

5 高壓氧治療的基本原理

肖平田 教授



一、高壓氧對生理機能的影響

一. 對血液系統的影響

1. 白血球計數增高，淋巴細胞減少。
2. 血漿總蛋白降低。
3. 紅血球計數減少。
4. 血液黏度降低。
5. 出、凝血時間延長

二. 對循環系統影響

1. 心率減慢（10%~30%）。
2. 心肌收縮力減弱，心輸出量降低。
3. 心肌耗氧量下降（20%）。
4. 血壓升高（舒張壓升高明顯），脈壓差變小。
5. 對血液動力學影響：腦血流量減少，冠脈血液量減少，肝血流量增加，腎流量減少，視網膜血管收縮。

三. 對呼吸系統影響

1. 呼吸變慢。
2. 肺活量增加（7%）。

四. 對消化系統影響

1. 消化液分泌減少。
2. 腸蠕動增強。
3. 促進腸內氣體吸收。
4. 改善肝細胞功能。

五. 對神經系統的影響

1. 時相變化：增強相→抑制相。
2. 增加血腦屏障通透性。
3. 腦血管收縮（治療腦水腫）。
4. 提升腦組織及腦脊液氧分壓，改善腦缺氧。

六. 對免疫及內分泌影響

1. 抑制體液和細胞免疫：應用於器官移植的排斥回應和治療與免疫有關疾病，如哮喘、多發性硬化症、重症肌無力等。
2. 興奮垂體-腎上腺皮質軸：腎上腺皮質激素增加，應用於治療炎症、休克等。
3. 增加腎上腺素和去甲腎上腺素分泌：用於治療休克等。

七. 對其他生理功能的影響

1. 身體氧自由基產生增加：對細胞有損傷作用。
2. 可增強白血球殺菌能力。
3. 增強肝臟解毒作用。

二、高壓氧對生化功能的影響

一. 高壓氧下身體氧耗變化

1. 在0.2~0.3MPa氧壓下，氧耗量初升高，然後逐漸降低。
2. 無氧代謝率下降20.1%。
3. 有氧代謝增強，有利於組織的新陳代謝。

二. 高壓氧對新陳代謝的影響

1. 腦組織：局部腦組織葡萄糖代謝率明顯增高，對於腦損傷，0.15MPa氧壓有良好的作用，高壓氧下耗能多，代謝旺盛，有利於受損組織修復。

在急性腦出血情況下，初期腦組織中氨濃度升高，這是因為血氨透過血-腦屏障擴散入腦組織。給予0.3MPa氧60分後，腦組織中的氨濃度下降。

2. 心肌：高壓氧下心肌的新陳代謝降低，心肌氧耗減少。心肌新陳代謝的降低與冠狀動脈血流量減少有關。
3. 酸鹼平衡：高壓氧有利於血液和組織中的酸鹼平衡的維持，因此在高壓氧治療期間，一般不會發生酸鹼平衡紊亂。

三. 高壓氧對酶活性的影響

1. 適宜的氧分壓：可使身體某些酶類活性升高，如琥珀酸脫氫酶、細胞色素氧化酶、卵磷脂膽固醇轉移酶、過氧化氫酶以及谷胱甘肽過氧化物酶等。
2. 氧分壓過高：則大多數酶類的活性受到抑制，甚至造成酶類失活。一般來說，與生物有氧代謝有關的酶如ATPase、琥珀酸脫氫酶和細胞色素氧化酶等被激活；而與無氧代謝有關的酶則被抑制，如環氧代酶活性可降低。值得指出的是，當壓力超過0.5MPa時會對酶系統造成破壞性影響。

三、高壓氧治療主要機序

一. 增加血氧含量，提升血氧分壓

1. 血氧存在形式、高氣壓與血氧。

1) 血氧存在形式：有兩種，即『**血漿溶解氧**』和『**血紅素（Hb）結合氧**』。

2) 血紅素結合氧（ HbO_2 ）：每公克Hb能結合1.36ml氧。常壓空氣下，Hb的氧飽和度為97%。正常情況下Hb是身體主要供氧來源。高氣壓下 HbO_2 不可能大量增加。

3) 血漿物理溶解氧：常壓空氣下，每100ml下血液溶解氧量僅0.3ml，不構成機體主要供氧來源。高氣壓下溶解氧可無限制增加，溶解量與氣體分壓成正比（Henry定律）。
0.2MPa氧下每100ml血漿溶解氧
4.2ml, 0.3MPa氧下為6.4ml。

2. 無血生存實驗。

3. 高壓氧下血氧含量增加情況見下表。

不同氧分壓下血氧張力和血氧含量的變化

壓力 (Mpa)	呼吸 氣體	動脈血			
		PO ₂ (mmHg)	HbO ₂ 飽和度%	結合O ₂ (mL %)	溶解氧 (mL %)
0.1	空氣	100	97	19.5	0.3(0)
0.1	O ₂	650	100	20.1	2.0(6)
0.2	O ₂	1400	100	20.1	4.2(13)
0.25	O ₂	1770	100	20.1	5.3 (17)
0.3	O ₂	2160	100	20.1	6.5(20)

