

## 出國報告(短期進修)

# 美國杜克大學醫學中心短期進修心得報告

服務機關：臺中榮民總醫院呼吸治療科

姓名職稱：呼吸治療師 李佩雅

派赴國家/地區：美國/北卡羅來納州/德罕

出國期間：113 年 10 月 12 日至 113 年 11 月 10 日

報告日期：113 年 12 月 10 日

## 摘 要

杜克大學醫學中心(Duke University Medical Center)是一家全方位服務的三級和四級照護醫院，被《美國新聞與世界報導》評為美國 2024-2025 年最佳醫院之一。杜克大學醫學中心的呼吸照護服務（RCS）以其專業與科學的呼吸照護技術，以及創新和追求卓越的願景，成為美國呼吸治療照護的標杆之一。

職於 113.10.12~113.11.10 至美國杜克大學醫學中心進修，此次進修學習的單位是 MICU，在進修期間主要是由呼吸治療師指導學習，進修學習與觀摩內容包括杜克大學醫院加護病房的動線規劃與環境配置，電腦作業系統 EPIC，呼吸治療師在加護病房的重症照護角色，與醫療團隊間如何進行跨領域合作與全人照護，並且學習不同疾病的呼吸照護技巧以及運用新型呼吸器與設備執行呼吸治療照護。在杜克大學醫學中心進修期間深刻體會到以病人為中心的各種軟硬體規劃以及利用各種先進設備使病人能在更安全的醫療環境中接受專業治療與復原，進而提升了病人的照護品質。

關鍵字：呼吸治療照護

## 目 次

|              |    |
|--------------|----|
| 一、 目的.....   | 1  |
| 二、 過程.....   | 1  |
| 三、 心得.....   | 23 |
| 四、 建議事項..... | 24 |
| 五、 附錄.....   | 25 |

## 一、 目的

杜克大學醫學中心(Duke University Medical Center)是一家全方位服務的三級和四級照護醫院，被《美國新聞與世界報導》評為美國 2024-2025 年最佳醫院之一。杜克大學醫學中心，擁有 1062 張病床、65 間手術室以及全面的診斷和醫療設備，包括急診與創傷中心、內視鏡手術中心等。杜克大學醫學中心在心臟科、胸腔科、癌症照護、器官移植照護、耳鼻喉科、胃腸科、老年醫學、神經科等 11 大專業領域都有卓越的照護成果並獲得美國全國排名。

杜克大學醫學中心的呼吸照護服務（RCS），由 160 名團隊成員組成，除了提供專業與科學的呼吸治療照護外，以創新和追求卓越的願景，成為美國呼吸治療照護的標杆之一。杜克大學醫學中心的呼吸治療師在當地社區提供有關呼吸照護相關主題的教育計劃、並積極參與由美國專業組織贊助的教育計劃和與美國胸腔科醫師學會合作舉辦呼吸照護研討會，擁有相當豐富的教學經驗。希望藉由此次短期進修能學習呼吸治療師在加護病房重症照護中所扮演的角色，學習呼吸治療師的設備與專業照護技能，做為本科未來發展的參考。

## 二、 過程

### (一) 杜克大學醫學中心(Duke University Medical Center)

杜克大學醫學中心位於美國東岸北卡羅來納州(North Carolina)德罕市(Durham) 的杜克大學校園內是一所頂尖醫療機構，提供專業的醫療照護、教育和醫學研究。在北卡羅來納州醫院中排名第一，被《美國新聞與世界報導》評為美國 2024-2025 年最佳醫院之一。

杜克大學醫學中心院區廣闊，包括：杜克大學醫院（Duke University Hospital）、杜克醫學館(Duke Medicine Pavilion)、杜克兒童醫院和健康中心(Duke Children's Hospital and Health Center)、杜克癌症中心(Duke Cancer Center)、杜克診所（Duke Clinic）。為方便就醫民眾停車，因而在杜克大學醫院、杜克醫學館、杜克癌症中心和杜克診所的入口處有提供代客泊車服務，提供就醫或行動不便的民眾，除了立體停車場外，另一種停車的選擇。Duke Transit 為學生、員工、病患和訪客提供前往杜克大學醫學中心或校園的免費巴士服務。

### (二) 杜克醫學館（Duke Medicine Pavilion，DMP）

此次進修的 MICU（8 West）位於杜克醫學館（Duke Medicine Pavilion，DMP）的 8 樓。進入杜克醫學館的第一印象，像是來到藝術展覽館，空間開闊，環境明亮舒適，牆面有藝術作品展示與簡介，每個轉角或交叉口處，動線標示清楚且統一都是白底黑字灰框，即使院區廣闊也方便尋找地點。

杜克醫學館是杜克大學醫學中心的重症照護和外科照護專區，共有 160 間重症照護單間病房和 16 間手術室，其中核磁共振中心（MRI）、電腦斷層掃描中心(CT)和介入性影像科等亦在同一棟大樓內，方便病患進行檢查與處置。杜克醫學館建築採用自然採光井以及空間開闊的單間病房和訪客休息區為病患及訪客提供了一流的醫療保健體驗。



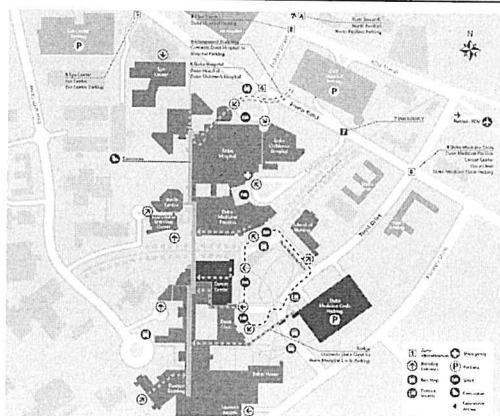


杜克大學醫學中心



Ranked among the nation's best hospitals and #1 in NC

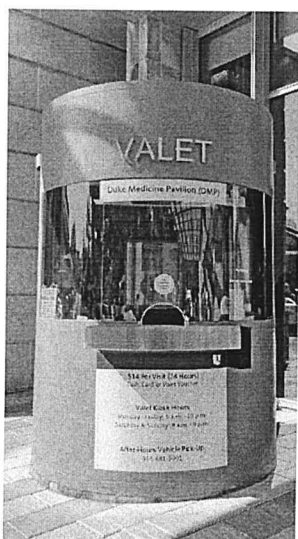
杜克大學醫學中心在北卡羅來納州醫院中排名第一，並被評為美國最佳醫院之一。



杜克大學醫學中心平面圖



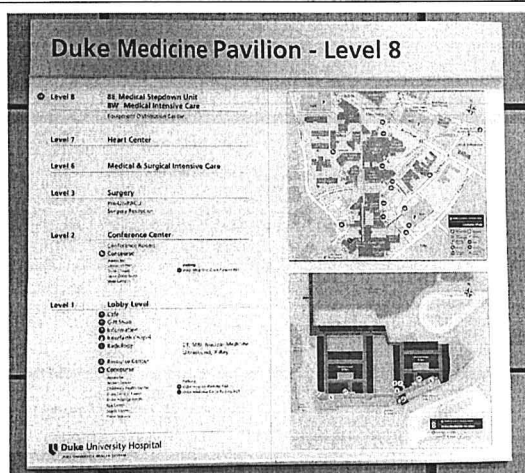
杜克醫學館 (Duke Medicine Pavilion)



