

肺氣壓傷之預防與處置

康柏皇 副教授

國防醫學院 海底醫學研究所；三軍總醫院 高壓氧中心

前言

氣壓傷(barotrauma)是指因壓力變化導致腔室內氣體體積變化所造成之組織傷害。在恆溫時，一定質量的氣體，其壓力與其體積成反比關係，即壓力乘以體積等於常數 ($P_1V_1=P_2V_2$)，這就是所謂波義耳定律 (Boyle's Law)。潛水人員以中耳氣壓傷最常見，但肺部之氣壓傷較為急迫且致命性高。隨著臨床高壓氧之發展，治療艙內發生肺氣壓傷之案例亦時有報導，高壓氧治療人員必需熟悉如何預防肺氣壓傷之發生，並能在發生後進行適當處置以減少對患者之危害。

肺氣壓傷發生之時機與臨床表徵

肺部氣壓傷發生之時機可分為加壓期與減壓期。加壓期之氣壓傷較少見，可能發生之時機為閉氣潛水或水下作業時，水面供氣之壓力喪失或供氣不足所造成，其臨床症狀可能包括胸痛、咳血、出血性肺水腫與死亡。減壓期之氣壓傷為相對常見之潛水意外，是所有氣壓傷中最嚴重的，其發生時機是任何肺部疾患導致氣體無法順利排出，或肺的順應性(compliance)改變，導致肺組織受損、縱膈腔氣腫、心包膜氣腫、皮下氣腫、氣胸、動脈空氣栓塞及死亡等嚴重症狀。Tetzlaff 等人報告，在其所收集的連續 15 個肺氣壓傷中，13 例產生動脈空氣栓塞，1 例縱膈腔氣腫，1 例氣胸。

高壓氧艙內發生的肺氣壓傷案例較為少見。Plafki 等人所發表的文獻中指出，在 782 位患者共 11,370 次的高壓氧治療中，未發現有肺氣壓傷之情形。Toklu 等人在一份針對高壓氧治療機構的問卷中發現，在約兩百萬次的高壓氧治療中只有九例肺氣壓傷，其發生率為 0.00045%。相對於此低發生率，Murphy 等人之報告指出，其 10 年間共 297 例一氧化碳中毒進行緊急高壓氧治療的患者，其中三位產生肺氣壓傷，發生率約為 1%；患者中接受心肺復甦術及氣管插管且昏迷者共 23 位，在此一次群中，肺氣壓傷之發生率為 12%，顯示某些特定族群有較高之風險，在治療前需謹慎評估。

肺氣壓傷之危險因子

歐洲胸腔學會(European Thoracic Society)制定一套有關呼吸系統檢查的指引，以便作為評估人員是否適合從事水下工作之依據，此指引針對各種呼吸道疾病提出建議以預防及減少肺氣壓傷之發生。

Germonpré 根據此指引，將潛水活動時可能導致氣體滯留在肺內之相關肺疾病列表如下：

表一、潛水時可能導致氣體滯留肺內之疾病

Lung bullae or cysts
Previous spontaneous pneumothorax
Exercise, cold- or emotion-induced asthma
Abnormal spirometry (PEF < 80%, FEV1/FVC < 70%)
Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD)
Emphysema
Sarcoidosis
Cystic fibrosis
Tuberculosis
Pulmonary fibrosis
Acute respiratory disease (with secretions)

摘錄自參考資料2

Hamilton-Farrell 則根據上述指引將可能增加肺氣壓傷風險之情形整理如下：

- 肺氣泡(lung bullae)、肋膜下氣泡(subpleural blebs)、肺囊腫 (lung cysts)、自發性氣胸之病史、胸部鈍挫傷、及嚴重肺部感染
- 肺疤痕組織及間質性肺疾病(interstitial lung disease)
- 氣喘(asthma)或慢性阻塞性肺疾病(COPD)導致之氣流受阻

高壓氧治療與潛水活動一樣具有加壓與減壓之過程，其可能導致肺氣壓傷之情形應與潛水活動類似，上述可能增加肺氣壓傷之因素是潛水人員體檢中呼吸系統檢查的重點，具有這些不利因素將使得個體不適合擔任職業的水下工作人員(working divers)。惟高壓氧氣治療之加/減壓流程較穩定且是臨床上高度監控之醫療行為，其肺氣壓傷之發生率非常低。若臨床患者具有這些不利因素，並非完全不能接受高壓氧氣治療。事實上，目前只有”未經處理的氣胸”是高壓氧氣治療的絕對禁忌症，若有其它不利因素之存在，則有賴高壓氧醫師評估治療效益與風險，以判斷患者是否應接受高壓氧氣治療。

