

# 氧合功能之評估



臨床數據判讀與護理意涵課程

邱艷芬教授

# 呼吸系統的構造

---

- 鼻、咽、喉、氣管、支氣管、.....、肺泡
  - 肺泡: 含二層上皮細胞:
    - Type I: 多、平薄鱗狀，進行換氣之部位
    - Type II: 分泌surfactant
- 肺的周部為肋骨架，以肋膜與胸壁相鄰
- 肋膜雙層，呈密閉，中間充滿肋膜液，具黏性，在肋骨架擴張時拉肺臟擴張。
- 肺的底部為橫膈，呈鐘罩狀，隔開胸腔與腹腔，橫膈收縮為呼吸量主力

# Morphologic diagnostic procedure

---

- Radiologic techniques
  - Routine chest radiology, Computed Tomography, MRI, Ultrasound, Angiography Lung scan
- Bronchoscopy
  - Fibroptic tube pass into tracheobronchial tree after local anesthesia
  - Resume oral intake after gag reflex is recovered (2~3 hours)
  - May develop bleeding and pneumothorax
  - Needs to monitor VSS for several hours, f/p chest X ray, and collect sputum for 24 hours
- Biopsy studies
  - Visual assisted thoracic surgery: diagnose and manage pleural and paranchymal disease
  - Approach from chest wall by trocar or needle
- Sputum studies
  - Best time for collecting sputum is shortly after awakening
- Bronchoalveolar lavage (BAL)

# 靜態肺量計

---

- 潮氣量Tidal volume (VT)
  - 休息時一次呼吸吸氣或吐氣的氣體量。
  - 休息時約500ml，運動時可增加到3000ml
- 吸氣儲備量Inspiratory reserve volume(IRV)
  - 正常吸氣後再用力吸飽氣可增加的氣體量。
- 呼氣儲備量Expiratory reserve volume(ERV)
  - 正常吐氣後再用力吐光氣可增加的氣體量。
- 肺殘餘量Residual volume(RV)
  - 用力吐光氣後仍留在肺中的氣體量。

# 靜態肺量計(續)

---

- 肺總容積 Total lung capacity (TLC)
  - 深吸氣後肺部可容納的最大氣體量。
- 肺活量 Vital capacity (VC)
  - 深吸氣後所能吐出的最大氣體量。約80% TLC
- 吸氣容積 Instiratory capacity (IC)
  - 正常吐氣後所能吸入的最大量氣體。
- 肺功能餘積 Functional residual capacity (FRC)
  - 正常吐氣後仍留在肺中的氣體量。



# 年輕男性肺功能之正常值

---

## 測量值 (ml)

TV 500

IRV 2800~3300

ERV 800~1200

RV 800~1500

## 計算值 (ml)

IC 3300~3800

FRC 1500~2700

VC 3800~5000

TLC 4900~6500

# 用力吐氣肺功能評估

---

- 為動態的肺功能測驗
- 用力呼氣量(forced expiratory volume, FVC)
  - 測量與VC相似，但要快且用力吐氣，一般值與VC相當，阻塞性疾病時會減少。
- 第1秒用力呼氣量(FEV1)
  - 為通氣量減少有效的指標，若小於1L顯示嚴重換氣功能不足。
  - 健康人大約在第一秒內吐出80% VC的，以FEV1/FVC比表示。
  - 在阻塞型疾病如慢性支氣管炎或肺氣腫，FEV1將比VC減少許多，FEV1/FVC則小於80% ，
  - 在肺實質的限制型疾病，如肉瘤病（sarcoidosis），FEV1與FRC都減少相當比例，其比值可能仍維持80% 或更多。



# 用力吐氣肺功能評估(續)

- 用力呼氣流速(forced expiratory flow rate, FEF)
- 最大呼氣中期流速(maximal mid-expiratory flow rate, MMFR, 或稱 $FEF_{25\%-75\%}$ )
  - 是只將FRC分為四等分時，中間2等分的流速，為呼吸道阻塞的重要指標，對於早期的慢性阻塞性肺病較敏感。
- 最大呼氣流速(peak expiratory flow rate, PEF, 或稱FEFmax)
- 最大吸氣流速(peak inspiratory flow rate, PIF, 或稱FIFmax)
- *maximum voluntary ventilation (MVV)*
  - 用Douglas bag收集病人15秒內以最深、快的呼吸吐出的氣體量；
  - 這個量乘以4倍即VE，它也相當於FEV1乘30倍；受到順應性或呼吸道阻力的影響。
  - 健康成人可達170L air/min，與VE (6L/min) 有差距，這表現出pulmonary reserve，它在健康人它可能很大，但有阻塞或限制行疾病時會減少。

# 年輕男性用力吐氣肺功能之正常值

---

## 測量值

FVC	5.0 L( $\geq 80\%$ 預測值)
FEV1	4.2 L( $\geq 80\%$ 預測值)
FEV1/FVC	正常 $\geq 75\%$
MMF	5.2 L/sec
PEF	9.1 L/sec
FIF <sub>25-75%</sub>	7.7 L/sec

