

高壓氧治療於腔室症候群的應用

陳金恩 醫師

屏東國仁醫院 骨科、高壓氧中心

何謂腔室症候群

腔室症候群(Compartment syndrome)通常是一種急性的臨床症狀，導因於嚴重的傷害、手術或反覆和廣泛的肌肉使用，造成在局限的空間(腔室)壓力增加而影響到血液供應所造成。如果沒有及時治療，可能導致神經損傷和肌肉死亡。這個情況最常發生在小腿的前部腔室和後部腔室。

腔室症候群的原因

由於局限在腔室的結締組織無法伸展，少量出血進入腔室內或腔室內的肌肉水腫可能導致腔室內壓力很快的上升。腔室症候群常見的原因包括脛骨或前臂骨折、組織傷害局部缺血後再灌注、出血、血管穿刺傷、靜脈內藥物注射、石膏固定、長時期的肢體壓迫、壓挫傷(crush injury)和燒傷^{1,2}。另一個可能的原因是使用肌酸一水化物(creatine monohydrate)，過去對肌酸的使用已經知道可能導致這個情況發生^{3,4}。

當肌肉重覆大量使用也可造成腔室症候群，例如自行車選手的過度使用，這是已知的慢性腔室症候群(Chronic Compartment Syndrome)^{5,6}。這通常不是緊急狀態，但是循環損傷可能造成附近的神經和肌肉的臨時或永久損傷。

腔室症候群的病理生理學 (Pathophysiology)

任何原因造成腔室內容物的增加或減少腔室的容積均可能導致急性腔室症候群的發生。當壓力過高時，將造成微血管血流減弱，腔室內軟組織的水腫進一步造成腔室內的壓力增加，進而影響到已傷害區域的靜脈和淋巴引流。壓力的持續增加，造成惡性循環，可能減弱小動脈灌注，導致更嚴重的組織缺血。

正常間質壓力在沒有收縮的肌肉是在 0 mmHg 附近。如果壓力高到 30 mmHg 或更多，在組織的小血管就受到壓迫，導致供應營養的血流減少，造成局部缺血和疼痛。特別重要的是在腔室壓力和舒張壓之間的壓力差；如果舒張壓和腔室壓力之間的壓力差小於 30mmHg 就被認為緊急狀態。

未經治療的腔室症候群導致了肌肉和神經的缺血，最後造成不可逆的損傷和腔室內組織的死亡。

腔室症候群的症狀和徵候

6 「Ps」-(pain) 疼痛程度超出正常範圍、(paresthesia)皮膚感覺異常、(passive stretch pain)被動延展疼痛、(paralysis)患肢無力、(pallor)患肢嚴重蒼白、(pulselessness)無脈搏跳動---是辨識腔室症候群的依據。而前兩個徵候是早期診斷腔室症候群的最重要指標。

- (pain)疼痛通常是最早被報告而且幾乎一定會發生。疼痛描述通常是深層的、持續性的、界限不清楚、而且有時候疼痛描述和傷害是不成比例的厲害。疼痛會因為延展腔室內的肌肉群而加重症狀，此種疼痛無法以鎮痛藥甚至嗎啡而得到緩解。
- (paresthesia)皮膚感覺異常(例如針刺或針扎的感覺)在受影響的腔室的表皮神經是另一個典型的徵候。
- (paralysis)患肢無力通常是晚期的發現。腔室可能感到非常緊繃和僵硬。有時候，病患會發現他們的腳甚至腿好像睡着一樣。這是因為腿部沒有充分血流所造成。
- (pulselessness)無脈搏跳動在患者很少發生，導致腔室症候群的壓力經常低於動脈壓，而且只有在受影響的腔室內相關的動脈脈搏才會受到影響。

懷疑腔室症候群時必須採取的行動

- 立刻去除肢體上的石膏或繃帶直到可以清楚的看到皮膚。
- 聯絡一位資深的骨科或血管外科醫師

腔室症候群的診斷

可以測量腔室內的壓力。如果壓力十分的高，就可能需要行筋膜切開術(fasciotomy)。有人認為腔室內壓力如果大於 30mmHg 就應行筋膜切開術；但是有人建議腔室內壓力和舒張壓的壓力差小於 30mmHg 才是筋膜切開術的適應症。後者是較為敏感的測量，尤其是使用在低血壓的病人時。

