

空氣清淨機技術介入對工業區室內空氣污染物與氣喘患者健康改善之評估

李宛宸¹ 陳培詩^{1,2,3,4,*}

目標：探討以光觸媒氧化及過濾空氣清淨技術移除工業區室內空氣污染物及改善氣喘患者介入後之健康效應。**方法：**對居住在重工業區之58名氣喘病患進行雙盲交叉設計研究，將受試者隨機分為PCO組與附加濾網之PCO+filter組。PCO+filter組在第一階段介入PCO+filter空氣清淨機兩週；經過兩週的效應排除重置期（washout period），將濾網移除進入第二階段之PCO空氣清淨機介入兩週。PCO組與PCO+filter組的第一階段與第二階段互為相對。介入期間測量清淨機介入前後之室內粒狀（PM₁, PM_{2.5}, PM₄, PM₁₀, TSP, UFPs）和氣狀（CO, SO₂, NO₂, CO₂, TVOC）等空氣污染物移除及健康效應（肺功能、血壓、FeNO、ACT score、Symptom score）。**結果：**污染物部分，PCO組中觀察到室內SO₂、TVOC等氣狀污染物顯著下降；PCO+filter組中觀察到PM、CO、NO₂、TVOC等污染物顯著下降。健康效應部分，肺功能在第7天就觀察到上升，血壓在第13天觀察到顯著下降，問卷分數在兩組皆觀察到改善，且症狀具臨床顯著改善。**結論：**居住在高污染工業地區之敏感族群，可藉由介入空氣清淨機技術的方式來減緩空污對健康的不良影響。（台灣衛誌 2023；42(5)：564-574）

關鍵詞：空氣清淨機、光觸媒、室內空氣污染物、健康效應、肺功能

前 言

空氣品質對於人類而言影響甚大，過去有大量研究顯示，暴露於空氣污染與許多健康效應有關，特別是與呼吸道感染、氣喘、過敏症狀、中風、肺功能下降及缺血性心臟病[1,2]。

現代人平均一天之中有80%以上的時間待在室內環境[3,4]，室內常見的污染物包括粒狀（PM、UFPs）、氣狀（NO₂、SO₂、CO、CO₂、TVOC）與生物氣膠（細菌、真菌、內毒素），室內污染物來源分為兩種，一為由室外進入室內，二為由室內活動產生[5]，且室內與室外污染物濃度呈顯著相關[6]。

工業區因為聚集了許多工廠，加上柴油車、輪船等交通活動頻繁，因此空氣污染相較於城市、鄉村等地區嚴重[7,8]，而高雄市以其工業發展聞名，其中位於小港的石化工業區已成為目前國內開發規模最大之工業區之一，此區不僅聚集了許多造船廠、煉油廠、鋼鐵製造商等工廠，又加上鄰近機場與港口，因此高頻率活動的柴油車、輪船、飛機航班及工廠排放之廢棄使得行政院環保署2022年所公布之空氣品質監測年報顯示，高屏區空氣品質指標為所有空品區最高[9]，故本研究選擇位於臨海的小港工業區作為研究地點，觀察居住於此區氣喘患者的健康效應。

控制室內空氣品質的方法有許多種，包含自然通風、機械通風、使用空氣清淨裝置等，然而，美國加州的研究顯示，在室外污染相對較高的環境下，使用自然通風導致室內PM_{2.5}因暴露於室外PM_{2.5}而增加了4到5倍[10]，利用機械通風相較於其他兩者，在技術與經濟負擔上皆高出許多，因此，擺放空氣清淨機來降低家中空氣污染物的暴露成為其中一個選項。

