

揭開高原訓練的面紗

The Effect of Training at Altitude

鍾伯光博士

香港浸會大學體育系副教授及體康課程主任

Dr. Chung Pak-kwong

Associate Professor & Course Leader

Department of Physical Education, Hong Kong Baptist University, HONG KONG



Abstract

In 1968, when the Summer Olympic Games were scheduled to be held in Mexico City, at an altitude of 2,300 meters above sea level, considerable attention was directed at the questions of how altitude would affect exercise performance. During the preparation for the Mexico City Olympics, many concerns existed about the possible beneficial effects of the lower pressure and air resistance at the altitude for events involving speed and power; and the possible detrimental effects of the reduced oxygen at the altitude for the endurance events. What are the acute physiologic responses to altitude? Can altitude training improve endurance performance at sea level? All such questions would be explored in this article.

一·引言

高原訓練這個名詞，對本港運動界來說，絕對不會陌生。因為，中國大陸很多運動教練都大力提倡這項訓練，並且經常把這個訊息灌輸給本港的教練和運動員。過去，曾經返國內參加高原訓練的運動團體也不少，如田徑、單車和游泳等。對一些未曾接受過高原訓練的運動員來說，可能對這項訓練充滿著憧憬，或以為這項訓練一定會幫助他突破自己最好的成績，在大賽上取得更佳的表现。但事情並非那麼簡單。相反，有些運動員在接受高原訓練後，在平地(指水平線高度:大氣壓力平均約為760mmHg;氧氣分壓約為159mmHg)上的運動表現反而退步。那麼，究竟高原訓練的確實效果如何?身為教練的你應該安排你的運動員接受高原訓練嗎?現在，就讓我們一齊探討這方面的問題。

二·高原訓練的發蹟

自從1968年奧運會選定在墨西哥這個海拔2300公尺的城市進行比賽後，各國便立即急謀對策，目的是為他們的運動員在參加高地比賽時做好充份的準備。因此，有關高原運動和訓練的研究便湧現而出。其後，由初期預備運動員由平地上高地作賽的訓練和研究，漸發展成日後利用高原訓練來增加平地運動成績的做法。由於部份研究結果支持高原訓練的功效，很多教練和運動員都樂於嘗試此法，尤其是「不執輸」的心態，反加助長了教練和運動員採用高原訓練作為他們備戰大賽的重要訓練項目。

三·高原運動的影響與適應

我們都知道在高地的空氣較稀薄，空氣中氧氣成份雖然維持在平地時的水平(20.93%)；但由於空氣壓力減少，導致身體組織的氧氣供應量也下降，個人的最大用氧能力(VO_{2max})也相對調低(表一)。

表一：高地對用氧能力的影響(轉載自Maglischo著的Swimming even faster 一書)

高度	大氣壓力	氧氣分壓	血液中氧氣飽和量	平地最大用氧能力之比率
平地	760mm Hg	159mm Hg	97	100
2300公尺	586mm Hg	123mm Hg	92	83
4300公尺	446mm Hg	94 mm Hg	85	73

高地上氧氣壓力減少，對運動員在靜止狀態下並不會造成問題，祇要加快呼吸，以便供應足夠的氧氣到身體各組織便行。換句話說，呼吸和循環系統要較在平地時多做功夫，才能補足在高地上的需要。但當在平地進行運動時，心肺的工作變得更加辛苦，正常在平地進行的運動量、在高地上往往變得更大，而原本在平地訓練中能夠以有氧能量途徑來完成的訓練量，在高地上卻變成無氧運動訓練。因此，在同量的運動下，運動員會較易疲勞，這樣，造成運動員在高地上的訓練量不能像在平地上的一樣。

當我們由平地移往高地，身體便開始適應新環境的需要。這個生理適應可分為四個階段：

1. 第一階段：當開始到達高地的三十分鐘，便會發覺最大用氧能力和需要心肺耐力支持的運動的成績下降。
2. 第二階段：第一階段所削弱的體能會持續下降。頭一至三日的下降幅度約為 20% 至 30%。
3. 第三階段：身體盡量去適應高地帶來的生理問題，而這個階段約需幾個星期。
4. 第四階段：這個適應期主要是關注血液中紅血球數量的增加情況。要紅血球數量到達最大界限，約需一年或以上的時間。

四·高原訓練對於平地運動表現的效果

高原訓練最重要的功效在於循環系統和肌肉系統兩方面。循環系統方面，在經過高原訓練後，血液的帶氧能力增加，這點主要是由於紅血球增加，令到紅血球內負責運送氧氣的血紅蛋白也增多，當血液攜帶更多氧氣時，亦增加了血紅蛋白擴散入肌肉的動力，讓肌肉得到更多的氧量供應。其中一項研究發現接受高原訓練的一群短跑運動員，其血液的血紅球量增加37%，而在平地訓練的對照組運動員，卻沒有這項改善。