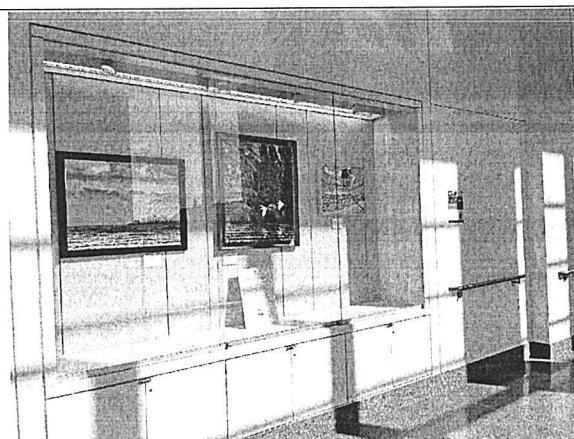
醫院大門入口處提供代客泊車服務



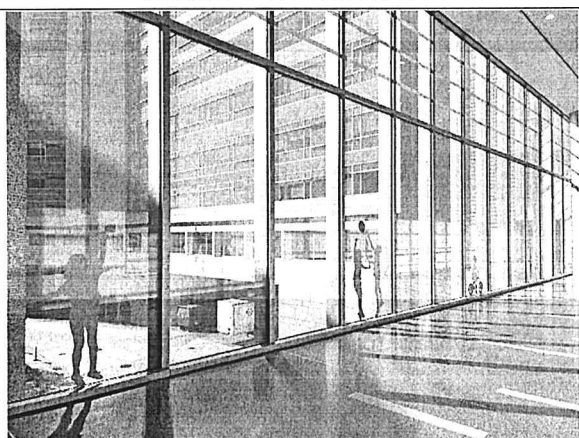
Duke Transit  
前往醫院或校區的免費公車



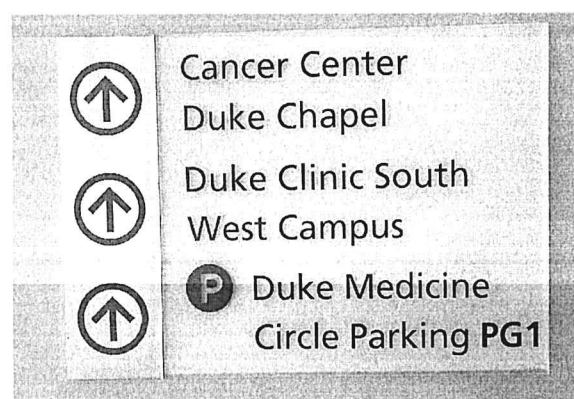
杜克醫學館 樓層標示



走廊設有藝術作品展示窗



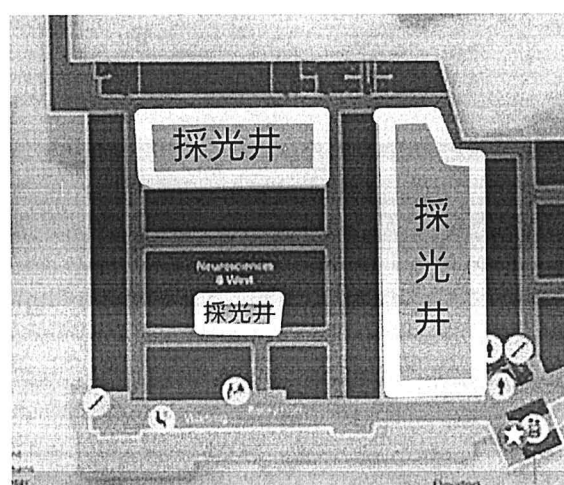
醫院建築採用大量玻璃設計，採光明亮



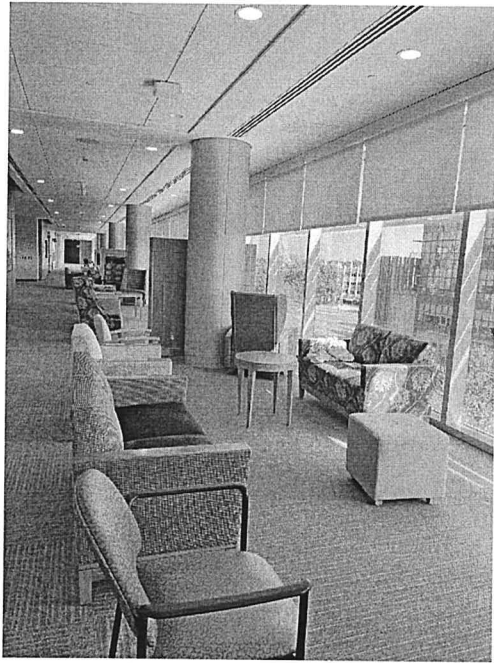
動線標示清楚且統一都是白底黑字



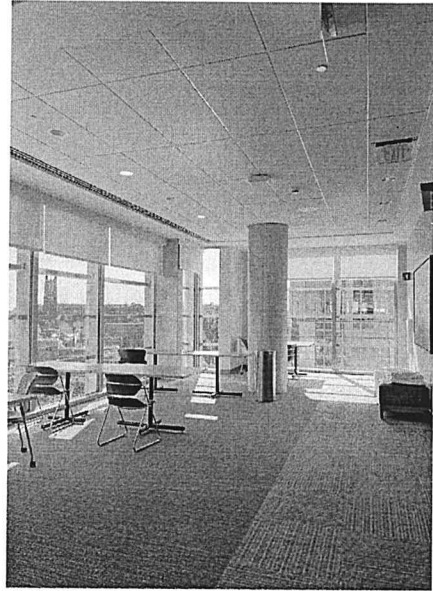
醫院建築內的自然採光井



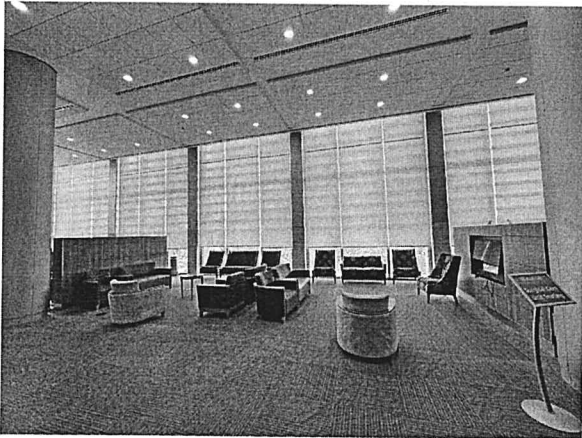
醫院建築內的自然採光井位置圖  
MICU 每個空間都有自然採光



加護病房外的訪客休息區  
有電視牆且明亮舒適



加護病房外的員工休息區，採光明亮



恢復室的家屬等候區  
有電視牆且空間開闊

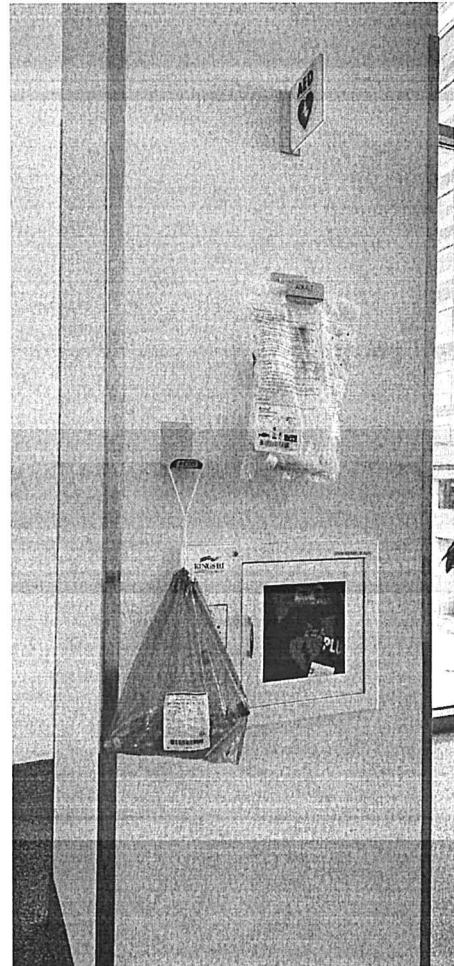


醫院提供免費口罩  
給有上呼吸道症狀者取用



滅火器與逃生標誌皆在高處，方便辨識

滅火器置於牆面且靠近出入口處



AED 的標誌在高處，方便辨識

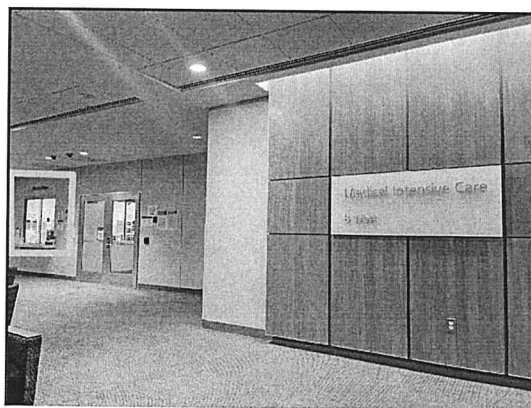
同時備有成人和小兒甦醒球與面罩

### (三) MICU

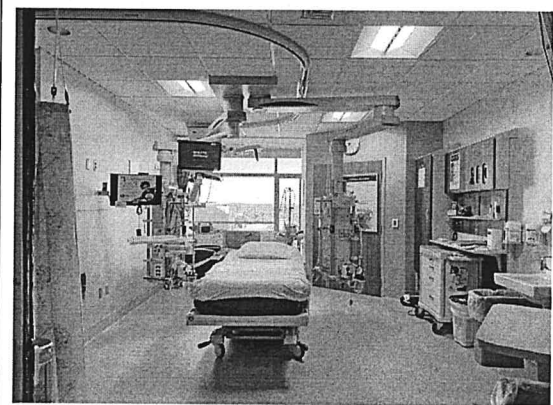
MICU 共 32 床單間病房，主要收治非神經重症的內科病患。其中(13~20 床)8 間屬於有前室的標準隔離病房並可調整正壓或負壓隔離，有感染的病患可直接在 MICU 內隔離。本院加護病房有前室的正壓或負壓標準隔離病房在 CVCU、ICU2 和 NSCU，其他區域的重症隔離病患須轉床至這三區進行隔離，有時須跨棟轉送病患進行隔離。MICU 的藥物和器材都有獨立的儲藏空間，且有門禁管制，需刷識別證才能進入各個儲藏空間。以 RT 為例，MICU 使用呼吸器比率約總床數的 1/2，每班各由兩位呼吸治療師負責臨床照護，並有專屬的 RT 工作室且每人各有一台桌上型電腦，臨床上亦配備有 2 台專屬行動電腦工作車，提供 RT 在 beside 進行呼吸治療的臨床照護作業與紀錄。行動電腦工作車上有配備條碼掃描器方便執行病患辨識與吸入性藥物治療。RT 的工作室內有床位白板標示使用呼吸器、非侵襲性呼吸器與 heated high flow humidified nasal cannula 的床位，在床位號碼欄位內可特別註記隔離的病人，例如:TB 或 COVID-19。或標示特殊的治療，例如:iNO、ECMO 或 Prone。也會標示氣切與氣切大小，讓接班的 RT 一目了然。如遇到緊急情況，亦可讓協助的同仁



立即知道有使用呼吸器的床位，並協助緊急應變與疏散。MICU 有提供放置呼吸器與相關器材和耗材的儲藏空間，備用的呼吸器會組裝上新的呼吸器管路並插上電源充電備用。物料放置在層架上，以透明置物盒分門別類收納並標誌名稱，讓使用者一目了然，方便取用。MICU 須要計價的物料會存放在 clean supply room，使用電子化的物品管理櫃進行庫房自動化管理，輸入 ID 與指紋進入電腦計價系統完成計價與取用，方便耗材之管理與補充。MICU 使用相同廠牌同一型號之侵襲性呼吸器(Servo-u)與非侵襲性呼吸器(HAMILTON-C1)，增加臨床人員在呼吸器上的熟悉度，以維護病患安全。病房採用雙懸臂設計，讓電線管路不落地，呼吸器不固定在懸臂上，會視患者須求再從庫房推至病房單位使用，增加呼吸器的使用效率。加護病房整體環境雖然繁忙但安靜，觀察發現設備的輪子皆採用靜音輪，所以在移動時不會產生噪音，且單位內於入口處、病房門上與電腦的螢幕保護程式畫面都有靜音提醒標誌，以確保病患能在安靜舒適的醫療環境中接受治療。



