

麻醉科入門學習筆記

嘉義基督教醫院 泌尿科 R2 黃品叡 2019.12.15

Ref: ASA Guideline (2018), ATLS Guideline(2018), 嘉義基督教醫院麻醉部工作手冊, 林口長庚麻醉科工作手冊, 臺大麻醉科工作手冊

麻醉科常用藥物介紹

1. **麻醉藥物特色有二**：**Acute onset & Easy titration**；藥物 Onset 快，降低 Induction 所需時間以及爭取插管/緊急狀況的處理時間；Easy titration，藥物濃度較好偵測調整，overdosage/underdosage 時可適時給藥進行處理。
2. **麻醉藥物特性有三**：**Sedation、Analgesia (Pain control)、Neuromuscular blockage agent(NMBA, 即 Muscle relaxant)**。氣體藥物(Sevoflurane、Desflurane 等)兼具三項功能，故術中 Maintenance 階段可單用氣體麻醉維持；IV 藥物則頂多兼具兩項功能，Induction 階段需多種 IV 藥物混合使用。
3. **麻醉藥物代謝**：除氣體麻醉藥物(Sevoflurane、Desflurane 等)主要經肺部排出(達 98%以上)，其他藥物均還是藉由肝腎代謝途徑為主，若肝腎功能不佳，會導致藥物排除受阻，造成非預期麻醉延長(Unexpected prolonged sedation)以及意識延遲恢復(Delayed recovery of consciousness)，亦有可能造成急性肝/腎損傷

Intravenous anesthesia(靜脈麻醉)：

1. Sedation：現今麻醉科 Sedation 用藥以 Propofol 為主

(1) **Propofol**：30 sec/10min (Onset/Duration)，牛奶針，**快睡快醒，低致吐，是各項麻醉(GA、LMA、IVG)最常用的 Induction 麻醉藥**

也是 N/S 及 Neuro 常用的鎮定劑，因其快睡快醒的特色，且鎮定消退後不會有降低 Reflexion 的作用，方便評估 neurologic sign

缺點：呼吸抑制、低血壓、心跳徐緩、PRIS(Propofol-related infusion syndrome)；賦形劑為大豆，大豆過敏不可用。**三歲以下小朋友不建議使用。**

※**容易掉血壓(BP=CO*SVR)**，原因有二：(1)降低 SVR(血管周邊阻力) (2)Dose-dependent cardiac inhibition：劑量較高的狀況下會抑制 Cardiac output(CO)

※**PRIS(Propofol-related infusion syndrome)**：使用 propofol (> 48 小時)且在高劑量下 (> 4 mg/kg/h)，產生代謝性酸中毒、骨骼肌及心肌的橫紋肌溶解、心律不整、心肌衰竭、腎衰竭、肝腫大及死亡(亦有一些零星的 case report 指出低劑量或未達 48hr 即產生 PRIS，但機轉不明)

(2) **Etomidate**：30 sec/10min (Onset/Duration)，小牛奶針

優點：和 Propofol 一樣標榜快睡快醒；較不影響血壓和血行動力學、能降低顱內壓，用於心衰竭、創傷低血容休克病人

缺點：貴、抑制 11-β-hydroxylase，抑制腎上腺功能(抑制 cortisol 生成)並持續 4-8 小時

(3) Benzodiazepam 類(BZD)：肝代謝，**肝不好或 Delirium** 的病人禁用！解毒劑：Flumazenil

Midazolam(Dormicum, 短效)：3-5 min/<2hr (Onset/Duration)

常用於鏡檢(Panendoscopy、Colonscopy 等)麻醉鎮定，但因 Duration 長，較少用在手術 Induction 階段

Lorazepam(Ativan, 中效)：5 min/6-8 hr (Onset/Duration)，Duration 較長，多用於 Sedation 或是 Seizure(GTC)上

Diazepam(Valium, 長效)：15-60 min/>12hr (Onset/Duration)，Duration 很長，用於 Sedation

(4) Barbiturate 類：

Thiamylal(Citosol)：10-30 sec/3-5 min (Onset/Duration)，**快睡快醒**

極短效 Barbiturate 藥物，快睡快醒。骨科脫臼復位、短時間手術常用**；小於三歲小朋友會使用 Citosol 和 Ketamine Induction；在部分病人會明顯呼吸抑制，需監測 SpO2

**註：因其 Duration 比 Propofol 短，病人醒來的速度相對比較快，對於 GA 要插管的病患，使用上較不方便，故用 Propofol 居多

Thiopental(Pentothal)：極短效，但因副作用多(心肺抑制、低血壓、高劑量易致死等)，現被 Citosol 取代

Phenobarbital(Luminal)：長效型 Barbiturate 藥物，用以控制癲癇、焦慮、憂鬱為主，不作為麻醉用藥

(5) **Ktamine** : 30sec/5-10 min (Onset/Duration)

優點：不會呼吸抑制，不會心血管抑制，小孩和 Vital sign 不好的病人好用

缺點：Airway secretion 增加，較不容易 bronchospasm、易解離性麻醉、IOP、IICP(禁用於頭部外傷)

2. Analgesia : Opioid 類止痛藥，缺點：Diffuse CNS effect、Muscle rigidity、Miosis、Pruitis、呼吸抑制、CV suppression、AUR、N/V，解毒劑：Naloxone

(1) (主流) **Fentanyl** : Onset 快(10-30sec)，**5min peak effect**，Duration 短(<2hr)

Potency 為 Morphine 的 100 倍，可 cover 手術過程及術後止痛，高劑量也少造成 Cardiovascular change

(2) **Morphine** : Onset 慢(3-5min)，Duration 長(4-6hr)

Onset 慢 Duration 長，致吐性、呼吸抑制，不建議手術中使用，用於術後疼痛控制

(3) **Alfentanil** : Potency 是 Morphine 的 10 倍，Onset 快 Duration 短，標榜 Rapid recovery(20 分鐘)，通常用在一些檢查(大腸鏡)或較不痛的小手術

(4) (推薦) **Remifentanil (Ultiva/Alvogen)** : **Ultrashort onset(<10sec, 最速效止痛)**，**1min peak effect**，Duration 短(<1hr)

Onset 比 Fentanyl 快 4 倍，Duration 短 1/3，適合在 induction 使用；Potency 為 Alfentanil 的 40 倍，是 Morphine 的 400 倍；但 duration 短，無法 cover 術後止痛

3. Neuromuscular blocking agent(簡寫 NMBA，或稱 Muscle relaxant)

(1) **Depolarizing blocking agent(極化肌肉鬆弛劑)** :

會先引發肌肉收縮，而後才讓肌肉放鬆，給藥前可給 Defasciculating dose 或 Non-depolarizer 用以去除肌肉震顫(Defasciculation)

Succinylcholine(Anectine/Relaxin) 為代表藥物，Onset 快(10~30sec)Duration 短(10min)，多用於緊急插管、Laryngospasm 或短時間手術(<20min)

缺點：五高(高眼壓、高胃壓、高腦壓、高血鉀、惡性高熱)

(2) **Non-depolarizing blocking agent(非極化肌肉鬆弛劑)** : 相較極化 NMBA，Onset 較慢，Duration 較長，多用於 Induction 和 Maintenance

Rocuronium(Esmeron) : Onset 快(30-60sec)，但 Duration 的 variation 大，有時會長達 3 小時(30min-3hr)；Aminosteroids 類(-curonium)的代表，肝腎代謝，

Injection pain 明顯(為強酸溶液，會先給 Lidocaine 止痛)，**較不適合用在小朋友身上**，會抑制部分副交感神經，讓心率上升；較不會吐

Cisatracurium(Nimbex) : Onset 慢(3-5min)，但可由 Priming technique 加快 onset，Duration 的 Variation 較小(~30min)；Benzylisoquinolines 類(-curium)的代表，**不經由內臟代謝**(Hoffman elimination)，較少累積毒性效應，可以長時間使用。**部分病人身上有 Histamine release effect**，造成病人 Anaphylactic shock。

(a) Reverse agent(拮抗劑) :

Neostigmine(Vagostin) : 為 Anti-Ach，Onset 3-5 minutes，可與 NMBA 競爭 Ach 受體達到 reverse 作用，但會同時作用在其他 muscarinic cholinergic receptor 上，會造成 Bradycardia、Hypersecretion、Increased intestinal tone。可併用 Anti-Ach drug(Atropine、Scopolamine、Glycopyrrolate)降低副作用。

Sugammadex(Bridion) : 為 Esmeron 拮抗劑(對 Nimbex 無效)，速效(打完一分鐘病人即恢復)；貴，15000-20000 NTD/次

(b) **Defasciculating dosage** : 先給 Loading dose 10-20%量，降低肌肉震顫(Fasciculation)，但 Loading dose 需再增加劑量，才能達到相同肌鬆的作用

Priming technique : 先給 Loading dose 10-20%量，做為前導作用，可加快作用速度

(c) **Train-of-Four Stimulation(TOF)** : 以電刺激評估病人肌肉鬆弛劑作用程度

A.是臨床上最常使用的評估肌肉鬆弛狀況的工具，且不需要 baseline 作為比較。

B.給予周邊神經連續 4 個 2Hz 的刺激，依序產生 T1、T2、T3、T4 四個 Twitches :

1.其中 T4/T1 為 TOF ration。若 TOF ration < 1 及代表有 NM junction blockade

2.此外觀察四個 twitches 的消失，可推測 block 的程度：(右圖)

消失的波形	Neuromuscular junction blockade 的比例
T ₄	70 - 75%
T ₃ 、T ₄	85%
T ₂ 、T ₃ 、T ₄	85 - 90%
T ₁ 、T ₂ 、T ₃ 、T ₄	90 - 95%

