

從職業安全衛生觀點談醫院如何強化防「煞」功能

蔡朋枝

成功大學醫學院 環境醫學研究所暨工業衛生科

前 言

SARS(severe acute respiratory syndrome)逐漸遠離，其疫情造成對生命的威脅、社會的恐慌與經濟的衝擊，明顯地遠甚於口蹄疫、腸病毒及登革熱。根據行政院 SARS 防治及紓困委員會總指揮李明亮前署長資料，SARS 造成產業 900 億以上的衝擊，如果再加上政府防治及紓困的花費，將超過 1,400 億元。然在這波 SARS 事件中，自從四月二十二日和平醫院爆發院內感染事件，緊接著仁濟醫院之院內感染以後，頓時間醫院成為防治 SARS 之最慘烈戰場。依據世界衛生組織(WHO)資料，SARS 之潛伏期是 3 至 14 天，病人要有發燒咳嗽等症狀後才會傳染。而特別是在病人出現症狀的第十天時，其體內病毒劑量約為第五天或第十五天的千倍以上。而由於此時病人通常都已在醫院中就診，因此院內醫護人員首當其衝，如果防護稍有疏漏，病毒就有入侵的機會，甚至在感控不良的情形下，更有發生院內感染之虞。為提昇各醫院之防"煞"功能，無論政府衛生行政主管機關，抑或醫院本身無一傾全力就硬體設施的改善、個人安全衛生防護及醫院行政管理等三方面予以強化。

就職業安全衛生的觀點而言，醫療事業原就屬國內「勞工安全衛生法」之適法對象，因此有關職業安全衛生領域之相關知識，無論就 SARS 隔離病房的硬體設計、個人防護具的選擇，抑或醫院之安全衛生管理，其技術、經驗與規定，均可提供醫院或衛生行政機關做為參考之依據。而事實上此一機制亦已廣泛為世界各先進國家所採用。就以美國而言，其疫情的控制主要由「衛生人力服務部」

(Department of Health and Human Services)下所設之「疾病防制局」(Centers for Disease Control and Prevention; CDC)加以掌握，而為提供衛生行政部門及醫療機構之相關技術奧援，美國 CDC 下乃設有「國家安全衛生研究所」(National for Occupational Safety and Health; NIOSH)，來協助醫療事業單位做好防制疫情。從此次美國 CDC 派員來台協助的人員中，亦不難發現其中部分成員為隸屬於 NIOSH 之工業衛生師(industrial hygienists)，其對國內 SARS 專責醫院之安全衛生防護之諮詢與建議亦有不可磨滅的貢獻。

目前我國的疾病管制局，雖然尚未設置類似美國 NIOSH 之機構，但我國的勞工行政管理機關之「行政院勞工委員會」則已設置了「勞工安全衛生研究所」(Institute of Occupational Safety and Health; IOSH)，可提供此部份的功能。除此之外，我國工業技術研究院亦設有「環境與工業衛生研究中心」，再加上主要大學院校之相關系所的人力資源，均在此次 SARS 疫情中提供了許多寶貴的技術支

援。爲了提昇醫療院所之防"煞"功能，本文主要係以安全衛生的技術觀點，就 SARS 負壓隔離病房之通風設計、及個人防護具選擇等二個層面加以闡述，希望能提供醫療院所作爲未來抗"煞"之參考。

負壓隔離病房之通風設計原則

世界衛生組織(WHO)三月時，認定 SARS 是飛沫(aerosol)傳染，而不是像肺結核那樣的空氣傳染。但是在香港傳出可能有少數不屬於飛沫傳染的案例後，目前對 SARS 的傳染方式一般都認定 SARS 的感染途徑除仍以直接的飛沫傳染爲主外，亦不排除病毒經由空調系統或空氣傳染。事實上前述定義就安全衛生領域而言仍存在許多模糊的地帶。所謂飛沫，事實上就是一種懸浮在空氣中的液滴(droplet)，其在空氣中之傳輸除靠慣性力(inertial force)，亦受到空氣流場的影響，因此在負壓隔離病房的設計上除需考慮到其對醫療人員之呼吸道暴露外，亦需注意其對其他場所(如走道與醫療站)的污染。