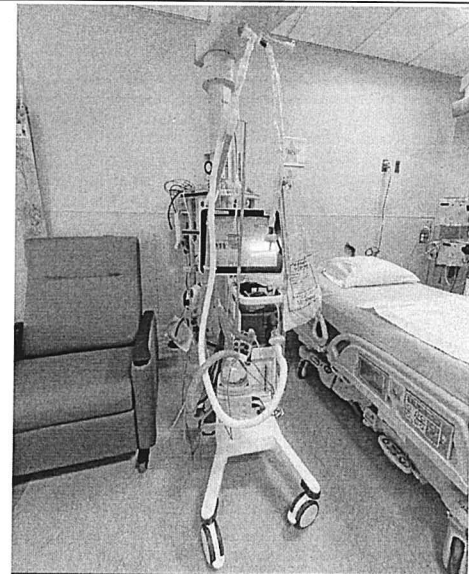
MICU 的接待處  
登記陪客資料



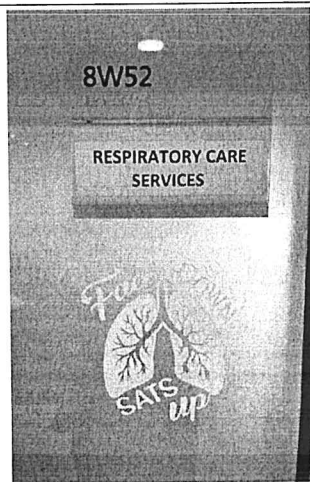
病房採用雙懸臂設計  
空間開闊，採光明亮  
設有家屬陪客沙發和衛浴設備



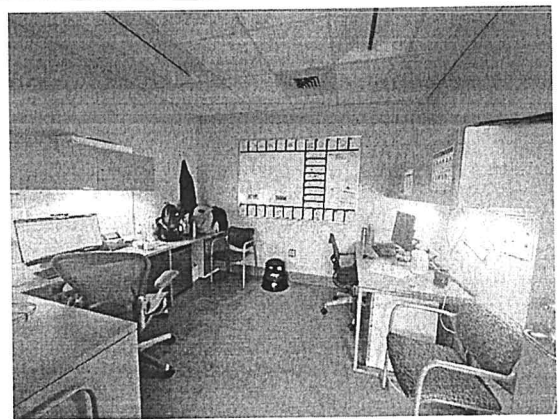
病房設有手套、口罩、隔離衣收納櫃  
方便臨床人員取用



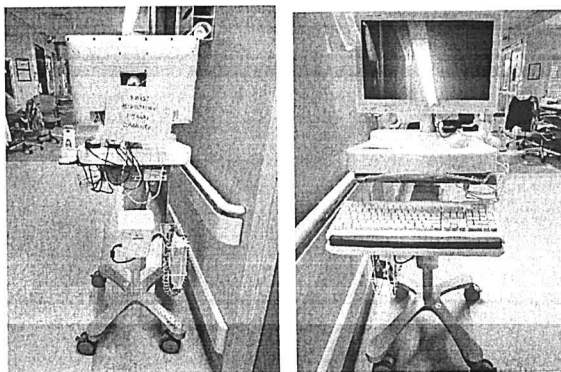
呼吸器不固定在懸臂上  
視患者須求，從 MICU 庫房推至病房使用



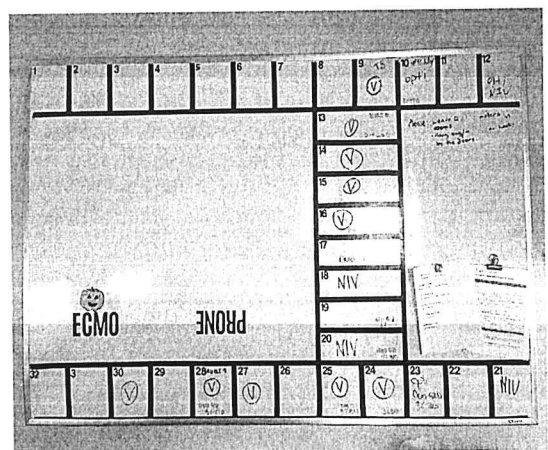
MICU 的 RT 專屬工作室



RT 工作室  
配備兩台桌上型電腦



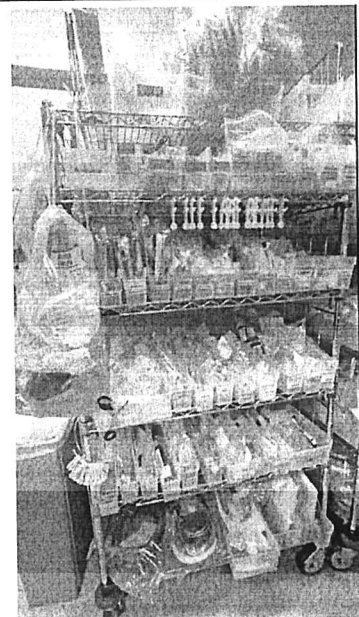
RT 配備有 2 台專屬行動電腦工作車  
(本院 RT 照護範圍常須跨棟或不同樓層  
執行臨床照護與 trouble shooting，故使用  
iPad 執行臨床照護與呼吸器紀錄)



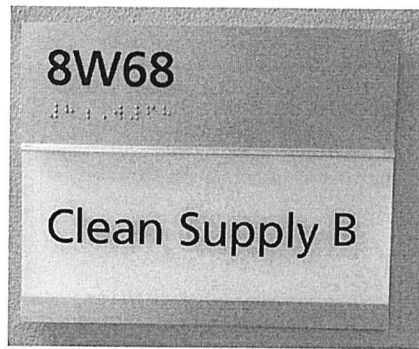
RT 的工作室內有 MICU 床位白板  
註記呼吸器類型與特殊交班事項



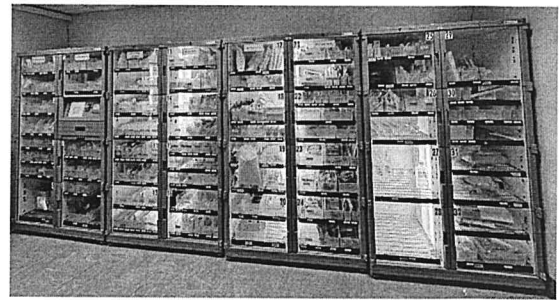
庫房放置備用呼吸器(Servo-u)與  
非侵襲性呼吸器(HAMILTON-C1)  
並插上電源充電



層架放置呼吸照護相關物料  
以透明置物盒分門別類收納



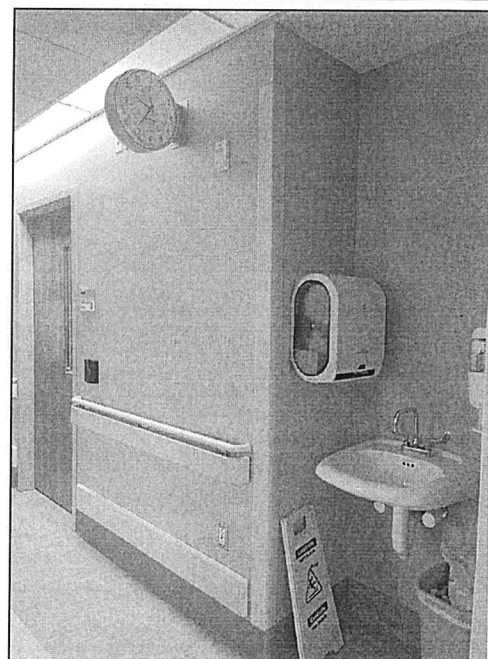
計價物料的儲藏空間  
設有門禁，須刷識別證才能進入



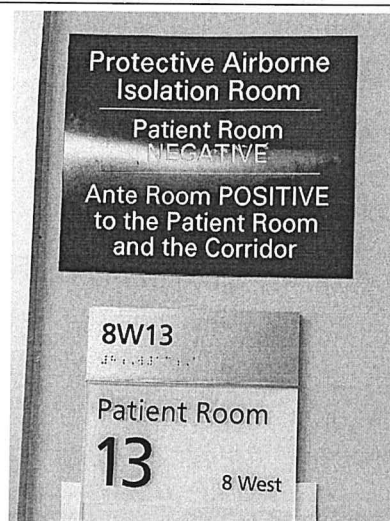
電子化的物品管理櫃  
電腦計價系統直接完成計價與取用，  
方便耗材之管理與補充