目前市售之清淨機主要分為高性能

¹ 高雄醫學大學健康科學院公共衛生學系

² 高雄醫學大學精準環境醫學研究中心

³ 國立中山大學工學院環境工程研究所

⁴ 高雄醫學大學附設醫院臨床醫學研究部

* 通訊作者：陳培詩

地址：高雄市三民區十全一路100號

E-mail：pschen@kmu.edu.tw

投稿日期：2023年8月5日

接受日期：2023年10月13日

DOI:10.6288/TJPH.202310_42(5).112073



過濾濾網 (High-efficiency particulate air, HEPA)、活性碳 (Active carbon)、靜電集塵 (electrostatic precipitator, ESP)、光觸媒 (photocatalytic oxidation, PCO)、負離子 (negative ion) 等五種技術類型。許多研究顯示ESP對於PM改善效率可高達99%，然而ESP在放電過程中產生的臭氧雖能氧化去除TVOC、生物氣膠等空氣污染物，但也面臨造成IAQ的二次污染，對於人體可能造成呼吸系統或中樞神經等危害[11,12]。許多研究也顯示負離子空氣清淨機 (negative ion air purifiers, NIAPs) 相較於HEPA空氣清淨機更能有效去除空氣中PM_{2.5}，然而負離子對於人體健康效應也有不良之影響，因此NIAPs不建議在PM_{2.5}污染濃度不高的情況下作為主要策略[13,14]。作為目前最廣泛運用於空氣清淨機之一的HEPA濾網技術，許多研究顯示，介入HEPA空氣清淨機後，室內粒狀污染物呈顯著下降，也有助於人類改善肺功能及下降血壓等影響[15,16]，活性碳則常常搭配HEPA濾網置於清淨機，研究顯示活性碳可過濾空氣中H₂S、SO₂、NO、NO₂、HCHO等氣狀污染物，但其吸附容量有限，若污染物濃度較高則需頻繁更換濾網[17]。PCO技術為利用TiO₂經紫外線照射後產生的電洞與羥基自由基，與空氣中污染物經過一系列的氧化反應達到清除效果，許多研究也顯示，PCO技術與TVOC、NO_x等氣狀污染物降解有關[18,19]。

回顧過去介入清淨機研究主要是針對HEPA清淨機進行，關於PM結果顯示，在家中介入HEPA清淨機可有效顯著下降PM_{2.5}濃度，移除效率範圍從54.9%到11.3%[15,20]，關於氣狀污染文獻相對PM則較少，結果顯示，於家中介入HEPA加活性碳濾網清淨機，不管在廚房或臥室，室內NO₂在1週後皆顯著下降，移除效率範圍從27%到23%[21]，TVOC在介入2週後下降14.7%但不顯著[22]，於中國大學宿舍介入HEPA清淨機CO則顯著下降8.5%[16]，而在家中介入HEPA清淨機對於CO₂則無明顯改善，CO₂移除效率範圍從5.5%到-1.8%但皆不顯著[23,24]。

過去家中介入清淨機對於健康效應影響的文獻結果則較不一致，6篇肺功能相關文獻中，3篇顯示介入HEPA清淨機肺功能上升，但僅1篇呈顯著[20,25,26]，4篇顯示介

入HEPA清淨機肺功能下降且1篇呈顯著[23-25,27]，而不一樣的1篇中在健康人觀察到上升但不顯著，在慢性阻塞性肺病 (chronic obstructive pulmonary disease, COPD) 患者則觀察到顯著下降[25]，3篇血壓相關文獻中，1篇顯示介入HEPA清淨機血壓下降但不顯著[15]，另外2篇則顯示介入HEPA清淨機血壓升高，且其中1篇之DBP呈顯著[25,28]，3篇FeNO相關文獻中，2篇顯示介入HEPA清淨機FeNO下降但不顯著[27,29]，另1篇則顯示介入HEPA清淨機FeNO升高但也不顯著[24]，3篇氣喘控制相關文獻中皆呈改善趨勢，且2篇呈顯著改善[26,29,30]，5篇鼻部症狀相關文獻中與氣喘控制文獻一致改善，且其中3篇呈顯著改善[26,31-34]。

