

## 嚴重急性呼吸道症候群病毒藉由空氣傳播途徑的證明

嚴重急性呼吸道症候群病毒藉由空氣傳播途徑的證明

編輯部

自從 SARS 全球性流行開始後，各方研究機構及單位皆紛紛致力於 SARS 病毒的分析及探討其傳播的途徑。雖然許多的假說已經解釋了 SARS 病毒在群突發中的散播情形，但至始至終並未提供一完整的解釋來證明 SARS 病毒的傳播途徑。在 2003 年全球流行性嚴重急性呼吸道症候群感染中，香港是 SARS 流行期中最嚴重的地區，具有最高發生率，並且香港的感染始終認為是疾病散播到許多其他國家的最主要的源頭。香港流行期時，一連串個案群聚發生的情形，慢慢地被學者們懷疑，病毒的傳播途徑上環境因子應該是扮演著不可或缺的角色。香港的 Amoy Gardens 複合式住宅區，於 2003 年發生的大型社區性群突發，影響了此住宅區超過 300 位居民。感染 SARS 病毒的指標性病人(index patient)曾於該年 3 月 14 日時拜訪位在此住宅區的 E 棟大樓中等樓層的套房 7，而又在 3 月 19 日使用其廁所(此病人那時有下痢的情形)。隨後發生的 SARS 個案(依公寓套房位置所分類)群聚發生集中在四棟大樓內，且發生在特定樓層。

來自 WHO 的研究小組發現，在許多的套房裡隱藏在地板內的排水管似乎長時間不被水充滿，且其接縫暴露垂直式排水管(vertical soil stack)。研究小組懷疑當未密封完全的地板排水管排入垂直式排水管時能產生污染氣霧，並且浴室關門後而運轉的排氣風扇，使這些污染的氣霧進入到浴室內，因而造成浴室的污染。之後排氣風扇會從浴室裡將污染的氣霧再送入空氣豎井(air shaft)中。這些污染的氣霧會被正常的氣流往上帶並且可能進入其他的公寓套房，假使這些裝滿病毒的氣霧能到達開啓的窗戶，既使公寓套房離感染源有好幾層樓遠，仍然會有被感染的可能性。但是 WHO 的報導中並未完整地解釋從 E 棟大樓至其他大樓的散播途徑。Ignatius T.S Yu 等人一致認同 WHO 報告中病毒最初的散播機制---

污染的氣霧假說，並且針對此次群突發進行(1)群突發的起始期 SARS 感染病人之症狀開始日期及其所居住的位置的關連性分析。(2)利用 logistic regression 分析個案所在位置(大樓、樓層、公寓套房座向)和感染可能性的相關性。(3)利用計算流體動力學(computational fluid-dynamics; CFD)的分析方式對空氣豎井(Air shaft)及大樓周圍做出可靠準確性的詳細氣流預測，以及利用多重區域法(multizone method)去計算在每間公寓套房之間每小時氣流速度，以及 E 棟大樓的每間套房帶有病毒氣霧的濃度，來模擬帶有病毒的氣霧在空氣中散播的情形，進而證實 SARS 病毒的傳播是藉由空氣傳播途徑的可能性。

分析 Amoy Garden 住宅區的受 SARS 病毒感染的所有 321 件個案(至 2003 年 4 月 15 日止)中，前 187 件確定個案(非 secondary case，且來自於 142 間公寓套房)，其中的百分之七十的個案是發生在 4 月 1 日之前。流行病學分析其流行開始於 2003 年 3 月 21 日，所有建築物中最主要的個案居民症狀起始發生在 3 月 24 至 26 日

這三天，並且在 3 月 24 日有高峰期(peak)。將所有大樓的曲線圖單獨與 E 棟大樓的流行曲線圖互相做比較，發現所有大樓的流行曲線與 E 棟大樓相似，同樣在 3 月 24 日可看到高峰期。此外，D 棟大樓流行期開始於 3 月 22 日同樣也在 3 月 24 日有高峰期；C 棟大樓流行期開始於 3 月 24 日而在 3 月 26 日有高峰期；而 B 棟大樓，第一件個案發生在 3 月 23 日則沒有明顯的高峰期。除了五件個案外，所有感染 SARS 的病人(97%)皆住在七棟大樓(A 至 G)並形成一個圈，且有一半以上的個案(99 件)發生在 E 棟大樓。