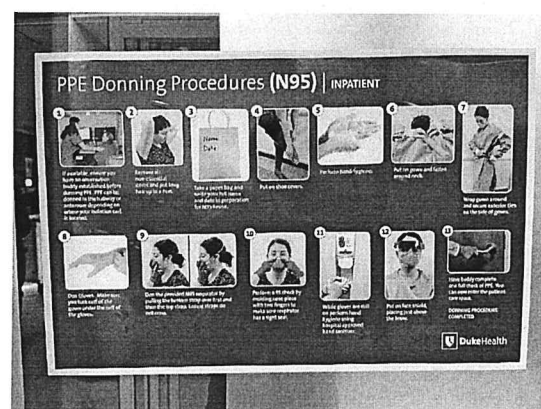
MICU 大門入口處的靜音提醒



走廊設有濕洗手與乾洗手設備  
方便臨床人員隨時遵守感控原則

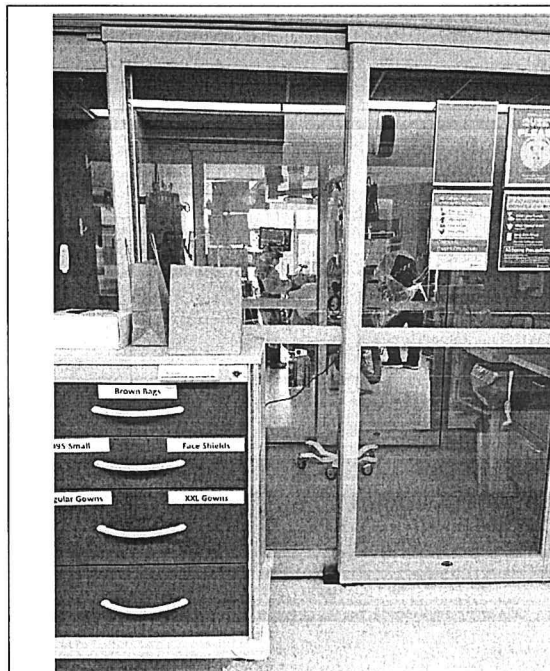


可切換正壓或負壓的標準隔離病房



隔離病房門上張貼 PPE 之穿戴步驟  
讓臨床人員清楚應執行之感控措施





TB 隔離病房外放置隔離物品工作車  
抽屜內備有 N95 口罩、手套、  
隔離衣、護目罩、醫療用髮帽



隔離病房的門上置放感控提醒標誌與  
須執行的感控措施，一目了然，  
確保病患與臨床人員的安全

#### (四) MICU 相關臨床知識討論與學習

##### 1. 交班與查房

呼吸治療師採 12 小時上班制度，交班時間通常安排在上班前 15 分鐘在 RT 工作室交班，RT 會使用交班單或電腦進行交班，交班單由 EPIC 電子病歷系統生成，內容包括床位、病患姓名、診斷、入院經過與病程、目前呼吸器設定、特殊治療等，交班單的生成內容，可由 RT 自行選擇。每台桌上型電腦或行動電腦工作車皆配備有感應式讀卡機，臨床人員使用識別證感應進行身份驗證同時登錄 EPIC 電子病歷系統，相當快速並且簡化了身份驗證流程，減少須頻繁輸入密碼與重置密碼而浪費臨床寶貴的工作時間，登出 EPIC 電子病歷系統只須按 F4 或再感應一次即可登出，相當方便且提高醫院工作流程的安全性。

MICU 由 3 名主治醫師各自組成 3 組醫療團隊照護病患，MICU 的主治醫師皆為胸腔重症專科出身，早上團隊查房包括：主治醫師、住院醫師、NP、護理師、呼吸治療師與常駐藥師，查房由住院醫師或 NP 開始報告病人的病史與前一天的狀況，以各系統(神經、呼吸、消化等)條例報告問題及處置，之後護理師會報告照護時所發現的問題，呼吸治療師會視臨床情況主動跟有使用呼吸器病患的查房，並報告目前的設定、調整呼吸器模式或設定的原因、執行 SBT 或測量 cuff leak test 的結果。藥師則是會在聽取病況後，建議停用不必要的藥物。主治醫師在聽取各職類的報告後會統整成計畫。在 MICU 家屬可以 24 小時在病室內陪伴病患，早上 MICU 查房時，主治醫師與醫療團隊會先在病室外討論病患的病況與計畫，之後會進入病室內，先向病患與家屬自我介紹，解釋病患目前的情況與目前或預計執行



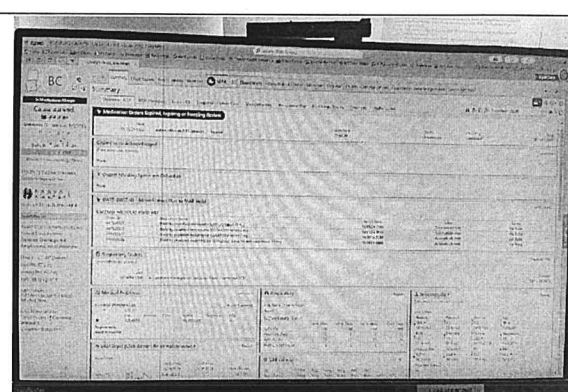
的治療計畫，之後會詢問病患與家屬的感受或是否有任何疑問，並針對疑問一一回答，最後在離開病室前，會再細心詢問他們是否還有疑問，以確保病患與家屬都能了解目前的病況與治療計畫。病患與家屬對於醫療團隊有高度的信任與正向的回饋，醫病關係良好。

## 2. RT flowsheets

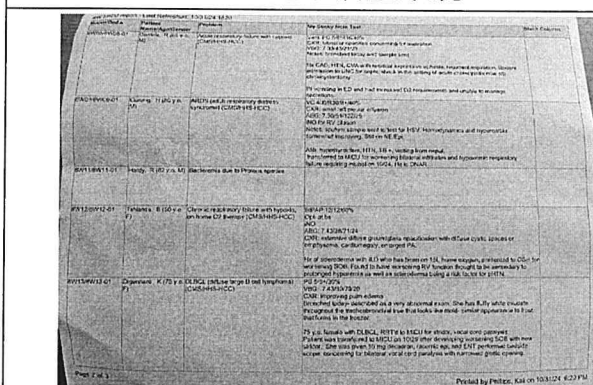
電腦作業系統 EPIC 的呼吸治療紀錄以病人為主，點選進入該病人畫面即可查詢或記錄醫療處置與紀錄。RT 的呼吸紀錄輸入身高後會自動計算帶入 VT 4 ml/kg、VT 6 ml/kg、VT 8 ml/kg 的潮氣容積數值，方便 RT 直接判斷目前病人潮氣容積的範圍。EPIC 作業系統以圖示方式顯示目前病人氣管插管、侵入性管路與傷口的位置與天數，一目了然，方便臨床人員交班與照護，以維護病人安全。



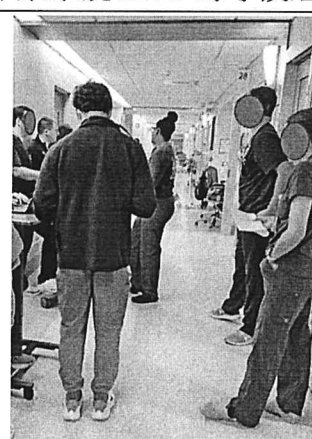
EPIC 電子病歷系統



電腦作業系統 EPIC 的呼吸治療紀錄



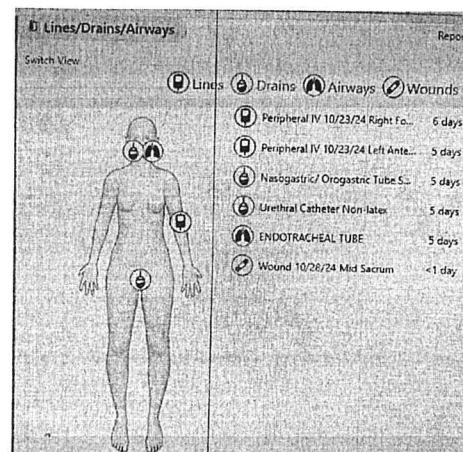
RT 交班單



MICU 醫療團隊查房

| Adult IBW/VT Calculations       |  |  |        |
|---------------------------------|--|--|--------|
| Height                          |  |  | 160 cm |
| IBW/kg (Calculated)             |  |  | 52.38  |
| Low Range Vt 4ml/Kg             |  |  | 209.52 |
| Adult Moderate Range Vt 6 ml/Kg |  |  | 314.28 |
| Adult High Range Vt 8ml/Kg      |  |  | 419.04 |

RT 紀錄直接依照身高帶入 VT 4 ml/kg、VT 6 ml/kg、VT 8 ml/kg 的潮氣容積數值



圖示顯示目前病人氣管插管、侵入性管路與傷口的位點與天數

### 3. oxygen administration

MICU 常見的氧氣治療有 NC，high flow bubble humidifier，heated high flow humidified nasal cannula 和 transtracheal oxygen therapy。

氧氣治療的適應症:

- ✓ 低血氧(Hypoxemia): $PaO_2 < 60\text{mmHg}$  或  $SaO_2 < 90\%$
- ✓ 急性期疑似低血氧
- ✓ 嚴重創傷
- ✓ 急性心肌梗塞
- ✓ 短期治療或手術治療時

氧氣治療的目標:

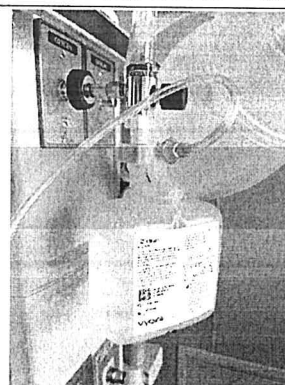
- ✓ 維持  $SpO_2$  90%~95% 或  $PaO_2$  55~80 mmHg。
- ✓ COPD 建議維持  $SpO_2$  88%~92%。
- ✓ 外科的病人術後 8 小時內建議維持  $SpO_2 \geq 94\%$ 。

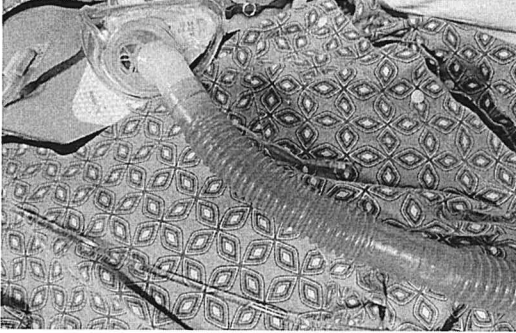
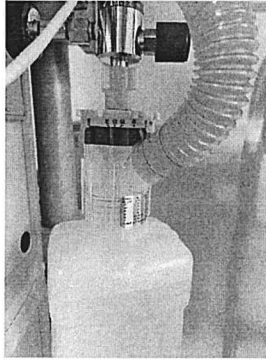
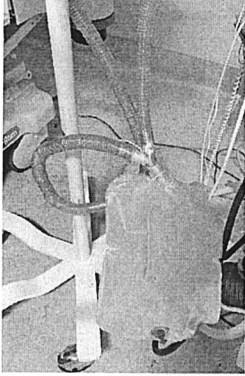
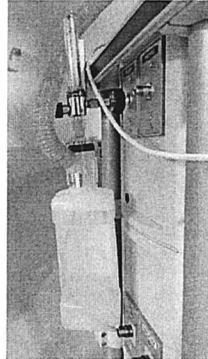
MICU 氧氣治療設備