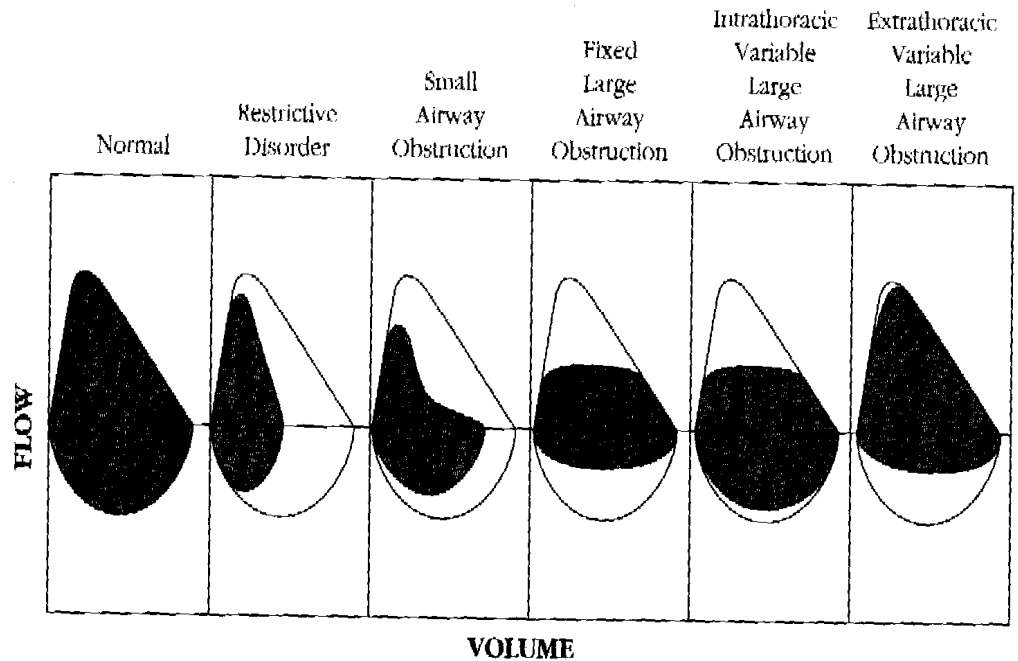
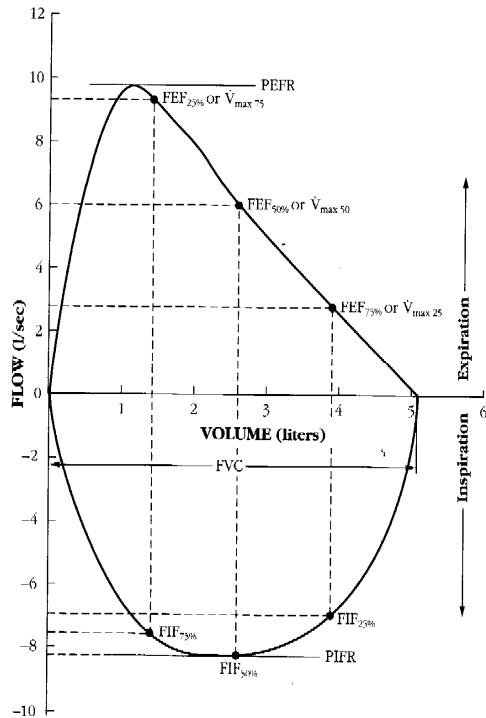
# Other tests

---

- 肺功能測試只能偵測中度到重度的阻塞性肺病，有些新技術可以偵測早期的肺功能異常。如Single-breath nitrogen test。
- *Physiologic dead space (VD)*
  - 吸入的氣體中無法與肺血流氧氣交換的量，由anatomic dead space、alveolar dead space 及ventilation in excess of perfusion組成。
  - VD/VT的比值反應出VT中未與肺部血液行氧氣交換的比率；健康人不超過30% -40%。
- *Alveolar ventilation (VA)*
  - 每分鐘進入肺泡中行氧氣交換的新鮮氣體量，指「有效的」通氣；休息時大約4.2L/min，計算公式為 $VA = (VT - VD) \times f$ 、

# Forced Ventilation Spirometry

- Flow-volume loop來呈現呼吸道阻塞(obstructive)或受限(restrictive)之狀況。



# Lung compliance

---

- *Compliance (C)* 順應性：
  - 體積的變化量/壓力變化量
  - 測量肺在不同充氣程度時氣體量的變化，同時以食道球測量肺泡或肋膜腔壓力的變化，
- 肺順應性減少的原因：
  - 肺纖維化、肺水腫、肺炎、表面張力素不足。
- 胸廓順應性減少的原因：
  - 肥胖、腹脹、胸腔骨骼畸形。

