



應用軍事運動科學 優化狙擊手負重行軍效能之探討

作者簡介



蘇明仁教師，NSCA-CSCS美國肌力與體能訓練協會專家、中華民國運動教練學會肌力及體能訓練乙級教練；曾任海軍陸戰隊戰術體能教官、消防署戰術體能研究案協同主持人，現任陸軍步兵訓練指揮部國軍運動科學推廣中心雇員教師。



陳彥齊中尉，國立屏東科技大學休閒運動健康研究所碩士；專業體育軍官110年班、陸軍軍官學校土木系助教，現任陸軍步兵訓練指揮部國軍運動科學推廣中心體育教官。

提要

- 一、「狙擊手」乃是經過特殊訓練，配賦特定裝備、機動靈活、彈種多能、滲透力強，且須自給自足與觀測手配對組合「潛匿隱伏」至狙擊陣地位置，對敵執行遠距離精準射擊的高效殺傷兵力。
- 二、狙擊手作戰模式為「全天候環境」與「睡眠剝奪」狀況下，以高承載重量的「負重行軍」潛匿隱伏至狙擊陣地位置，隨即執行「滲透狙擊」、「夜間偵察」、「夜間狙擊」、「未知距離狙擊」、「精準極限狙擊」與「城鎮戰場運動狙擊」等狙擊任務。尤其臺灣屬高溫氣候環境，狙擊手於熱環境運動的適應能力，攸關負重行軍後的體能狀態，為影響後續狙擊任務效能的關鍵指標。
- 三、如何應用軍事運動科學化體能訓練模組與熱適應策略，使狙擊手於負重行軍之耗能，達最佳經濟性與優化，進而實戰化精準狙擊效能，值得探

究。

關鍵詞：負重行軍、熱適應、狙擊手、作戰體能

前言

臺灣氣候屬炎熱且溼度高，作戰地境以困難地形居多，近年國軍著眼於部隊「實戰化」訓練，對於狙擊手這類獨立作戰兵科，須在無後勤補給部隊的支援狀況下，以「仿真實戰、晝夜連續」的實戰化訓練方式，面對如此高溫溼熱的狙擊任務環境，對狙擊手的肌力與體能、熱適應能力與能量營養補給是嚴峻挑戰。¹

狙擊手在負重行軍之後體能狀態，將關鍵後續狙擊專項技術水準。美國陸軍環境醫學研究所(Research Institute of Environmental Medicine, USARIEM)研究指出，戰術人員訓練因與作戰任務期間的戰術條件，在生理代謝、環境壓力與認知壓力之下，常處於能量不足之狀態，從而衍生蛋白質流失、脫水、肌力、爆發力與認知功能下降(如圖1)。² 身為國軍關鍵戰

力的狙擊手，應透過軍事運動科學在任務部署前建構與重視狙擊任務前、中、後的運動科學訓練模組與策略。其中在抵達狙擊位置前的「負重行軍」效能，則關係狙擊手在執行狙擊任務時的體能消耗經濟性與狙殺任務成功率。³

影響狙擊表現的關鍵指標——負重行軍

系統性文獻回顧的研究指出，阿富汗戰爭期間士兵裝備攜行的平均負重約為45公斤，例如，軍事、消防、警察、搜救與救護人員，因任務特殊需求，必須穿戴個人防護裝備與攜帶武器及工具等，且處於不可預測的環境中執行生死之任務。雖這些裝備與武器對於任務的成功至關重要，但卻也因這些負重，對於戰術人員在作戰時的體能表現上，衍生負面影響與徒增任務失敗的風險，戰術人員在負重行軍後

1 蔡堯欽，〈陸軍聯兵旅實戰化訓練〉《國軍實戰化訓練之研究期末成果報告》(臺北市)，財團法人國防安全研究院，2023年2月，頁141～147。

2 Gonzalez Drew et al., "International society of sports nutrition position stand: tactical athlete nutrition", Journal of the International Society of Sports, June 2022, Vol.19, p.267～315. (國際運動營養學會立場：戰術運動員營養)

