

不良通風系統可能加速新冠病毒氣膠流佈

王家蓁(中山大學氣膠科學研究中心主任)

紀駿輝(美國奧勒岡州立大學全球衛生中心主任)

因 SARS-CoV-2 導致之新冠肺炎(COVID-19)於全球肆虐，台灣本土亦面臨疫情爆發以來最嚴峻之挑戰。自疫情爆發以來，其傳播途徑即是全球各國公衛醫療體系及學術界密切討論的焦點之一。全球各國，包括台灣皆以飛沫及接觸傳染為 COVID-19 主要傳播型態，並據以訂定保持 1-2 公尺社交距離、戴口罩、注重表面清潔消毒、勤洗手等防疫準則。隨著新冠肺炎疫情於全球各國持續延燒，有愈來愈多的證據直指氣膠傳播(又稱氣溶膠傳播或空氣傳播)為主要傳播途徑，其中包括層出不窮的超級傳播事件、高達百分之 60-80 的高比例無症狀或症狀前傳播、與通風排氣系統的高度相關性，以及國外多起已經做足了飛沫及接觸防範措施卻還是導致醫護人員院內感染及防疫旅館內感染的事件。這些強力證據促使全球 239 位學者於 2020 年 7 月發公開信呼籲 WHO 正視 COVID-19 的空氣傳染，並使原本世衛組織及美國 CDC 從疫情初期告訴一般民眾「不需要戴口罩」，到 2020 年夏天接連更改之前錯誤的訊息並開始鼓勵大眾要戴口罩。隨著愈來愈多氣膠傳播的證據，WHO 從 2020 年 7 月開始承認氣

膠傳播為可能途徑，到 2021 年 4 月正式修改防疫準則，將氣膠傳播列為導致新冠肺炎短距離及長距離傳播的主要途徑，美國 CDC 亦隨即於 2021 年 5 月跟進修改其防疫準則。

氣膠為懸浮於空中之微小液滴或顆粒物質。人們平時講話、唱歌、咳嗽，甚至僅是呼吸時，就會釋放出許多大小在 5 微米以下的呼氣氣膠(exhaled aerosols)。就物理型態而言，氣膠可以視作比一般飛沫更微細的“微飛沫”，但為何氣膠學者需要費如此大的力氣去釐清究竟是氣膠或是飛沫傳染呢？關鍵在於其“粒徑大小”的不同，使現行飛沫傳染防疫規範的保護力有所不足。由於顆粒大小的差異，使氣膠與傳統認知的飛沫在空氣中的特性（即氣動力學特性，aerodynamic properties）天差地遠。不像飛沫液滴會受到重力主導的關係而在數秒內快速沉降到地面，氣膠的微小粒徑使得他們深受空氣拖曳力的影響而在空氣中懸浮得更久、在有氣流或風吹的情況下能夠被傳播到比現行規範的社交距離更遠的距離、一旦被可能宿主吸進體內後病毒可以進入到肺部的更深處的細微支氣管甚至肺泡處。佩帶口罩雖亦能阻絕大部分氣膠(非百分之百，因口罩類別而異)，口罩密合度在隔絕氣膠上更加重要。因此，如果僅以飛沫或接觸傳播的防疫規格進行疫情控制，是無法完全阻止氣膠傳播的，無異於在疫情控制上鑿了一個大洞。這也說明為何有許多國內外感

染案例是在明明已經保持社交距離、戴上口罩的情況下依然受到感染。

另外一個氣膠與飛沫間非常重要的區隔，在於氣膠會相當大程度地受到通風系統的影響，而飛沫則否。大於 100 微米的飛沫通常在 5 秒內會沉降到地面或表面，但保持懸浮狀態的氣膠則會隨著本身在呼吸道內產生時呼氣動作的氣流速度(如唱歌及呼吸所產生的氣膠速度即有所不同)、週邊環境氣流風向、室內通風系統甚至建築物中央空調設計的影響，而流佈到超過現行社交距離以外的地方。

已有許多研究證實，唱歌比一般呼吸及講話釋放更多呼氣氣膠，且氣膠釋放量與唱歌時的音量及氣流流速有很大關係。國外已有數起唱詩班的超級傳播事件，其中一起發生在美國華盛頓州的 Skagit County 造成了 61 個成員中有 87% 受到感染。國內近期亦發生數起因歌唱所導致的群聚感染，如獅子會大合唱、彰化歌唱班以及台中夜唱團 KTV 群聚感染事件。另外，大樓中央空調及室內通風系統的設計不良亦有可能加速病毒氣膠的散播。南韓發生一起高樓建築內的超級傳播事件，經調查發現係源自於不同樓層的公寓間共享的一支通風管所導致。近期國內發生餐廳內之群聚感染事件，包

括不同包廂的客人及員工皆確診，建議應進一步了解其通風系統是否可能間接導致病毒氣膠之傳播流佈。

近日發表在權威國際期刊《Science》之 Policy Forum 專欄一篇題為“A paradigm shift to combat indoor respiratory infection” 專文中即明確指出各國需要正視並作出規範上的改變，以控制室內導致的呼吸道感染確保公眾健康。該文中指出，雖然全球各國的公共衛生體系過去對於食物(food-borne)及水源(water-borne)所可能導致的疾病都已建立起完善的防治規範，但是對於空氣(airborne)傳播所可能導致的疾病卻相對地大大忽視了。經過新冠肺炎全球大流行，病原體以氣膠形式於空氣中傳播的重要性比以往更加強烈地被注意且證實，我們亦應從中學習到寶貴的一課並改善目前防護力不足的規範及體制加以因應，以確保未來的室內空氣品質並避免室內通風不良導致的呼吸道感染。