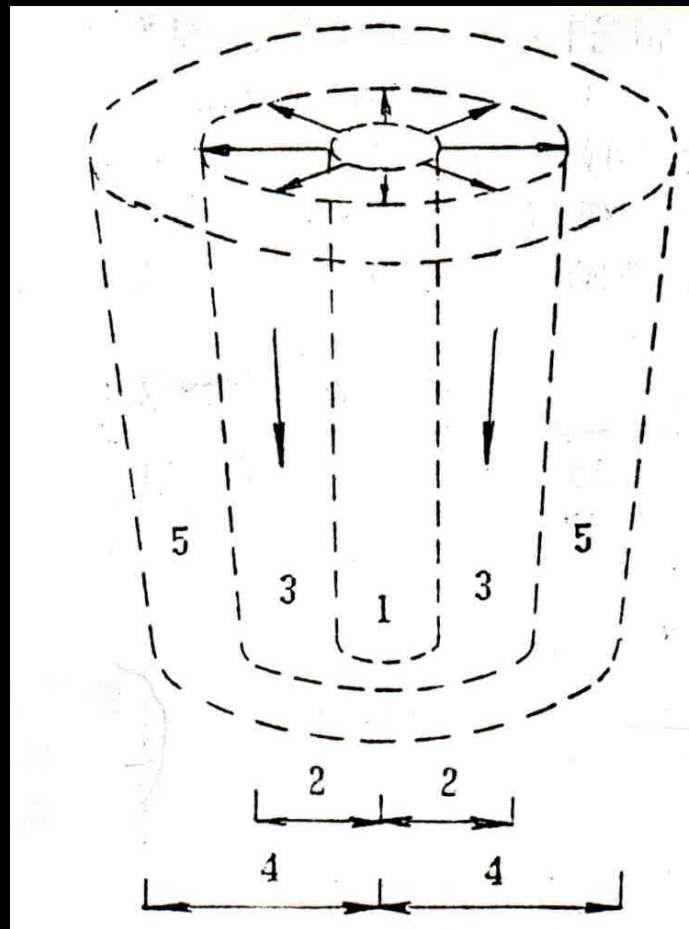
- 說明：1. 溶解於液體中的氣體分壓稱為張力，如血氧張力等。
2. 括號內為溶解氧增加倍數。

二. 提升血氧擴散能力

1. 氣體擴散規律

- (1) 高分壓向低分壓擴散。
- (2) 壓差越大，擴散越快，越遠。
- (3) 擴散輪概念：見下圖。

圖中實線為毛細管圓心的『擴散輪』中的『擴散半徑』，在HBO下，均相應增大。



氧在組織中的擴散

2. 高壓氧下，氧的“有效擴散距離”增加，改善缺氧區供氧，有利於血管阻塞性病、腦梗塞、心肌梗死、植皮、斷肢再植等的治療。

三. 增加身體儲氧量

1. 常溫常壓下，每1,000克組織儲氧量為13ml，耗氧量為3~4ml/Kg.min，循環阻斷安全時間3~4分鐘。
2. 0.3MPa下，儲氧量53ml/Kg，安全阻斷時間8~12分鐘。
3. HBO下為心、腦手術、器官移植等創造條件。結合低溫效果更佳。

4. 附表：不同條件下阻斷循環安全時限

吸入氣體	壓力(MPa)	溫度	循環阻斷安全時限(分鐘)
空氣	0.1	常溫	3~3.5
氧氣	0.1	常溫	4
氧氣	0.3	常溫	8~12
氧氣	0.3	低溫	27~30

四. 高壓氧的抗微生物作用

1. 0.3MPa氧壓下，組織內氧分壓可使所有厭氧菌停止生長、繁殖,並抑制某些毒素的產生。

$PO_2 < 30\text{mmHg}$, 厭氧菌才能生長

$PO_2 \ 30 \sim 80\text{mmHg}$, 厭氧菌生長不良

$PO_2 > 90\text{mmHg}$, 厭氧菌不能生長

$PO_2 > 240\text{mmHg}$, 抑制厭氧菌產生 α -外毒素產生

$PO_2 > 1,520\text{mmHg}$, 厭氧菌體被殺滅。

2. 非厭氧菌對HBO呈雙向回應：0.06~0.13MPa氧壓下，白喉桿菌、大腸桿菌、綠膿桿菌、金葡菌生長加快；> 0.13MPa氧壓下生長抑制。
3. HBO提升白血球殺菌能力：因為白血球吞噬細菌時耗氧量增加。

4. HBO增強某些抗菌藥的藥效

1) 0.2~0.3MPa氧壓下，磺胺藥(TMP、SIZ)最低抑菌濃度均降低。

2) HBO與鏈黴素、異煙、對氨基水楊酸合用，增加抗結核效果。

五. 高壓氧對氣泡的作用

1. 體內氣泡的來源：靜脈注射；婦科手術，胸腔、縱膈手術；高壓氧艙內人員減壓不當。高壓作業人員(潛水員、隧道工等)減壓不當；高壓氧艙內人員減壓不當。
2. 體內氣泡所致疾病：減壓病、氣栓症。
3. 高氣壓下氣泡壓縮和溶解入體液，然後從容減壓，即達治療目的。

六. 促進新生血管形成，加速建立側枝循環

HBO → 組織 PO_2 ↑ → 肉芽組織耗 O_2 產能、纖維母細胞分裂增生、血管生成纖維細胞分裂、膠原纖維組成 → 加速新生血管形成 → 側枝循環建立。

七. HBO增強腫瘤細胞對化療、放療治療的敏感性。

八. 其它作用：HBO可影響身體免疫機能，改變血液流變狀態等，可對治療造成影響，對損傷、腦水腫、循環障礙等均有治療的作用。