3 郭晉愷，〈探討高效能增程狙擊槍未來發展之研析〉《步兵季刊》(高雄市：陸軍步兵訓練指揮部)，第293期，中華民國113年8月，頁16。

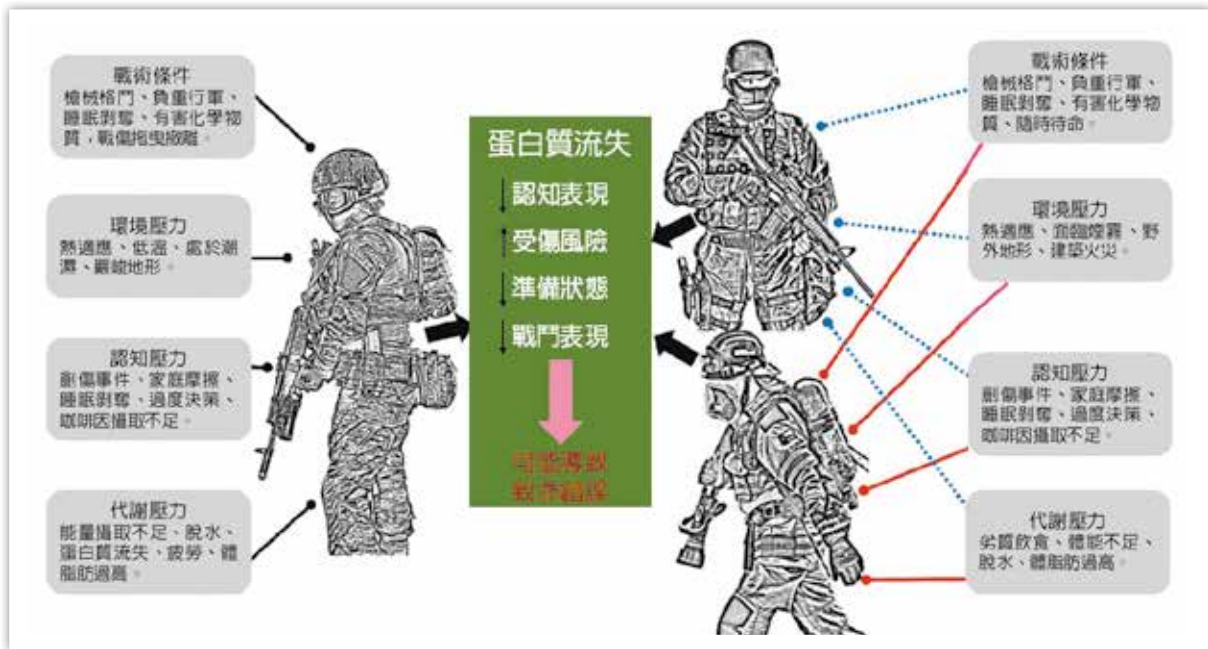


圖1 軍人、消防、警察等戰術人員的壓力來源

資料來源：同註2，p.269，作者彙整製圖。

的體能表現，將影響後續整體戰術成功與否。⁴

一、負重狀態與地形、環境溫度關係

臺灣氣候炎熱且溼度高，作戰地境內又以困難地形居多，國軍狙擊手目前在執行負重行軍訓練時，背包負重平均重量約25~30公斤，加上狙擊槍全重(含彈藥與瞄準具)，全身平均負重達32~38公斤。以南臺灣的夏季7、8月份為例，平均室外溫度33~37度、平均溼度78~89%，狙

擊手在負重行軍當下，實際體感溫度可能會達39~43度(如圖2)，且過程因地形坡度起伏，負重行軍過程之強度的最大心率百分比甚至已超過100%(如圖3)，影響了狙擊手體能耗損與恢復程度，降低了負重行軍完成度與後續狙擊任務效能。⁵

二、負重行軍的肌力與體能需求

狙擊手面對如此般負重且高耗能、高強度的負重行軍，須具備較佳的能量供能經濟性，反之，若負荷不起這般已知確

4 Orr, Dawes, Lockie, Godeassi, "The Relationship Between Lower-Body Strength and Power, and Load Carriage Tasks: A Critical Review", International Journal of Exercise Science, Aug 2019, p.1001~1022. PMID: 31523356; PMC6719820. (下肢肌力及爆發力與負重任務之間的關係：批判性回顧)

5 Winters Joshua et al., "Altered Physical Performance Following Advanced Special Operations Tactical Training", Journal of Strength and Conditioning Research, July 2021, Vol.35, issue 7, p.1809~1816. (高階特種戰術訓練後一身體生理變化呈現)



圖2 狙擊手於豔日高溫下執行負重行軍訓練

資料來源：陸軍步兵訓練指揮部運科中心、狙擊組。

定之高耗能強度，在體力供能上將產生較大耗損。研究顯示軍事人員須在作戰部署前的肌力體能訓練模組，朝向建構上、下肢「最大肌力」與提升「最大攝氧量」供能之效能，以利於作戰負重行軍時，得以最具經濟性的功率耗能輸出，延緩肌肉收

兵若背負50公斤的負重行軍時，所需消耗的體力是36%，代表A士兵具備64%的肌力與體能，來面對後續行軍作戰任務，所以，電池圖示顯示為綠色；E士兵則是僅具負重60公斤深蹲1下的下肢最大肌力，對應E士兵若背負50公斤的負重行軍時，

所需消耗的體力是83%，代表他僅剩17%的肌力與體能，提供後續行軍與作戰任務，所以電池圖示顯示為紅色。⁷ 透過這些研究揭示的肌力與體能需求，更可視為精準軍事人員的「戰鬥專項運動能力」與「實戰化體能訓練」之關鍵指標，以奠定實戰體能表現之基礎。



圖3 狙擊手在負重行軍過程的心率概況

資料來源：陸軍步兵訓練指揮部運科中心。

優化狙擊手負重行軍效能

狙擊手在面對高溫溼熱作戰環境

6 同註4，p.1005～1008。

7 Turner Anthony, "Strength and Conditioning for British Soldiers", Strength and Conditioning Journal, June 2016, Vol.38, issue 3, p.59～68.(英國士兵的肌力與體能)

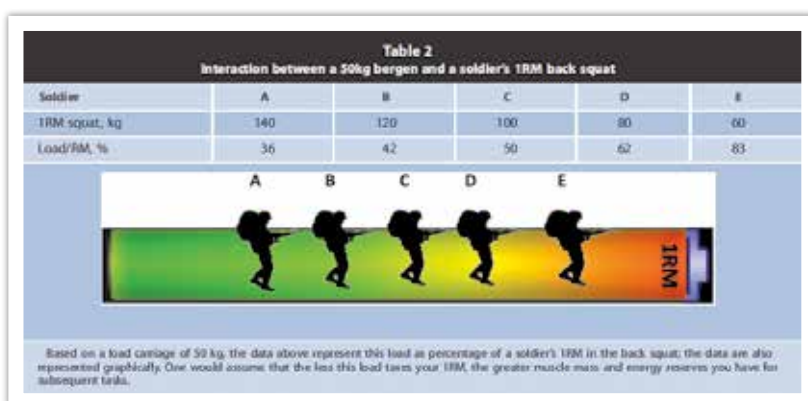


圖4 英國士兵負重深蹲1RM的下肢最大肌力與背負50公斤負重行軍之體能負荷耗能關係圖

資料來源：同註7，p.61。

，且須承載負重之高強度戰術作為，在生理適應上，除須建構最強化的肌力體能素質之外，執行狙擊任務時，也須落實計畫性的個人化戰術營養補給作為，例如，定時定量的營養與水分補給規劃，達平衡執行狙擊任務過程中的生理能量供需，這將影響狙擊手面對未知情境與未知狙擊任務持續時間的體能續航力。