現行的表面消毒清潔雖能夠有效避免接觸傳染，然而接觸傳播的重要性已被許多新近研究證實並不如疫情爆發之初預期得重要，美國 CDC 亦已於 4/5 證實接觸傳播非 COVID-19 主要傳播途徑。2020 年 3 月新英格蘭醫學雜誌 NEJM 發表的最早期關於 SARS-CoV-2 病毒可在不同表面停留並保持活性的時間研究被後來的研究推翻，因該

研究過程使用超乎尋常數倍的病毒量噴灑在不同材質的表面，這是在日常生活中不可能遇到的情況。若以一般感染者可能釋出的病毒量來測量，其在不同材質表面停留並維持活性的時間遠遠短於 NEJM 的研究。加強空氣的清潔及消毒對於阻絕病毒氣膠的傳播其實更為關鍵。改善室內通風、避免室內髒空氣的重覆循環、加裝含有可過濾氣膠微粒濾網(如 HEPA 濾網)的空氣清淨機或於室內加裝可有效抑制病毒活性的紫外光燈 (UVC) 是當前可降低室內病毒氣膠傳播的有效方法。須特別注意的是，紫外光燈 (UVC) 雖能有效殺死病毒，但需安裝在適當位置(例如房間上方、空氣清淨機身內或空調系統內部)以避免直射人的皮膚或眼睛造成傷害。另一方面，未來新的建築體亦應強化通風系統的設計，以降低室內環境通風不量所導致的呼吸道感染及傳染性疾病透過氣膠傳播之風險。

國外新近研究顯示，無症狀患者的病毒量並不亞於有症狀感染者，且感染力在症狀出現前 2 天為高峰。無症狀或症狀前感染者經由氣膠傳播病毒為新冠肺炎主要傳染方式，使得許多公共場所的體溫檢查預防傳染的效果非常低。這也是為什麼新冠肺炎一旦在社區傳開來，其控制非常的困難。自 2020 年年底以來在歐美各國造成近乎失控的嚴重疫情的新變種 b.1.1.7 病毒的傳染力是原始病毒的兩倍以上，加上一般民眾對氣膠傳染途徑認識尚不夠完備，造成嚴重

且迅速的傳染。清楚認識氣膠傳染在新冠肺炎傳播的決定性影響力對目前台灣這一波社區傳播疫情之控制至關重要。在缺乏充分通風或空氣過濾消毒的餐廳內用餐、擁擠的賣場、於室內不戴口罩的群聚等，均是高風險的行為。

誠如小王子一書中著名的一句話：「真正重要的東西，用眼睛是看不見的」。此次 COVID-19 疫情正凸顯出社會群體中人與人間的連結之密切及深遠程度，遠超乎我們以往的認知。經由彼此共享的空氣，全國乃至全球實乃生命共同體，相互依存且牽一髮而動全身。唯有透過群體中每一個人共同的努力，我們方能走出這一場百年一遇的疫情，並汲取箇中寶貴經驗，調整過去不合時宜的醫療防疫措施及建築通風等相關規範，迎接更健康潔淨的空氣品質及生活環境。





符合聯合國永續發展目標(SDGs)各細項目標

永續發展目標	細項目標
目標三：確保健康及促進各年齡層的福祉	3.9 在西元 2030 年以前，大幅減少死於危險化學物質、空氣污染、水污染、土壤污染以及其他污染的死亡及疾病人數。
目標四：確保有教無類、公平以及高品質的教育，及提倡終身學習	4.7 在西元 2030 年以前，確保所有的學子都習得必要的知識與技能而可以促進永續發展，包括永續發展教育、永續生活模式、人權、性別平等、和平及非暴力提倡、全球公民、文化差異欣賞，以及文化對永續發展的貢獻。
目標六：確保所有人都能享有水及衛生及其永續管理	6.3 在西元 2030 年以前，改善水質，減少污染，消除垃圾傾倒，減少有毒物化學物質與危險材料的釋出，將未經處理的廢水比例減少一半，將全球的回收與安全再使用率提高 x%。
目標七：確保所有的人都可取得負擔的起、可靠的、永續的，以及現代的能源	7.1 在西元 2030 年前，確保所有的人都可取得負擔的起、可靠的，以及現代的能源服務。
目標八：促進包容且永續的經濟成長，達到全面且生產力的就業，讓每一個人都有一份好工作	8.4 在西元 2030 年以前，漸進改善全球的能源使用與生產效率，在已開發國家的帶領下，依據十年的永續使

	用與生產計畫架構，努力減少經濟成長與環境惡化之間的關聯。
目標十三：採取緊急措施以因應氣候變遷及其影響	13.3 在氣候變遷的減險、適應、影響減少與早期預警上，改善教育，提升意識，增進人與機構的能力。
目標十四：保育及永續利用海洋與海洋資源，以確保永續發展	14.2 在西元 2020 年以前，以可永續的方式管理及保護海洋與海岸生態，避免重大的不利影響，作法包括強健他們的災後復原能力，並採取復原動作，以實現健康又具有生產力的海洋。
目標十五：保護、維護及促進領地生態系統的永續使用，永續的管理森林，對抗沙漠化，終止及逆轉土地劣化，並遏止生物多樣性的喪失	15.3 在西元 2020 年以前，對抗沙漠化，恢復惡化的土地與土壤，包括受到沙漠化、乾旱及洪水影響的地區，致力實現沒有土地破壞的世界。
目標十六：促進和平且包容的社會，以落實永續發展；提供司法管道給所有人；在所有的階層建立有效的、負責的且包容的制度	16.b. 促進及落實沒有歧視的法律與政策，以實現永續發展。
目標十七：強化永續發展執行方法及活化永續發展全球夥伴關係	17.14 提高政策的連貫性，以實現永續發展。