基本上負壓隔離病房之通風系統可分爲三大部分：(一)新鮮空氣補入與處理系統(含進氣口、濾網、冷卻盤管、除濕器、加熱盤管、及加濕器)；(二)隔離病房之進出氣系統；及(三)廢氣排出系統(含濾網、殺菌設施如臭氧生成器或 UV 燈、HEPA(high-efficiency particulate)過濾器、排氣機、與排氣煙囪)。以下茲就前述三大部分之設計原則提出說明之。

(一)新鮮空氣補入與處理系統：此部份之功能在於提供病房新鮮乾淨的空氣。在設計時首先應注意其進氣口與廢氣排出系統之排氣煙囪相對位置是否有短流的現象，原則上二者間之水平距離應至少相隔 15.3 公尺。而爲了節省能源，常有將廢氣排出系統之空氣部分回流至進氣口的情形。

就以美

國 CDC 對於結核病 TB 負壓隔離病房的通風設計爲例，其並不強求將 TB 病房內使用過的空氣 100%排出室外，在廢氣排出系統使用 HEPA 情形下，則容許 90%的回氣，而僅將 10%的 TB 病房

空氣排出，以形成 TB 隔離病房的負壓。唯已知 SARS 病原直徑約 $0.14\ \mu\text{m}$ ，厚度小於 $0.1\ \mu\text{m}$ ；已知 $0.1\text{-}0.3\ \mu\text{m}$ (美國以 $0.3\ \mu\text{m}$ 為認定標準) 粒子最易穿透 HEPA；由於 HEPA 最易穿透粒徑係依廠牌而定，故無法保證 HEPA 對 SARS 病原有 99.97% 過濾能力，不過 HEPA 之設置應可以發揮一定的過濾功能，總比沒有過濾來得好。已知 SARS 病原在溫和適當條件下最長可生存 4 日，且在攝氏 4 度環境下能生存 21 日以上；氣溫越低對 SARS 的生存越有利。有鑑於已知大多數冷氣機或冷卻盤管的凝結水集水盤溫度約攝氏 4-10 度，對 SARS 病原的生存極為有利；已知遭凝結水塗佈的冷盤表面十分濕潤，能攔截通過冷盤的空氣中粉塵真菌，甚至包括病毒。基此，SARS 負壓隔離病房在通風設計時應不允許回氣的裝置，唯在省能的觀點下，則可考慮在廢氣排出系統與新鮮空氣補入系統中設置全熱交換器來節省能源支出。

(二) 隔離病房之進出氣系統：理論上病房內之主氣流宜為平行、穩定、低速、均勻無渦流(避免有害物累積)。以病房進氣口為出發點，主氣流流經病人身體附近與有害物混合，然後流向排氣口。次要氣流由病房外經下方門縫流入房內，目的在確保病房內外壓差，使有害物不能自病房門內流向門

外。進氣口(新鮮空氣灌入病房)建議在房門附近，形狀盡可能為水平直線形，且線形最好與關閉後之房門平行，數量最好為 2-3 個。若因空間有限不得不將出風口安裝於天花板，則安裝於近房門側且遠離房門之天花板角隅，或平均分布於近房門側天花板。排氣口建議在遠離房門之對峙位置，且數量最好與出風口相同。病床盡可能接近排氣口，枕頭朝向排氣口，床尾指向房門。若依此空間規劃，可再配合要求醫護人員於救治病人時盡量站在病床兩側，避免站在床尾或床頭，以降低醫護人員口鼻呼吸帶受污染之機會。隔離病房「設計排氣量」應大於「設計進氣量」，並且排氣量應為進氣量之 1.2 倍。隔離病房之房門完全開啓時，風向必須為自門外流入房內。為確保隔離病房負壓是否足夠，建議病房內外靜壓差異至少為 8Pa，且勿常開關隔離病房房門。以上壓力數據需以讀數明確之量表(如壓差計)顯示於隔離病房外部牆面，供相關人員以目視讀取確認，如有可能亦可以自動傳輸系統顯示於醫療站內，並對失壓時設置警報預警裝置。在醫護人員救治病人時，原則上盡量不要背對氣流方向，並以站立於與室內氣流方向垂直的方位，並調整病床使病人位於醫護人員身體前方，且病人頭部盡可能接近排氣口。