由 logistic regression 分析顯示，在 E 棟大樓的中、高樓層公寓套房比低樓層具有較高的感染可能性。每層樓的套房 8 具有最高的感染率，且套房 7 具有次之的高感染危險率。而套房 5 和套房 6 比起其他套房則顯現出較低危險性的感染率。樓層和套房座向分析的結果在統計上都是具有意義的( $P < 0.001$ )。

對於 B、C、D 棟大樓，其三類樓層(低、中、高樓層)的分析具有統計上的意義(中樓層具有明顯較高的感染危險性， $P = 0.01$ )，但是在八間套房的座向只有邊緣值的統計意義( $P = 0.06$ )。另外，根據不同棟建築物進行相同分析，只有 C 棟大樓在樓層及座向上較具有意義。在 B、D 棟大樓其位置(樓層和座向)是不具有統計上的意義。然而在 B 棟大樓，其套房窗戶方向為東北方---此方向是 E 棟大樓吹來的風的下風處---具有著高度的危險對比值(odds ratio)；此外，D 棟大樓有套房 8 和套房 1 則具有邊緣值上的統計意義。

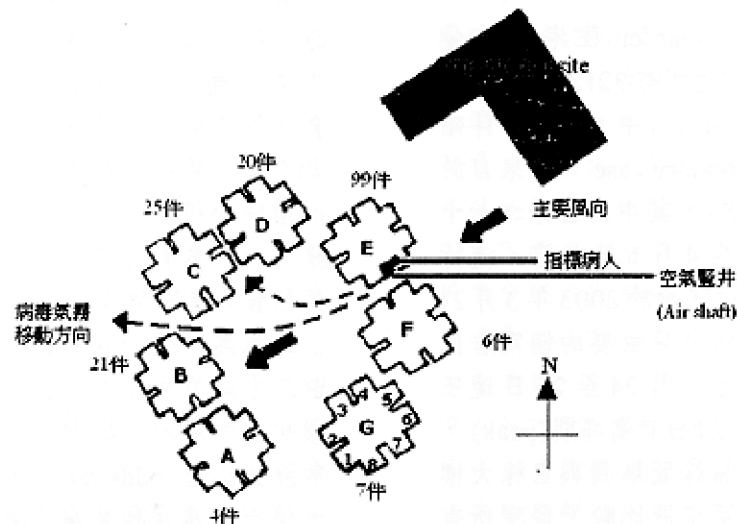
以 CFD 模式來觀測，在 E 棟大樓套房 7 及套房 8 間的空氣豎井(Air shaft)中，受污染的空气其垂直流動情形以及病毒煙霧的三度空間散播至 B、C、D 棟大樓的情形。潮濕且溫暖的空氣從指標套房(index unit, E 棟大樓的套房 7)的浴室飄出，並在空氣豎井中建立病毒煙霧，藉由空氣往上散播。當病毒煙霧達到空氣豎井的頂部時，會有東北風以每秒兩公尺的速度吹散至其他大樓。但因為 construction site 阻擋的關係產生跡流(wake flow)效果，造成在 E、C、D 棟大樓的空間產生負壓，而使病毒煙霧尚未到達空氣豎井的頂部前，帶有大量病毒的污染空氣就已被吹過 C、D 棟大樓的中樓層，因此造成 C、D 棟大樓中樓層具有較高的感染危險(圖一)。

以多重區域法分析，是爲了模擬出 E 棟大樓從套房 7 和套房 8 吹向套房 1 至 6 的水平氣流移動情形。主要是因爲風壓以及由套房 1 至 6 的浴室或廚房風扇所產生所造成的。進行分析後發現帶有病毒污染氣霧濃度在套房 7 與 8 爲最高，套房 5 和 6 則爲最低，其可能原因是這些房間在指標空氣豎井(index air shaft)的上風處，因此會接收到較低的病毒濃度。