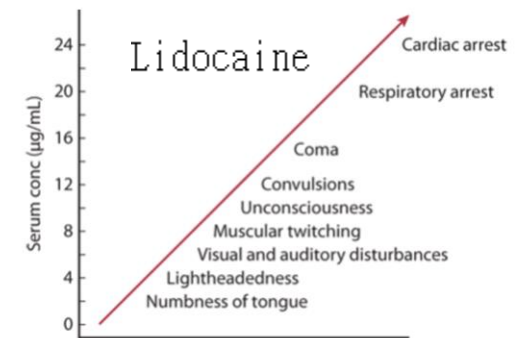
Inhalation anesthesia(氣體麻醉)：

- ✓ 氣體麻醉藥三效兼具(鎮定、止痛、肌鬆)，在 Induction 後期以及術中 Maintenance 階段可單獨使用；IV 藥物單方僅能做到二效合一
- ✓ 現代麻醉氣體已顯著降低肝腎毒性，幾乎由肺臟呼吸排出(Elimination rate : > 98%)，且對於心肺功能並無太大抑制效果。(過去常用的氣體麻醉為 Halothane，75%經肺排出，25%肝腎代謝，長時間使用易 Liver/Renal impairment)
- ✓ 需注意的是某些病人因 RYR1 基因異常(顯性體染色體遺傳，發生率 1:5,000 至 1:50,000~100,000)，在氣體麻醉時會產生惡性高熱，致死率高達 80%。
- ✓ **Blood-gas partition coefficient(血氣分配係數，意即 Solubility)：**
指的是氣體在氣像(肺泡)與液像(血液)的擴散速度，數值越小代表擴散速度越快(Induction 和 Recovery 時間↓)，即快睡快醒，其中以 Desflurane 和 N₂O 為代表
 1. (主流)Sevoflurane：主經肺部排除；對呼吸道刺激小，適合用於 Induction 及小朋友麻醉；Recovery 較 Desflurane 慢，長時間手術較常使用 Desflurane
 2. (主流)Desflurane：主經肺部排除；對呼吸道刺激大，不適合用於 Induction 和小朋友麻醉；由血中擴散到肺泡速度較 Sevoflurane 快，因此 Recovery 較快，長時間手術吹醒病人較快，且可作為 Extremely low flow 的麻醉氣體(Sevoflurane 於 low flow 時會產生毒性物質 Compound A，造成 renal tubule injury)；脂溶性，用於肥胖病人麻醉效果較 Sevoflurane 好；對腦血管 Dilatation 程度較小，神外手術好用(麻醉深度↑ Brain vessel dilatation↑，不利手術)；缺點：較貴
 3. Isoflurane：主經肺部排除，相較 Sevoflurane 和 Desflurane 便宜，但相較兩者慢睡慢醒，且會有 arrhythmia 和 cardiac arrest 的風險，對呼吸道刺激性高。
 4. Halothane：75%經肺部排出，25%經肝腎代謝，長時間使用易造成 metabolic acidosis 和 Liver/Renal failure。除此之外，Onset 和 Duration 都較長，病人睡的慢，也比較不易吹醒，故已開發國家少用。但因其便宜，所以在第三世界窮困國家中還是會使用。
 5. N₂O(笑氣)：20 世紀最常用麻醉藥，標榜最快速 onset 的氣體麻醉(BG partition coefficient 分數最低)，止痛效果佳。可副作用多(Bone marrow suppression、術中呼出 NO/NO₂ 會傷害手術人員)，且 Low potency，須併用其他麻醉藥，又為溫室氣體，Guideline 上已無建議使用，台灣現少用。
 6. Ether(乙醚)：最早期發現的麻醉藥，今因副作用過高已幾乎全面停用。

Local anesthesia(局部麻醉)：-caine 類藥物

- ✓ ** Local anesthesia systemic toxicity(LAST)：所有的 Local anesthesia 都可能會發生(特別是 Lidocaine)，導因是麻醉藥過量(Overdosage)；以 Lidocaine 為例，一個 70kg 成人約可以承受 300mg Lidocaine(2%，15ml)，超過即可能產生 LAST。症狀→無力頭暈噁心(主要)→耳鳴、嘴有金屬味→muscle twitch→Seizure→Con's loss→Shock/Asystole(到此階段 CO↓SVR↓，很難救)，處理方式：ACLS-SLE(Sedation、Lipid emulsion、ECMO)：ACLS 維持氣道、BZD 抑制癲癇、Lipid Emulsion therapy(局麻藥為脂溶性，用脂肪將局麻藥洗出)、ECMO(因為 LAST 是可逆的，但因為暫時性的 SVR↓CO↓，有些情況需靠 ECMO 撐過去)

 1. Cocaine：最早被發現的局部麻醉藥，但具成癮性，現已列為管制毒品
 2. Lidocaine(Xylocaine)：Duration 約 1 小時，最常用局麻藥，但有神經毒性會造成 TPS(Temporary nerve injury)，故少用在脊髓麻醉；高濃度病人會 Seizure。Lidocaine toxicity：SAMS(Slurred speech, Altered CNS, Muscle twitching, Seizure)
 3. Bupivacaine(Maracaine)：Duration 約 3 小時，常用於 Spinal/Epidural anesthesia，但注意高濃度會產生毒性，造成 cardiac arrest，若需高濃度麻醉劑量，建議換成毒性較低的 Levobupivacaine
 4. Levobupivacaine(Chirocaine)：Duration 約 3 小時，Bupivacaine 的左旋鏡像異構物，毒性較低，但不會抑制運動神經元



Anti-hypertension：BP 高優先處理痛(通常是 BP 高主因)，若無效再給降壓藥(降壓效果病人之間 Variation 很大，且麻醉時 SVR↓CO↓，要小心)

1. Nicardipine(Perdipine)：CCB 類，Onset 快(30~60sec)Duration 短(2~3hr)，效果佳，Duration 短比較不擔心短時間手術病人回病房還低血壓
2. Labetalol(Trandate)：BB 類，Onset 較長(4-6min)Duration 長(4~6hr)，不建議在 Obstructive airway (COPD、Asthma) 病人使用，容易 Broncospasm；Duration 長，短時間手術少用(Duration 4~6hr 回病房可能還是會低血壓)
3. Nitroglycerine(NTG)：在 open heart 及 pheochromocytoma 的手術常用，降 SVR>CO，水分比較不會跑到 third space，病人出狀況對於強心針的反應也較佳

麻醉方式(Types of anesthesia) & 術後止痛(Post-operative analgesia)

General anesthesia (全身麻醉)

- ✓ General anesthesia (GA)：用藥物讓病人睡著的麻醉
Endotracheal tube(ETT)：保護呼吸道能力最好，病人呼吸肌可以休息(Ventilator 幫忙呼吸)，適用於長時間手術；拔管慢，長時間使用會 VILI
Laryngeal mask airway (LMA)：LMA 和 EET 麻醉效果相當，但拔管速度快，可提高翻床率；但不適合用在長時間手術(> 4hr)，病人容易呼吸肌疲勞
- ✓ Intravenous general anesthesia (IVG)：用於短時間手術(< 1hr)，快睡快醒，不用插管；但手術超時病人會躁動，藥物反應病人差異度大
- ✓ Total intravenous anesthesia (TIVA)：不使用氣體麻醉藥，手術過程中全程使用靜脈注射麻醉藥。
優點：減少術後噁心嘔吐的機會(氣體麻醉易 N/V)，另外可依手術刺激調整麻醉深度，亦可預估病人甦醒時間
缺點：藥物濃度預測值對於病患實際血中濃度並非百分之百的準確。另外對於特定病患族群不是那麼合適，例如小嬰兒、過度肥胖或肝衰竭之病人
- ✓ Target-controlled infusion (TCI)：TIVA 進階版，電腦控制輸注幫浦，自動調整輸注速度，使病人血中/腦中之藥物達到目標濃度(改善 TIVA 無法精準預測缺點)

Regional anesthesia (半身麻醉)：分為區域阻斷 (Field Block，如 SA、EA、Caudal block)：周邊神經阻斷 (Peripheral Nerve Block，如 Brachial plexus block)

- ✓ 優/缺點：病人清醒好評估病情、不用插管、術後止痛效果佳；病人清醒經歷整個手術過程、多項禁忌症：
 - (1) Hypovolemia / Sepsis：半身麻醉 SVR 下降多，BP 掉得快，沒控制好反而造成過度的 Hypotension，處理上可能會措手不及
 - (2) CNS disease(Tumor、IICP)：藥物注入會增加 ICP，反而造成 IICP
 - (3) 病人無法配合：半麻讓病人清醒好評估狀況，但因此而無法配合，反而會造成 Complication
 - (4) Bleeding tendency：下針處易產生 Hematoma，且無法止血(壓不到)，很危險
- ✓ 常見 Complication：
 - (1) 呼吸抑制：Thoracic Nerve Blockage(胸神經阻斷)→肋間肌麻痺(剩 50~60%換氣量)
C3-5 麻醉→Phrenic Nerve Blockage(膈神經阻斷)→呼吸停止(若出現此狀況，病人無法自呼，要立刻開始 Ventilator support)
 - (2) 尿滯留：脊尾副交感神經(L2~4)被阻斷→病人須留置 Foley catheter
 - (3) 血性穿刺(Bloody tap)：穿刺時損傷 Epidural 外的血管，務必拔出重新穿刺，避免造成 Hematoma
- ✓ 神經麻醉順序：依照神經粗細及髓鞘有無：交感神經→感覺神經(冷熱→痛→觸→壓)→運動神經
神經麻醉高度：冷熱=交感 > 痛(通常是交感神經的麻醉高度+1~2 節)
半身麻醉所需高度：陰囊(S3-4)，睪丸(T10)，肛門(Caudal block)，子宮摘除(T7)，剖腹產(T4-5)，TURP(T10)，Hip 手術(T10)
- ✓ 局部麻醉藥內添加 Epinephrine(簡稱+E)：血管收縮，可延緩麻藥吸收(增加 50%作用時間)，SA 和 EA 麻藥中均可+E；但記得不能打在肢端，會 Ischemia！