一、能量補給整備

負重行軍的背包內容物，在營養補給品整備上，除蛋白質補給品需準備充足之外，另也置重點於碳水化合物等補給品整備，不可僅顧及整體背包重量，而減

少碳水化合物補給品，如圖5粗虛線紅框之處。因為碳水化合物為主要提供人體運動當下的主要能量來源，在這種連續不間斷的高強度狙擊任務下，後續測驗項目的能量供能不足(及)，將會造成狙擊手體力透支等情勢；隨著負重行軍過程中，鈉與鉀的流失，產生低鈉症，使其體液失衡造成肌肉功

能上的鈣離子失調，衍生肌肉痙攣情況，故在含鈉較高量的鹽錠及鹽糖，更須依據自身營養補給計畫，酌量隨身攜帶，行軍過程中定時定量增補，保持續航能量供能。⁸



圖5 狙擊手於負重行軍訓練時背包內容物的營養與能量補給整備概況

資料來源：陸軍步兵訓練指揮部運科中心。

8 同註2。

二、水分補給整備

狙擊手在負重行軍的水分補給整備攜行量，應避免顧及整體負重行軍之重量，進而將背包重量輕量極致化，減少了個人所需飲用水之攜行量。如此一來可能導致在負重行軍過程中，對於水分補充有所顧忌，加速進入脫水、體力透支等情況。因此，狙擊手負重行軍需有縝密的水分補充策略，以優化「熱適應」(Heat Acclimatization)能力與生理變化：

(一)汗液分泌增加

熱適應會導致汗腺更快分泌，以促進體溫調節，同時，隨著適應的進展，汗液的鹽分濃度會降低，以減少電解質流失。

(二)心血管系統的適應

在熱適應過程中，血液分配效率提高，更多血液流向皮膚以促進散熱，心率下降且心輸出量增加，減少心血管負擔。

(三)核心體溫降低

在經過熱適應後，軍事人員的核心體溫，在同樣的環境溫度負荷下，會較

熱不適應時更低，從而降低相關熱傷害之風險。

(四)減少熱不適

在經過熱適應後，對於高溫感受會減少，進而更能夠在不適感較少的狀態下，進行高強度體能訓練與作戰任務。

狙擊手可透過記錄訓練前、後的體重差異量得知出汗率，⁹藉由自己出汗率、環境溫度與行軍強度，來調整補水策略。狙擊手訓練與狙擊任務，常為連續數日期程，狙擊手可於每日清晨起床與訓練任務的前、後，透過口渴感、尿液顏色、體重流失等作初步脫水狀態評估，以利任務執行前的水分補給策略(如圖6)。

研究顯示，狙擊手於負重行軍前、中、後的能量補給與飲水整備，必須具備策略性，並建議碳水化合物與蛋白質的攝取比例，應動態調整，以適應任務需求(如表1)，¹⁰因為這將關係到狙擊手的能量續恆與脫水於否，將影響後續精準狙擊表現。¹¹如何在高強度運動後，緊接著執行精準射擊任務，須維持高度認知功能的生、心理狀態，可於任務期間，適切應用補

9 Wills Jodie et al., "Load-Carriage Conditioning Elicits Task-Specific Physical and Psychophysical Improvements in Males", *Journal of Strength and Conditioning Research*, July 2019, Vol.33, issue 9, p.2338~2343.(負重訓練可促進男性在特定任務的身與心理物理改善)

10 同註2, p.302~308。

11 Burke et al., "Contemporary Nutrition Strategies to Optimize Performance in Distance Runners and Race Walkers", *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, May 2023, Vol 29, issue 2, p.117~129.(優化耐力運動員和長跑運動員表現的現代營養策略)

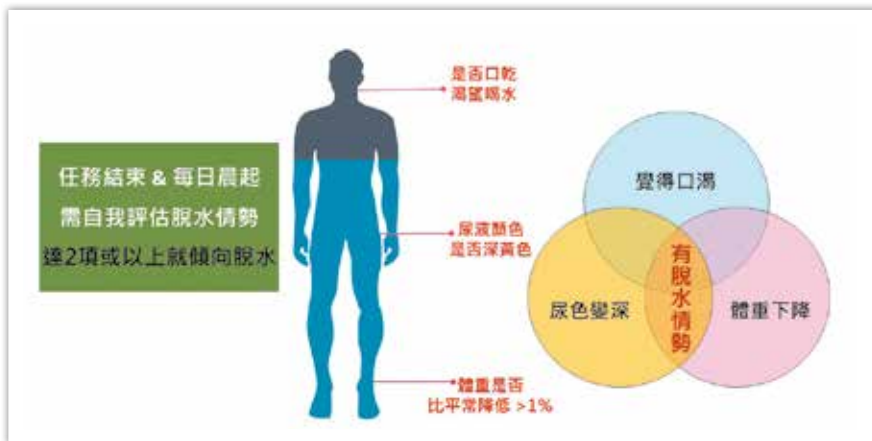


圖6 狙擊手在訓練與任務前後需自我評估自身脫水狀況

資料來源：“Sports Science Exchange”，Hydration Assessment of Athletes(運動員的水合評估)，<https://www.gssiweb.org/sports-science-exchange/article/sse-97-hydration-assessment-of-athletes>，檢索日期：2023年12月25日。作者彙整改編製圖。

承載負重，所以，狙擊手若本身的肌力體能水準欠佳，在行軍過程中因輸出功率大於己身原肌力與體能可承載之水準，將造成體力流失加速，形成體力透支之情事。平時的負重行軍訓練強度設定，應以速率作為漸進強度之目標，例如，負重行軍訓練目標與鑑測距離為6公里，並在110分鐘內完成負重