總結，Ignatius T.S Yu 等人的流行病學分析、實驗研究和氣流模擬皆能支持在 Amoy Garden 中 SARS 病毒造成的群突發，是藉由空氣散播的可能性。從 E 棟大樓套房 7 的垂直排水管所產生的帶有病毒的氣霧，透過地板隱藏排水管再次進入浴室，之後再因排氣風扇的作用進入空氣豎井中。帶有病毒的氣霧由於溫暖潮濕的空氣的浮力而向上移動，也可能會因排風扇所產生的負壓或是風的吹動氣流，而進入在空氣豎井邊緣的高樓層套房。在 E 棟大樓的水平感染分佈至其他套房可能是由於在套房間空氣的流動所造成。而在氣流到達 E 棟大樓的頂端時，藉由明顯的東北風的作用，將病毒散播到 B、C、D 棟大樓的特定樓層的套房內。

[譯者評]SARS 病毒的傳播，在以往的研究皆傾向於飛沫傳染，當健康的人與指標病人有親密的接觸後(如：呼吸飛沫、直接接觸)才會遭受感染。但在 Ignatius T.S Yu 等人的研究中，指出 SARS 病毒的傳播可藉由空氣途徑傳播。凡是位於指標套房的下風處，或是位在由指標套房所造成的病毒煙霧空氣豎井邊緣的套房都有明顯的高感染危險性。此外，由 Varia M 等人的研究中指出，在指標病人的糞便及尿液的 SARS 病毒濃度被發現遠比呼吸道分泌物的病毒濃度來的高出許多，並且會因在排水管中的水壓作用，很有可能產生大量帶有病毒的氣霧。而在 Amoy Garden 這樣高密度的住宅區中，因指標性病人具有下痢情形，糞便中或尿液中具有大量的 SARS 病毒，藉由水壓作用產生病毒的氣霧，之後病毒的飄散傳播(如：空氣豎井或自然風的流動)，有可能是間接造成 Amoy Garden 社區性群突發的主要原因。故 SARS 病毒的傳播途徑，除了飛沫傳染外，當具有大量的 SARS 病毒時，便可能經由空氣傳播。因此，當在大型高密度住宅社區發生 SARS 感染時，其病人的糞便及尿液是否需要進行另外的處理後再排入一般排水管中，

是為未來避免爆發社區型群突發時需要考量之點。雖然 Ignatius T.S Yu 等人初步證實了 SARS 大型社區性群突發是藉由空氣傳播途徑仍需更多分析性流行病學、環境及實驗的研究來更進一步的證明，但這樣傳播途徑提供了一個重要的公共健康防護，能運用於當 SARS 再次發生時，預防社區型群突發的控制方法。[李嘉凌/張藏能摘評]



圖一 潮濕且溫暖的空氣從指標套房 (index unit, E 棟大樓的套房 7) 的浴室飄出，並在空氣豎井中建立病毒煙霧，藉由空氣往上散播。當病毒煙霧達到空氣豎井的頂部時，會有東北風吹散至其他大樓。但因為 construction site 阻擋的關係產生跡流 (wake flow) 效果，造成在 E、C、D 棟大樓的空間產生負壓，而使病毒煙霧尚未到達空氣豎井的頂部前，帶有大量病毒的污染空氣就已被吹過 C、D 棟大樓的中樓層。

註：摘自參考文獻 [1]。

#### 參考文獻

1. Yu ITS, Li Y, Wong TW, et al: Evidence of airborne transmission of the severe acute respiratory syndrome virus. N Engl J Med 2004;350:1731-9.

2. Varia M, Wilson S, Sarwal S, et al: Investigation of a nosocomial outbreak of severe acute respiratory syndrome (SARS) in Toronto, Canada. Can Med Assoc J 2003;169:285-92.