Spinal anesthesia (SA，脊髓麻醉)：Onset 快(3-5 分鐘)，Duration 短(1 小時，不可加藥)，無法 cover 術後止痛；分為高位阻斷(T4)、中位阻斷(T10)、低位阻斷(L1-5)

- ✓ 優點：操作難度較低、效果(止痛、肌鬆)較 EA 好、Onset 快(3-5 分鐘)→外科愛用
- ✓ 缺點：容易掉 BP (SVR 下降多)，不易事後調整麻醉部位高度，手術時間受限(3 小時內)
- ✓ 不適合用在 Infection、Coagulopathy、Massive blood loss 的病人(因為 SVR 會下降得比 EA 多很多)；Check bleeding 也不建議使用；另 Severe MS/AS(病人 CO 本來就不好，SA 的 SVR 掉很大，病人很容易 shock)

- ✓ 評估 SA 是否生效：用酒精棉片測溫覺(溫覺會比痛覺 level 高出一結，相減得到痛覺 level，例如：溫覺 T7，則痛覺 T8)，腳是否能舉高；或詢問病人**腳會熱 + On foley 不會痛**(病人痛有時是因為觸動本體感覺，並非病人真的痛覺，要注意)
- ✓ 麻醉 Partial work 或 level 不足時，止痛優先於 Sedation(病人大多是因為痛而躁動)
- ✓ 在產婦身上，SA 如果只有 partial work，可加上其他 IV 藥物 combine 使用，使用極性的 IV 藥物為佳，如 Ketamine、NMBA(Aneclin、Esmeron)，非極性分子會過胎盤讓胎兒吸收到；IV 藥物不建議使用在 C/S，因為小朋友吸收後要自行代謝，加重負擔；而 Inhalation 可以適量給，因為小朋友出來後，可利用 Bagging 把麻藥洗出，但要 Keep MAC < 1.0 (氣體麻醉深度過高會抑制宮縮)，避免 PPH(產後大出血)

Epidural anesthesia (EA, 硬脊膜麻醉)：Onset 慢(10-15 分鐘)、Duration 長(3 小時，可加藥)，可用於術中及術後止痛，但易 Infection、易 Hematoma

- ✓ 分節麻醉：由注入的節數起算，上下對稱分布(但會受到脊柱彎曲，分布區往往不對稱)，例如：T12 穿刺給藥，麻醉區域為 T6-L5 (上下六節)
- ✓ 麻醉藥濃度越高，注入速度越快，麻醉範圍越廣；孕婦、高齡、身材矮，要減少劑量；側臥會受地心引力影響，下側擴散範圍較大
- 用藥：主要以 Marcaine(3 小時)、Chirocaine(3 小時)為主，Lidocaine(1 小時)用於 Testing 及 Loading dose，或是短時間手術(< 1 小時)
- ✓ 加入 Fentanyl 可縮短麻藥 Onset 時間：可增加麻醉寬度，可延長麻醉時間並加強阻斷效果(相乘作用)
- ✓ 加入 NaHCO₃ 可縮短麻藥 Onset 時間：因麻藥為酸性，加鹼變非解離型態，好通過神經軸索的細胞膜
- ✓ EA 併發症：低血壓、硬脊膜穿破、全脊髓麻醉、局部麻醉藥中毒
 - ※ 全脊髓麻醉：誤將麻醉藥注入 Subarachnoid space，導致脊椎神經甚至中樞神經麻痺，BP ↓ RR ↓ Con' s ↓ 瞳孔放大
→ 處理方式：Resuscitation、升壓藥、Ventilation 撐過去，待藥效過後會慢慢恢復

Caudal epidural block：簡稱 Caudal block

- ✓ 小朋友 Caudal block 可以 cover 到上腹部的痛覺，Intersuseption、幽門肥大等上腹部手術可使用。小朋友痛起來容易 Bronchospasm 氣會擠不進去。
- ✓ 藥物使用：Bupivacaine 0.25% (1 比 1 稀釋)、Lidocaine 1%，給藥濃度參照 Armitage Formula
- ✓ Caudal block 是否作用評估：大人看 Anus sphincter；小朋友看 Scrotum 是否鬆掉

周邊神經阻斷 (Peripheral Nerve Block)：減少麻醉藥用量，可加強局部術後止痛；減少 Stress hormone 的釋放，對心肺功能與凝血功能等均有所幫助

Post-operative analgesia (術後止痛)：傳統止痛 vs Patient-Controlled Analgesia (簡稱 PCA，病人自控式止痛法)

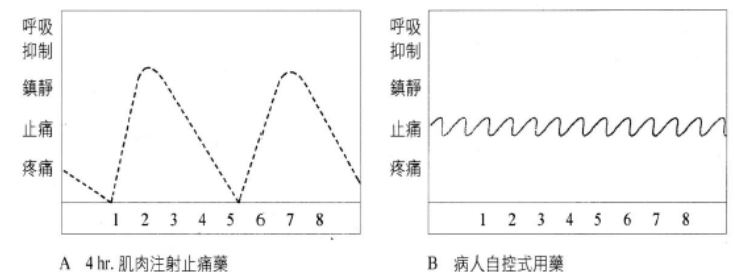
以多次微量的止痛劑降低疼痛，血液中止痛藥濃度較傳統止痛穩定，降低過大的濃度震盪(Concentration fluctuation)；除止痛狀況改善，對於常見的副作用(鎮定、呼吸抑制)，發生率均有顯著下降

Patient-Controlled Intravenous Analgesia (PCIA/IVPCA/PCA，靜脈注射止痛)：

- ✓ 使用藥物：Morphine、Fentanyl
- ✓ 優點：方便(有 IV 就可用，較普及)，可用於各種手術術後止痛，不易掉血壓
- ✓ 缺點：最多僅六成止痛效果，Morphine related syndrome(暈眩、噁心嘔吐、呼吸抑制、嗜睡/意識不清)

Patient-Controlled Epidural Analgesia (PCEA，硬脊膜外止痛)

- ✓ 使用藥物：Fentanyl/Morphine + 局部麻醉藥(Lidocaine、Marcaine、Chirocaine)
- ✓ 優點：止痛效果較 PCIA 佳，少嗜睡，可降低胸腔手術術後呼吸併發症，可改善上腹部手術術後的 GI function
- ✓ 缺點：操作麻煩，禁忌症多，偶有頭痛，會姿勢性低血壓(神經誘發)，不適合用於上肢及頸部手術，Opioid-induced pruritus(藥物直接注射中樞)



麻醉過程：「術前訪視(Pre-operative evaluation)」→ 麻醉誘導(Induction) → 麻醉維持(Maintenance) → 麻醉恢復(Recovery) → 麻醉恢復室(PAR：Post-anesthesia room)

1. 重點在評估病人的 Underlying disease (Pump, Volume, Venilation) / MET / ASA / NPO time
2. 麻醉科的問題多數離不開 Pump($CO=SV*HR$), Volume ($BP=CO*SVR$), Venilation ($V_{min} = V_{tidal}*RR$) 這三條公式 → 好好評估 Underlying disease
3. **MET ≥ 4 & ASA ≤ 3** 代表病人 Baseline 好；反之，若病人 MET/ASA 不優，我們有以下幾個策略可以選擇：
 - a. **Titration dosage**：病人 Baseline 好，可一次給足麻醉藥劑量(Once dosage)；反之，則採取分次給藥(Titration dosage)，依據病人對藥物的反應逐次上加，增加藥物調整的空間且避免一次性的劑量過高產生 complication
 - b. **Pre-operative optimization**：意即做好術前準備，該脫水的脫水、該吸藥的吸藥、Infection control 後再來開刀等等，不贅述
 - c. **Awake intubation**：用於已經預期是困難呼吸道(Difficult airway)的病人，Sedation 或 Muscle relaxant 給下去可能就 airway collapse 等狀況，讓病人醒著插管較安全，以免藥給下去氣打不進去，變成要做急氣切。

1. **Underlying disease**：DM、HTN、COPD、Asthma、CAD、HF、HBV/HCV、PAOD/DVT、Chronic Afib、Stroke、Coagulopathy

※ 三條公式：Pump($CO=SV*HR$), Volume ($BP=CO*SVR$), Venilation ($MV = V_{tidal}*RR$)；三個重要評估因子：CO、SVR、Ventilation

DM、HTN：SVR ↓ (血管 compliance ↓)；COPD/Asthma：Ventilation ↓；CAD、HF：CO ↓

HBV/HCV：肝功能異常會影響麻醉藥的代謝，造成 prolonged anesthetic effect，甚至在術後產生 Acute hepatitis、Acute liver failure 等狀況

PAOD/DVT、Chronic Afib、Stroke：潛在 Embolism 的病人群，跑到哪裡塞哪裡

Coagulopathy：增加出血風險，不利手術進行 → 通常可事前矯正/停藥

2. **MET(Metabolic equivalent of task, 代謝當量)**：通常 MET ≥ 4，麻醉風險較低

相對運動強度的重要指標，反映患者的活動耐量，評估上簡單分為 1 到 10 個分級(但照定義，實際上 MET 並沒有 upper limit)：1 MET 代表穿衣、吃飯等活動，4 METs 代表可上爬到 2 樓，10 METs 代表可打球、游泳、爬山等。一般而言 MET ≥ 4(病人可以爬上 2 樓，即使很喘也沒關係) 代表身體 condition 比較好。

※MET 定義：1 MET 被定義為每公斤體重每分鐘消耗 3.5 毫升氧氣，約等於 1 個人在安靜狀態下坐著，沒有任何活動時，每分鐘氧氣消耗量。4 METs 的活動表示運動時氧氣的消耗量是安靜狀態時的 4 倍($4MET = 15L/min = 平常人運動耗氧量 = V_{max} O_2$)。

3. **ASA scale**：通常 ASA ≤ 3，麻醉風險較低

ASA 1: (正常人)A normal healthy patient.

ASA 2: (輕微疾病)A patient with a mild systemic disease.