腔室症候群的治療

急性腔室症候群是醫療急症，需要立刻手術治療，也就是行筋膜切開術(fasciotomy)使腔室內壓力可以恢復正常⁷。

亞急性腔室症候群(subacute compartment syndrome)，雖然沒有那麼緊急，通常仍要求和急性腔室症候群一樣需要緊急手術治療。

在小腿的慢性腔室症候群(CCS)可以接受保守性的治療或外科治療。保守的治療包括休息、消炎藥、肢體的抬高、手工減壓、有人甚而報告以針灸來緩解症狀。如果症狀無法以保守治療得到緩解，就應該接受手術—皮下 fasciotomy 或開放 fasciotomy。沒有治療的慢性腔室症候群可能發展成急性腔室症候群。外科手術治療慢性腔室症候群可能造成慢性靜脈回流不足的合併症。

腔室症候群的合併症

因為微血管灌流不足造成組織缺氧，如果腔室內壓力沒有解除可能導致腔室內組織壞死。如果未經治療，急性腔室症候群可能導致更加嚴重的情況，包括橫紋肌溶解症(rhabdomyolysis)和腎衰竭(renal failure)。

高壓氧治療在腔室症候群的角色

Strauss et al⁸ 在動物實驗中發現，高壓氧治療腔室症候群可以明顯的減少肌肉的傷害。他們建議在下列情況下應使用高壓氧治療

- 假如腔室內壓力上升未達到可能需要手術的標準，與其只是觀察病人症狀的進展，可以考慮使用高壓氧治療預防症狀的進展。但是高壓氧治療無法取代手術減壓。
- 假如腔室內壓力已達到需要手術的適應症，但是因為某種原因而延誤，使用高壓氧治療或許可以預防進一步的傷害，直到手術能夠進行。
- 假如手術後病患仍有殘存的神經缺損或肌肉壞死，高壓氧治療可以提供瀕臨壞死的組織可能恢復的機會。

高壓氧治療腔室症候群的學理基礎

在 2ATA 高壓氧治療下可以提供血液中約 10 倍的氧氣濃度⁹。Bouachour et al 在一個隨機雙盲的臨床研究中用 2.5ATA 高壓氧每天兩次、每次 90 分鐘、連續 6 天發現，高壓氧治療可改進傷口癒合和減少反覆手術¹⁰。因為每次的高壓氧治療只可以在肌肉維持 1 小時而在皮下組織維持 3 小時的氧氣濃度，通常剛開始時

較密集的治疗是需要的，直到情況穩定後再減少使用次數直到病患恢復。

高壓氧治療可以得到以下的效果

- 高濃度氧氣可以使更多的氧氣運送到缺血組織。組織能否存活和氧氣有直接關係，高壓氧可使通過組織液的氧氣擴散距離增加 3 倍¹¹，因此在微循環受傷的區域可得到足夠的氧氣，得以避免缺氧。因為組織氧氣運送需要血流，只有在大血管沒有阻塞時，高壓氧治療才能使受損的組織存活。唯有有效的氧氣灌流持續，才能增加氧氣運送。這可解釋高壓氧治療在肢體急性缺血的保護效用。
- 高濃度氧氣有直接的血管收縮作用¹²。血管收縮會使得微血管滲透率減少，使得缺血組織水腫減少。當間質壓力減少時，會使微循環得到改善。在以狗的動物實驗中，以

technetium-99m pyrophosphate 來估計，發現高壓氧治療可以降低受傷肌肉 20%的水腫和肌肉的壞死¹³。

- 高濃度氧氣可以經由不同的方法對抗感染。氧氣會誘發有毒的氧自由基，對絕對厭氧菌如 Clostridia species 有直接致死的效果；對需氧菌並不是依賴直接的殺菌效果，而是氧氣的主要作用是增加宿主對感染的抵抗力。高濃度氧氣可加強依賴氧氣的多型性白血球細胞的殺菌機轉和影響細菌的清除¹⁴。氧氣濃度高於 45mmHg 可使位於感染缺血組織內受抑制的白血球再活化¹⁵。
- 氧氣對傷口癒合是一個重要因素。在促進纖維母細胞(fibroblast)分化為膠原(collagen)產生時，高濃度氧氣是必須的。當缺血地區氧氣濃度少於 10mmHg 時，纖維母細胞(fibroblast)的功能就會改變¹⁶。高壓氧可加強纖維母細胞(fibroblast)分化、膠原(collagen)的合成、和血管的新生¹⁷，因而加速傷口癒合。