因此，本研究選擇利用介入PCO+filter空氣清淨機來探討室內粒狀、氣狀污染物下降情形，以及觀察介入空氣清淨機後重工業區氣喘患者之肺功能、血壓、FeNO與症狀等健康效應的改善情形，並觀察室內空氣污染物與健康效應之相關性。

材料與方法

一、研究設計

本研究的對象為居住在高雄市重工業區之氣喘病患，並通過高雄醫學大學附設中和紀念醫院之人體試驗委員會 (Institutional Review Board, IRB) 的認可，於高雄市小港醫院胸腔內科門診收案，將同意參與本研究20歲以上且被診斷為氣喘之病患納入研究 (IRB編號：KMUHIRB-E (II) -20190288)。

本研究自2020年4月至2023年2月，採用雙盲交叉設計 (double-blind crossover study)，將空氣清淨機 (BM-H771AT, ANDES ELECTRIC CO., LTD, Japan) 分為移除三合一濾網 (filter：前製濾網+高性能活性碳+HEPA) 僅含固態立體網狀光觸媒 (PCO) 的PCO組，以及帶有固態立體網狀光觸媒以及三合一濾網的PCO+filter組，為避免研究結果受到受試者及研究人員的主觀意識影響，在受試者與研究人員不知情下，受試者隨機被分配在PCO組與PCO+filter組，PCO+filter組為第一階段介入PCO加上filter之空氣清淨機兩週，過去研究表明，急性空氣污染的效應持續時間

小於1週[35,36]，因此本研究選擇兩週作為重置期（washout period）以消除延續效應（carryover effect）[37]，再進入第二階段之PCO空氣清淨機介入兩週，PCO組則為PCO+filter組的第一階段與第二階段對調，且研究期間要求受試者24小時開啟清淨機，並將風速固定設為4 m³/min（如圖一）。因本研究設計一開始為隨機分派，故能同時校正兩組抽菸、生活習慣等干擾因子；就介入前後而言，因受試者皆以同一個人做比較，故也控制了氣喘嚴重程度、抽菸等所帶來的影響。

本研究於受試者家中客廳與臥室各擺放一台空氣清淨機，客廳之擺放原則為受試者最常的活動範圍，臥室則擺放在受試者睡眠之呼吸區。在前3天連續去家戶採樣時嚴格要求受試者在測量污染物之期間關閉門窗，其餘觀察健康效應期間則要求盡量關閉門窗，避免室外污染物持續進入室內。空氣清淨機上皆貼有請勿移動之警告標示，濾網則每半年更換一次。

二、空氣污染物之採樣

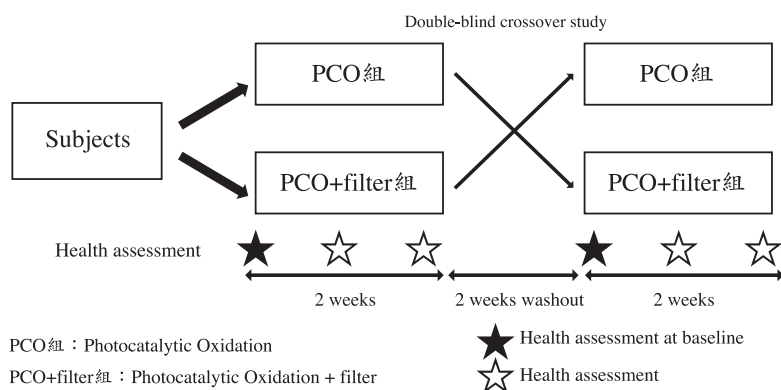
本研究採樣人員於第一天去受試者家中放置直讀式儀器48小時，監測室內污染物基線值及介入後連續24小時的空氣品質數據。於家戶的客廳，利用YESAIR（Critical Environment Technologies, Canada）測量二氧化氮（Nitrogen dioxide, NO₂）、一氧化碳（Carbon monoxide, CO）、二氧化硫（Sulphur dioxide, SO₂）、揮發性有機化合物（Total Volatile Organic Compound,