ASA 3: (中度疾病)A patient with a severe systemic disease that is not life-threatening. Eg: uncontrolled DM/HTN, CKD, pacemaker, stable angina

ASA 4: (重度疾病且危及生命)A patient with a severe systemic disease that is a constant threat to life. Eg: unstable angina, AMI(< 3 months), uncontrolled COPD

ASA 5: (不手術會死)A moribund patient who is not expected to survive without the operation. Eg. Type A aortic dissection, cardiac tamponade

ASA 6: (腦死)A brain-dead patient whose organs are being removed with the intention of transplanting them into another patient.

4. **NPO(NothingPerOs)**：又稱 Preoperative fasting

禁食是為了使胃內容物排空，避免病人於麻醉中或術後發生嘔吐，引起吸入性肺炎或呼吸道阻塞。一般而言：成年人 6-8 小時，小於三歲小朋友 4-6 小時。

禁食時間和吃的內容物有關，例如：Clear liquid diet(如：糖水、無渣果汁)禁食 2 小時、不油膩的食物禁食 6 小時、油膩的食物禁食 8 小時

小朋友：母乳要禁食 4 小時、配方奶要禁食 6 小時；

麻醉過程：術前訪視(Pre-operative evaluation) → 「**麻醉誘導(Induction)**」 → 麻醉維持(Maintenance) → 麻醉恢復(Recovery) → 麻醉恢復室(PAR：Post-anesthesia room)

Induction (麻醉誘導：醒著到睡著的過程)：本步驟為麻醉最重要的步驟，也是 complication 最多的步驟

術前最大限度優化(Pre-operative optimization) → 插管前充氧(Pre-oxygenation) → Pre-intubation medication → Intubation → 插管後監控(Post-intubation/anesthesia monitor)

Continuum of Depth of Sedation (麻醉深度概念)：

- ✓ 麻醉深度的概念首先由 Arthur Ernest Guedel 於 1937 年提出 Guedel's classification，其中提到 Stage 1 to Stage 4 的四種層次的麻醉深度；經過歷年修改調整，現麻醉深度評估依據 ASA Guideline (2004) 提出的 Continuum of depth of sedation 為主，內容已和當初 Guedel's classification 有所不同，但仍保持 Stage 1-4 的描述方式
 - (1) **Stage I (Minimal sedation/Anxiolysis)**：誘導期（鎮痛期、放鬆期），過去稱為 Stage of analgesia or disorientation；微醺的狀態，仍保有部分自主意識/動作
 - (2) **Stage II (Moderate sedation/Consciousness sedation)**：神智消失期（興奮期），過去稱為 Stage of excitement or delirium；喝醉酒的感覺，對言語/輕微刺激不會反應，保有自主呼吸；此階段病人身體處於興奮階段，受到刺激容易 BP 高(易 ICH)，HR 快(易 PSVT、AfibRVR)，原因不明；同時麻醉科最凶險的敵人 **Laryngospasm** 也是發生在此階段。是**麻醉期間最容易出事的階段**。
 - (3) **Stage III (Deep sedation/Analgesia)**：外科手術期（麻醉期），過去稱為 Stage of surgical anesthesia，病人對痛覺無反應，進入可手術麻醉階段
 - (4) **Stage IV (General Anesthesia)**：延髓麻痺期（危險期），過去稱為 From stoppage of respiration till death(意即呼吸停止至死)，但在現今醫療監測及藥物知識高度成長的現代，此階段改為 General anesthesia 的麻醉階段，病人無自呼，需靠 Ventilator 協助

Pre-operative optimization(術前最大限度優化)：處理好病人 underlying disease，降低麻醉插管風險。該洗腎的洗腎、該輸血的輸血、該給藥/抗生素的給藥。

Pre-oxygenation (插管前充氧)：插管前我們會給病人吸 O₂，提高病人 O₂ storage，為病人爭取缺氧(Apnea)狀態下的插管時間

✓ Oxygen storage before desaturation (以下簡稱 O₂ storage)：

一個正常人憋氣大約 1-2 分鐘後會開始 Desaturation。病人插管是處於 Apnea 的狀態，靠的是肺內剩餘的氧氣量避免 Hypoxemia。

一般狀況下病人的 O₂ storage 約為 1-2 分鐘，用純氧可提高至 5 倍(平常空氣氧分壓只有 20%)，即 5-10 分鐘(通常抓 5 分鐘作為可插管時間)。

會受到姿勢跟體態改變：頭高腳低增加 lung expansion，進一步增加 O₂ storage；胖的人因為腹壓高，導致肺容積減少，O₂ storage 會比瘦的人少。

✓ 使用氣體：一般而言 Induction 時給的 **FiO₂ 為 90-100%**，快速完成 Pre-oxygenation，但要注意使用過久會 Absorbent atelectasis (見下面補充)

純 O₂：爭取時間(可快速提高 SpO₂，快速完成 Pre-oxygenation)，但會造成 Atelectasis(因肺泡內 O₂ 被吸走後，沒有氣體支撐肺泡)

Air/Mixed O₂：減少 Atelectasis 的狀況(其中有 N₂)，但 O₂ storage 拉高的速度較慢，達到 Pre-oxygenation 的時間也比較久

✓ 扣 Mask 三要訣：暢通呼吸道(Chin-lift/Jaw thrust)、頭側一邊(防舌頭後倒)、放 Nasal/Oral airway

✓ 備註：C-spine injury/tumor/myelopathy，插管時脖子是不可以動的：不建議使用按額托顎法(head-tilt-chin-lift，簡稱 chin-lift)；應使用托顎法(jaw-thrust)

C spine 及高位 T spine injury 的病人要小心 spinal shock (T1-T4 管 cardiovascular 及下肢 autonomic tone，出問題 CO 和 SVR 一起掉，要很小心)

※補充說明：FRC、CC、Absorbent atelectasis

✓ FRC(功能性肺餘容積) = Vtidal + CC

站著的狀況下，FRC 約為 2000ml，躺著的狀況下 FRC 會減少 20%，剩下 1600ml

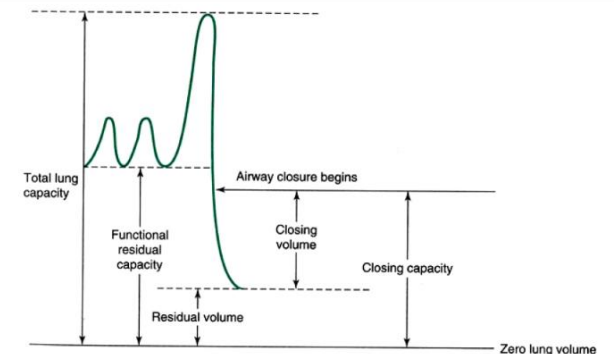
✓ CC(Closing capacity) = Closing volume + Residual volume

當肺的體積小到某個程度時，缺乏軟骨支撐的肺部小支氣管就會開始關閉(塌陷)，此時的體積稱之為 Closing capacity。(會導致 Shunt 增加)

※ 最主要使 CC 增加的原因是年齡，隨之越來越高，其餘原因有阻塞型肺病，新生兒等；姿勢不影響 CC。麻醉時 FRC 下降但 CC 不變，因此 90% 的病患於麻醉時發生 Atelectasis，15-20% 病患會 lung collapse

✓ Absorbent atelectasis：給予高濃度氧氣時，氧氣大多被血液帶走，造成肺泡中氣體減少而塌陷，如果是吸入一般空氣，至少還有 N₂ 撐住肺泡。吸 100% O₂ 半小時，30% 的病人 Aveolar 會塌陷；吸 60% O₂ 半小時，20% 的病人 Aveolar 會塌陷。

Functional Residual Capacity (FRC) & Closing Capacity (CC)



$$\text{Closing capacity} = \text{Closing volume} + \text{Residual volume}$$

Pre-medication administration before intubation(插管前給藥)：Fentanyl + Lidocaine + Propofol (+/- Esmeron)

- ✓ Fentanyl/Remifentanyl：Systemic analgesic agent，Acute onset
- ✓ Lidocaine：Local analgesic，低劑量給予(2mg)減少 Propofol 注射時的疼痛，可協助放鬆 Laryngeal muscle；高劑量下可降低 Arrhythmia rate(但少用)
- ✓ Propofol：Sedation (小於 3 歲的小朋友不適合用 Propofol，可改用 Cytosol 或 Ketamine)
- ✓ Esmeron：Muscle relaxant，GA 要插管的病人使用，LMA 視情況可少量使用，IVG 的病人不須肌鬆
- ✓ 插管前須評估病人 BP 及肌鬆藥是否已經作用：
 - ※ BP 過高 ICH 機率會上升，插管本身有 stress 會讓 BP 更高，甚至可以到 200mmHg 以上，盡量 Keep SBP 100mmHg 左右再插管較合適
 - ※ 病人如仍牙關緊閉，或是嘴巴沒辦法張很開，則等待肌鬆藥作用，或是追加劑量。

靜脈麻醉和氣體麻醉比較：

Intravenous anesthesia(靜脈麻醉)：

- ✓ Onset 稍慢(30-60sec)，但比較容易達到 systemic anesthesia(全身性麻醉)，Induction 前期主要讓病人快速進入麻醉的藥物，SVR 下降較多，降低心臟負擔，但可能會掉 BP，且相較氣體麻醉難精準調控，故後續會由氣體麻醉銜接上。
- ✓ Sedation：以 Propofol 為主，小於 3 歲的小朋友改用 Cytosol 或 Ketamine，少數狀況會使用 Midazolam(Dormicum)
- ✓ Analgesia：建議使用 Remifentanyl，若無則以 Fentanyl 為主，不用 Morphine (Onset 太慢)
- ✓ NMBA (muscle relaxant)：以 Rocuronium(Esmeron)為主，肝功能不好用 Cisatracurium(Nimbex)，緊急插管/Laryngospasm/短時間手術用 Succinylcholine(Anectin)
 - 註 1：CKD 或 HD 的病人代謝不好，麻醉藥劑量在給予上會比正常人少，所以 Induction 到插管的這段時間(Induction period)會拉長，讓藥物有足夠的 onset 時間，同時讓病人身體適應 SVR 降低導致的身體不適。
 - 註 2：如果病人在給予肌鬆藥後扣 mask 發現氣送不進去，多數是因為舌頭後倒的關係，記得頭側一邊，給 oral/nasal airway

