

一般外科

醫療操作中的另類空汙 談外科手術造成的空汙與 空氣品質管理

范文傑 醫師

市立大同醫院 癌症中心主任及院長室醫療祕書

在健康醫院的範疇裡，戒煙跟戒檳是兩個主軸，大家都不喜歡吸入二手煙是因為二手煙會增加肺癌的風險，而醫院裡一個隱性的持續的二手煙來源，長久以來不被重視，默默的在影響手術室裡的醫護及工作人員的健康不自知，就是手術中能量產生煙霧污染。

手術中產生的煙霧危害， 是另類的空氣污染

對於手術室內工作人員的健康是有明顯傷害的。今年八月的 JAMA surgery 有一回顧型論文討論及關注這個議題。外科醫師進行手術總是需要切割、剝離、縫合及止血，止血的必要工具總是使用電力驅動產生能量的器材，發出高熱接觸組織，讓細胞中的水分子在短時間內大量氣化，造成細胞壞死，以及蛋白質的碳化，封阻血管來止血，

從傳統的手術電燒刀，後來演進的各種雷射能量，進階的雙極電燒刀如組織凝集儀(Ligasure)，以及利用超音波震動產生高溫並有切割的效果的超音波刀(Harmonic scalpel)，骨科的電鑽或氣動裝置，燒灼止血的氫氣電凝系統也都是煙霧的產生來源。無論是傳統剖腹式手術、腹腔鏡或內視鏡手術下，手術儀器產生的煙霧(或是煙塵 plume)，大部分的是水蒸汽，佔了九成五(95%)，其餘成分包含細小的微粒(PM, Particulate matter)，揮發性揮發性化學物質，與病人組織中的細菌，病毒，或者是腫瘤細胞也會因而擴散至手術室空氣中，醫護人員吸入後可

能會造成疾病的傳播。此外，手術煙霧也會造成手術視野中的干擾，影響切割的精確程度，進一步影響手術的進行。

手術煙霧的成分分成(A)細小微粒(PM)，(B)生物危害，以及(C)揮發性化學物質。

A.細小微粒(PM)：可以利用微粒的大小，區分成PM10(10 μm)，PM2.5(2.5 μm)，是近年來霧霾的焦點，電燒產生的微粒介於0.07~0.42 μm，雷射產生的微粒大小介於0.1~0.8 μm，而超音波刀生成的微粒比較大，介於0.35~6.5 μm。手術煙霧會產生比PM2.5更細小的顆粒，穿越肺泡進入血液中導致系統性的發炎，增加身體氧化的壓力，超微粒顆粒可以在腦部發現，累積的效應可能引發神經老化或是精神疾病的可能。此外，胎盤中也可以發現微粒，也會跟胎兒的健康有關聯。

B.生物危害：手術煙霧內也可以偵測到細菌的存在，以及患者病灶裡的人類乳突上皮病毒(papillomavirus)，有兩例個案報告提到手術護理師的會厭上感染了這類病毒，懷儀式手術煙霧造成。此外，腫瘤細胞也會隨著煙霧飄移，尤其是在超音波刀切割產生的煙霧，可以在外科口罩上取得活的腫瘤細胞的樣本。雖然沒有任何證據顯示手術室工作人員的腫瘤發生率比其他場所來得高，但是這方面的暴露總是會讓人擔心。

C.揮發性化學物質：煙霧中的化學物質以揮發類的有機化合物為主(volatile organic compounds,



圖為手術室以及空氣總有機揮發氣的偵測器

VOC)，多環芳香烴與多環胺類比較多，常屬於致癌物，電燒手術煙霧中的致癌物總量大於同濃度香菸的2.6倍，以腫瘤風險暴露的多環芳香烴濃度會超標117倍，長期這類化學物質的接觸與肺癌、肝癌、胃癌、皮膚癌等多種癌症，當暴露不可避免的時候，預防就更顯得重要了。

在2016年的一個調查報告裡，美國只有14%的手術人員常規使用真空吸引的裝置去除手術煙霧，以及有系統的標準作業流程，教育新進人員，創造一個減少煙霧危害的環境。因為手術煙霧的產生是不可避免的，煙霧除了難聞的氣味，刺激人體產生咳嗽，哮喘以及頭痛的症狀，但是很少人會主動配戴除了外科口罩以外，更高階的過濾性的保護衛材。基於職業危害暴露的預防，醫療院所需要提供作業人員一個免於危害的工作場所。依照危害控制優先的序位，最重要的是污染源的消除，其次是取代，再而進行控制如空氣換氣的過濾，局部排氣的設施，最後是安全作業程序，如呼吸防護的器具。對於現場的醫護人員，需要採取有效適當之呼吸防護措施降低風險。

手術煙霧之排除針對手術室裡的手術煙霧，市面上有許多廠商研發煙霧排除設備，將手術煙霧經收集進行濾心過濾後加以排除，一般來說，手術煙霧排除系統應由以下成分組成：吸煙口與導引管之