(三) 廢氣排出系統：排氣煙囪建議一律設在屋頂並設在遠離電梯間或其他屋頂突出物的開闊空間，且距離新鮮空氣入口愈遠愈好。排氣出口之設計建議使用套管(雨水可自內外套管間隙排出)或其他能順勢排水之設計，但勿使用雨遮等足以遮擋氣流的設計。排氣出口之高度應距離屋頂樓板至少 3 公尺，排氣方向為垂直向上。排氣出口之排出風速建議 15m/sec 以上，排出方向為垂直向上，以增加有效排氣高度並提高擴散混合效果。自隔離病房抽出之污染氣體需由 HEPA 過濾器處理，並建議 HEPA 過濾器串接紫外線殺菌器(ultraviolet germicidal irradiation; UVGI)、臭氧生成器等輔助殺菌裝置。HEPA 過濾器之濾材必須依原製造廠商之規定定時更換，倘原廠商無法決定有限期限，則依經驗建議排氣 HEPA 每 3 個月換一次，進氣 HEPA 每 4 個月換一次。又 HEPA 是高

阻抗導管元件，其阻抗隨使用時間之延長而提高，若洩漏將造成污染或效能降低，建議安裝壓差計隨時監視壓差變化狀況，或自動控制系統實施閉迴路監測。

個人防護具之選用原則

目前我國醫護人員在處理上 SARS 病患時，大體上均能穿戴隔離衣、防護衣、防護眼鏡、頭套、手套及呼吸防護具。然對如何選擇呼吸性防護具常較有爭議。根據美國疾病管制局(CDC)對於預防護理人員感染肺結核病之指引，在醫療院所中使用的呼吸防護具必須達到包括：有效呼吸防護具、適當大小面體、密合度測試、密合檢點等規範：

(一)對於 1 微米大小的懸浮狀態粉塵顆粒，其過濾效應必須大於或等於 95%(也就是說過濾洩漏小於或等於 5%)，流速可達到每分鐘 50 公升。

(二)在可信賴的方式下進行定性或定量的密合度測試，得到臉部密合洩漏程度小於或等於 10%。

(三)能夠吻合不同的臉部大小及特徵，可由至少有三種不同尺寸之呼吸防護具而達成。

(四)每次醫護人員戴上呼吸防護具時，可根據美國勞工部職業安全衛生署(OSHA)建立的標準及良好的工業衛生實務(good industrial hygiene practice)檢查臉部(face piece)密合度。

但當醫護人員對疑似患有肺結核的病人進行支氣管鏡檢查或對疑似有活性肺結核的屍體進行解剖時、或清理廢棄物，由於危險程度增高，疾病管制局更要求必須提供醫護人員更高等級的呼吸防護具，例如保護性更高的動力過濾式呼吸防護具(powered air-purifying particulate respirators; PAPR)或正壓空氣輸氣管半面式呼吸防護具(positive-pressure air-lines, halfmask respirators)。