Inhalation anesthesia(氣體麻醉)：

- ✓ Onset 快(10-30sec)，systemic 效果不如 IV form 佳，但 SVR 下降少，且調控上較有彈性(以 Sevo 為例，可由 1%慢慢上調至 8%，調整幅度以及細緻度都較 IV 高)，Induction 後期主要調控麻醉深度藥物。因 Desflurane 對呼吸道刺激較大，容易 Bronchospasm 及 Laryngospasm，本階段用 Sevoflurane 為主，後視病人狀況及 OP 時間長短再決定使用 Sevo 或 Des；氣體麻醉具有三效合一作用(鎮定、止痛、肌鬆)，IV 藥物單方僅能做到二效合一，Induction 後半場就靠它
- ✓ 如果是靜脈打 induction 藥物後插完管再開麻醉氣體，則 Sevo/Des 都好用；
但是如果是沒打 propofol 沒打肌肉鬆弛劑，直接請病人吸麻醉氣體吸到睡著(麻小朋友常用)，則要用 Sevo 來 induction，不然 Des 會刺激呼吸道

Intubation(插管)：

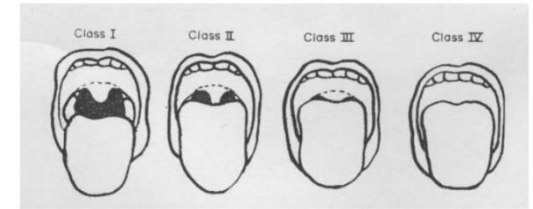
- ✓ Endo 選用尺寸：早產兒 2.5-3.0，0-6 月 3.5，7-11 月 4.0，1-2 歲 4.0-4.5，3-4 歲 5.0-5.5，5-8 歲 5.5-6.0，9-13 歲 6.0-6.5；**成年女性 Fr 7.0，成年男性 Fr 7.5**
- ✓ Endo 插入深度：約為 Endo Fr. * 3 倍 (eg：Fr 7.0，插入 21cm；Fr 7.5，插入 22.5cm)
- ✓ Cuff pressure：Endo (<30cmH₂O)，LMA (<60cmH₂O)
- ✓ 建議 Awake intubation：預期是 Difficult airway (Stridor、Muffled sound、Upper airway obstruction)

※小朋友較難插管：

- ✓ Anatomy：Epiglottis 較長、較彎，會使用較長直的 blade 來插管；Larynx 較長，Blade 可能會不夠長；Vocal cord 附近 soft tissue 很多，很擠
- ✓ 小朋友氣道小，且易因為痛引起 Laryngospasm/Bronchospasm→止痛的好壞對於小朋友插管影響很大
- ✓ 小朋友氣道最窄的地方在 Cricoid cartilage，< 6y/o 的小朋友 Endo 上選擇會用沒有 cuff 的 Endo(cuff 的用途是防漏氣)，使用適當尺寸的 endo 即可跟狹窄處密合的很好，但須做吸吐氣的壓力測試，若漏氣狀況太嚴重仍需更換較大 size 的 Endo(無法事前得知，插了之後才知道)

Difficult intubation 的狀況：LEMON

- ✓ Look externally：短下巴、短脖子、肥胖、牙齒搖晃等
- ✓ Evaluation 3-3-2：張口是否有達到 3 個指幅、下巴前緣到舌骨是否達到 3 個指幅、舌骨到甲狀軟骨是否達到 2 個指幅
- ✓ Mallampati 分級：根據舌根影響看聲門程度作分級，患者須坐直，將嘴巴張到最開，並將舌頭吐出；
I：可以看到懸壅垂、軟顎、兩側的咽弓；II：可以看到軟顎、兩側的咽弓；但懸壅垂被舌根蓋到
III：只能看到軟顎；懸壅垂和兩側的咽弓都被舌根蓋住；IV→困難插管
- ✓ Obstruction：如果呼吸道內外有被擋到，都會影響插管
- ✓ Neck mobility：如果脖子有受傷、或是脖子僵硬(AS)，難以挑管，導致插管上的困難



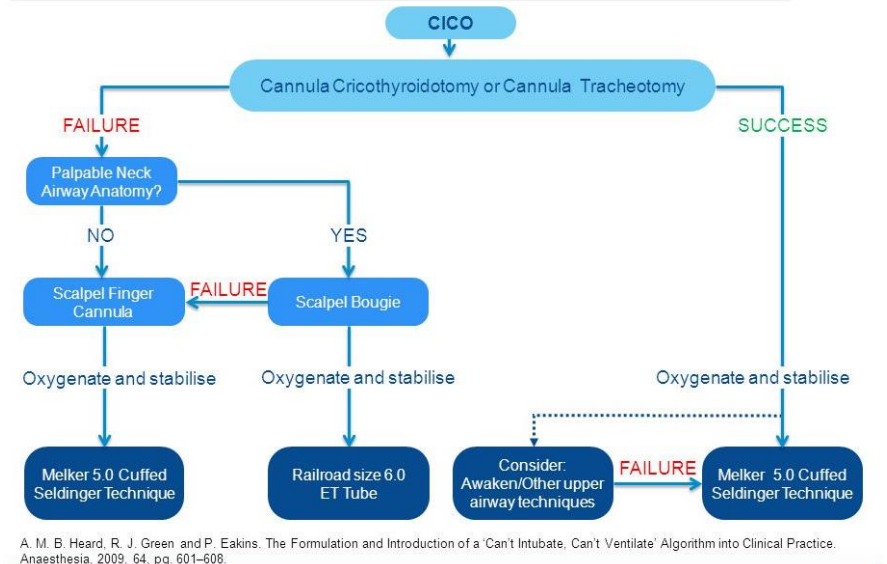
Difficult ventilation 的情況：MOANS

- Mask seal：沒有選擇合適的面罩，通氣就會不好，漏氣
- Obesity/Obstruction：太胖的人不好扣/呼吸道有阻塞者，通氣會困難
- Age：年齡大於 55 歲者
- No teeth：沒有牙齒，兩頰容易凹陷，不好扣
- Stiff lung：肺部 Compliance 差，需要較高的壓力才能通氣，

** CICO：Cannot intubate、Cannot oxygenate → 最害怕遇到的緊急狀況

- ✓ Endo 放不進去，扣 mask 也沒辦法把氣送入→ 緊急處理辦法：Cricothyroidotomy
- ✓ 無法做 Cricothyroidotomy 的狀況：SHORT → 處理方式(見右圖)
 - Surgery：會導致氣管的結構發生異變
 - Hematoma：如果再切開附近有感染/血腫→不建議做
 - Obesity：肥胖的病患會不好做
 - Radiation：做過放射治療後，會導致皮膚軟組織纖維化
 - Tumor：腫瘤阻塞的位置若在氣管切開位置的下方，即使劃開了也沒辦法有效通氣

CICO algorithm (Heard)



快速順序誘導插管(Rapid Sequence Intubation, RSI)：

- ✓ ****用在有嗆到風險的病人，而非 Difficult airway！**
- ✓ Indication：用在有嗆到風險的人，如：NPO 不足、病態肥胖、孕婦等
※為降低嗆到風險：減少用 BVM 通氣(會讓胃部氣體↑)
- ✓ Contraindication：**RSI 不能用在昏迷、或是沒有呼吸的患者**，這些狀況下應該趕快給予 BVM，趕快給予氧氣！若疑似 Difficult airway→應選擇清醒插管
- ✓ RSI 的步驟：7P (11 分鐘內完成，若失敗，必須使用 BVM 人工通氣，直到自主呼吸恢復)
 1. Preparation：做好事前的準備，把儀器等都準備好
 2. Preoxygenation：4 次純氧的深呼吸，讓肺部充滿純氧
 3. Pre-treatment：常給的藥物包括 Lidocaine(抑制咳嗽反射，降低腦壓)和 Atropine(增加心跳；減少分泌物)
 4. Positioning：將患者擺成 Sniffing position，壓額抬下巴
 5. Paralysis with induction：先給止痛藥物：Fentanyl → 接著給麻醉藥物：Propofol、Cytosol → 接著給肌肉鬆弛劑：快速 onset 的阻斷劑：Anectin、Esmeron
 6. Placement of the tube：放置的過程中可做 Sellick maneuver：壓環狀軟骨，進而在食道上施加壓力，減少發生嘔吐嗆到機率(BURP maneuver 是壓甲狀軟骨)
 7. Postintubation management：Ventilation、Sedation、CXR、固定管路等，留意 DOPE, Displacement, Obstruction, Pneumothorax, Equipment Failure

Post-intubation/anesthesia monitor(插管/麻醉後監控)

Arterial gas analysis(動脈血氧分析)：

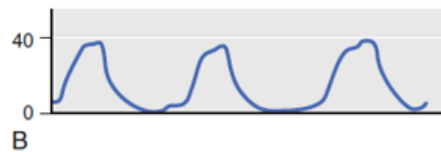
- ✓ Ideal $PaO_2 = FiO_2 * 6$ (最好的情況，通常達不到，一般而言使用 $PaO_2 = FiO_2 * 5$ 換算)
- ✓ **FiO_2 夠用就好，開太高反而危險**：病人已經開始 desaturation status，但 FiO_2 太高導致 SpO_2 看不出變化，沒辦法即時監測；另 FiO_2 太高也會誘導肺泡塌陷。
- ✓ $PaCO_2$ ：標準值 40-45mmHg
 $PaCO_2$ 太高，腦血管會 Dilatation，會 IICP，不利開顱手術； $PaCO_2$ 太低，腦血管會 Contraction，會造成 hypoperfusion 及 consciousness change
- ✓ $EtCO_2$ (End tidal CO_2)：可藉由 $PaCO_2$ 和 $EtCO_2$ 的差值(gap)來評估 $PaCO_2$ ，狀況穩定不須一直做 Gas analysis
 $PaCO_2 - EtCO_2 = gap$ ，gap 為定值，正常值為 3-5mmHg，若增加代表 dead space 變多(eg, pulmonary embolism, air embolism, decreased pulmonary perfusion)
 $EtCO_2$ 降低：Emboli、CO 降低(CO 越低 $EtCO_2$ 就越低)
 $EtCO_2$ 上升：代表 metabolic rate 增加，若 $EtCO_2$ 大幅上升，要懷疑惡性高熱
- ✓ 若手術過程中 $EtCO_2$ 下降，不要先調 Ventilator，通常是病人 Hypoperfusion 或是 Lung injury(pneumothorax, pulmonary edema)導致