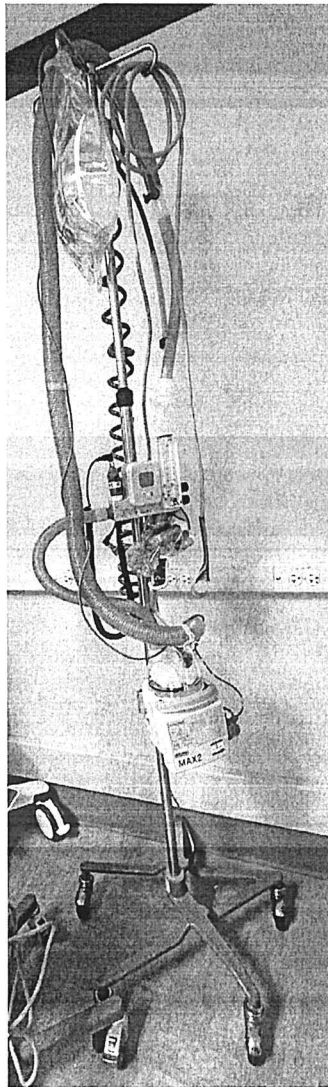
- ✓ NC 鼻導管與 high flow bubble humidifier

成人 NC 供氧 1~6 L/min，如流量  $\geq 4\text{L/min}$  須加裝濕化器。

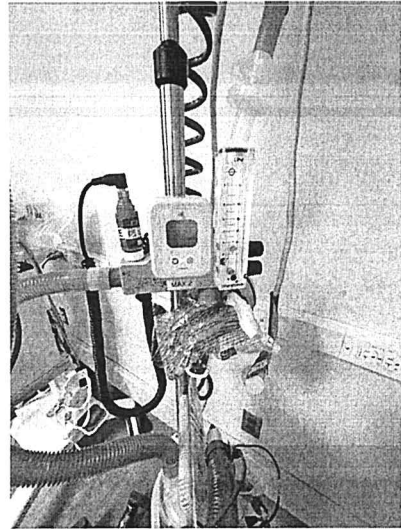
MICU 提供兩種濕化器。RT 會根據病患的病情與供氧情況提供適合的濕化器。



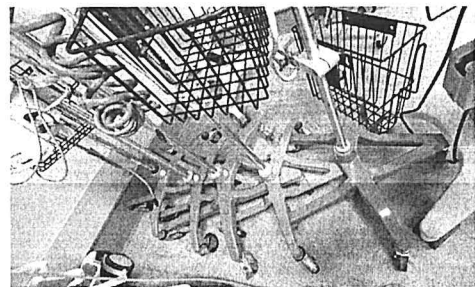
|                                                                                                                                         |                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>6 psi 安全閥<br/>無菌蒸餾水須每天更換</p>                                                                                                         | <p>4 psi 安全閥<br/>一體成形，500ml 無菌蒸餾水用完再更換新瓶</p>                                                                                       |
| <p>✓ transtracheal oxygen therapy<br/>MICU 氣切的病人使用氧氣時，須加裝 1000ml 無菌蒸餾水濕化器，以防呼吸道損傷，當須要高濃度氧氣時，在管路中間會加裝儲氣袋，以提供穩定的高濃度氧氣。</p>                |                                                                                                                                    |
|  <p>氣切的病人使用氧氣時，可接發聲閥並同時移除氣切氣囊空氣，方便病人溝通。</p>            |  <p>1000ml 無菌蒸餾水濕化器</p>                          |
|  <p>管路加裝儲氣袋<br/>提供穩定的高濃度氧氣</p>                        |  <p>1000ml 無菌蒸餾水濕化器<br/>(一體成形，無菌蒸餾水用完更換新瓶)</p> |
| <p>✓ heated high flow humidified nasal cannula(高流量加溫濕化鼻套管)<br/>在 MICU 當病人的氧合無法達到目標值，會更換成高流量加溫濕化鼻套管，氧氣流量範圍為 1~70L/min，供氧濃度為 21~100%。</p> |                                                                                                                                    |



高流量加溫濕化鼻套管提供高濃度氧氣



高流量加溫濕化鼻套管可測量氧氣濃度



腳架設計方便在庫房存放  
優化庫房空間管理

#### 4. Mechanical ventilation protocol

RT 依照使用呼吸器的臨床指引為病患設定與調整呼吸器。

維持目標:

- ✓ PH 7.2~7.45 (neuro ICU 的病人則維持 7.3~7.45)
- ✓ PaO<sub>2</sub> 55~80 mmHg (SpO<sub>2</sub> 88~95%)
- ✓ Neuro ICU PaO<sub>2</sub> 65~100 mmHg (SpO<sub>2</sub> 90~98%)
- ✓ Pplat ≤ 30 cmH<sub>2</sub>O
- ✓ Drive pressure (DP=Pplat-PEEP) ≤ 15 cmH<sub>2</sub>O
- ✓ VT 4~8 mL /kg ( ideal body weight)
- ✓ 盡量減少鎮靜須求並達到病患與呼吸器最大的同步

根據 ARDSnet 建議「PEEP 與 FiO<sub>2</sub> 的調整原則」, 如何選擇 low PEEP 或 high PEEP

- ✓ 初使用呼吸器 f/u ABG: PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ≥ 200 , 建議選擇 Low PEEP 或顱內損傷(intracranial injury)的病患, 也建議選擇 Low PEEP。

**Lower PEEP/higher FiO<sub>2</sub>**

|                        |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>FiO<sub>2</sub></b> | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.7 |
| <b>PEEP</b>            | 5   | 5   | 8   | 8   | 10  | 10  | 10  | 12  |

|                        |     |     |     |     |     |       |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| <b>FiO<sub>2</sub></b> | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 1.0   |
| <b>PEEP</b>            | 14  | 14  | 14  | 16  | 18  | 18-24 |

- ✓ 初使用呼吸器 f/u ABG: PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> < 200 , 建議選擇 High PEEP。

**Higher PEEP/lower FiO<sub>2</sub>**

|                        |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>FiO<sub>2</sub></b> | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.5 |
| <b>PEEP</b>            | 5   | 8   | 10  | 12  | 14  | 14  | 16  | 16  |

|                        |     |         |     |     |     |     |
|------------------------|-----|---------|-----|-----|-----|-----|
| <b>FiO<sub>2</sub></b> | 0.5 | 0.5-0.8 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.0 |
| <b>PEEP</b>            | 18  | 20      | 22  | 22  | 22  | 24  |

- ✓ 另一種選擇 low PEEP 或 high PEEP 的方法

1. control mode(病患 no effort) PEEP=10 cmH<sub>2</sub>O 持續 10 分鐘後測量 dynamic compliance (C<sub>dyn</sub>= VT/ peak P-PEEP)
2. 調整 PEEP=15 持續 10 分鐘後測量 C<sub>dyn</sub>
3. 如果 C<sub>dyn</sub> 沒有改變或變差, 建議選擇 low PEEP。如果 C<sub>dyn</sub> 有改善, 則建議選擇 high PEEP。

| FiO <sub>2</sub> ↕ | Low PEEP↕ | High PEEP↕ |
|--------------------|-----------|------------|
| 0.3↕               | 5↕        | 8~14↕      |
| 0.4↕               | 5~8↕      | 14~16↕     |
| 0.5↕               | 8~10↕     | 16~20↕     |
| 0.6↕               | 10↕       | 20↕        |
| 0.7↕               | 10~14↕    | 20↕        |
| 0.8↕               | 14↕       | 20~22↕     |
| 0.9↕               | 14~18↕    | 22↕        |
| 1.0↕               | 18~24↕    | 22~24↕     |

## 5. 氮氧混合氣體 (heliox) 治療

MICU 病患因喘鳴(Stridor)和呼吸道阻塞, 執行氣管插管以維持氣道並使用呼吸器, 後續因病情改善, 考慮拔管, 執行 SBT 通過, 但氣囊漏氣試驗(cuff-leak test)沒有通過, 所以給予 steroid, 主治醫師表示如果拔管有風險, 預計到開刀房拔管, 所以會診 ENT, ENT 醫師依照 neck 電腦斷層結果表示病患無困難插管的風險, 不須到開刀房執行拔管, 建議如果氣囊漏氣試驗有通過, 可以在 MICU 醫療團隊評估下拔管。後續執行氣囊漏氣試驗有通過, 主治醫師表示在拔管前準備氮氧混合氣體 (heliox) 備用。本院對於困難插管的病患須拔管時, 可會診 ENT 醫師評估氣道, 或於拔管時備妥急救車並請 ENT 醫師在加護病房適時支援重插管, 以確保病



人安全。

杜克大學醫院使用的氮氧混合氣體是 80% Helium 加 20% Oxygen 的混合氣體，80/20 Heliox 校正係數為 1.8，所以氧氣流量錶指示 10 L/min，實際為 18 L/min。使用氮氧混合氣體的設備有：呼吸器、partial rebreathing mask 和 high flow high humidity devices。

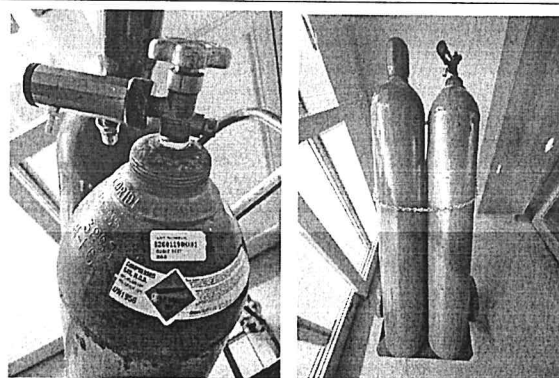
使用氮氧混合氣體的適應症有：為降低氣道阻力、減少呼吸功(work of breathing)、降低 PaCO<sub>2</sub>、改善 auto PEEP 或 intrinsic PEEP。成人有上呼吸道阻塞、拔管後呼吸困難、COPD 或 asthma 的病患，亦可使用氮氧混合氣體。