充「β-丙氨酸」、「咖啡因」與「水合肌酸」等增補劑，以延緩疲勞、緩衝壓力與提升肌肉耐力及認知功能，續恆優化狙擊效能(如表2)。¹²

三、狙擊手負重行軍訓練原則

已知負重行軍過程，因身上具一定

行軍抵達狙擊陣地為例。狙擊手須背負32～38公斤之負重，在換算出對應負重行軍之速率，最低需以每小時3.27公里；每公里18.3分鐘；每100公尺須在110秒內的負重行軍強度，才能抵達狙擊陣地，將影響後續狙擊任務與射擊精準度之效能。¹³

表1 狙擊手訓練任務期間能量、飲水補給應用參考表

負重行軍前	負重行軍過程中	負重行軍後
1.在負重行軍2～3小時前，攝取碳水化合物與蛋白質的比例為4：1(如雞肉義大利麵或蛋白質穀物能量棒)。 2.在1～2小時前，預先飲水500毫升。	1.每15～20分鐘，至少飲水125毫升並補充鹽錠，每小時補給吃30～60克碳水化合物(如能量果膠)。 2.休息期間至少補充500毫升的飲水。	1.在負重行軍結束後的30分鐘～2小時內(1小時內最佳)，可依據行軍前、後的體重差異，乘以1.25～1.5公升，作為補足個人水分流失。 2.攝取3：1的碳水化合物及蛋白質比例，以啟動肌肉修復並補充能量儲存。

資料來源：同註2，作者彙整製表。

12 McGlory et al., "The impact of exercise and nutrition on the regulation of skeletal muscle mass", The Journal of physiology, October 2019, Vol 597, issue 5, p.1251～1258.(運動與營養對骨骼肌質量調控的影響)

13 O'Neal et al., "Effects of fatigue on shooting performance and cognitive function", Military Medicine, July 2012, Vol.177, issue 11, p.1267～1275.(有無負重訓練對軍事體能測驗與射擊精準度的影響)

表2 狙擊手鑑測任務期間增補劑應用參考表

β-丙氨酸	咖啡因	水合肌酸
β-丙氨酸是合成肌肽的限速前驅物，肌肽是一種強大的生理緩衝劑，可以增加無氧運動耐力。每天6克，持續4週，在壓力和疲勞期間也與減少注意力、警覺性和認知功能下降有關。	美國陸軍《Army Regulation 40~25》建議用於作戰和睡眠剝奪期間的咖啡因攝取量為100~200毫克(每2小時100毫克或每4小時200毫克)。當無法獲得足夠睡眠時，每天總咖啡因劑量800毫克(200毫克的劑量，在24小時內兩次服用之間隔2~3小時)可能有助於連續和慢性睡眠不足。	每天補充0.3g/kg的肌酸，持續5~7天，之後每天補充約5g(或0.1g/kg)，可增加高強度運動能力、峰值功率、最大力量。長期補充可降低肌肉相關損傷問題的發生率，例如抽筋、拉傷、熱疾病和全身損傷，並在高溫下長時間運動時降低心率、核心溫度和出汗率。

資料來源：同註2，作者彙整製表。

北大西洋公約組織(North Atlantic Treaty Organization, NATO)在2021年發表〈減輕士兵負重行軍的壓力〉研究報告中，以平均體重83公斤的士兵，在各種承載重量與速率強度，於5公里與10公里的負重行軍距離，士兵的體能消耗預

估程度鑑別(如表3)，可以應用於狙擊手的負重行軍訓練與鑑測評估規劃依循(如表4)，以利狙擊部隊精準循序漸進之訓練。¹⁴

狙擊手在建構負重行軍之訓練準備，以3個月的準備週期為例，其中有四項

表3 負重行軍重量與速率影響體能消耗預估參考表

負重重量	行軍速率	5公里-體能負荷程度		10公里-體能負荷程度	
20公斤	3公里／小時	輕		輕	
	4公里／小時	輕		中等	
	5公里／小時	中等		艱苦	
	6公里／小時	艱苦		非常艱苦	
30公斤	3公里／小時	輕		輕	
	4公里／小時	中等		中等	
	5公里／小時	艱苦		艱苦	
	6公里／小時	非常艱苦		非常艱苦	
40公斤	3公里／小時	輕		中等	
	4公里／小時	中等		中等	
	5公里／小時	艱苦		艱苦	
	6公里／小時	非常艱苦		非常艱苦	

14 Reducing the Burden on the Dismounted Soldier, Final Report of RTG HFM-238, North Atlantic Treaty Organization, “Reducing the Burden on the Dismounted Soldier”, Final Report of RTG HFM-238., Published March 2021 , p.4-42~53.(北大西洋公約組織－減輕士兵負重行軍壓力)



50公斤	3公里／小時	中等		中等	
	4公里／小時	中等		艱苦	
	5公里／小時	艱苦		非常艱苦	
	6公里／小時	非常艱苦		非常艱苦	
備註	以平均體重83公斤的士兵，負重行軍每小時功率輸出耗能，輕： <1296 千焦耳／小時(KJ/hr)；中等： $1296\sim1862$ 千焦耳／小時(KJ/hr)；艱苦、非常艱苦： >2408 千焦耳／小時(KJ/hr)。 濕球溫度：Wet-Bulb Globe Temperature(WBGT)				