TVOC）、二氧化碳（Carbon dioxide, CO₂）、溫度與濕度之數值，DustTrak DRX（TSI, USA）用以測量懸浮微粒（particulate matter, PM₁、PM_{2.5}、PM₄、PM₁₀）、總懸浮微粒（Total suspended particle, TSP）之數值，P-TRAK Ultrafine Particle Counter（TSI, USA）用以測量奈米極細微粒（Ultrafine particles, UFPs）之數值。第一次採樣前及後續每年，所有儀器皆送回原廠先進行校正。

研究期間，在家戶客廳會架設小桌子於空氣清淨機旁放置欲使用之直讀儀，首先進行背景值24小時室內污染物之連續監測，隔日確定空氣清淨機開啟後，將直讀儀重新開機，接續進行介入後24小時室內污染物之連續監測。數據蒐集過程中提醒家戶避免觸碰儀器及其電線。數據排除方面，直讀儀測得空氣污染物之數值若高於或低於正常值數百或數千倍，經過觀察研究期間受試者居家活動、室外交通狀況、天氣等因素，判斷為錯誤值則將之作為遺漏值予以排除，若清淨機介入前後之污染物濃度有任一缺失則不列入移除效率之計算。

三、健康效應之量測

於每週期介入之第0天、第7天和第13天測量受試者肺功能、血壓、呼氣一氧化氮（Fraction of Exhaled Nitric Oxide, FeNO）、呼吸道症狀（Symptom score）、氣喘控制分數（ACT score）。利用Multi-Function Spirometer（HI-801, Chest MI, Inc. Tokyo, Japan）於每次健康檢查對受試者進行肺功能之量測，檢測步驟參考美國胸腔



圖一 雙盲交叉設計圖

協會 (American Thoracic Society, ATS) 的標準程序進行，FVC百分比預測值重複測量兩次若分數皆為80%以上則停止測量，分數不足80%則測第三次再停止，若觀察到測量之圖形不佳，經採樣人員教導後重新測量[38]。手臂式血壓計 (HEM-8712; Omron Healthcare Co. Ltd., Japan) 於每次健康檢查測量受試者之收縮壓 (Systolic blood pressure, SBP)、舒張壓 (Diastolic blood pressure, DBP) 及脈搏 (Pulse Rate, PR)，待受試者靜靜休息5至10分鐘後，連續測量兩次血壓，並利用兩次數據之平均值進行研究分析[16]。利用NIOX VERO (Aerocrine AB, Solna, Sweden) 於每次健康檢查測量受試者之FeNO，並提醒受試者當天應避免食用含氮食物並在測量前兩個小時內避免吸菸，經採樣人員教導儀器使用方式後測量至成功為止，若受試者因個人因素或儀器故障無法成功測量則作為遺漏值[39]。呼吸道症狀測驗 (Symptom score) 為對6項呼吸道症狀 (包含鼻塞、搔癢/打噴嚏、鼻中分泌物/流鼻涕、咳嗽、呼吸急促、胸悶) 依嚴重程度 (1代表無症狀、2代表輕度症狀、3代表中度症狀、4代表嚴重症狀)，請受試者給予評分並加總而得[31]。氣喘控制測驗 (Asthma Control Test, ACT) 為透過五個氣喘控制狀態依控制程度 (1代表控制最差、5代表控制最好)，請受試者給予1至5分的評分並加總而得，低於20分表示氣喘並未受到控制，20~24分表示氣喘可能已經控制良好，但仍未達到全面控制，25分則表示氣喘已受到全面控制[29]。

四、資料整理與統計分析

所有資料皆以Microsoft Excel進行建檔與統整，並利用SAS version 9.4及SAS Enterprise Guide 8.3 (SAS Institute Inc., USA) 統計軟體進行統計檢定分析。本研究實際樣本數多小於50 (採樣造成缺失)，故使用Shapiro-Wilk P值檢測是否為常態分佈，數據檢測結果若呈非常態分佈，利用無母數統計方法威爾卡森符號檢定 (Wilcoxon signed-rank test) 進行分析，比較介入空氣清淨機前後，室內空氣污染物之差異以及健康效應之改善與否，以及PCO組及PCO+filter組兩組間是否具統計上顯著差