高原訓練後增加了血液中的紅血球量雖然有好處，但卻同時減少血液量，增加血液黏性，減少血液流動率，這方面的改變可能抵消了紅血球增加所帶來的好處。但當重返平地後，血液量便會回復到正常水平，血液流動率也回升至正常比例。

一旦氧氣被帶進肌肉纖維後，便需要依賴肌紅蛋白來把氧氣運送到線粒體，以便投入有氧能量代謝的工作。多個研究發現高原訓練可以增加肌肉中肌紅蛋白的濃度。此外，還有其他研究分別指出高原訓練有助增加線粒體和肌纖維周圍的毛細管數量、增加有氧代謝和用酶的活躍性等。不過，上述這三方面的進步，在平地訓練上同樣可以做得到。

五·高原訓練要注意的事項：

要給運動員安排一次高原訓練的確不容易，尤其是香港的運動員，要他們請上兩三星期假返回內地作高原訓練，的確不容易。如果真的有機會這樣做，就必須先了解有關高原訓練的一些重要事項：

1. 那個海拔高度訓練最有效？
為了要促進運動員返回平地後的運動成績，專家們建議訓練高度為海拔 1500 至 2500 公尺。
2. 高原訓練應維持多久？
最佳的長度是二至三周。由於紅血球一般會在高原訓練

的第三周顯著地增加，大部份專家建議高原訓練最好維持三周。另一方法是分兩段訓練，前段是在高原訓練（7 至 14 天），然後再回到平地作第二階段訓練（5 至 11 天），此法主要目的是避免運動員因為太長時間在高原訓練而可能造成的過量訓練。

3. 每年可以進行幾次高原訓練？
大部份專家建議一年可以進行 2 至 4 次高原訓練。以游泳為例：短途泳手以一年進行兩次，每次為期 2-3 周的高原訓練為宜，而長途泳手則可增至一年四次的訓練。
4. 比賽前甚麼時候要回到平地？
最佳時間是大賽前的 16 至 21 日，5-15 日似乎太短，不能讓身體再適應平地上運動的要求。相反，太早返回平地，高原訓練產生的效果會漸漸消失。此外，當返回平地後，訓練量減少至每周 2-3 天，以便身體更容易適應。

六·給高原訓練者的建議

參加高原訓練的運動員，必須事前做好準備功夫，在平地上加強體能訓練，讓身體處於良好的身心狀態，否則，當上到高原地後，便要花上較長的適應時間。

在高原訓練的開始階段，運動員的身體會產生以下的變化：

- 1· 在平地同樣運動量下，心跳率較高。
- 2· 在耐力訓練中，心跳率恢復得較慢，晨早的心跳率也較平地時的高。
- 3· 運動時呼吸感到困難，這也是在高原訓練中所遇到的嚴重問題之一。這也可能影響運動員的心理狀態。所以，運動員應事先有心理準備。
- 4· 個人最大心跳率會在較低的運動量低下出現。
- 5· 血壓波動得較大
- 6· 運動後血中乳酸量也較高，需要恢復的時間也較長。

高原訓練計劃應分三個階段：

階段一：適應期：以游泳為例，這階段對有經驗的游泳老手來說，約維持 3 至 4 天，但對年青泳手則可能需要 7 至 10 天。工作量約相等於平地訓練的三分之一至二分之一。主要訓練項目包括輕鬆的游泳、踢水、和划手等練習。泳手的運動量最好以其血中乳酸含量來界定。否則，亦可用心跳反應作為指標。一般的耐力訓練，心率應為 130 至 150 次，運動量是輕至中量。

階段二：建立期：這階段約 2 至 4 天（老手）或 5-8 天（新手）。運動量會漸漸增加，到了最後的一天，運動量應提升至平地時的訓練量，訓練項目多以基本動作為主。而高強度及組數少的訓練往往被編排在最後一兩天的訓練上。

階段三：全力期：一般是在高原訓練開始後的一星期後開始。訓練強度比前兩階段都要強。訓練形式跟平地的訓練相似，除加強無氧閾值能力和超載式的耐力訓練外，亦加插爆發力的訓練。

沒有嘗試過高原訓練的運動員，不要以為一試即有滿意的效果。因為，個人可能需要嘗試過一兩次的高原訓練，才能掌握其身體反應和訓練量的調配。因此，初次參加高原訓練的運動員，切勿選擇重要賽事來作嘗試。否則，往往弄巧反拙，影響了賽事的表現。為了方便各運動員和教練進一步了解運動員在高原訓練的生理反應，作為釐定訓練計劃的參考準則，特別把重要的生理指標列於下表：