資料來源：同註14, p.4-51，作者彙整製表。

表4 執行負重行軍時的任務強度與體能消耗程度狀態參考表

	能夠完成負重行軍並執行隨後戰術任務				
	可能完成負重行軍任務，但因體能消耗可能無法執行後續戰術任務				
	將無法完成負重行軍				
負重行軍 重量範圍	調控任務 強度配置	預需 $\%VO_{2max}$ ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	預估持續時間	預估總距離	預估達5公里時 的生理狀態
任務的基本強度供能預估		50	$<3hr$	14km	
背負總重量	-10kg (30kg)	45	$<4hr$	15km	
	+10kg (50kg)	56	$<2hr$	9km	
	+20kg (60kg)	63	$<1hr$	6km	
行軍速率	慢 (2.5km/hr)	21	$>12hr$	15km	
	中等 (4.5km/hr)	38	$<6.5hr$	15km	
	快 (6.5km/hr)	65	$<1hr$	6km	
	非常快 (7.5km/hr)	82	$<0.5hr$	2km	
天候	溫暖 ($30^{\circ}C$ ，30%濕度)	50	$<1hr$	6km	
	熱 ($35^{\circ}C$ ，50%濕度)	50	$<0.5hr$	2km	
	高溫 ($50^{\circ}C$ ，10%濕度)	50	$<0.5hr$	2km	
附註	以平均體重83公斤，在肌力體能訓練三個月後，且背負40公斤背包的士兵，在地形平坦且堅硬的5公里道路，以5.5公里／小時行軍。				

資料來源：同註14, p.4-53，作者彙整製表。

基本原則：

(一)訓練頻率調控

可逐步增加行軍訓練課程的頻率，例如：從每月1次開始，增加到每月2次，然後每月3次。

(二)訓練時間與距離調控

調控負重行軍的持續時間與距離，例如：30分鐘～1小時，再漸進至2小時(不管距離遠近，僅掌控時間)；從4～6公里，再漸進到8～10公里(不管時間長短，僅掌控距離)，固定單一訓練變項。

(三)訓練強度調控

負重行軍的訓練強度變項計有：背包重量、行軍速度、行軍地形(坡度、高度、海拔)等，其中負重行軍訓練的「速度」與「速率」為訓練強度的關鍵指標，可漸進固定背負重量及框定所需完成距離與時間，從而預先換算出所需要的負重行軍速率目標(如表5)，做為在平時訓練時每1公里所需分鐘數與每100公尺所

需秒數之強度依循，才能準確訓練強度逐步達到實戰時所需的負重行軍強度水準。¹⁵

(四)訓練休息恢復

研究表明，生理疲勞與心理壓力的交互作用會顯著降低作戰效能，可應用「正念訓練」(Mindfulness Training)與睡眠管理策略，緩解狙擊手的訓練壓力。¹⁶狙擊手為了變得更好、更強，在訓練之間，應有良好的休息與恢復，才能獲得生理上的超補償，進而提升戰鬥運動表現，這至關重要。部隊在規劃設計負荷行軍

表5 負重行軍訓練速度(率)強度應用參考表

行軍速率(公里／小時)目標	每1公里所需分鐘數	每100公尺所需秒數
3.0	20.4	122
4.0	15	90
4.5	13.2	80
5.0	12	72
5.5	11	66
6.0	10	60
6.5	9.2	55
7.0	8.3	51

部隊執行負重行軍訓練之前，須明確計算出當日行軍速率的強度目標，賦予狙擊手知悉後，並於訓練中儘可能保持目標速度，以精準負重行軍的訓練強度。

資料來源：〈美國軍事負重行軍：訓練準備指南〉，Army ROTC，<https://bootcampmilitaryfitnessinstitute.com/exercises/the-loaded-march-preparation-training-guide/>檢索日期：2024年12月23日，作者彙整製表。

15 Looney et al., Effects of modern military backpack loads on walking speed and cardiometabolic responses of US Army Soldiers, Applied Ergonomics, July 2021, Vol.94, ScienceDirect Online p.103395. (現代軍用背包負荷對美國陸軍士兵步行速度和心肺功能代謝影響)

16 Nevin Jonpaul & Jones Martin Ian, "Human Performance Optimization(HPO) for the Warfighter-Keeping It Simple in a Complex Age: A Narrative Review", Strength and Conditioning Journal, October 2023, Vol.45, issue 5, p.578~586. (戰士的人類績效—在複雜的時代保持簡單：敘述性回顧)



訓練計畫時，在訓練原則下，訓練變項儘可能不要超過一項，也就是一次的訓練就針對一個變項來執行。訓練比例與順序，「訓練頻率」大於「時間距離」再大於「訓練強度」；先增加負重行軍訓練的「頻率」，再藉調控「時間距離」獲得準確的「強度」訓練適應。¹⁷

四、個人化的負重行軍訓練

體重差異會影響士兵對於相同承載重量情況，在負重行軍時的功率輸出與耗能就會有所差異，如同樣是背負45公斤的背包，甲士兵的體重為60公斤，乙士兵為90公斤，相對兩人在執行負重行軍時，所輸出的相對功率與耗能亦有所差異。軍事運動科學研究指出，可透過平時的訓練，在負重行軍的背包重量設定，依循士兵體重百分比，對應設定增加背包重量，男性從25%逐步增加到40%；女性從20%逐步增加到32%，例：士兵體重為100公斤，在負重行軍訓練初期的背包重量設定為25公斤，再漸進增加至40公斤。在任務部署前的準備期(即訓練的開始和中期)按照上述百分比進行訓練，並在部署期間(即訓練期)逐步達到實際作戰任務所需背負重量，這將有助於提高士兵個人負重行軍

的肌力與體能，並減少受傷與過度勞累發生率。¹⁸

狙擊手的「熱適應」能力與任務成功關係性

研究指出軍事人員在執行任務期間，肇生熱病(熱衰竭、熱中暑)之情事，是因作戰時著厚重戰鬥服裝，於高溫下執行高強度運動，為引發熱病徵兆機率高的族群。因當人體核心溫度達40度(含以上)，須積極快速降溫及穩定器官功能治療，若超過1~2小時，將面臨永久性的腦損傷與其他器官損傷。尤其在人體無法調節核心溫度，會迅速影響中樞神經系統，導致器官衰竭與心臟無法有效泵血導致士兵任務失敗甚至死亡(如圖7)。美國五角大廈統計了自2008~2018年這十餘年間各軍種在執行任務期間的熱病案例，從1,766例增加至2,792例，增加了近60%，顯示因全球暖化導致環境高溫不斷攀升，已構成全球軍事人員執行作戰任務成功與否最具威脅性的極端因子，應落實對於軍事人員面對高溫作戰環境部署前的防範熱病情事規劃與執行。