# GINA之氣喘嚴重度分類

	氣喘症狀	肺功能
間歇型氣喘	白天症狀 < 每週一次 發作時間短(幾小時至幾天) 夜晚氣喘症狀 ≤ 每月兩次	%FEV <sub>1</sub> pred. >80% %PEFR pred. > 80% 變異度 <20%
輕度持續性氣喘	白天症狀 ≥ 每週一次， < 每日一次 活動與睡眠時會發作 夜晚氣喘症狀 > 每月二次	%FEV <sub>1</sub> pred. >80% %PEFR pred. > 80% 變異度 20~30%
中度持續性氣喘	每日活動或睡眠時會發作 夜晚氣喘症狀 > 每週 1 次 每天皆需使用氣管擴張劑	%FEV <sub>1</sub> pred. 60%~80% %PEFR pred. 60%~ 80% 變異度 >30%
重度持續性氣喘	持續性經常發作 經常有夜晚的氣喘症狀 日常活動因氣喘而受限	%FEV <sub>1</sub> pred. < 60% %PEFR pred. < 60% 變異度 >30%

# GOLD之COPD嚴重度分類

嚴重度之分類	建議處置
Stage 0: 有罹患危險 長期有痰性咳嗽 暴露於危險因子 肺功能正常	避開危險因子 接受感冒疫苗
Stage I: 輕度 COPD $FEV_1/FEV < 70\%$ $FEV_1 \geq 80\%$ 預測值 可能有痰或咳嗽	需要時施予短效型支氣管擴張劑
Stage II: 中度 COPD IIA $FEV_1/FEV < 70\%$ $50\% \leq FEV_1 < 80\%$ 預測值 可能有痰或咳嗽 IIB $FEV_1/FEV < 70\%$ $30\% \leq FEV_1 < 50\%$ 預測值 可能有痰或咳嗽	以支氣管擴張劑規則性治療 進行復健 症狀嚴重時併用吸入性類固醇
Stage III: 重度 COPD $FEV_1/FEV < 70\%$ $FEV_1 < 30\%$ 預測值或有呼吸衰竭、右心衰竭	以支氣管擴張劑規則性治療 症狀嚴重時併用吸入性類固醇 治療合併症 進行復健 呼吸衰竭時須長期使用氧氣治療 考慮外科治療

# 呼吸系統疾病的重要症狀與徵象





# 咳嗽COUGH

---

- 任何持續超過3個月的咳嗽應釐清原因。
- 抽菸者慢性咳嗽的原因：異物吸入（煙）及呼吸道慢性發炎。
- 最容易產生咳嗽的腫瘤為bronchogenic carcinoma。
- 可包括有痰（productive）、乾咳（hacking、nonproductive）、咳聲尖銳刺耳（brassy）、次數頻繁（frequent）或偶發（infrequent、paroxysmal）。

# 痰 SPUTUM

---

- 正成年人呼吸到每天約產生100ml黏液。
- 應評估痰的來源、顏色、量及黏稠度。
- 清喉嚨時產生的分泌物可能來自鼻竇而非下呼吸道；像膿一般濃稠又多的痰暗示肺膿瘍的可能，如果是一年一年慢慢增加痰量可能是支氣管炎或支氣管張。
- 黃色痰可能表示感染，綠色表示痰液淤積（被PMNs分解）。

# 不同肺部疾病痰液特徵

外觀	可能原因
黏液、半透明、灰白	非典型肺炎、氣喘
醋栗果醬狀（磚紅）	克雷白肺炎
鐵銹色（李子汁色）	肺炎球菌肺炎
粉紅色泡沫	肺水腫
鮭魚色或奶油黃	葡萄球菌肺炎
黏液性膿性痰（黃綠或髒灰）	細菌性肺炎、急慢性支氣管炎
化膿且有臭味	口腔厭氧菌（吸入）、肺膿瘍、支氣管擴張

# 咳血HEMOPTYSIS

---

- pure blood 是嚴重的症狀，可能是的第一個active tuberculosis的第一個表現，或支氣管癌、肺部感染、肺膿瘍。
- 血絲痰則可能是肺炎球菌肺炎
- 辨別血痰是來自下呼吸道而非鼻腔或腸胃道很重要，
  - 嘔血（hematemesis）通常顏色深，像coffee grounds，常與噁心、嘔吐、貧血有關；
  - 來自下呼吸道的血較鮮紅、泡沫狀，咳一段時間，可能有或沒有貧血。
  - 來自上呼吸道的痰會時常被嚥下，如果嘔吐出來，外觀呈現半消化狀。