使用氮氧混合氣體須每 6 小時評估與監測：心跳、呼吸速率、Modified Pulmonary Index Score、血壓、呼吸音、呼吸做功與血氧飽和度。使用氮氧混合氣體 10~20 分鐘後，須評估治療效果；心跳或呼吸速率減少、血氧飽和度增加、呼吸做功減少、呼吸音改善、Modified Pulmonary Index Score 指數下降。如果病患在使用氮氧混合氣體後症狀沒有改善，須與醫師討論是否停止氮氧混合氣體治療。

| Age ≥6 Years |                  |          |          |     |                         |               |
|--------------|------------------|----------|----------|-----|-------------------------|---------------|
| Points       | SpO <sub>2</sub> | Access   | Musc Use | I:E | Wheeze                  | HR RR         |
| 0            | >95%             | None     |          | 2:1 | None; Good Aeration     | ≤100 ≤20      |
| 1            | 93-95%           | Mild     |          | 1:1 | End Exp                 | 101-120 21-35 |
| 2            | 90-92%           | Moderate |          | 1:2 | Insp/Exp; Good Aeration | 121-140 36-50 |
| 3            | <90%             | Severe   |          | 1:3 | Insp/Exp; Poor Aeration | >140 >50      |

- MPIS <7 Mild exacerbation
- MPIS 7-10 Moderate exacerbation
- MPIS ≥10 Severe exacerbation

Modified Pulmonary Index Score



80/20 氮氧混合氣(Heliox)鋼瓶

## 6. 吸入性一氧化氮 (inhaled nitric oxide, iNO) 治療

MICU 病患因肺囊蟲肺炎合併 ARDS 引起嚴重低血氧的呼吸衰竭故插管連接呼吸器使用，因重度 ARDS 經醫療團隊評估使用吸入性一氧化氮 (inhaled nitric oxide, iNO) 治療。病患 iNO 治療起始劑量為 20 ppm，當病患的血液動力學和低血氧的情況有改善，醫療團隊逐步調降 iNO 的治療劑量，使用 2 天的吸入性一氧化氮治療後，病患的動脈內氧氣的壓力(PaO<sub>2</sub>)與血氧飽和度(SpO<sub>2</sub>)有明顯改善，經醫療團隊評估後停止 iNO 治療。

杜克大學醫院針對成人使用吸入性一氧化氮 (inhaled nitric oxide, iNO) 治療的臨床指引：

適應症：

建議成人如有：右心室功能不全(right ventricular dysfunction)、肺動脈高壓或重度 ARDS，可以考慮使用吸入性一氧化氮治療。

作用原理：

吸入性一氧化氮是一種選擇性肺血管擴張劑，可以擴張良好通氣的肺組織的周邊血管，改善通氣灌流配合度 (V/Q match)，增進動脈血氧，並降低肺動脈高壓，但

不會造成全身低血壓。

在使用吸入性一氧化氮治療 4 小時之後，如臨床症狀與監測數據沒有改善，醫療團隊須考慮停止吸入性一氧化氮的治療。

治療目標:

吸入性一氧化氮的治療目標有:降低肺動脈壓力，維持動脈內氧氣的壓力(PaO<sub>2</sub>)大於 55mmHg 或血氧飽和度(SpO<sub>2</sub>)大於 90%。

副作用:

須注意監測是否有副作用發生，例如: 變性血紅素血症(Methemoglobinemia)造成低血氧，當變性血紅素大於 7%，須調降吸入性一氧化氮的濃度或終止 iNO 治療。亦須監測二氧化氮 (nitrogen dioxide, NO<sub>2</sub>) 的濃度，當 NO<sub>2</sub> 濃度大於 1.5 ppm 會引起氣道發炎反應。

當符合以下情況，可考慮開始脫離(wean) 吸入性一氧化氮的治療:

- ✓ 當開始吸入性一氧化氮的治療後，如動脈內氧氣的壓力(PaO<sub>2</sub>)大於 55mmHg 或血氧飽和度(SpO<sub>2</sub>)大於 90%，可優先調降 FiO<sub>2</sub>，當 FiO<sub>2</sub> 調至 ≤0.6，且能維持 PaO<sub>2</sub> 大於 55mmHg 持續 4 小時。
- ✓ 術後沒有使用 ECMO 的病人，術後 2 小時能維持穩定、沒有出血的情況(chest tube 引流量小於 100 ml/hr)且血液動力學穩定。
- ✓ 術後有 ECMO 的病人，術後能維持穩定持續 72 小時以上。

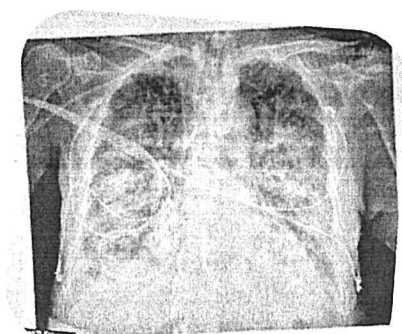
吸入性一氧化氮的治療濃度調整原則:

成人起始治療濃度為 20 ppm，調整原則有可依目前的一氧化氮濃度調高 2 倍濃度，但不超過 20 ppm。當症狀有改善，可依目前的一氧化氮濃度對半調降濃度。調整吸入性一氧化氮的濃度後，須密切監測血液動力學(肺動脈壓、CVP、CI)、血氧飽和度(SpO<sub>2</sub>)、混合靜脈血氧濃度( SvO<sub>2</sub>)和動脈血液氣體分析(Arterial blood gas analysis, ABG) P/F ratio。

吸入性一氧化氮治療的脫離(wean)原則:

| iNO (ppm) | 吸入性一氧化氮治療的脫離(wean)原則                                                                                                                                                       |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 20        | 成人起始治療濃度                                                                                                                                                                   |
| 10        | 觀察血液動力學有改善( SvO <sub>2</sub> 大於 60%、CVP 小於 15、CI 大於 2.0)和 SpO <sub>2</sub> 大於 90%或動脈血液氣體分析(Arterial blood gas analysis, ABG)的 P/F ratio 大於 200，可調降[iNO]至 10ppm，且維持穩定 60 分鐘 |
| 5         | 觀察血液動力學有改善和 SpO <sub>2</sub> 大於 90%或 ABG 的 P/F ratio 大於 200，可調降[iNO]至 5ppm，且維持穩定 60 分鐘                                                                                     |
| 4,3,2,1   | 觀察血液動力學有改善和 SpO <sub>2</sub> 大於 90%或 ABG 的 P/F ratio 大於 200，可在 2~4 小時內，逐次調降 1ppm。                                                                                          |
| 0.5       | 觀察血液動力學有改善和 SpO <sub>2</sub> 大於 90%或 ABG 的 P/F ratio 大於 200，可調降[iNO]至 0.5ppm，且維持穩定 60 分鐘                                                                                   |
| OFF       | 觀察血液動力學維持穩定、SpO <sub>2</sub> 或 P/F ratio 持續改善，可通知                                                                                                                          |

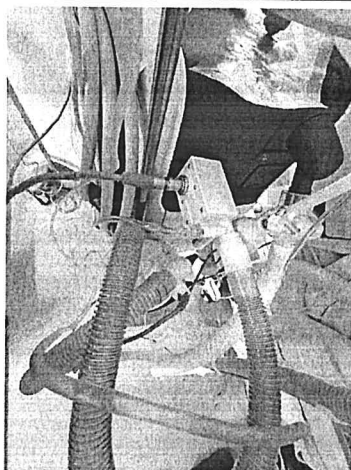
|                                                                                                                                                            |                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
|                                                                                                                                                            | 醫療團隊評估是否終止 iNO 治療或繼續觀察 60 分鐘再終止 iNO 治療 |
| ※提醒在調降 iNO 治療濃度期間，暫不調降呼吸器的 PEEP。                                                                                                                           |                                        |
| 在調降 iNO 濃度過程中，須注意 rebound(反彈現象):SpO <sub>2</sub> 小於 92%，P/F ratio 小於 200，肺動脈壓力增加 10 mmHg，SvO <sub>2</sub> 小於 60%，CVP 增加 5 mmHg 或 CVP 大於 15 mmHg，CI 小於 2.0。 |                                        |
| 當發生 rebound(反彈現象)時，可將 iNO 調回原濃度，並維持穩定 1~2 小時之後再嘗試調降 iNO 濃度。當 NO 氣體鋼瓶壓力小於 500 psi 時，須更換 NO 鋼瓶。                                                              |                                        |



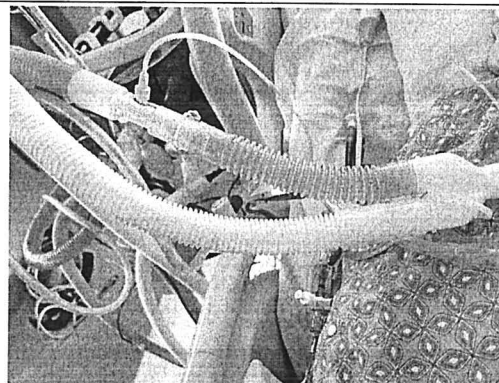
肺囊蟲肺炎合併 ARDS



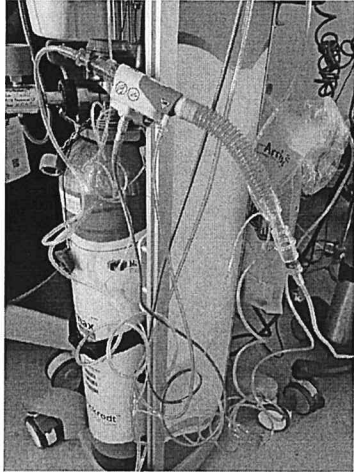
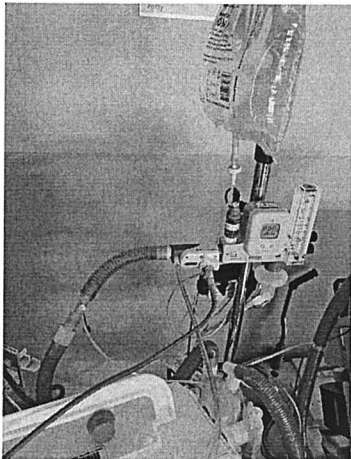
iNOMax 輸送裝置



iNOMax 輸送裝置連接呼吸器



iNOMax 輸送裝置連接呼吸器  
監測 NO 與 NO<sub>2</sub>

|                                                                                                                                                        |                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>iNOMax 輸送裝置連接甦醒球<br/>執行 ambu bagging 時維持 NO 治療濃度</p>              |  <p>iNOMax 輸送裝置與 NC 的連接方式</p> |
|  <p>iNOMax 輸送裝置與 heated high flow humidified nasal cannula 的連接方式</p> |  <p>使用 iNO 的病患轉送</p>         |

