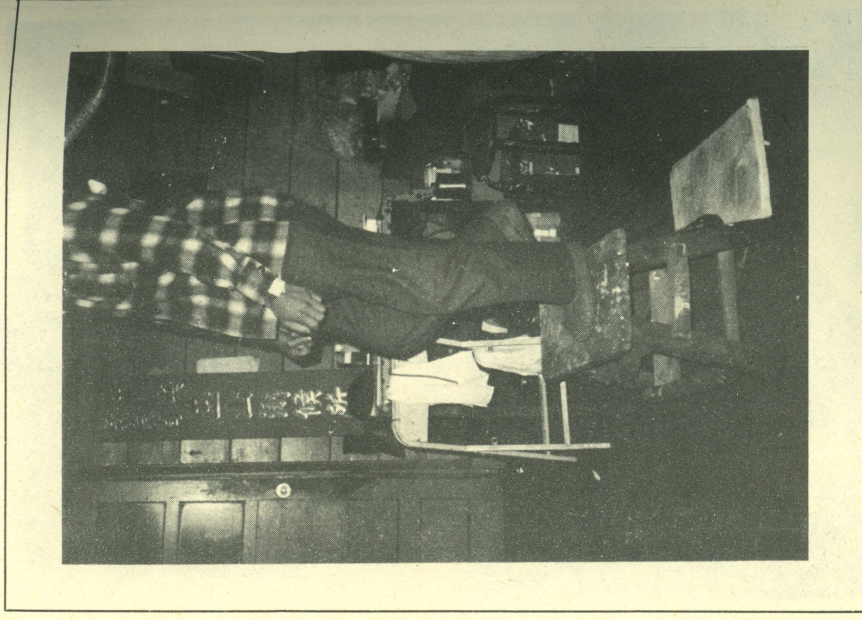
從登山前在台大醫院（平地）所作的檢查結果，和在海拔三、九二〇公尺所測得的資料相互比較時，可看出下列幾點顯著的差異：

一、休息時的心跳次數在玉山上比在平地平均每分鐘增加二十至三十次。

二、休息時的每分鐘呼吸量在玉山上比在平地平均增加四公升，而攝氧量平均每分鐘多一百毫升，約比在平地時增加百分之四十七。

三、休息時的血液乳酸濃度在玉山上比在平地明顯地增高。

四、在玉山上作五分鐘的連續登階運動，其最後一分鐘的呼吸量比在平地作相同的運動，平均增加三十三公升



，約比在平地時增加百分之六十五；而攝氧量則無如此明顯的差異，只比在平地增加百分之七而已。

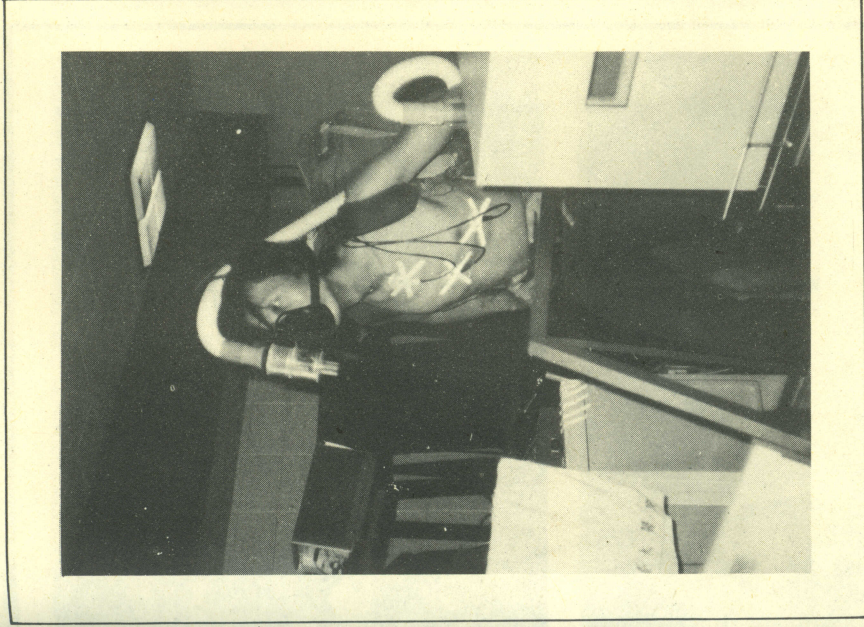
五、在玉山上作完五分鐘的登階運動，血液乳酸濃度比在平地作完相同的運動後明顯的上升，男性平均由 21 mg % 增加為 34 mg %，女性則平均由 32 mg % 大增為 60 mg %。