# 呼吸困難DYSPNEA

---

- 又稱breathlessness，是主觀感受
- 呼吸急促（tachypnea）
  - 指呼吸次數超過正常12-20次/分，可能有或沒有呼吸困難。
  - 換氣過度（hyperventilation）指換氣超過維持正常二氧化碳濃度的排出，使動脈血二氧化碳分壓小於40mmHg。
  - Exertional fatigue（用力後疲倦）的症狀，可能發生在正常人經歷不同程度的運動後，也可能由於心血管、神經肌肉疾病或其他非肺部相關的疾病。
- 端坐呼吸（orthopnea）
  - 指躺下時呼吸短促，可由避免此症狀所需墊的枕頭數或所需抬高的角度做量化的描述。常由鬱血性心臟病引起，因為臥姿增加了中血管的血量，端坐呼吸也是肺部疾病常見的症狀。
- 陣發性夜間呼吸困難（paroxymal nocturnal dyspnea）
  - 指夜間突然發作的呼吸困難，必須馬上坐起才能呼吸。
  - 其與端坐呼吸的分別在於它通常在躺了幾個小時之後發作，原因與端坐呼吸的鬱血性心臟病一樣，而延遲發作的原因與周邊水腫的移動及其增加中心血管的血量有關。

# Dyspnea scale

---

等級	程度	標準
0	無	只有在非常劇烈的運動之後才有呼吸困難
1	輕微	在平地快速行走或爬緩坡時會感到呼吸短促
2	中度	走路較大多數同年齡者慢，因為覺得呼吸困難或必須停下來喘口氣
3	嚴重	平地上每走100碼（1碼91.4公分）或幾分鐘就必須停下來休息
4	非常嚴重	因嚴重呼吸困難而無法離家或穿脫衣服即感到呼吸困難

# 胸痛 CHEST PAIN

---

- -最可能導致胸痛的原因為肋膜炎（pleurisy）。
- 只有壁層肋膜是疼痛來源，臟層肋膜及肺實質視為沒有感覺的器官。
- 肋膜炎的通常是突然發作但可能已經進展一段時間，疼痛來自發炎部位且容易定位，感覺像被切斷般銳利的疼痛（cutting and sharp）且會隨咳嗽、打噴嚏或深呼吸加劇，
- 病人常呈現淺快的呼吸模式且進量減少不必要活動，有時在疼痛部位增加壓力可稍緩解疼痛。

# 杵狀指及肥大骨關節病變

## □ Digital Clubbing

- 發生杵狀指的情形最多在肺部疾病(70% -80% )，其次是心血管疾病(10% -15% )，其餘5% -10% 與慢性腸胃道疾病有關。
- 正常指甲與最末節指骨的指被夾角160度，早期杵狀指夾角大於160度，隨病程進展，指甲末梢組織堆基，角度越來越大，最後形成鼓槌狀外觀

## □ hypertrophic osteoarthropathy (HOA)

- 杵狀指、新骨形成及關節炎
  - 最常發生在於支氣管的癌症，且可能在影像檢查未能看出肺癌病灶前數個月即發生在杵狀指或HOA之前，病人可能先經歷骨骼痛，HOA也可能發生在非指尖的關節。
- 杵狀指及HOA的病理機轉可能是血循中的生長因子原本會在經過肺部時被抑制，但在某些先天性心臟病、肺癌、肝硬化時產生分流不經過肺，使生長因子被活化。
- 研究證實platelet-derived growth factor為導致HOA的原因。



# Cyanosis

---

- 指皮膚及黏膜因為氧合血紅素不足而泛青，是一非常不可靠的指標。
- cyanosis 通常在還原血紅素（指reduced hemoglobin，沒有與氧結合的血紅素）大於5g/dl時呈現
- 貧血病人即使已處於嚴重缺氧狀態仍不會cyanosis，因為他的還原血紅素不大可能大於5mg/dl，反之，血紅素過高的病人在輕微缺氧時還原血紅素很容易就可達到5mg/dl。
- 分為兩種：
  - central cyanosis 由於肺部的血紅素氧合不足，明顯可見於臉、耳朵、唇及舌下。
  - Peripheral cyanosis 發生於嚴重血流減少使靜脈飽和度減少，使某個區域呈現紫色，可能由於心臟功能不足、血流受阻、或低溫導致血管收縮引起。

# Hypoxia



And the problem of

Respiratory Failure

# Hypoxia

---

- $O_2$  demand  $>$   $O_2$  supply
- Oxygenation deficit

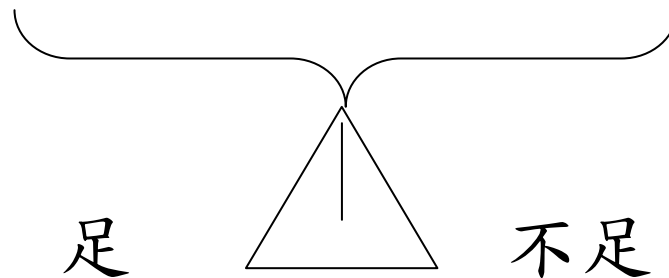
代謝率  
活動度

通氣  
擴散  
攜帶  
灌流

---

需求量

供應量



# Hypoxemia

---

- 血氧過低，指PaO<sub>2</sub>異常低
  - Normally PaO<sub>2</sub>>80 mmHg
  - When PaO<sub>2</sub><80 mmHg : Hypoxemia
- 常與缺氧hypoxia有關或與組織氧合不適當有關
- 但血氧過低不一定伴隨組織缺氧
  - Hypoxemia  $\neq$  Hypoxia
- 一般而言，PaO<sub>2</sub>持續小於50mmHg會造成組織缺氧及酸中毒。

