

輔助性高壓氧治療應用於運動醫學(Sports Medicine)的應用
：由基本原理到實證醫學探討

詹益聖 醫師

林口長庚紀念醫院 骨科副教授

高壓氧治療中心 主任

高壓氧治療應用於運動醫學(Sports Medicine)的應用，早在 1980 年代晚期於蘇格蘭(Scotland)，已用於治療職業足球與高爾夫選手。James 醫師(附錄 1)等認為高壓氧治療可縮短 70%運動傷害復原時間；於日本，高壓氧治療更廣泛應用於選手的運動傷害的治療(附錄 2)。其治療的作用機轉與原理，詳述如下：

● **氧氣在運動傷害所扮演的積極角色**

常見的運動傷害包括骨折、韌帶斷裂與軟組織受損等，其正常的癒合過程可分為三期：發炎期(Inflammatory phase)、增生期(Proliferative phase)與修復期(Remodeling phase)。氧氣在此三期皆扮演重要的角色。

發炎期(Inflammatory phase)：此時組織因受傷發炎處於低氧環境，氧氣可促進新生血管增生(vascularization)。

增生期(Proliferative phase)：除了軟骨組織(cartilage)之外，提升氧氣濃度可促進受損組織細胞外母質(extracellular matrix)成份的增加，例如：fibronectin, proteoglycan 的增生，以利受損組織癒合。

修復期(Remodeling phase)：此時受損組織進入費時甚久的修復期，若無足夠的氧氣濃度，受損部份其結痂組織將會大量取代正常組織，妨礙其癒合與延緩癒合時間，更重要的是組織強度與功能恢復相對會減弱。但除了軟骨組織(cartilage)之外，因其需低氧環境以維持其低磨擦係數(low frictional coefficient)。

● **氧氣在運動疲倦復原所扮演的積極角色**

持續運動所導致的疲倦(fatigue)，其主要原因有三：

1. 能量來源不足(diminishment of an energy source)
2. 疲倦產物的累積(accumulation of a fatigue substance)
3. 運動代謝產物調節不良(malfunction of metabolism regulation)

而要有效復原運動疲倦，增加氧氣濃度供應，可活化細胞、加強 ATP (adenosine triphosphate)生成及加速疲倦產物的代謝。因此高壓氧治療被認為可效復原運動疲倦。然而適當氧氣濃度供應僅於身體處於運動疲倦狀態；正常生理狀態下，血液中過高的氧氣濃度會導致氧化作用(Oxidation)，引起組織受損。因此如何維持適當的氧氣濃度平衡，包括氧氣治療時間、氧氣濃度及壓力等，就須明瞭高壓氧治療的作用機轉。

● **高壓氧治療的基本原理**

正常一大氣壓下，血液中血紅素攜氧能力僅達到 100mmHg，然而在兩倍大氣壓下，

血液中氧氣分壓可提升至接近 1000mmHg，達到臨床治療的作用。

高壓氧治療於組織受損的治療作用包括

1. 減低軟組織水腫
2. 加速傳統治療於韌帶受損及骨折的療效
3. 減低組織受損導致循環缺血與疼痛的產生
4. 避免組織感染

● **高壓氧治療在促進組織受損恢復的功效**

Kivisaari and Niinikoski(附錄 3)以老鼠做實驗證實皮膚組織受損後，高壓氧治療每天兩次各兩小時，可有效促進受損後傷口癒合；但在正常血液循環組織則無明顯差異。Ishii Y et al(附錄 4)也提出相同的研究結果。Webster et al 報告以老鼠做實驗證實膝關節內側側韌帶組織受損後，以高壓氧治療(2.8ATA)每天一次各 1.5 小時，受損韌帶組織在治療後四週，其受損韌帶彈性(elasticity)與強度(fracture intensity)幾乎恢復到正常功能；Mashitori et al(附錄 5)報告受損韌帶組織細胞中 Type I procollagen gene 表現(expression)在高壓氧治療 7 或 14 天後，有明顯增加。