7. 杜克大學醫學中心執行 Daily spontaneous breathing trial (SBT) 的臨床指引

適合執行 SBT 的病人:

$FiO_2 \leq 0.4$  且  $PEEP \leq 8 \text{ cmH}_2\text{O}$  且有自呼

執行 SBT 方法: ( $FiO_2$  維持一樣、床頭抬高 30 度)

- ✓ T-piece
- ✓ low level CPAP (5~8 cmH<sub>2</sub>O)
- ✓ PSV 5 + PEEP 5~8 cmH<sub>2</sub>O
- ✓ PSV 8 + PEEP 8 cmH<sub>2</sub>O
- ✓ ATC/AAC (automatic tube/airway compensation)

不適合執行 SBT 的病人:

- ✓ 使用神經肌肉阻斷劑
- ✓  $PH \leq 7.3$

|                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------|
| ✓ Cardiac ischemia                                                        |
| ✓ HR>120 and/or 使用升壓劑 (若 dopamine< 5mcg/kg/min 可執行 SBT)                   |
| 執行 SBT 期間，最初 5 分鐘須密切觀察生命徵象與之後病患的耐受度，SBT 須執行至少 30 分鐘，但不超過 2 小時。            |
| 紀錄: 呼吸器模式、RR、MV、VT、RSBI。                                                  |
| 當出現以下徵象或症狀表示病患無法耐受 SBT，建議調整回原設定模式。                                        |
| ✓ 呼吸淺快，呼吸次數增加 $\geq 10$ 次跟 SBT 之前相比                                       |
| ✓ Dyspnea、冒冷汗、excessive use of accessory muscles、paradoxical respirations |
| ✓ HR>120 BPM 或 與 SBT 之前相比多增加 20 BPM                                       |
| ✓ BP 與 SBT 之前相比多增加 20 mmHg                                                |
| ✓ Cardiac arrhythmia 或意識狀況改變                                              |
| ✓ ABG 或 SpO2 變差                                                           |
| 通過 SBT，與醫療團隊討論，是否拔管或使用 aerosol Tr. Collar breathing。                      |

#### 8. Extubation Criteria

依照杜克大學醫學中心的臨床指引，當符合以下幾個條件，可以考慮拔管:

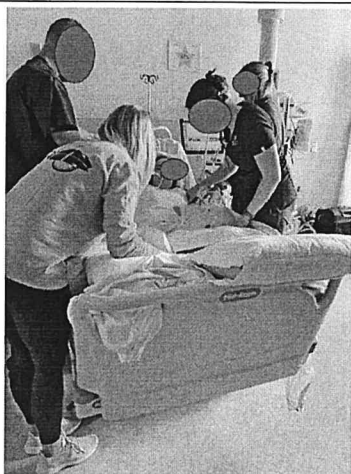
- ✓ 通過自發性呼吸訓練 (spontaneous breathing trials; SBT)
- ✓ 有自咳能力，可維持呼吸道的通暢
- ✓ 呼吸道分泌物不多，大於 2.5 小時才須抽痰一次
- ✓ 評估上呼吸道可能有結構異常的病患，須通過 cuff leak test
- ✓ GCS $\geq 8$

拔管步驟:

拔管時醫療團隊成員包括:醫師、呼吸治療師與護理師，家屬也會在病室內陪伴病患，醫師會向病患與家屬解釋，目前的病情已改善，並且有通過 SBT 與拔管的準則，可以進行拔管的處置。當病患與家屬充分了解後，才開始執行拔管。呼吸治療師會向病患與家屬解釋拔管的步驟才開始執行拔管，首先先抽痰，然後鬆掉 ETT 固定器的帶子與 ETT cuff，接著請病人咳嗽並同時移除 ETT 與固定器。拔管後醫療團隊會鼓勵病人咳嗽，並協助由口抽吸分泌物。呼吸治療師給予適當的氧療設備，並評估拔管後的生命徵象與呼吸音。家屬全程陪伴著病患，以減輕病患的焦慮。

拔管後呼吸治療師評估病患生命徵象穩定，會將呼吸器卸機，在 beside 以消毒巾擦拭呼吸器並同時回收 ETCO2 模組、藍色的傳輸線與呼吸器連線卡夾。清消後的呼吸器會推回 MICU 庫房，執行 pre use test 與裝上新的呼吸氣管路，並插上電源備用。





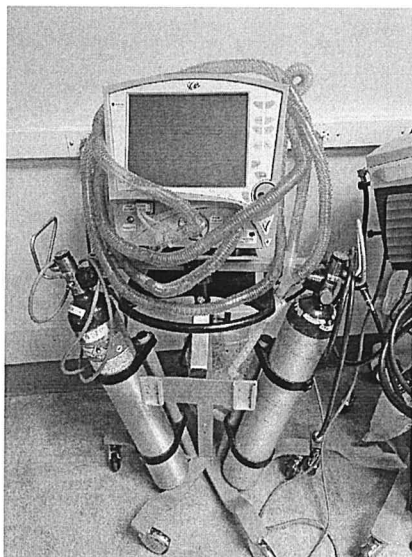
拔管後鼓勵病人咳嗽並由口抽吸



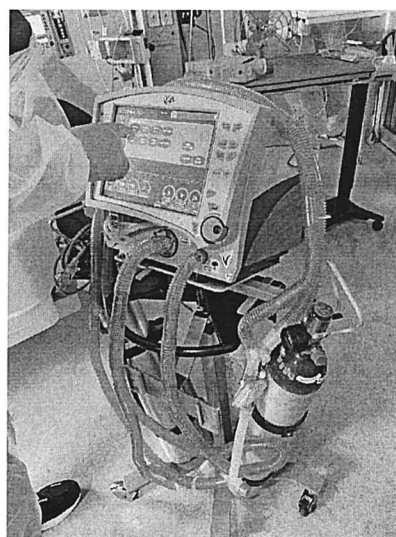
ETCO2 模組與呼吸器連線卡夾

#### 9. 使用呼吸器病患檢查轉送過程

使用呼吸器的病人，轉送時使用 vela 呼吸器進行轉送執行電腦斷層檢查。病患做電腦斷層檢查前須使用轉送型呼吸器備有 2 桶氧氣鋼瓶，使用前先執行呼吸器測試(leak test)並調整為病患目前呼吸器設定數值接上病患測試，觀察病患與轉送型呼吸器的配合度與生命徵象變化。轉送人員有護理師、RT 和轉送勤務，經由內部通道搭乘轉送電梯至電腦斷層室，與訪客電梯分流。抵達電腦斷層室後 RT 協助固定 ETT，移動病患至 CT 檢查檯面，CT 檢查室有天花板畫，可緩解病患檢查時的緊張情緒。



轉送使用 vela 呼吸器  
備有兩桶氧氣鋼瓶



執行呼吸器測試(leak test)  
並調整為病患目前呼吸器設定數值



經由內部通道轉送病患至檢查室



轉送電梯



CT 檢查室



CT 檢查室有天花板畫  
可緩解病患檢查時的緊張情緒

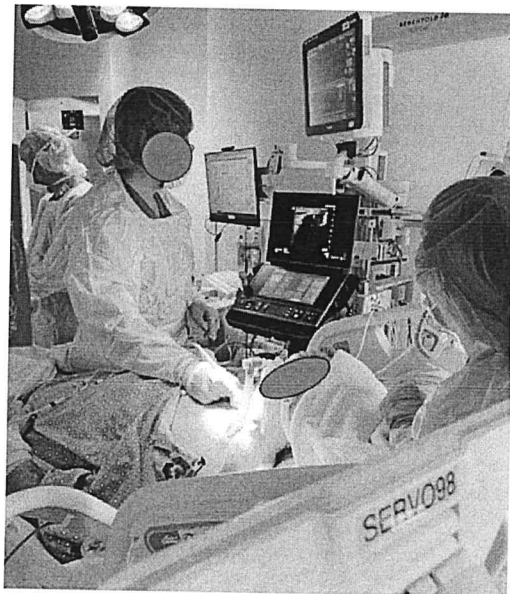
#### 10. 經皮氣管切開術

病患因暫時無法脫離呼吸器，經醫師與病患及家屬討論後，同意執行經皮氣管切開術，以增進病患的舒適度、便於訓練脫離呼吸器、氣切管較容易固定較安全、減少感染與維護口腔清潔以及後續可經口進食與說話。

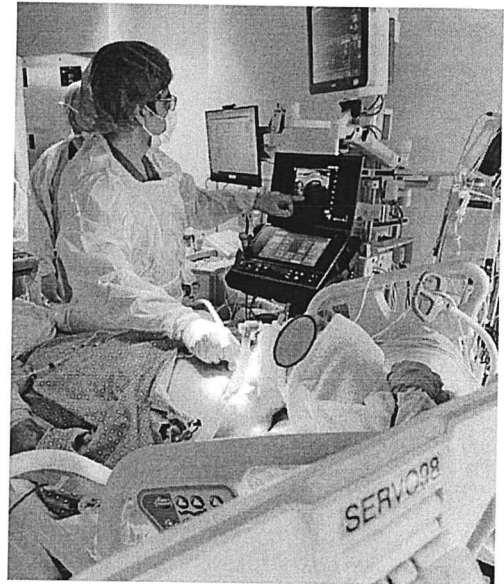
✓ 經皮氣切的手術方式：

手術過程在加護病房的單間病房內進行並搭配懸臂手術燈使用，由麻醉醫師先進行麻醉，將使用經喉氣管內管及呼吸器之病患平躺，將肩膀墊高，擺好氣切姿勢，使頸部過度伸展(hyperextension)，調整呼吸器氧氣濃度至 100%，並持續監測生命徵象，使用超音波掃描頸部適合執行氣切的安全位置並用安全空針抽吸以作記號，消毒與鋪上無菌單確立無菌範圍之後，在頸部做記號的部位以電燒探頭電燒，此時將支氣管鏡置入氣管內管中，之後將氣管內管及支氣管鏡慢慢外拉至適當位置，以監看整個手術過程。以 Blue Rhino 經皮氣管切開導引器械包執行穿刺與擴張氣管，氣管擴張器將皮下組織及氣管擴張至一定大小，然後置入氣切管路，再用支氣管鏡經由氣切管確認位置後，拔除經喉氣管內管，用縫線固定氣切