# Hypercapnia and Hypocapnia

---

- 正常的換氣可維持PaCO<sub>2</sub>在40mmHg，
- Hypercapnia
  - 血碳酸過高, PaCO<sub>2</sub>大於45 mmHg
  - CO<sub>2</sub>滯留的原因為換氣量不足，通常伴隨缺氧
- Hypocapnia
  - 血碳酸過低, PaCO<sub>2</sub>小於35 mmHg
  - 常為換氣量過度引起
- 換氣量  $MV = TV \times RR$

# 組織氧合決定因素

---

- 通氣 (Ventilation): 氣之吸入與呼出 (肺)
- 擴散 (Diffusion): (氣體)移進移出微血管
- 攜帶 (Carry):Hgb
  - CaO<sub>2</sub>=1.34 X Hgb X SaO<sub>2</sub> + 0.003XPaO<sub>2</sub>
- 灌注 (Perfusion): 微血管充盈的程度
- 氧氣需求 (O<sub>2</sub> demand): 由使用率決定
  - BMR
  - Severity of illness (infection / injury)
  - Physical activity

# 呼吸與循環維持氧合

---

為維持 tissue oxygenation ,

- 換氣不足時,心臟工作量將增加以達代償改善
- 循環功能不足時,呼吸工作量將增加以達代償改善

唯有當此代償機轉失靈時,身體才會發生缺氧,也才会有ABG不正常

# 通氣之進行

---

- 通氣: 氣體進出呼吸道的現象, 通氣氣流流動乃壓力差所致。
- 通氣之神經控制
  - 神經中樞
    - 延腦: rate and depth; 橋腦: rhythm
  - 呼吸肌之收縮之神經支配
    - 橫膈: C3-C5;
    - 肋間肌: 胸椎神經



# 影響通氣功能的因素

---

- 呼吸道的通暢
  - 呼吸道粘膜水腫、發炎等阻塞呼吸道
- 肋膜腔的完整
- 橫膈肋間肌的收縮能力
- 健康肺泡數影響通氣
- 呼吸道之阻力
  - 氣流流向阻力最小之處。
  - 氣流愈急, 阻力愈大。
  - 氣道管徑愈小, 阻力愈大
    - 呼吸道狹窄50%，阻力增加16倍；
  - 高流量形成之渦流阻力大於層流氣流
- 呼吸道加長一倍，阻力增加一倍

# 通氣量之評估

---

- 呼吸動作的深淺與快慢
- 肺泡通氣量 (Alveolar ventilation)
  - tidal volume-dead space
- 肺泡實際與血液接觸、產生換氣的空間量
  - 須扣除shunt
- 評估通氣充足的指標
  - minute ventilation:  $RR \times \text{Tidal volume}$
  - **PaCO<sub>2</sub> (40mmHg)**

# Dead space vs. shunt

---

## □ 死腔(deadspace)

- 有通氣無血流, 通氣無效
- 生理性死腔(physiological dead space)  
有換氣卻沒有與血液接觸的肺空間正常約為 150 ml
- 死腔愈大, 呼吸愈費力, 以維持足夠的肺泡換氣量.
- 所有的tubing都是dead space

## □ 分流

shunt: 有血流灌注無通氣, 血流灌注無效

- 生理性分流 (Physiological shunt)  
心搏出血量中未與肺泡空氣接觸、產生交換的部份
- $\text{Shunt (\%)} = \text{AaDO}_2 \div 20$  (normal 6-7%)
- $\text{AaDo}_2 = 713 * \text{FiO}_2 - \text{PaO}_2 - \text{PaCO}_2$