就 SARS 病患之診療而言，一般接觸診療時可使用 N95 拋棄式口罩，但對於高暴露之醫療行為，應該採取更高等及之防護具，如更高等級的濾材，如：N100 或 P100，也應考慮採用更密合的半面型或全面型面體。雖然一般正確佩戴 N95 拋棄式防塵口罩雖然也有適當防護效果，但一天八小時佩戴，常會因醫療行為而造成口罩與臉部密合度短暫時間的降低、再加上長時間佩戴會不舒服、各項防護具搭配密合問題等，可能同時無法提供高暴露醫護人員頭部與臉部最完善的保護。日前香港及新加坡對於醫護人員在進行可能導致大量產生飛沫之 SARS 特殊治療，如：插管、抽痰治療、清理廢棄物、或與病人有近距離接觸時，也已經建議醫護人員必須穿戴保護效果更好的 PAPR，在完善的防護計畫下，院內感染數因而獲得明顯的改善。相較於上述 N95 拋棄式口罩，PAPR 的優點是(1)無呼吸阻力問題，佩戴者的舒適度較佳，(2)若送風機可提供充分的送風量，面體內壓力可保持於正壓狀態，較無密合不良所造成的污染物內洩問題，(3)使用全面體與寬鬆面體時，有較大量的空氣流經頭部，在高溫作業下具冷卻效果，及(4)結合頭盔或氣罩等型式的寬鬆面體，增加佩戴者作業安全性與作業相容性，也可取代眼罩、面罩等各類頭部護具，減少搭配所產生的問題。根據美國工業標準 ANSI standar Z88.2-1990 所定之呼吸防護具指定防護因數，無動力過濾式的拋棄式口罩，其防護因數只有 10，反之動力過濾式的全面體、頭盔或頭罩+高效率粒狀污染物防護濾材組合之防護具防護因數甚至可高達 1,000，因此可提供穿戴者更大的保護作用。但 PAPR 除購置成本較高外，因其配製了電池而形成體積較為龐大，並有些微的噪音困擾，它並不是絕對的正壓式防護具(也就是說外界污染物仍可能經漏縫進入防護具內)，而且需要較嚴密的穿戴訓練及保養維護方能發揮應有的功能。

結 語

理論上，SARS 感控管制因涉及許多不同硬體與軟體技術，並非醫院感控單位可竟全功，相對的，其需要許多不同部門之配合。就以負壓隔離病房之設計而言，其亦需要安全衛生部門、工務部門、空調服務公司的配合。再就個人防護具的選購與使用而言，除感控單位外，亦涉及安全衛生部門、資材部門，甚至採購部門的參與。在此次 SARS 疫情中我們已學習到許多寶貴的經驗，在後 SARS 時

代，各醫院如何強化各部門的功能，並加強各部門間的橫向聯繫與組合，應是各醫院尤其需要重視的課題，相信此一覺醒將有助於提昇我國各級醫院未來對各種疫情病之控制能力。

參考文獻

1. AIHA: Respiratory Protection, A Manual and Guideline. 2nd. Ed. (Colton, C. E., Birkner, L. R., Brosseau, L. M. eds) American Industrial Hygiene Association, Fairfax, VA, USA. 1991.

2. CDC: Guidelines for Preventing the Transmission of Mycobacterium tuberculosis in Health Care Facilities 1994. MMWR 1994;43:RR-13.

3. CDC: Safe Handling of Human Remains of Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) Patients: Interim Domestic Guidance, 2003.

4. HSE (1990), Respiratory Protective Equipment, A Practical Guide for Users. HMSO.

5. "Statement from the Minister for Health: Coping with SARS", Singapore Government Press Release, 2003.

6. US CDC. SARS Infection Control and Management. Available:
<http://www.cdc.gov/ncidod/sars/ic.htm>

7. US CDC/NIOSH. TB Respiratory Protection Program In Health Care Facilities: Administrator's Guide, 1999. Available: <http://www.cdc.gov/niosh/99-143.html>

8. US CDC. Guidelines for Infection Control in Health Care Personnel, 1998. Available:
http://www.cdc.gov/ncidod/hip/GUIDE/infectcont_98.htm

9. WHO SARS website. Available: <http://www.who.int/csr/sars/infectioncontrol/en/>

10.HO. Hospital Infection Control Guidance for Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) Revised 24 April 2003.Available:
<http://www.who.int/csr/sars/infectioncontrol/en/>

11.行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所：隔離病房照顧 SARS 病患之醫療人員佩戴動力過濾式呼吸防護具 (PAPR)技術手冊。92 年 5 月。

12.行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所：醫院隔離病房檢點及維護作業研習教材。92 年 5 月。

13.國立台灣大學、疾病管制局、行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所：SARS 隔離病房功能檢查指引。92 年 5 月。

14.彭明輝：SARS 防護口罩。92 年 5 月。