Ventilator Setting (呼吸器設定)：

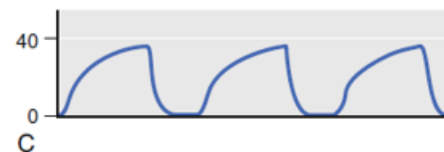
- ✓ Minute ventilation 定義：MV = $V_{tidal} * RR$ ，意即每分鐘的交換體積，用於評估病人的 Ventilation volume
- ✓ V_{tidal} (Tidal volume)：潮氣體積，一般而言 $V_{tidal}(V_t) = \text{Ideal body weight}(IBW) * 8-10 \text{ ml/kg}$
- ✓ RR(Respiratory rate)：呼吸速率，看 $EtCO_2$ 決定，通常是 8-10 次/min
- ✓ I/E ratio (Inspiration/Expiration ratio)：吸氣/呼氣時間比值，通常為 1:1.5 或 1:2，吐氣時間比較多
Restrictive lung(Pulmonary edema, pleural effusion)需更長的吸氣期；Obstructive lung (COPD, Asthma)需更長的吐氣期
- ✓ P_{max} (Maximum airway pressure)：一般而言控制 $P_{max} \leq 20\text{mmHg}$ ，高於 20mmHg 除了會把氣打進胃裡(mask ventilation 時)，造成不必要的胃脹氣，同時也會造成氣道損傷
※Aveolar Recruitment(肺泡再擴張術)：用於肺泡塌陷，將 ventilation 改成手動擠壓，給予 $P_{max} 40-50 \text{ mmHg}$ 的正壓 3-5 次，以撐開塌陷的肺泡
- ✓ PEEP(positive end-expiratory pressure)：吐氣末正壓，避免肺泡塌陷
- ✓ APL(adjustable pressure limiting)：概念似 PEEP，保證一部分氣體進入肺內形成吸氣動作，一般此時將 APL 壓力設定在 20cmH₂O 左右
給予 0-70cmH₂O 的上限值調控，避免過高的 P_{max} 進入 airway 或打進 stomach
- ✓ End-tidal O_2 ：沒有太大的意義。比較會用到的時機點：算呼吸商(respiratory quotient, RQ)；CPR，Intubation 目前都沒有太大的意義
- ✓ End-tidal CO_2 ：由於呼氣時最先呼出來的是呼吸道中 dead space 的氣體，這些氣體並沒有與血液進行交換，所以必須測量「吐氣結束前」吐出的氣體，才會近似於我們想知道的 $PaCO_2$ 。此時的濃度稱為 End-tidal CO_2 ($P_{et}CO_2$)，可作為 $PaCO_2$ 之指標。一般來說會希望 Keep $EtCO_2 < 60 \text{ mmHg}$ 。
以下為 $EtCO_2$ 的圖形：Obstructive airway 的病人，吐氣期較困難(吐不乾淨)，因此 $EtCO_2$ 的曲線是緩慢上升的



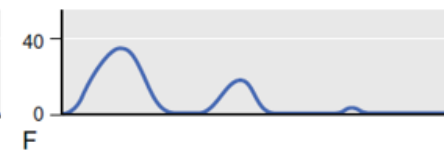
A：正常(Ventilator support)



B：正常(Spontaneous breathing)



C：COPD/asthma(obstructive)



F：插到食道啦(Esophageal intubation)

麻醉過程：術前訪視(Pre-operative evaluation) → 麻醉誘導(Induction) → 「**麻醉維持(Maintenance)**」 → 麻醉恢復(Recovery) → 麻醉恢復室(PAR：Post-anesthesia room)

1. Maintenance 各項階段評估指標：

Keep Pmax < 40 cmH₂O (大多數的情況都是 20-30 cmH₂O)

EtCO₂ < 40 mmHg (大多數 keep 35-40，就是正常人 EtCO₂ 的意思)

MAC 0.9-1.1 (MAC ≤ 1.0 if brain surgery)

2. Ventilation 建議採用 Low Tidal volume ventilation (LTVV) +PEEP：降低 ventilator-induced lung injury，讓病人及早脫離呼吸器

3. Prolonged ventilation 易肺塌陷(Atelectasis)，需手動 Aveolar recruitment 打開塌掉的肺泡

在 Maintenance 階段，建議採用 **Low Tidal volume ventilation(LTVV)+PEEP**，有以下優點：

→ 以降低 Barotrauma/Volutrauma 並維持肺泡不塌陷；可用於 Acute lung injury (ALI)病人，避免進展成 ARDS；對病人預後以及提早脫離呼吸器有幫助

※越低的 tidal volume，造成 Barotrauma/Volutrauma 的機會越低

✓ High tidal volume (HTV)：IBW*9-10ml/kg，一般用於 Recovery，Vt > IBW*12ml/kg 容易 Lung injury
Normal tidal volume (NTV)：IBW*6-8ml/kg

✓ **** Low tidal volume ventilation (LTVV)：IBW*5ml/kg (eg：病人 100 公斤，Low Tidal Volume 為 500ml)，已被證實可降低 VILI(見下)，並改善病人術後預後**

✓ Ultra /Extremely/Very low tidal volume (ULTV)：IBW*3-4ml/kg，用於 Maintenance；Sevoflurane 於 Low Tv 時會產生 compound A，造成 renal tubule injury，故使用 Desflurane 做為 ULTV 的氣體麻醉藥；目前的研究指出 4ml/kg 對於部分 ALI 病人是有幫助的，3ml/kg 仍處於爭議

✓ PEEP：一般設定 5-10 cm H₂O，維持肺泡不塌陷

MAC：最小肺泡分壓(Minimum Alveolar Concentration)

✓ 定義：在一大氣壓力下，麻倒 50%的病人，肺泡內麻醉藥的濃度，稱為一單位的最小肺泡分壓(1 MAC)

✓ 可評斷麻醉藥的效力高低：1 MAC 所需濃度越低，藥效越好，例如：Sevoflurane 2% = 1MAC = Desflurane 6%，Sevoflurane potency 較好

✓ 麻倒 90%病人須 1.2 MAC；麻倒 95%病人須 1.3 MAC

Induction 階段，會控制麻醉藥濃度為 1.2-1.3 MAC，確保病人麻倒；Maintenance 階段，會控制麻醉藥濃度為 0.9-1.1 MAC，Brain surgery 會控制在 MAC ≤ 1.0，避免 Brain vessel dilatation 而妨礙手術進行

※呼吸器導致肺損傷(Ventilator-induced lung injury, VILI)：**局部肺部組織的 overdistention 是產生 lung injury 的關鍵**

1. 壓力損傷(Barotrauma)：Injury of high mean airway pressure (>35mm H₂O)，易導致 Pneumothorax, Pneumomediastinum, Air embolism

2. 容積損傷(Volutrauma)：Aveolar overdistension by high tidal volume (>8ml/kg)，易導致 Pulmonary edema, Atelectasis

3. 塌陷損傷(Atelectrauma)：不足的吐氣末壓造成肺泡反覆地關閉(PEEP 太低)

4. 生化損傷(Biotrauma)：局部肺傷害產生的發炎因子所引起的全身性發炎反應

5. 氧氣毒性效果(Oxygen toxicity)：氧氣濃度過高，除會引起肺泡塌陷(Atelectasis)，高氧下易產生自由基(ROS)，造成細胞損害

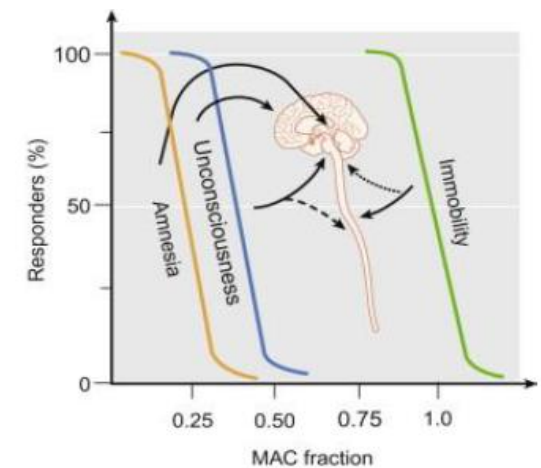
Maintenance 常見狀況：

✓ Atelectasis(肺塌陷)：是 Maintenance 階段常見的狀況，Prolonged ventilation 會導致某種程度的肺塌陷(>90%的病人都會)

→Aveolar recruit：當麻醉時間久，肺泡容易塌陷，此時會將 ventilation 切換成手動模式，用手擠 bag 給予 40-50 mmHg 的正壓打開扁掉的肺泡

✓ Hypotension：麻醉本身會降低 CO 和 SVR，加上術中失血，Hypotension 很正常

→合理 BP：baseline mean BP -20%，例如：病人本身 SBP 90mmHg，術中可以 tolerate 最低 SBP 為 72mmHg



麻醉過程：術前訪視(Pre-operative evaluation) → 麻醉誘導(Induction) → 麻醉維持(Maintenance) → 「**麻醉恢復(Recovery) → 麻醉恢復室(PAR：Post-anesthesia room)**」

1. 拔管指標：有自呼，且呼吸 pattern 穩定，Gag reflex(+)；MAC ≤ 0.9**；Vt：IBW*5ml/kg ↑；RR ≤ 30；EtCO₂ < 60mmHg；SpO₂ ≥ 95%