# 影響擴散之因素

---

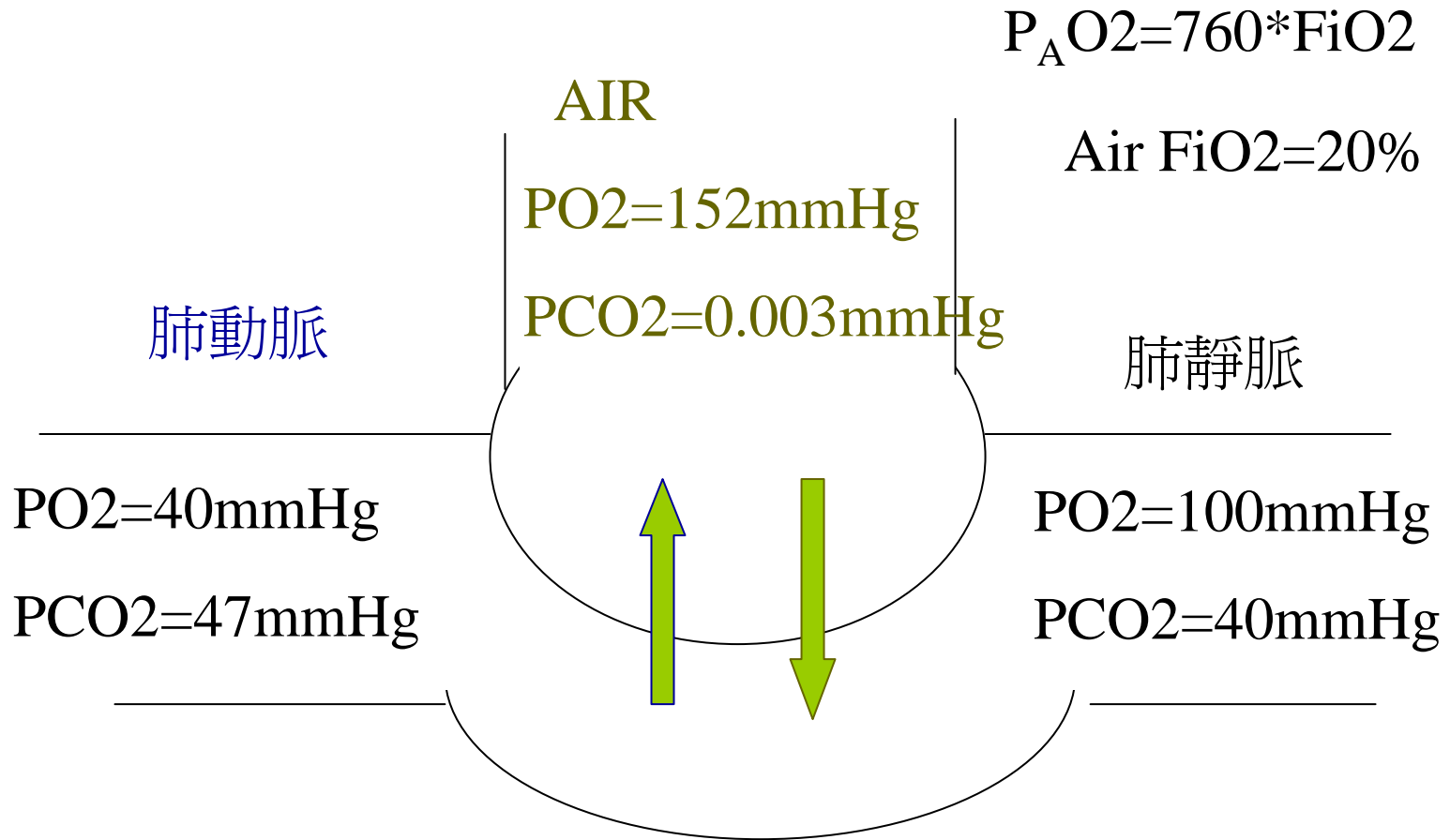
## □ 氣體分壓

- 分壓差愈大愈容易擴散( $\text{CO}_2$ 約是  $\text{O}_2$  的 20 倍)
- 當  $\text{PAO}_2$  高於 80 mmHg 時, 肺微血管氣體交換於 0.3 - 0.7秒間達於平衡 (exposure time 0.8 ~1.5sec)