表二：高原訓練的一些重要生理反應（轉載自 Maglischo 著的 *Swimming even faster* 一書）

心跳率：

最大心跳率：在海拔 2,000 公尺或以上的高原，比平地的慢上 5 至 10 次。

次最大心跳率：在跟平地相同訓練量下高出 15 至 20 次。

血中乳酸量：

最大運動量：在海拔 4,000 公尺或以上的高原，最大血液乳酸量降低。

次最大運動量：在跟平地相同訓練量下，高出 1 至 2mmol/L。

運動能力（以游泳為例）：

在 2,000 至 4,000 公尺的高地，每 200 米的游泳約慢上 6 至 10 秒。

運動員在高原訓練，經常可能出現高山症，他們可能感到疲倦和頭暈。其他徵狀還有頭痛、作嘔、甚至嘔吐。胃口欠佳、難以入睡或情緒低落等。這些問題的出現，亦可能跟訓練量加得太快有關。

在高原訓練期間，運動員必須注意飲食。應多吃碳水化合物食物，少吃脂肪。對一些素食運動員來說，更應增加蛋白質的吸收。其次，亦不妨進食維他命 B 雜、維他命 C 和泛酸（Pantothenic acid）來加強抵抗壓力的能力。

七·結語

運動競技，不單止比試運動員先天的潛能，還較量了運動員在後天所接受的科學訓練，因此，在發掘了千里馬後，還需要伯樂來把千里馬加以發揮。要運動員成大器，教練當然會掘空心思，為他們編定最佳的訓練計劃和嘗試有效的訓練方法。

高原訓練雖然已有近三十多年的歷史，但由於到目前為止，專家們對這項訓練在平地上發揮的效果仍存在正反的意見，令到高原訓練仍然有著不肯定的一面。但對教練們來說，祇要高原訓練有些微成效，便得嘗試。因為運動員往往便靠這少許的進展而突破自己最佳的成績。鑑於高原訓練在操作上需要相當的經驗和學問，參加此項訓練必須充份作好準備，並且要考慮到運動員本身的體能質素和運動水平，是否適合接受高原訓練。在這方面，相信內地教練和專家們可以為本港運動員提供有價值的知識和實際經驗。

參考文獻

- Balke, B., Nagle, J., & Daniels, J. (1965). Altitude and maximum performance in work and sports activity. *Journal of American Medical Association*, 194(6), 646-649.
- Colwin, C.M. (1992). *Swimming into the 21st Century*. Champaign, IL: Leisure Press.
- Daniels, J., Troup, J., & Telander, T. (1989). The effects of altitude training on sea-level swimming performance. In J. P. Troup (Ed.), *Winning Spirit: Instructional Series* (P.92). Colorado: United States Swimming.
- deVries, H.A., & Housh, T. J. (1994). *Physiology of exercise for physical education, athletics and exercise science*. Dubque, IA: Brown & Benchmark.
- Dick, F. (1979). Relevance of altitude training. *Athletics Coach*, 13(4), 11-14.
- Dill, D. B., & Adams, W. C. (1971). Maximal oxygen uptake at sea level and at 3,090-m altitude in high school champion runners. *Journal of Applied Physiology*, 30, 854-859.
- Karikosk, O. (1983). Altitude problems. *Modern Athlete and Coach*. 21(2), 25-27.
- Maglischo, E. W. (1993). *Swimming even faster*. Mountain View, CA: Mayfield Publishing.
- Reeves, J. T., Wolfel, E.E., Green, H.J., Mazzeo, R.S., Young, A.J., Sutton, J.R., & Brooks, G.A. (1992). Oxygen transport during exercise at altitude and the lactate paradox: Lessons from Operation Everest II and pikes Peak. In J.O. Holloszy (Ed.), *Exercise and Sports Sciences Reviews* (pp.275-296). Baltimore: Williams and Wilkins.
- Salo, D.C. (1986). Sprint training can effect endurance performance. In J. Leonard (Ed.), *ASCA World Clinic Yearbook* (pp.73-76). Fort Lauderdale: American Swimming Coaches Association.
- Smith, M. H., & Sharkey, B.J. (1984). Altitude training: Who benefits? *The Physician and Sportsmedicine*, 12(4), 48-52.
- Squires, R.W., & Buskirk, E.R. (1982). Aerobic capacity during acute exposure to simulated altitude, 914 to 2286 meters. *Medicine and science in Sports and Exercise*, 14: 36-40.
- Sutton, J.R. (1990). Exercise and the environment. In C. Bouchard, R.J. Shepard, T. Stephens, J.R. Sutton, & B.D. McPherson (Ed.), *Exercise, Fitness, and Health* (pp. 165-183). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (1994). *Physiology of sport and exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.