收集煙霧裝置、有效之空氣清淨裝置(一般為拋棄式)、及具備足夠吸排力之風機，使得手術室的外科煙霧得以被排除。標準的手術室需有空氣清淨裝置，至少具備高效率空氣過濾網(High Efficiency Particulate Air filter, HEPA filter)，其過濾效率最小可移除空氣中約 $0.3 \mu m$ 粒徑粒子，具有99.97%過濾效率，而移除 $0.5 \mu m$ 粒子具有99.99%效率，可有效移除空氣中所含非生物與生物性之微粒。此外，亦可考量超高效率空氣濾網(Ultra-Low Penetration Air filter, ULPA filter)，其可過濾 $0.1\sim 0.2 \mu m$ 粒徑粒子，且過濾效率高達99.999%，此外引入活性炭(activated charcoal)濾網，以移除有機氣狀物質，可有淨化難聞氣味。此外濾網也需要定期更換並留有紀錄。

至於局部排氣裝置(Local Exhaust Ventilation, LEV)：局部排除裝置，就如同吸塵器般的器材，具高效率的煙霧排除設備，利用導管吸煙口接近污染源吸入有害氣狀物質及微粒，將這些煙霧沿著導管輸送到空氣清淨裝置進行過濾。

局部排除裝置亦分為固定式與非固定式，固定式局部排除裝置常見由上方吸引氣體或微粒，亦可由手術台平面下方吸引或側面吸除煙霧。而非固定式局部排除裝置可由手術醫護團隊中指定人員攜帶簡便之行動式(Portable)排除煙霧器具，以更接近污染源方式，並隨時視手術煙霧產生情形予以排除。

由於微創手術的盛行，有需求就有研發，內視鏡或腹腔鏡鎖閥 (Luer-lock valve) 上之過濾裝置，使得手術時可連續通風並過濾的裝置也被研發出來，一克組織燒灼的煙霧排放量等同於3支香煙的釋放量，所以利用通氣閥卸除廢氣可以顯著降低電刀操作所造成之污染，更可以減少煙霧對於視線的障礙，且除了可過濾電刀煙霧中有害物質，更可以消除電刀造成之難聞氣味，減少醫護人員暴露手術煙霧之風險。此外，現有吸氣管固定於電刀的排煙設備系統，即手術刀加上排氣管裝置，具有高流速低流量之吸力技術，可幫助傳統剖腹式手術的煙霧擴散程度，讓煙霧第一時間被排除，也可以有效減少醫護人員的暴露。

手術作業流程的改善：內視鏡種類的手術如腹腔鏡手術，使用電燒裝置一開始煙霧會在患者的體內累積干擾視線，手術者會主動開放鎖閥，大量腹腔內之煙霧隨即擴散至整個手術室內，使手術室內存在煙霧濃度顯著上升，進而造成身體健康之危害。非內視鏡種類之一般手術，手術煙霧會隨電刀操作呈現開放性逸散，與內視鏡手術產生煙霧情形不同。基於手術煙霧產生情形不同，在手術期間有許多方法可以用於減少執行手術之外科醫師或醫護人員吸入手術電刀產生之煙霧，包括：移動位置以避免吸入，內視鏡種類的手術，醫護人員可在操作過程拔除視鏡時避免開口朝向自己，可少量多次的釋放患者體內的煙霧，或者將抽吸管靠近腹腔鏡

套筒直接吸引手術煙霧，達到預防之效果。另可視情形考量新型科技如達文西機械手臂執行手術，避免近距離吸入手術煙霧。排班上可考量調整個別醫護人員執行手術作業的時間與頻率，降低暴露危害之風險。手術前會議中醫護團隊也可針對減少人員暴露煙霧危害，討論手術作業流程與方法，及於術後檢討精進作法。

結語：

手術能量產生的外科煙霧是現代手術無可避免的污染來源，會造成很多的毒性物質，致癌物質以及生物造成感染的風險，在實際的工作場域需要有局部排氣裝置以及中央的過濾裝置，減少煙霧的逸散，手術室中的工作人員也需要有減少手術煙霧的教育以及認知。減少風險的努力沒有最好，只有更好，有效而且經濟的集中與過濾手術煙霧的器材，更是未來可以發展的重要課題。

< 感謝 陳彥旭醫師 協助邀稿 >



范文傑 醫師

現職

市立大同醫院 消化系外科/大腸直腸外科 主治醫師
癌症中心 主任

臨床專業

單孔腹腔鏡、3D立體腹腔鏡微創腸胃道手術、
消化道腫瘤治療、大腸直腸疾病、
肛門周圍疾患、甲狀腺手術

學歷

國立成功大學醫學系醫學士
高雄醫學大學臨床醫學研究所碩士班

經歷

高醫胃腸及一般外科主治醫師
市立大同醫院 消化系外科/大腸直腸外科 主治醫師