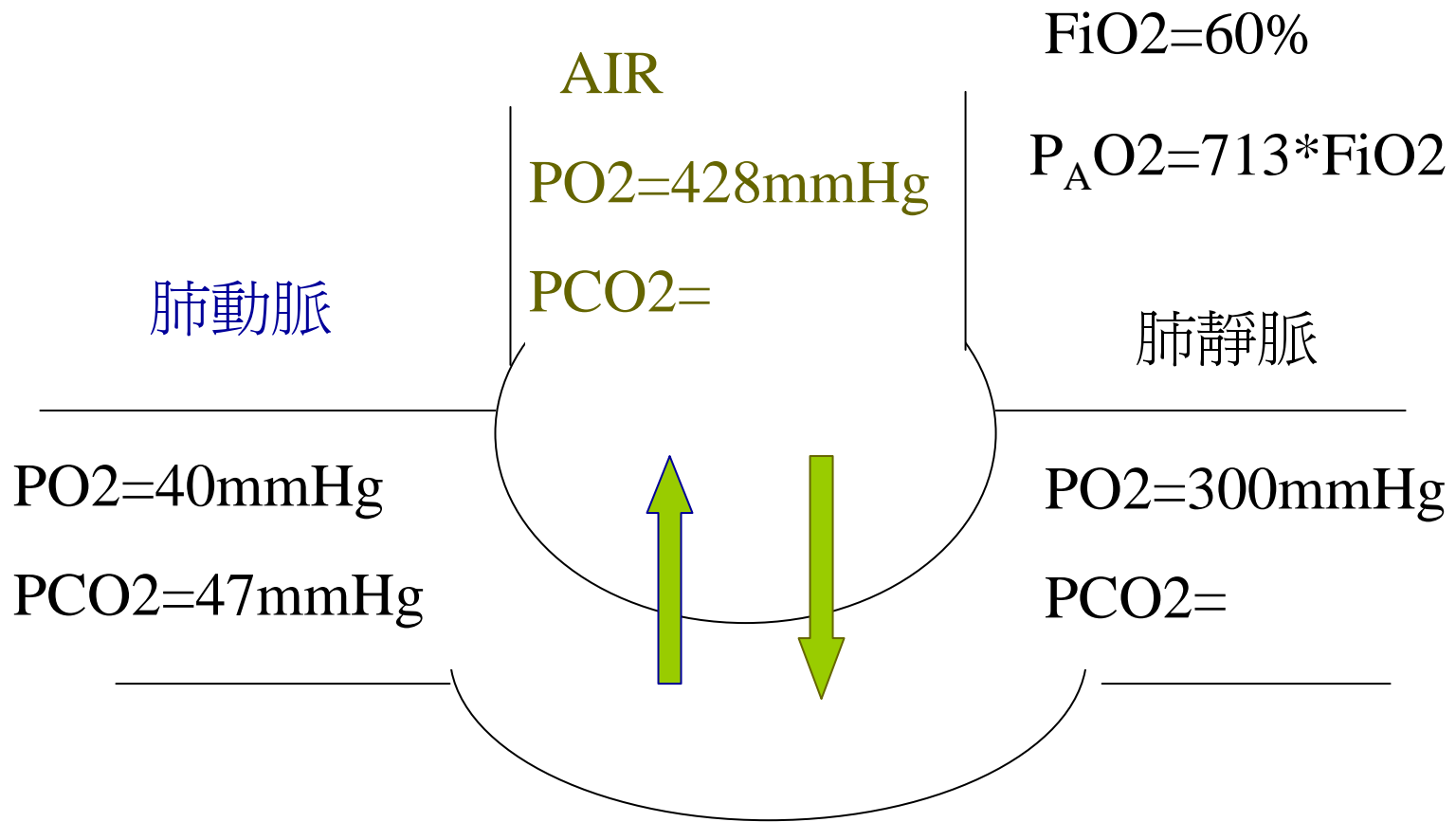
## □ alveoli-capillary distance

- 指肺泡-微血管組織間隙
- inflammation、edema使肺泡-微血管間隙加大, 增加擴散困難度

# 肺泡中氣體交換



# 提高吸入氧濃度提高PaO2



# alveoli-capillary distance

---

- 指肺泡-微血管組織間隙
- inflammation、edema使肺泡-微血管間隙加大，增加擴散困難度
- 無法順利擴散的部位形成shunt
  - 有通氣卻無與血液換氣
- Shunt 與呼吸能力
  - 30%：自發呼吸不可能維持長久
  - 20%：心臟功能良好下尚可考慮與予自發呼吸
  - 10%：應可維持長久之自發呼吸

# 攜帶

---

1)吸入空氣含氧量:  $F_i O_2$ , 決定  $PaO_2$ ,  
在無shunt下約是

$$F_i O_2 \text{ (in \%)} \times 5 = PaO_2 \text{ (mmHg)}$$

2)血液帶氧能力: Hgb量與 Hgb- $O_2$  親合力

$$CaO_2 = 1.34 \times Hgb \times SaO_2 + 0.003 \times PaO_2$$



# 灌流

---

## □ 系統因素

- blood volume,
- cardiac pumping,
- vascular tone

## □ 局部因素

- autonomous nervous system (血管擴張)
- tissue pH, O<sub>2</sub>, and CO<sub>2</sub>.

# 氧的需求與消耗

---

## 影響組織氧消耗的因素

1. 基礎代謝率: determined by age and gender

2. 疾病(infection, injury)嚴重度

3. 組織氧的利用

- 影響因素:

- 氧輸送量:  $DO_2$

- 氧的粹取: OER: oxygen extract

- 阻礙因素:

- alkalosis,

- hypothermia,

- Low 2,3 DPG

- CO 中毒,

- CN 中毒

# 組織氧合狀態的評估

---

- ABG
- $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ,  $\text{PA-aO}_2$ ,  $\text{PaO}_2/\text{PAO}_2$
- $\text{CaO}_2$ :  $1.34 \times \text{Hgb} \times \text{SaO}_2 + 0.003 \times \text{PaO}_2$   
(normal value: 15~20 ml/dl)
- $\text{VO}_2$  :  $\text{Ca-vO}_2 \times \text{C.O.} \times 10$  (normal : 120-140)
- $\text{OER} = \text{VO}_2/\text{DO}_2$  (normal: 22%-32%)
- $\text{SaO}_2$  (96%-100%),  $\text{SvO}_2$  (68%-77%)
- Clinical observation for hypoxic s/s