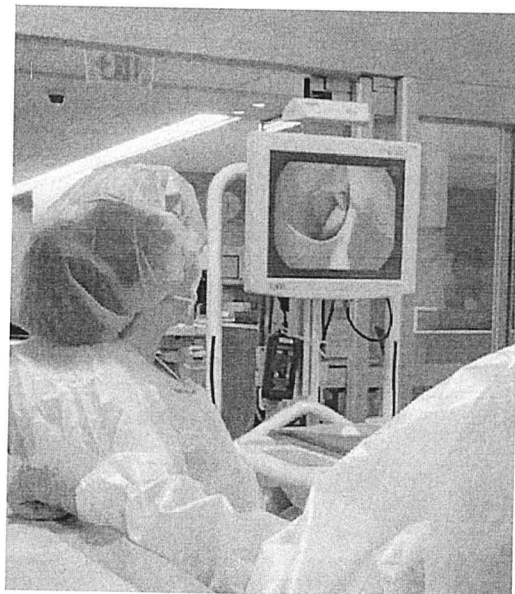
術過程約 20~30 分鐘，手術全程在支氣管鏡的監控下執行，以減少併發症。後續恢復病患臥位，並調降呼吸器氧氣濃度。



超音波掃描頸部



超音波掃描頸部  
確認適合執行氣管切開術的安全位置



使用經皮氣管切開導引器械包  
執行穿刺與擴張氣管

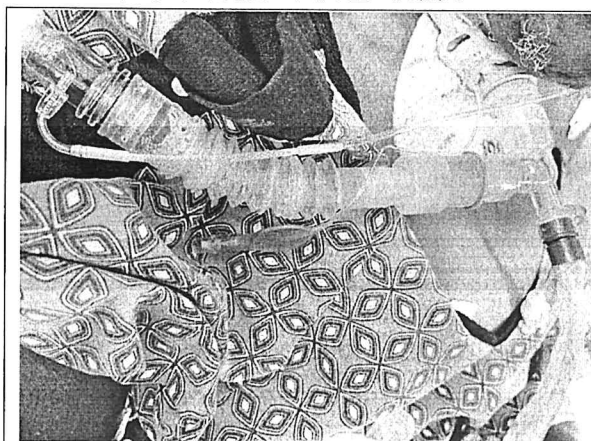


使用支氣管鏡經由氣切管確認位置

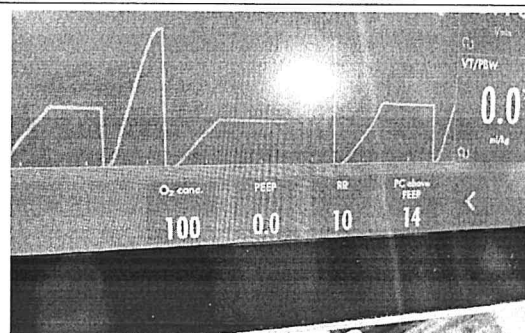
#### 11. 使用發聲閥(speaking valve)進行語言復健

為了增進氣切病患與外界的溝通能力，會診語言治療師並在與醫療團隊討論後依照病患的情況提供適合的語言治療方式。語言治療師與呼吸治療師討論後，因病患暫時無法脫離呼吸器，故使用可接在呼吸器管路的發聲閥(speaking valve)，協助病患發聲與溝通，呼吸治療師先執行抽痰，再抽掉氣切氣囊的空氣(cuff)

deflation)，並鼓勵病患咳嗽由口抽吸，後續呼吸治療師會在原來的模式下調整 PEEP=0，FiO<sub>2</sub>=100%，在呼吸器管路上接發聲閥(speaking valve)。醫師、護理師、語言治療師和呼吸治療師都會在床旁嚴密監測病患的生命徵象與血氧飽和度。語言治療師會鼓勵病患表達與發聲，並詢問病患的感受，醫療團隊成員也會適時回應病患的問題，此語言治療過程約 10 分鐘，並且會逐次漸進式延長語言治療時間。觀察病患在與醫療團隊溝通的過程中，彼此都能有正向的互動與回饋，進而增加病患積極參與脫離呼吸器的動力。



呼吸器管路接發聲閥



使用發聲閥時  
呼吸器暫時調整設定數值

### 三、心得

感謝陳適安院長和重症部王振宇部主任，讓我有機會到國外頂尖的醫療機構進修學習，拓展了自己的視野。感謝所有協助核可此次進修的院部長官。這次進修學習特別感謝行政人員蔡昀儒，在準備過程中協助公文之申請與辦理請假流程。感謝呼吸治療師鄭雅華協助行前準備諸多事項之聯繫協調。感謝呼吸治療師洪逸慈熱心分享寶貴的經驗與行前建議。感謝呼吸治療科楊惠喬總組長和同仁們，給予我的支持與鼓勵，並於出國期間分擔科內臨床業務。感謝杜克大學醫院黃裕欽教授協助安排杜克大學醫院的進修學習行程與關心美國生活。感謝杜克大學醫院呼吸治療科提供進修學習的機會，感謝呼吸治療科 Logan 組長和呼吸治療師 Lloyd、Peter、Kali、Ellie、Sidney 的細心指導。

此次在杜克大學醫學中心的進修學習，見識臨床人員善用先進的醫療儀器與設備，為病患執行檢查與治療，確保病患能在更安全與舒適的環境中，接收專業的醫療照護。也體會到杜克大學醫學中心以病患和臨床人員為中心，不管在硬體設備、動線規劃、軟體應用等，皆避免臨床人員浪費工時處理雜務，讓臨床人員與各領域的醫療團隊合作下能全心全意專心為病患擬訂照護計畫並具體執行，讓病患得到良好的照護品質。此次進修學習收穫滿滿，回國分享所學，並繼續為病患提供專業與良好品質的呼吸治療照護。



#### 四、 建議事項

- (一) 杜克醫院呼吸治療紀錄上輸入身高後，電腦自動換算 IBW，並同時顯示 VT 4 mL/kg、VT 6 mL/kg、VT 8 mL/kg 的數值。本院目前 RT 紀錄已有自動換算 IBW 的項目，建議可再增加 VT 4 mL/kg、VT 6 mL/kg、VT 8 mL/kg 的數值，方便 RT 可立即設定 VT 與判斷 VT 數值是否在可接受範圍內。

| Adult IBW/VT Calculations       |  |  |        |
|---------------------------------|--|--|--------|
| Height                          |  |  | 160 cm |
| IBW/kg (Calculated)             |  |  | 52.38  |
| Low Range Vt 4ml/Kg             |  |  | 209.52 |
| Adult Moderate Range Vt 6 ml/Kg |  |  | 314.28 |
| Adult High Range Vt 8ml/Kg      |  |  | 419.04 |

- (二) 在氣候變遷的陰影下，「淨零排放」已成全球共識。台灣將於 2026 年正式開始徵收碳費。環境部鼓勵企業「自主減碳」，藉由汰換老舊設備、提升能源效率、使用再生能源等，減少碳排放和能源轉型，以達到真正減緩氣候變遷的目的。本院對於老舊的呼吸器或操作儀器，建議可汰換成操作更為方便的儀器或設備。RT 有部分耗材屬於單次使用的拋棄式耗材，未來在採購方面，建議可多考慮環保材質，降低對環境的傷害，並可同時兼顧感控、病人安全與永續發展。
- (三) 參照 Duke health oxygen administration 和 adult mechanical ventilation 與 Egan's Fundamentals of Respiratory Care 13th，修訂「RT-醫療照護-2008 氧氣治療管理程序書」與「RT-醫療照護-2005 住院病人呼吸器脫離管理程序書」，優化氧氣治療照護與呼吸器脫離程序。
- (四) 本院 RT 使用 iPad 執行臨床資訊作業，照護範圍常須跨棟或不同樓層執行臨床照護與 trouble shooting，有時須在行進間先使用 iPad 查詢與了解病患的臨床資料與呼吸器設定值，以方便到達病房單位能立即排除與解決病患的問題，但本院有些地方，如：第一醫療大樓一樓訪客電梯等候區、棟與棟之間的空橋、檢查室周圍等，因院內 Wifi 訊號微弱造成使用 iPad 執行臨床作業上的限制。希望能改善 Wi-Fi 訊號覆蓋範圍，以方便執行臨床作業。
- (五) 杜克大學醫院各職類工作服會以顏色區分且工作服的褲子兩側各有 2 個口袋，方便臨床人員攜帶公務手機、交班單和筆等物品。而本院藍綠色的技術人員工作服只有上衣有口袋，容易因姿勢導致物品掉出，且藍綠色技術人員工作服的褲子鬆緊帶大部分已彈性疲乏，容易鬆脫。建議工作服可增加褲子的口袋與替換新的鬆緊帶或有專屬合宜的工作服。



## 五、 附錄

### Yuh-Chin Tony Huang

#### Professor of Medicine

Pulmonary, Allergy, and Critical Care Medicine

1821 Hillandale Road, Suite 2, Durham, NC 27705

Duke Box 3810, Durham, NC 27710

huang002@mc.duke.edu

Closed loop ventilation

Environmental medicine

Oxidative lung injury

COPD

Hyperpolarized  $^{129}\text{Xe}$  MRI and regional lung function



黃裕欽教授



黃教授邀請我們至家中餐敘  
在異地生活，備感溫馨