其中狙擊手的熱適應能力攸關任務

17 Duration, "High Intensity Load Bearing Performance and the Army Physical Fitness Test", Technical Report No. T30-87, Natick, MA. US Army.(高強度負荷承載與陸軍體能測試)

18 Kraemer et al., "Effect of Resistance Training on Women's Strength Power and Occupational Performances", Medicine and Science in Sports and Exercise, May 2001, Vol 33, issue 6, pp.1011~1025.(肌力訓練對女性肌力與職業表現的影響)

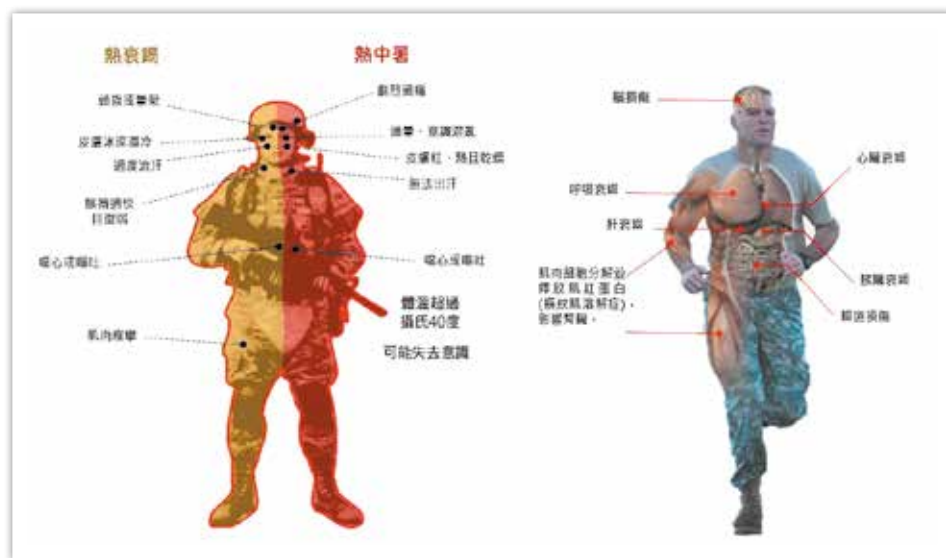


圖7 軍事人員熱病徵兆與成因指標示意圖

資料來源：同註17，作者彙整改編製圖。

成功於否，熱適應係指人體暴露於高溫環境一段時間後，通過一系列生理調節來提升對熱環境的耐受性，這種適應能夠減少在高溫環境長時間的訓練與作戰的熱傷害並提升在高溫下的作戰表現，須透過系統性訓練與策略來提升軍事人員對於熱環境的耐受力，確保在高溫環境之下，保有最佳身體狀態。典型的軍事熱適應訓練包括在高溫條件下，於接近實際作戰環境

室外溫度，著軍事服裝或運動服進行有氧運動、高強度間歇訓練與戰術作為，逐步增加運動與訓練時間，使生理達漸進熱適應。

熱適應能力的優劣程度，對於狙擊手非常重要，因為自負重行軍開始至戰術位置期間，在狙擊手的

生理負荷上，是逐漸累積堆疊，身體對於熱適應之程度若較差，對狙擊手在後續狙擊任務上的體能消耗與供能將是種極端考驗。尤其在滲透狙擊之前，狙擊手先是穿著高密度不透氣的吉利服狙擊裝，再執行偽裝伏擊滲透，身體上熱能的累積負荷可想而知(如表6)，且該項次測驗項目，滲透過程可能持續2~3小時，並處於高溫曝曬環境下(如圖8)。

表6 不同濕球溫度與行軍最大背負重量，最遠行軍距離運用參考表

濕球溫度(°C)		負重行軍最大背負重量(公斤)					
		20	30	40	50	60	70
		對應濕球溫度與負重—建議行軍距離(公里)					
26~27.5		32	29	26	23	20	17
27.5~29		27	25	22	20	17	12
29~31		21	20	18	16	13	10
31~32		21	19	16	12	10	7
>32		17	15	13	9	7	5

資料來源：同註14，p.4-52，作者彙整參考製表。



優化狙擊手熱適應訓練，可採「恆定體溫法」的熱適應訓練模式(如圖9)，在接近鑑測實地的熱環境下運動，強度調控達體內核心溫度 $38.5\sim 38.7$ 度間，維持30~60分鐘。熱適應訓練週期，短期熱適應可連續5天；長期熱適應可連續14天(如圖10)，熱適應對士兵的具體生理變化，會在核心體溫調節、心血管負擔減少及運動表現提升，並指出熱適應能力會隨環境變化而逐步喪失。¹⁹ 熱適應能力並不是永久的，如果離開熱環境，熱適應能力會每天以2.5%的速度逐漸減退，一旦回到熱環境，適應的速度會比最初的適應期要快得多；若在30天內回到熱環境，一般需要4~5天的重新適應。²⁰ 熱適應的好處，會讓人體面對熱環境時的核心溫度不易上升過快、心率不易過高、提升排汗閾值、血漿量增加、熱反應蛋白增加與運動表現提升，另透過運動訓練法中的間歇訓練，也能對熱適應能力有所助益。²¹