# ABG interpretation

---

# ABG components

---

- PaCO<sub>2</sub>: 呼吸性酸 (40mmHg)
- PaO<sub>2</sub>: 血中氧分壓 (>80 mmHg)
- SaO<sub>2</sub>: 動脈血中 Hgb 與 O<sub>2</sub> 結合的百分比
- HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>: 代謝性鹼 (24mEq/L)
- pH: 血中酸鹼淨值 (7.35~7.45)
- BE: base excess, 過剩鹼 mEq/L
  - total body base excess =  $1/3 \times BW \times BE$

# 動脈氣體分析七大分類

主因在於通氣狀況者

	PaCO <sub>2</sub>	pH	HCO <sub>3</sub>
Acute vent. I.	<30	>7.50	正常
Chronic V. I.	<30	7.40~7.50	降低
Acute Vent. F	>50	<7.30	正常
Chronic V. F	>50	7.30~7.40	升高

# 主因在於代謝狀況者



	PaCO <sub>2</sub>	pH	HCO <sub>3</sub>
Uncomp. Acidosis	正常	<7.30	降低
Alkalosis	正常	>7.50	升高
P. comp. Acidosis	<30	<7.30	降低
Alkalosis	>50	>7.50	升高
C. comp. Acidosis	降低	7.30~7.40	升高
Alkalosis	升高	7.40~7.50	降低

# Treatment for hypoxemia

---

- O<sub>2</sub> therapy
  - is effective in correcting hypoxemia caused by V/Q imbalance (improve O<sub>2</sub> transport where V/Q is low)
  - but ineffective if the cause is shunting (no improvement at shunting area and the improvement at high V/Q area is very limit)
- O<sub>2</sub> toxicity
  - Toxic effect of FiO<sub>2</sub> 40%~60%: decrease surfactant synthesis and pul. compliance
  - more than 24~48 hrs: increase absorption of atelectasis
- Appropriate PaO<sub>2</sub> for COPD: 50~70 mmHg, for healthy adult: 80~100 mmHg



# Assessment of cause

---

- Alveolar gas equation:
  - $P_AO_2 = FiO_2(P_B - P_{H_2O}) - PaCO_2/RQ$
- Hypoventilation cause PaO<sub>2</sub> fall 12.5 mmHg for each 10 mmHg rise in PaCO<sub>2</sub>.
- If the drop in PaO<sub>2</sub> is greater than expected, other mechanisms causing hypoxemia must be operating ( shunting or V/Q mismatch)
- Normally,  $P(a/A)O_2 = PaO_2/PAO_2 = 0.8$ . A value less than 0.8 indicates shunting.

# FiO<sub>2</sub> and RR, TV

---

- ❑ The larger the VT ,or the faster the respiratory rate RR ,the lower the FiO<sub>2</sub> ; **↑ MV → ↓ FiO<sub>2</sub>,**
- ❑ The smaller the VT ,the slower the respiratory rate RR,the higher the FiO<sub>2</sub>; **↓ MV → ↑ FiO<sub>2</sub>**
- ❑ **Therefore, patient with unstable RR or RR > 24 is not appropriate to give O<sub>2</sub> via low flow system.**
- ❑ **A venturi or a ventilator triggered by high flow system is the better choice.**

# 桶裝氧壓力值與存餘量

---

- 存量 = 桶壓(psi) x 換算係數
  - $P_1 V_1 = P_2 V_2$ ,  $V_2 = P_1 V_1 / P_2$
  - V1:桶容量, P1:桶壓, p2大氣壓約15 psi
  - 換算係數

桶型	換算係數
D	0.16
E	0.28
G	2.41
H	3.14

- 使用時間 = 存量 / flow

# 小桶氧氣桶

## O2存量與流量、使用時間對照參考表

時間 (分) / 流量 O2存量	1 L /min	2 L /min	3 L /min	4 L /min	5 L /min	10L /min
1400 (PSI)	280	140	92	70	56	28
1300 (PSI)	260	130	86	65	52	26
1200 (PSI)	240	120	79	60	48	24
1100 (PSI)	220	110	73	55	44	22
1000 (PSI)	200	100	66	50	40	20
900 (PSI)	180	90	59	45	36	18
800 (PSI)	160	80	53	40	32	16
700 (PSI)	140	70	46	35	28	14
600 (PSI)	120	60	40	30	24	12
500 (PSI)	100	50	33	25	20	10
400 (PSI)	80	40	26	20	16	8
300 (PSI)	60	30	20	15	12	6
200 (PSI)	40	20	13	10	8	4
100 (PSI)	20	10	7	5	4	2