六、在玉山上作五分鐘的連續登階運動，耐力較好的人其心跳次數每分鐘比在平地增加二十次，而一部份耐力較差的人其心跳次數反而比在平地減少十次。

以上的這些變化，可能是對高山缺氧和低溫所產生的生理反應，等回到平地後都會恢復正常。

三、讓我們青天白日滿地紅的國旗，第一次插在世界最高峯的三角點上

為了明瞭健行登山到底需要多好的心肺功能才安全，我們接著對「負重行走」所消耗的能量進行探討。先以七位平常喜愛登山的青年朋友為對象，讓他們背負二十公斤的重量，在履帶式原地步行機上行走，速度保持在每小時二點八公里，由水平（0%）開始，每 2 分鐘增加 2.5% ，最高達 25% 為止，全部的行走時間為 22 分鐘，而在行走當中，連續以心電圖及一部自動測氧消耗系統的儀器來



左圖：六十九年三、九二〇公尺的北峯測候站，做登階運動測驗。

右圖：為明瞭健行登山到底需要多好的心肺功能安全，進行「負重行走」試驗。

究組的大力支援之下，先在模仿 3500 公尺（500 mmHg）高度的低壓情況下，探討在不同的運動量時，人體的心肺功能和在平地作相同的運動有何差異。我們採用的是腳踏車運動方式，由 50 瓦特的運動量開始，每 5 分鐘增加 50 瓦特，直到受試者精疲力竭為止，一共有八位參加這項研究。結果發現，當氧飽和度由平地的 96% 降低到 78% 時，最大運動量（輸出功率）會由 168.8 瓦特降低到 137.5 瓦特，只有在平地時的 81.5%；而最大攝氧量則由每分鐘 2.60 公升減少到每分鐘 2.31 公升，只有在平地時的 88.8%。以最大換氣量來比較時，在低壓情況可達每分鐘 116.3 公升，比在平地的每分鐘 104.6 公升略為增加，但最高心跳頻率和運動後的最大血液乳酸濃度，則在平地和在減壓艙內兩者幾乎完全相等。而作低於最大的等量運動時，在減壓艙內的換氣量和心跳頻率都比在平地時明顯增加，可是攝氧量則幾乎一樣。其中有一位在模仿 5000 公尺的高度（400 mmHg）作同樣的運動測驗，另外有兩位更在模仿 6000 公尺的高度（350 mmHg）冒險嘗試。結果顯示，高度愈高時對心肺功能的影響愈大。從減壓艙出來一兩星期之後，在平地作第三次的相同檢查，發現和在進入減壓艙之前的第一次平地測驗幾乎完全相同，表示短暫時間的暴露於減壓艙中，對人體心肺功能並沒有任何明顯的改變。

很幸運的，在過去這兩年多的高山運動醫學研究中，沒有發生任何令人遺憾的意外事件，也獲得了不少珍貴的結果與結論。而在獲知他們創下國人最高登山紀錄的片刻，也使本人同感興奮。雖然由於醫院的工作太忙，無法與他們一同登頂，共享榮耀，但對國內的醫學界和登山界而言，我們已經付出了最大的心力，希望不久的將來，能實現征服聖母峯的夢想，讓青天白日滿地紅的國旗，第一次插在世界最高峯的三角點上吧！

在此再次呼籲，對這方面研究有興趣的青年朋友，請和我們攜手合作，以求早日達成「登山科學化」的目標。

觀察他們的心肺功能改變。結果發現，當坡度愈來愈大時，行走時的心跳頻率、攝氧量及換氣量都會愈來愈增加。而背 20 公斤的重物時，這些心肺功能的數值都會明顯地比不背重物時增加。更重要的一點，我們還發現：如果把這 20 公斤的背包當作是體重的一部份來計算能量的消耗時，那麼只要知道當時的總重量、行走的速度及坡度，就可很準確地估計那種情況下所消耗的能量數值。以我們所作的實驗為例，背著 20 公斤的重量，以每小時 2.8 公里的速度，在 25% 的坡度行走時，每分鐘每公斤的體重要消耗 26~30 毫升的氧氣，以一位體重 60 公斤的登山者而言，每分鐘共需攝取 2.1 至 2.4 公升的氧氣，這是屬於非常激烈的運動量，難怪其中三位的心跳頻率要高達每分鐘 188 次，而停止運動 5 分鐘後的血液乳酸濃度要上升到 55 mg% 以上，這些都顯示出負重登山步行的確需要相當好的心肺耐力，否則不是必需經常中途休息或減慢速度，便可能發生心肺功能不堪負荷的問題。

到去年十月下旬，我們更史無前例地進入低壓艙作實驗。當時的用意是這樣：中華民國健行登山會技術組成立了一個海外登山小組，有 5 位隊員準備遠征尼泊爾，目標是六千公尺的高度。為了嚴格考驗這些隊員的體能，也讓他們事先嘗試一下五六千公尺高度的急性缺氧滋味，我們很大膽地進入空軍總醫院的減壓艙，在航空太空醫學研