符合狙擊手的 負重行軍肌力體能訓練模組



圖8 狙擊手穿著吉利服執行滲透狙擊訓練

資料來源：陸軍步兵訓練指揮部狙擊組。

2021年美國陸軍研究報告指出，士兵的負重行軍效能優劣，與士兵下肢肌力有著密切關係，並建議須以個人

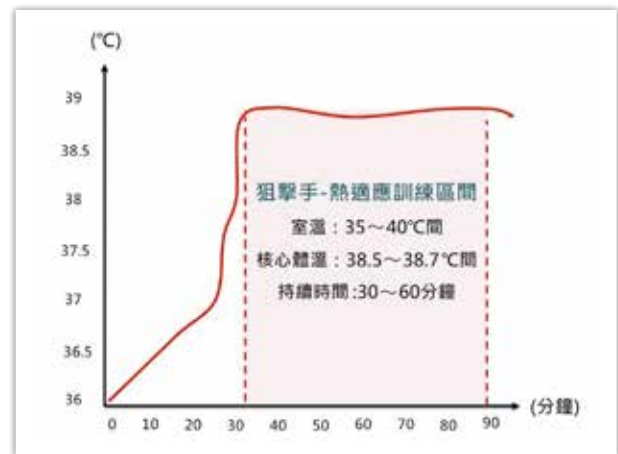


圖9 熱適應訓練區間示意圖

資料來源：同註17，作者彙整製圖。

- 19 Parsons Iain、Stacey Michael、Woods David, "Heat Adaptation in Military Personnel: Mitigating Risk, Maximizing Performance", *Frontiers in Physiology*, December 2019, Vol 10, *Frontiers Online*. PMID: 31920694; PMC:6928107.(軍事人員的熱適應：降低風險，最大化效能)
- 20 Charlot Keyne et al., "Short-Term, Low-Volume Training Improves Heat Acclimatization in an Operational Context", *Frontiers in Physiology*, June 2017, Vol 8, *Frontiers online*.(短期、訓練量小可提升作戰環境的熱適應能力)
- 21 Garrett et al., "Effectiveness of short-term heat acclimation for highly trained athletes", *European Journal of Applied Physiology*, May 2022, Vol.112, issue 5, p.1827~1837.(短期熱適應對訓練有素的運動員的有效性)

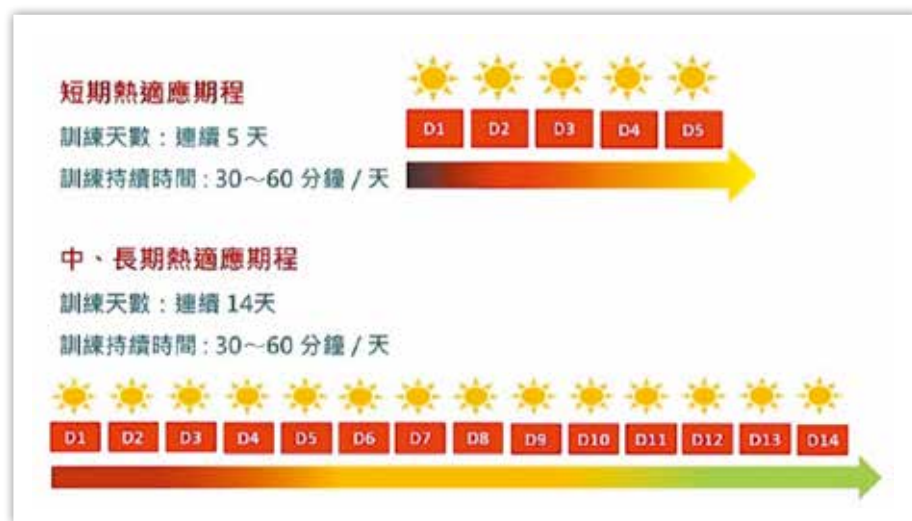


圖10 短期與中長期熱適應週期

資料來源：同註17，作者彙整製圖。

化的肌力訓練來優化士兵負重行軍效能。²² 故狙擊手負重能力之建構，應於平時駐地與專精管道期間，藉由肌力訓練之自由重量、器械式重量訓練，發展最大肌力與肌耐力(肌肉疲勞)，以強化上、下肢與核心肌群力量，有助於負重行軍時的功率輸出經濟性。在系統性文獻回顧中，分析了負重行軍訓練的最佳實踐方式，須根據士兵體重百分比設計負重訓練計畫，從而提升下肢力量，同時降低負重行軍時的疲勞與下肢傷害；增強上肢與核心肌群力量有助於維持較佳負重姿態行走，減少相鄰肌群與關節代償，優化全身肌力輸出供能經濟性，延緩疲勞產生，各訓練階段相

關肌力訓練模組可參考表7。²³

負重行軍屬有氧與乳酸能量系統之間循環供需比重較大之供能，且在抵達狙擊位置(城鎮、山地叢林場域)之後，可能吸引敵人猛烈準確火力之下，採加速、減速衝刺間歇快速移動抵達狙擊位置

，更需磷化物系統與無氧動力之供能，如此負重行軍後，即須高速衝刺，不斷變換狙擊陣地，在高心率與呼吸急促狀態下，採立、跪、坐、臥等狙擊模式，仍須保持思緒清晰記錄戰場目標情資，所以狙擊手需要較佳最大攝氧量(VO_{2max})以及具效率的短時間體能恢復能力。²⁴

運動訓練法中的「高強度間歇訓練」(High Intensity Interval Training, HIIT)可更具經濟性的提升狙擊手負重行軍時，所需最大攝氧量與短時間體能恢復能力。2022年西班牙軍事研析報告指出，士兵經高強度間歇訓練後，無氧作功能力顯

22 同註15。

23 Knapik Joseph et al., "A Systematic Review of the Effects of Physical Training on Load Carriage Performance", Journal of Strength and Conditioning Research, February 2012, Vol.26, issue 2, p.585~597.(體能訓練對負重表現影響的系統性評價)