一旦人體組織受損，引起循環缺血、水腫導致組織缺氧。高壓氧治療的主要作用是避免組織缺氧情形的產生。Kivisaari and Niinikoski(附錄 3)以老鼠做實驗證實組織受損後，其氧氣分壓僅有 5~15 mmHg，而正常組織氧氣分壓是 40~45 mmHg。在組織受損後的發炎期，高壓氧治療可減低軟組織水腫及疼痛的產生，但目前在人體臨床研究報告顯示，高壓氧療效於運動醫學(Sports Medicine)的應用，似乎未有明顯的效果。Staple and Clement 使用高壓氧治療於 66 位大腿股四頭肌酸痛患者，接受高壓氧治療組患者，其酸痛恢復與疼痛改善度，並未較無高壓氧治療組(控制組)患者，有明顯的改善；Borromeo et al(附錄 6)使用高壓氧治療於 32 位急性踝關節韌帶扭傷(acute ankle joint sprain) 患者，其結果在消腫與疼痛改善度方面，並未較無高壓氧治療組(控制組)患者，有明顯的改善。然而以往的人體臨床研究報告，在實驗方法、評估係統、高壓氧治療次數、壓力、治療時間與病患選擇上，仍有值得探討的空間。

● **高壓氧治療在人體運動生理狀態的功效**

Fischer et al.提出高壓氧治療在網球選手比賽之後，可有效清除血液中堆積的 Ammonia，讓選手更快速恢復體能與消除疲勞，以利下一場賽事。其使用高壓氧治療壓力較臨床使用治療壓力為低(1.5ATA 及治療時間未超過 30 分鐘)。正常人體在 1ATA 環境下吸入一般空氣 45 分鐘，可代謝掉 61%乳酸(lactic acid)；在 1ATA 環境下吸入純氧 45 分鐘，可代謝掉 64.7%乳酸；在 1.3ATA 環境下吸入純氧 45 分鐘，可代謝掉 76%乳酸；在 2.0ATA 環境下吸入純氧 45 分鐘，可代謝掉 70%乳酸。高壓氧治療不僅可利於運動外傷，也利於增進運動選舉訓練與體能調整。然而我們需要更多客觀完善的研究，確認高壓氧治療準則，以治療各式各樣不同嚴重度的運動傷害與體能調整。

● **高壓氧治療的副作用**

高壓氧治療會有效提升體內氧氣濃度，相對容易導致氧化作用，引起 DNA 破壞。在細胞內因氧氣自由基(oxygen radicals)量增加，這些高壓氧治療會攻擊並破壞

DNA，嚴重者導致”氧氣中毒”(Oxygen poisoning)，好發於中樞神經系統與肺部。氧氣中毒在臨床常見的症狀包括前胸不適、嘔吐、暈眩、耳鳴。

● **高壓氧治療的安全管理**

在治療前，標準化的高壓氧艙與安全配備是絕對需要的。任何醫護人員皆需接受完整的高壓氧醫學訓練。

結論：

目前研究顯示高壓氧治療在治療組織受損後的復原(tissue remodeling)與運動後疲勞恢復(recovery of fatigue)，有著明顯的療效。然而在運動醫學應用方面，今後需要更多客觀完善的研究，著重於運動員個人量身訂做的高壓氧治療方法，以治療各式各樣不同嚴重度的運動傷害與體能調整。讓我們一起攜手努力吧！

索引 References

1. James PB, Scott B, Allen MW. Hyperbaric oxygen therapy in sports injuries. *Physiotherapy* 1983; 79:571-2.
2. Ishii Y, Deie M, Nobuo A, Yasunaga Y, Sharman P, Miyanaga Y, and Ochi M. Hyperbaric oxygen as an adjuvant for athletes. *Sports Medicine* 2005; 35(9): 739-746.
3. Kivisaari J, Niinikoski J. Effects of hyperbaric oxygenation and prolonged hypoxia on the healing of open wounds. *Acta Chir Scand.* 1975;141(1):14-9.
4. Ishii Y, Ushida T, Tateishi T, et al. Effects of different exposure of hyperbaric oxygen on ligament healing in rats. *J Orthop Res* 2002; 20:70-3.
5. Mashitori H, Sakai H, Koibuchi N, et al. Effect of hyperbaric oxygen on the ligament healing process in rats. *Clin Orthop* 2004; 423:268-74.
6. Borromeo CN, Ryan JL, Marchetto PA, Peterson R, Bove AA. Hyperbaric oxygen therapy for acute ankle sprains. *Am J Sports Med.* 1997 Sep-Oct;25(5):619-25.