2. 常見拔管後 complication：Laryngospasm(小朋友特別容易)；常見 PAR complication：Hypotension、Airway obstruction、PONV

Pre-extubation preparation (拔管前準備)：洗出麻醉藥(Hyperventilation with high flow)

- ✓ 現今氣體麻醉藥(Sevoflurane、Desflurane、Isoflurane)98%以上經肺排除，透過 Hyperventilation 把肺部的麻醉藥洗出來，降低麻醉深度以達到甦醒
→ 關 Inhalation 麻醉，FiO₂ 調高，Flow 調大，APL 調 20cmH₂O，肺部通氣量 ↑，氣體交換速度 ↑，麻藥肺部代謝 ↑，吹醒時間 ↓
- ✓ 一般而言，MAC 比例洗到 0.8-0.9 左右即可進行拔管；如果病人 condition 比較不好，也可以洗到麻醉深度比較淺(MAC 0.3-0.4)再拔管，不過因病人處於幾乎退麻的狀態，容易躁動、痛，有可能造成非預期性的困難拔管

Extubation (拔管)：病人要可自呼才能考慮拔管

✓ Awake extubation：(麻醉深度 0.3-0.4 MAC)

優點：避免病人 Laryngospasm、較能適切評估病人呼吸 pattern(休息比較久，Tv 恢復較多)後再拔管

缺點：病人清醒拔管會很不舒服&躁動&Fighting、費時(因 MAC 要洗到 0.3-0.4)

※小朋友拔管後常見 Complication：

- (1) **Bradycardia**：小朋友的 BP 是 HR dependent，特別是 cyanosis 後，一旦 Bradycardia 後就很容易掉 BP，然後 Asystole
- (2) **Laryngospasm**：小朋友 Larynx 窄又敏感，拔管後較成人容易 Laryngospasm，拔管前記得準備 Succinylcholine(Anectin)以備不時之需

Awake extubation 拔管流程：

- (1) Re-oxygenate (再次氧合)：給予高濃度氧氣數分鐘
 - (2) Optimize position (體位最佳化)：平躺、合適的枕頭、肥胖病人墊肩
 - (3) Optimize environment (環境最佳化)：有可以緊急支援的經驗醫師、monitor 運作正常、備妥緊急及困難插管工具
 - (4) Optimize the patient (病人最佳化)：Reversal of neuromuscular blockade (train of four ratio >0.9) (足夠的神經肌肉阻斷逆轉)、適量止痛、自發呼吸、確認病人在 Facemask ventilation 可維持足夠的 SpO₂、確定之後對病人不再有其他刺激、病人意識恢復、病人對簡單命令(instruction)有目的性回應(purposeful response)
 - (5) Clear secretions (清除分泌物)：小心地 suction 咽部(pharynx)、避免 trauma 及 gag reflex、放鼻管的病人可用 suction tube 一邊 suction 一邊拔管
 - (6) Bite block (放 Bite)：Bite 須固定在臉上
 - (7) Remove ETT (拔管)：兩種方法 1.做 recruitment 同時拔管(recruitment breath) 2.放一根 suction tube 一邊 suction 一邊拔管(trailing suction)
 - (8) Facemask ventilation：純氧扣 mask
- ✓ Deep extubation：(麻醉深度 0.8-0.9 MAC)，拔管流程同上，不需讓病人意識恢復、可不放 bite
優點：避免病人清醒 Fighting 拔管的過程，較快速省時；缺點：Stage II 拔管時容易 Laryngospasm

PAR(Post-Anesthesia Room，恢復室) = POR (Post-Operative Room) = PACU (Post-anesthesia care unit)

✓ 可離開手術室到 PAR 標準：**Vt：IBW*5ml/kg ↑ (60kg，300ml)；RR ≤ 20/min；EtCO₂ < 60mmHg**

✓ 剛到 PAR 的病人狀況：普遍偏喘，SpO₂ 不佳 → 因病人麻醉後處於 Vt 未恢復(大約正常 50-60%)，RR 代償性增加。不須立刻介入處理，讓病人休息，就會慢慢恢復

Post-Operative Nausea and Vomiting (PONV, 術後噁心嘔吐)：10-80%發生率，視 Risk factor 多寡而定
 評估系統：APFEL' s score(如右所示)，4 個 Risk factor 都有有高達 80%的機會有 PONV

Pre-OP Prophylaxis：

1. Identified patient' s risk and Reduce baseline
2. Reduce Pre-OP emetic medication、Give Antiemetic medication

Anesthetic Prophylaxis：

- ✓ IV better than Inhalation；Regional anesthesia better than GA
- ✓ 用 Multi-model anesthesia 降低 Opioid 使用，例如：Local+NSAID 替代 Opioid

Medication for PONV：利用多藥物機轉來降低 PONV risk，一種藥物可降低 25% risk；藥物給予分成

Prophylactic 和 Rescue dosage，Rescue 是 Prophylactic 的 1/4，例如：Kytril 4mg (Prophylactic)、1mg (Rescue)

- ✓ **Corticosteroid：**Methylprednisolone(Solu-Medrol)、**Dexamethasone(Oradexon)**→Induction 給，注意血糖
- ✓ **Dopamine antagonist：**Dropeirdol(首選)、Haloperidol
Primperan/Novamin 術前止痛效果不佳，不列入 PONV medication 考量，可用於術後止痛
- ✓ **HT-3 antagonist：**Ondansetron(Zofran)、**Granisetron(Kytril)**、**Palonsetron(Aloxi)**
- ✓ **NK-1 antagonist：**Aprepitant(Emend)→針對 POV 較有效
- ✓ **Anti-histamine：**Diphehydramine
- ✓ **Anti-cholinergic：**Atropine、Scopolamine

Laryngospasm：(後有詳細描述)

- ✓ 成因：Larynx 是非常敏感的區域(特別是小孩子)，如果麻醉深度不夠，又加上有器具的刺激就很容易造成 Larynx 處的肌肉強烈收縮而造成(最常見原因，所以常用麻醉前用 Atropine 減少 Secretion) Extubating in stage 2
- ✓ 如果很用力吸氣，但是因為 Laryngospasm 沒辦法把氣吸進來，造成很嚴重的 negative intrathoracic pressure，造成 negative pressure pulmonary edema
- ✓ 治療：如果氣管插管還未拔除，基本上不會有太大問題，不太會因為 Spasm 造成氣管完全阻塞，通常自己會好。但是臨床上大多數是發生在沒有氣管插管的時候，需要馬上治療

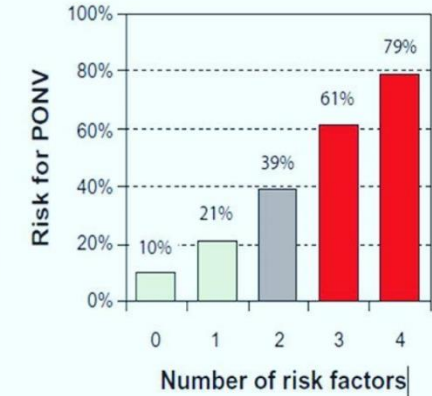
Upper airway obstruction (病人在恢復室時所造成的上呼吸道阻塞，可能會致命)

- ✓ 通常是因為麻醉未醒→舌頭後倒導致，其他原因：Laryngospasm、Airway edema、Wound hematoma、Vocal cord paralysis
- ✓ 治療方式：先排除掉其他危及原因(Laryngospasm、Wound hematoma 等)
 - (1) O2 support；Correction of Airway position：Jaw thrust，Chin-lift；Oral/Nasal airway；等待一下，讓病人從麻醉中清醒過來
 - (2) 若以上均無效，則考慮重新插管保護呼吸道

APFEL Simplified risk scoring for adults

Risk factors	Points
Female gender	1
Nonsmoker	1
History of PONV and/or motion sickness	1
Postoperative opioids	1
Sum =	0 ... 4

Apfel CC et al. Anesthesiology. 1999;91:693.



Apfel' s score	Risk	Medication
0-1	Low	Observation
2-3	Medium	1-2 prophylaxis
4	High	≥ 3 prophylaxis

TABLE 97-4 ALGORITHM FOR THE MANAGEMENT OF POSTOPERATIVE NAUSEA AND VOMITING*

	TIVA Preferred	Anticipated Rescue	1 Risk Factor	2 Risk Factors	3 Risk Factors	4 Risk Factors
Inpatients	Yes	Ondansetron Non-5-HT ₃	Dex Dex	+TIVA +TIVA	+D ₂ -RA +Ond	+Aprep +Aprep
	No	Ondansetron Non-5-HT ₃	Dex Dex	+D ₂ -RA +Ond	+Aprep +Aprep	+TIVA +TIVA
Outpatients		Anticipated Rescue	1 Risk Factor	2 Risk Factors	3 Risk Factors	4 to 5 Risk Factors
	Yes	Palo Non-5-HT ₃	Dex Dex	+TIVA +TIVA	+D ₂ -RA +Palo	+Aprep +Aprep
	No	Palo Non-5-HT ₃	Dex Dex	TDS TDS	+Aprep +Palo	+TIVA +Aprep

Aprep, Aprepitant; D₂, dopamine-2; dex, dexamethasone; 5-HT₃, 5-hydroxytryptamine 3 (serotonin); Ond, ondansetron; Palo, palonosetron; RA, receptor antagonist; TDS, transdermal scopolamine; TIVA, total intravenous anesthesia.

*Recommended prophylactic strategy based on patient's risk, inpatient or outpatient status, anticipated rescue treatment, and the preference of the anesthesia provider regarding total intravenous anesthesia.