異，數據檢測結果若呈常態分佈則利用成對樣本T檢定 (Paired Sample t-test)。資料殘差 (residual) 滿足常態性 (Normality) 以及獨立性 (Independence)，故使用線性迴歸 (Linear regression analysis) 以污染物四分位距 (interquartile range, IQR) 作為自變數 (Independent Variable)，健康效應測量值作為依變數 (Dependent Variable)，分析室內污染物每上升IQR與健康效應之相關性。

結 果

表一為人口學描述性統計，本研究共包含58位受試者，其中男性占48%、女性占52%，男性平均年齡為60.6歲、BMI平均為25.2，女性平均年齡為57.4歲、BMI平均為23.1。

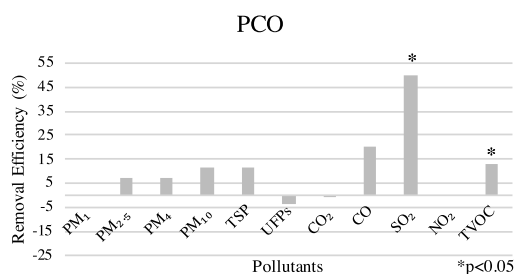
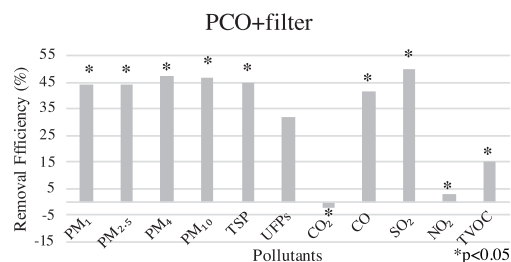
圖二、圖三分別為介入PCO組、PCO+filter組對客廳室內空氣污染物之移除效率，對於PM部分，介入PCO組後，PM₁₀、TSP、PM₄、PM_{2.5}移除效率分別為11.8%、11.7%、7.3%、6.9%，PM₁無明顯改變，UFPs則上升3.7%，但與基線相比介入後PM濃度皆無顯著差異，介入PCO+filter組後，移除效率皆較PCO組高，PM₄、PM₁₀、TSP、PM₁、PM_{2.5}、UFPs分別為47.5%、46.6%、44.4%、44.1%、43.8%、31.8%，且除了UFPs，PM皆呈顯著下降；對於氣體部分，介入PCO組後，移除效率相較於PM高，SO₂、CO、TVOC移除效率分別為50%、20.1%、12.7%，且SO₂、TVOC呈顯著下降，NO₂無明顯改變，CO₂則上升0.8%，介入PCO+filter組後，趨勢與PCO組一致，SO₂、CO、TVOC、NO₂移除效率分別為50%、41.7%、15.2%、3%，CO₂則顯著上升2.2%，且除了CO₂顯著上升，其餘皆顯著下降。

表二為介入PCO組和PCO+filter組後肺功能百分比預測值之描述性統計，除了PCO組觀察到FVC、FEV₃第13天顯著下降，大部分肺功能呈上升，PCO+filter組較PCO組多，且第7天比第13天多，因此後續以第7天做討論。

表三為介入PCO組和PCO+filter組後血壓以及氣喘控制、呼吸道症狀測驗分數與FeNO之描述性統計，觀察到介入清淨機後

表一 人口學描述性統計

	N	Mean	SD	Median	Min	Max
Male (%)	28 (48)					
Age (year)		60.6	12.9	64	30	84
BMI (kg/m ²)		25.2	4.6	25	17.3	36.5
Female (%)	30 (52)					
Age (year)		57.4	9.7	59.5	34	70
BMI (kg/m ²)		23.1	3.7	22.9	15.2	31.6