肺氣壓傷之預防

參考文獻資料，有關肺氣壓傷之預防，可分為下列幾點：

1. 病史詢問 (自發性氣胸、氣喘、肺感染) — 發現潛在危險因子
2. 胸部 X 光片評估、肺量計測量、必要時電腦斷層檢查 — 視個人情形作適當之理學與影像檢查
3. 仔細評估心肺復甦術後之插管患者氣胸之可能 — 急救過程可能造成肺組織之受傷與氣胸，若未察覺而進行高壓氧治療，可能在治療時氣體持續進入肋膜腔，而在減壓過程中因肋膜腔內氣體膨脹，造成張力性氣胸等危及性命之後遺症。
4. 較慢之加壓及減壓速率 — 以便讓氣體有充足之時間進出腔室。
5. 較低之治療壓力 — 可減少氣體過度受擠壓或膨脹，但需注意的是肺氣壓傷可以在低的壓力變化下即可產生。

6. 教育患者，避免減壓時之不當閉氣動作 — 以避免因錯誤的動作導致肺內壓力增高及肺氣壓傷之產生。
7. 審慎評估治療效益與風險 — 有賴醫師評估並與患者充分討論後決定是否進行高壓氧。
8. 減壓過程中使用 100% 氧氣 — 利用氧氣可被吸收利用之特性，減少氣體聚積在腔室內，並降低減壓時之體積膨脹效應。
9. 以多人艙治療高風險者，並由合格之人員陪艙，以便在氣壓傷發生時可以及時發現並給與適當處置
10. 準備胸腔引流所需物品器械 — 所謂「勿恃敵之不來，恃吾有以待之」，即使採取了各項預防措施，高壓艙內肺氣壓傷仍偶有發生。高壓艙內必須有必要之設備以進行緊急胸腔引流及急救，減少肺氣壓傷之後續嚴重傷害。

肺氣壓傷之處置

一般而言，如果只有組織受損(無氣胸或動脈空氣栓塞)，可以採取保守治療；若有動脈空氣栓塞，需以再加壓治療或高壓氧治療將動脈內氣體體積減小並加速氣體排出；若患者有氣胸之情形則應先處理氣胸，再進行再加壓/高壓氧治療。

在懷疑高壓艙內的患者產生氣胸時，不應嘗試以提高艙內壓力來縮小肋膜腔內的氣體體積，因為未經處理的氣胸是高壓氧治療的絕對禁忌症。建議可以依下列原則處理：

1. 若患者在多人艙內，必須
 - 暫停減壓
 - 醫護人員檢查後無氣胸，則繼續緩慢減壓。
 - 醫護人員確定有氣胸，則進行胸管引流後再減壓。
2. 在單人艙內懷疑有氣胸之可能時，可以
 - 緩慢減壓。
 - 快速減壓後立即做胸管引流：因單人艙內無法確認是否確實有氣胸，除非情況危及，否則不應作快速減壓，以避免不必要之傷害。

結語

高壓氧氣治療產生肺氣壓傷之機率極低，但特定族群有較高之發生率，高風險群之患者應於多人艙內進行治療，並由合格人員陪同，以便在萬一肺氣壓傷發生時可以於艙內適時處置。肺氣壓傷之預防勝於治療，建議各高壓氧治療單位應訂定高壓艙肺氣壓傷預防與處置之標準作業流程，以避免肺氣壓傷之產生，並能在發生後迅速察覺及施予快速正確的處置，確保患者安全。

主要參考資料

1. Edmonds C, Lowry C, Pennefather J. Diving and subaquatic medicine, 3rd ed. Butterworth-Heinemann, Linacre House, Jordan Hill, Oxford. 1992.

2. Germonpre P. The medical risks of underwater diving and their control. *Internat SportMed J* 7: 1-15, 2006.
3. Hamilton-Farrell M, Bhattacharyya A. Barotrauma. *Injury, Int J Care Injured.* 35:359-370, 2004.
4. Tetzlaff K, Reuter M, Leplow B, Heller M, Berringhausen E. Risk factors for pulmonary barotrauma in divers. *Chest* 112:654-659, 1997.
5. Plafki C, Peters P, Almeling M, Welslau W, Busch R. Complication and side effects of hyperbaric oxygen therapy. *Aviat Space & Environ Med.* 71(2):119-124, 2000.
6. British Thoracic Society Fitness to Dive Group. British Thoracic Society guidelines on respiratory aspects of fitness for diving. *Thorax* 58: 3-13, 2003.