麻醉科常見緊急狀況

Anesthesia awareness(術中甦醒)：早期發現，早期加深麻醉深度

- ✓ 意即手術過程中，病人恢復意識，且會感受到疼痛。在全身麻醉病人，會給予肌肉鬆弛劑放倒病人，但如果麻醉深度不夠，病人會醒過來，很痛卻沒辦法反應，只能眼睜睜的感受一刀一刀的痛苦，非常可怕。發生率為 1/1000。常見於 Major trauma、Open heart、Pregnancy(C/S)的病人，因為麻醉深度不能太高。
- ✓ 如出現 Sign of awareness：Tachycardia、Hypertension、Sweating、Tear production、Movement/Grimacing、Tachypnoea 等，處理後仍持續，需考慮術中甦醒可能。

Laryngospasm(喉頭痙攣)：易發生在麻醉深度 Stage 2

- ✓ 平常少見(只會出現在麻醉 Stage II 及喝醉酒)、但致命(沒處理 2-3min 人就黑掉)，處理步驟：
 1. 求救 → 暢通呼吸道(Chin lift/Jaw thrust) → 放 Nasal airway/Oral airway → Suction
 2. 打 Succinylcholine (Anectin)，強迫讓喉頭肌肉放鬆(記得給 O2 support，病人自呼能力↓)
 3. 以上步驟均無效 → 氣切(Cryocoid-thyroid carilage membrane)

✓ 常見 Complication：Post-laryngospasm pulmonary edema

因喉頭肌肉緊縮，氣體無法交換→CO2 retention→Air hunger→Airway pressure ↑ Intra-thoracic pressure ↑ →Pulmonary edema

年輕人 Laryngospasm 超過 2 分鐘/老人超過 5 分鐘會 pulmonary edema；即使 Laryngospasm 的問題解決，病人仍會因 Pulmonary edema 而喘，要注意

Prevention of laryngospasm：避免氣道刺激、抽痰、不要在 stage II 拔管！！

Massive blood loss/Hemorrhagic shock：右圖為 ATLS 對於 Blood loss 程度對應 Vital sign 的變化 → Class I 不須輸液；Class II 需 IV fluid replacement，視情況考慮輸血；Class III 需輸血+輸液，並注意代謝性酸中毒；Class IV 除大量失血，會造成 Trauma-induced coagulopathy，需 Damage control resuscitation + Massive transfusion protocol(pRBC:FFP:PLT=1:1:1)，並注意 TACO(Transfusion-associated circulatory overload) & TRALI(Transfusion-related acute lung injury)，並考慮手術止血

- ✓ 體液不足：Hypovolemia→Hypoperfusion→tissue ischemia→代謝性酸中毒→Shock 更嚴重
- ✓ 輸液管徑選擇：大量輸液不建議用 CVC，插兩隻 18#空針即可(不要接 T-set，T-set 管徑小反而讓流速變慢)；

CVC(Fr.7)：40-60ml/hr；18Fr 針頭：100ml/hr；14Fr 針頭：150-200ml/hr

- ✓ CVC indication：使用 High osmolarity 藥物、Difficult IV
- ✓ 輸液選擇：Colloid(幾乎都留在血管)：Voluven、Gelofusine；Crystiloid(約 1/3 留在血管)：Normal saline、Lactate ringer

- ✓ 人體血液總量：體重(kg)*70ml/kg，例如：50 公斤的病人，有 3500ml 的血液

✓ 失血過多不會 Desaturation：

失血時，HB ↓ SvO2 ↓ ↓ ↓，但血紅素氧和能力正常，Saturation 氧和能力，所以不會掉；另外，CO、cyanide 中毒，Saturation 也不會掉 SaO2(100%！)

- ✓ 出血量評估：1 片 pad 約 100ml，一盒 5 片 pad 500ml；1 片小白紗(4*4cm)約 25ml，一盒 10 片 250ml，Suction bottle，Drainage (NG、Foley、VB、PCN 等)

- ✓ 除 BP、HR 以外，有其他可以評估 Hemodynamic 的工具嗎？

PICCO、IVC diameter、CV/RV volume (Heart echo)、A-line、Swan-Gunz：肺楔形壓力；CVC：不準，只有 50% sensitivity，差值可以看 Fluid status

BRONCHOSPASM	LARYNGOSPASM
Expiratory and accompanied by a wheeze or croup	Inspiratory usually accompanied by a stridor
Accessory muscles of respiration	Indrawing of the intercostals suprasternal notch present
Expiration is prolonged	Not prolonged
Cyanosis is slow to develop	Develops rapidly

	Class of haemorrhagic shock			
	I	II	III	IV
Blood loss (mL)	Up to 750	750-1500	1500-2000	> 2000
Blood loss (% blood volume)	Up to 15	15-30	30-40	> 40
Pulse rate (per minute)	< 100	100-120	120-140	> 140
Blood pressure	Normal	Normal	Decreased	Decreased
Pulse pressure (mm Hg)	Normal or increased	Decreased	Decreased	Decreased
Respiratory rate (per minute)	14-20	20-30	30-40	> 35
Urine output (mL/hour)	> 30	20-30	5-15	Negligible
Central nervous system/mental status	Slightly anxious	Mildly anxious	Anxious, confused	Confused, lethargic

- ✓ **Maximum Allowable Blood Loss (ABL, 可容許出血量)**：當出血量小於 ABL，可不用輸血！輸液即可；**出血量公式**=(Hct 術前-Hct 測定值) ×BV/Hct 術前
手術病人 HB 標準值：Condition 好，Keep HB ≥ 6-8；Condition 不好(CAD、CVA、老年等)，Keep HB ≥ 9-10；Hct=HB*3(近似值)
舉例來說：一個病人 50kg，3500ml 血液，我們希望最終 HB 可以 keep ≥ 10，所以假設初始 HB=12/Hct=36，在流失 X ml 血液後，HB=10/Hct=30，
→ $X = (36-30)/36 * 3500 = 583 \text{ ml}$ = 可容許出血量，意即出血 583ml 以下，可以不用叫血，補體液即可；出血>583ml 以上再叫血，使 Terminal HB level ≥ 10
- ✓ **各項血品**：pRBC：補 HB；FFP：補 Coagulant factor；WB：補血球、血漿，但不補 Coagulant factor(因沒有經過冷凍過程)
捐血 250ml → 100ml FFP+150ml pRBC；大袋(2U)，捐 500ml；小袋(1U)，捐 250ml
- ✓ pRBC 1U= 150ml；FFP 1U = 100ml，要記得計入 I/O，限水的病人要小心不能一次輸太多血，會喘 → TACO/TRALI

Hypoxemia (低血氧濃度)

- ✓ 定義：**PaO₂ < 80 mmHg(主要)** or SaO₂ < 94% (Saturation=氧合能力=SaO₂)
※ SaO₂ 下降至 90%時，PaO₂ 已小於 60mmHg，相當危險
- ✓ **PaO₂ 速算法**：PaO₂ = FiO₂ * 5，Max PaO₂ 為 500mmHg
- ✓ 成因：Decreased FiO₂、Hypoventilation、VQ mismatch、Increased O₂ utilization by tissue、Tissue hypoxia
- ✓ **SaO₂的限制**：無法反應 SaO₂ = 100%時的 PaO₂ (SaO₂ 100% = PaO₂ 100-500 mmHg)
FiO₂>20%，則使用 SaO₂無法監測出上述情形，因為在血紅素完全飽和後 (SaO₂=100%)，SaO₂和 PaO₂不再有一對一的對應關係，沒有鑑別力。(見右圖)
例如：給予病人 FiO₂ 50%，PaO₂ 正常值=50*5 = 250mmHg。若病人肺部發生某些問題導致 PaO₂降至 120mmHg，此時 SaO₂仍維持 100%沒有變化，我們無法從 SaO₂的值看出異常，只能確定仍在安全值範圍
→ 因此臨床上懷疑病人有異常，仍需抽 GAS 分析 PaO₂及評估臨床症狀，而非以為 SaO₂正常就沒問題

PaO ₂ (mmHg, 氧氣分壓)	SaO ₂ (%, 飽和度)
500	100
250	100
100	100
80	94
60	90
40	75
27	50

惡性高熱(Malignant hyperthermia, MH)：發生率 0.003-0.01%，致死率 80%，若無解藥 Dantrolene，死亡率 50%，

- ✓ 常見藥物：氣體麻醉藥(Isoflurane、Desflurane、Sevoflurane)及 Succinylcholine(Anectin)，最易惡性高熱，為氣體麻醉藥的 3-5 倍)
- ✓ 機轉：體染色體顯性遺傳疾病(RYR1 基因異常)，導致骨骼肌內質網無法回收鈣離子，使肌肉不斷產熱，不處理致死率 70-80%
- ✓ 診斷方式：**EtCO₂ 不明原因升高(主要診斷依據, EtCO₂ > 60 mmHg, 處理無反應就要小心)**、肌肉僵硬、心跳快、呼吸喘、BP↓、酸血症
First sign of MH：Hypercapnia(30.7%)、Masseter spasm(24.8%，咀嚼肌痙攣)、Sinus tachycardia(21.1%)
- ✓ 處理方式(無特定處理之優先順序，最重要是去除惡性高熱原因及給 Dantrolene)：
 - 去除產生惡性高熱的原因(關掉氣體麻醉藥，且務必更換管路，因氣體麻醉藥會殘留在原呼吸器裡)
 - **給緩解藥物 Dantrolene**，2-3 mg/kg IV push，每五分鐘追加，最高至 10mg/kg (此時不可注射 CCB)，每瓶 Dantrolene 含 3g Mannitol，建議從 CVC 給
 - 降體溫：給予冷的 IVF、冷水清洗病患體腔、再病患身旁放置冰袋、降低溫毯溫度
 - 洗出過多的 CO₂：Hyperventilation (>10ml/min) with 100% O₂
 - 矯正 Acidemia：給 Jusomine (若無 Gas data，給予 1~2 mEq/kg)
 - 矯正 Hyperkalemia：增加 Ventilation、給 Jusomine & Glucose + RI、給 Calcium gluconate
 - 持續監測 24-48hr：EtCO₂、ABG、K⁺、Ca²⁺、CK、Myoglobin、Thyroid function、U/O、PT/APTT