24 同註16。



表7 狙擊手的肌力訓練模式與適應階段時期運用參考表

肌力特質	訓練項目	重量／反覆次數／組休	適應階段
爆發力	負重蹲跳、啞鈴抓舉、槓鈴爆發上膊、藥球後拋(下砸)、地雷管爆發轉體、增強式訓練。	以動作最大肌力的20～30%進行3～5次反覆，3～5組，組間休2～5分鐘。	駐地訓練、專精管道基地演訓、測考階段
最大肌力	低背槓蹲舉、相撲式硬舉、臥推、六角槓硬舉、大力士翻轉輪胎、負重行走。	每個動作最多可以進行3～6次反覆(3～6RM)，2～6組，組間休2～5分鐘。	專精管道階段
穩定耐力	負重高背槓深蹲、負重俯地挺身、負重羅馬尼亞式硬舉、六角槓硬舉、站姿肩推、臥推。	每個動作最多可以進行6～10次反覆以內(6～10RM)，3～6組，組間休30～90秒。	駐地訓練階段
肌耐力	徒手深蹲、俯地挺身、徒手羅馬尼亞式硬舉(可適度加重負荷)。	每個動作進行12次反覆以上(最多至20RM)，2～3組，組間休不超過30秒。	
備註	負荷常以能舉起最多反覆次數與其相對重量或以一次的最大反覆，以正確動作只能舉起一次最大重量(Repetition Maximum, RM)稱之1RM。 以槓鈴(片)、啞鈴、壺鈴、彈力帶、地雷管、戰繩、藥(牆、沙)球等自由重量器材，部隊攜帶方便，不限定在健身房，可結合戶外操課現地訓練。		

資料來源：蘇明仁，〈運用戰術肌力體能訓練，提升部隊訓練初探〉《陸軍學術雙月刊》(桃園龍潭)，579期，2021年10月，頁54~56。

著提升，且安靜心率與心理焦慮反應明顯降低，可更有效的應對高強度任務需求。²⁵ 狙擊手應可於訓練階段，透過執行高強度間歇訓練模組(如表8)，將其體能訓練之供能效益遷移至負重行軍與狙擊效能。²⁶

結 論

透過近年軍事運動科學的研究報告

與文獻回顧可得，狙擊手的「負重行軍」效能優劣與否，將影響狙擊手的夜間狙擊、手槍與步槍應用射擊、未知距離狙擊、滲透狙擊、精準極限狙擊與城鎮戰場運動等精準狙擊表現。因此，欲優化狙擊手的負重行軍效能，須著眼於建構狙擊手個人化的肌力訓練模組與高強度間歇訓練，從而提升負重行軍效能與體能恢復力，並且，因應任務期程，規劃長、短期的熱適應

- 25 Tornero Aguilera, Jose F. et al., "Ready for Combat, Psychophysiological Modifications in a Close Quarter Combat Intervention After an Experimental Operative High Intensity Interval Training", Journal of Strength and Conditioning Research, March 2022, p.732~737.(高強度間歇訓練後，對近距離戰鬥的生理與心理效益影響)
- 26 蘇明仁，〈應用高強度間歇訓練建構部隊實戰化體能之初探〉《陸軍學術雙月刊》(桃園龍潭)，592期，2023年12月，頁59~67。

表8 以「跑動」形式的HIIT間歇模式－強度、組數、休息模組參考表

間歇模式	運動形態	持續時間	強度	趟數	組數	趟數之間 休息時間	
長間歇	直線	<2分鐘	80~85%VIFT	6	10	2分鐘	
	直線(沙地、丘陵)	>3分鐘		5	8	>3分鐘	
				4	6		
短間歇	直線	20~30秒	85~89%VIFT	2	3	全程訓練時間約8分鐘	20秒~30秒
		<15秒	90~100%VIFT				≥20秒
	改變方向	>25秒	100~105%VIFT				15秒~30秒
反覆衝刺	45°~90°改變方向	<3秒	盡最大努力	2	3	>20秒	
	直線+跳躍	>4秒	盡最大努力 (>30公尺或2×15公尺)	2	3	<20秒	
衝刺間歇	直線	>20秒	盡最大努力	6	10	≥2分鐘	
模擬競賽	狙擊任務場地	3~4分鐘	自選強度RPE>7	5	8	2~5分鐘	
				4	6		
備註	一、長間歇訓練效益可遷移至「負重行軍」與「滲透狙擊」；短間歇、反覆衝刺、衝刺間歇與模擬競賽等訓練效益可遷移至「城鎮戰場運動狙擊」。 二、自覺強度Rating of Perceived Exertion(RPE)>7，體感吃力至最大限度。 三、高強度間歇訓練強度依循一最後一階速度(Velocity Intermittent Fitness Test, VIFT)的獲得方式，是以「30~15間歇體能檢測」(30~15 Intermittent Fitness Test, 30~15IFT)，在短時間內(約10~15分鐘)將多位受測者，以每階段強度增加0.5公里／小時之速率的連續折返穿梭跑，並在跑動30秒後，隨即採15秒的被動休息模式，直至筋疲力盡或自覺滿意自行停止，即獲得高強度狀態下的跑動速度閾值。詳情可參閱《陸軍學術雙月刊》592期，蘇明仁，〈應用高強度間歇訓練建構部隊實戰化體能之初探〉，頁59~67。						

資料來源：同註26，頁64，由作者修訂製表。

訓練週期，奠定良好的熱適應能力以面對嚴峻的作戰環境。另外，透過縝密的營養、水分補給策略與增補劑運用(如β-丙氨酸、咖啡因、水合肌酸)給予狙擊實戰體能表現之續航力，同時落實狙擊手的心理壓力管理與正念訓練，從而提升與優化臨

戰時的精準狙擊效能，以達國軍關鍵戰力之所需。

(113年11月13日收件，114年3月5日接受)