結語

雖然使用高壓氧治療腔室症候群的研究仍是非常有限，但依據動物實驗及臨床上的研究顯示，高壓氧治療可改進傷口癒合和減少反覆手術，為治療腔室症候群的一種有用的輔助性療法。

References

1. Konstantakos EK, Dalstrom DJ, Nelles ME, Laughlin RT, Prayson MJ (2007) Diagnosis and management of extremity compartment syndromes: an orthopaedic perspective. *Am Surg* 73 (12): 1199 - 209
2. Maerz L, Kaplan LJ (2008) Abdominal compartment syndrome. *Crit. Care Med.* 36 (4 Suppl): S212 - 5
3. Potteiger JA, Carper MJ, Randall JC, Magee LJ, Jacobsen DJ, Hulver MW (2002) Changes in lower leg anterior compartment pressure before, during, and after creatine supplementation. *J Athl Train* 37 (2): 157 - 63
4. Hile AM, Anderson JM, Fiala KA, Stevenson JH, Casa DJ, Maresh CM (2006) Creatine supplementation and anterior compartment pressure during exercise in the heat in dehydrated men. *J Athl Train* 41 (1): 30 - 5
5. Wanich T, Hodgkins C, Columbier JA, Muraski E, Kennedy JG (2007) Cycling injuries of the lower extremity. *J Am Acad Orthop Surg* 15 (12): 748 - 56
6. Verleisdonk EJ (2002) The exertional compartment syndrome: A review of the literature. *Ortop Traumatol Rehabil* 4 (5): 626 - 31

7. Salcido R, Lepre SJ (2007) Compartment syndrome: wound care considerations. *Adv Skin Wound Care* 20 (10): 559 – 65
8. Strauss MB, Hargens AR, Gershuni DH, et al (1983) Reduction of skeletal muscle necrosis using intermittent hyperbaric oxygen in a model compartment syndrome. *J Bone Joint Surg Am* 65: 656-62
9. Basset BE, Bennett PB (1977) Introduction to the physical and physiological bases of hyperbaric therapy. In Davis JC, Hunt TK eds: *hyperbaric Oxygen Therapy*. Bethesda, Md, Undersea Medical Society 11-24
10. Bouachour G, Cronier P, Gouello JP, et al (1996) Hyperbaric oxygen therapy in the management of crush injuries: A randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. *J Trauma* 41:333-9
11. Bowersox JC, Strauss MB, Hart GB (1986) Clinical experience with hyperbaric oxygen therapy in the salvage of ischemic skin flaps and grafts. *J Hyperb Med* 1:141
12. Sullivan SM, Johnson PC (1981) Effect of oxygen on blood flow autoregulation in cat sartorius muscle. *Am J Physiol* 241:H807-15
13. Skyhar MJ, Hargens AR, Strauss MB, et al (1986) Hyperbaric oxygen reduces edema and necrosis of skeletal muscle in compartment syndromes associated with hemorrhagic hypotension. *J Bone Joint Surg* 68:1218-24
14. Knighton DR, Halliday B, Hunt TK (1986) Oxygen as an antibiotic. A comparison of the effects of inspired oxygen concentration and antibiotic administration on in vivo bacterial clearance. *Arch Surg* 121:191-5
15. Mader JT, Brown GL, Guckian JC, et al (1980) A mechanism for the amelioration by hyperbaric oxygen of experimental staphylococcal osteomyelitis in rabbit. *J Infect Dis* 142:915-22
16. Hunt TK, Pai MP (1972) The effect of varying ambient oxygen tensions on wound metabolism and collagen synthesis. *Surg Gynecol Obstet* 135:561-7
17. Manson PN, Im MJ, Myers RAM (1980) Improved capillaries by hyperbaric oxygen in skin flaps. *Surg Forum* 31:564