圖二 介入PCO組室內空氣污染物之
移除效率圖三 介入PCO+filter組室內空氣污染物之
移除效率

血壓多呈下降趨勢，PCO+filter組第13天的SBP、DBP顯著低於PCO組，且多在第13天呈下降，因此後續以第13天做討論。另外在氣喘控制、呼吸道症狀測驗分數與FeNO方面，ACT score、Symptom score在PCO與PCO+filter組皆改善，且在Symptom score觀察到顯著，FeNO則在PCO組第7天觀察到顯著上升。

表四為肺功能百分比預測值以及血壓、FeNO、氣喘控制與呼吸道症狀測驗分數與室內粒狀污染物每上升IQR之間的相關性。肺功能與PM多呈負相關，且SVC、FVC、FEV3呈顯著。血壓、FeNO、氣喘控制與呼吸道症狀測驗分數部分則觀察到SBP、DBP與PM呈顯著正相關，ACT score與PM呈顯著惡化。

討 論

本研究所使用的HEPA濾網技術，其原理是透過濾網捕捉空氣中粒狀污染物，使污染物吸附於HEPA的纖維而達到清除效果，其標準對於0.3 μm 的PM清除效果須達99.97%以上[20]；活性炭濾網為利用其多孔結構以及吸附作用，捕捉空氣中氣狀污染物[17]；PCO原理則為利用TiO₂經紫外線照

射後產生的電洞與羥基自由基，與空氣中污染物經過一系列的氧化反應達到清除效果[19]。本研究在家戶中介入清淨機之室內粒狀污染物結果多與過去研究一致，PM呈顯著下降，本研究PM_{2.5}移除效率為43.8%，過去研究則介於48.2%至10.9%且皆呈顯著下降[23,26,30,31,34]，而氣狀污染物跟粒狀污染物文獻相比相對少很多，NO₂結果與過去1篇研究一致呈顯著下降，本研究與過去研究NO₂移除效率分別為3%、23%[21]，與1篇不一致，其移除效率為0%[22]，不一致原因推測可能為其介入的清淨機不包含活性炭濾網，因為活性炭可過濾空氣中氣狀污染物[17]。CO₂則與過去研究一致不顯著[24]，CO與過去研究一致下降，本研究與過去研究CO移除效率分別為41.7%、8.5%[16]，TVOC則與過去研究一致下降但過去研究不顯著，本研究與過去研究TVOC移除效率分別為15.2%、14.7%[22]。

PM_{2.5}的吸入會導致肺部氧化應激（oxidative stress）、炎症（inflammation）與離子通道激活（ion channel activation），進而對呼吸道以及肺部組織造成傷害[15]。本研究肺功能在介入清淨機第7天觀察到多呈上升趨勢，在第13天則較不一致，與

表二 介入PCO組和PCO+ filter組後肺功能百分比預測值之描述性統計

Variables	PCO							PCO+filter							Difference	
	N	Mean	SD	Median	Min	Max	p-value	N	Mean	SD	Median	Min	Max	p-value	p-value	
SVC %predicted (%)																
Day 0	52	76.8	20.5	76.9	36.4	116.7		45	75.2	21.4	77.8	34.5	112.9		0.73	
Day 7	50	77.1	21.0	79.0	37.9	141.9	0.96	46	74.7	20.0	76.5	31.4	109.8	0.40	0.54	
Day 13	47	77.0	20.6	79.7	39.9	136.2	0.38	46	76.5	21.2	81.4	35.0	113.9	0.99	0.75	
FVC %predicted (%)																
Day 0	55	79.1	20.5	83.0	37.1	115.4		53	75.6	20.9	75.0	34.3	114.6		0.15	
Day 7	52	80.1	23.1	79.9	38.2	149.8	0.81	53	78.3	20.8	78.7	35.6	116.1	0.10	0.63	
Day 13	48	78.3	21.4	83.1	33.8	127.8	0.04*	51	78.0	21.6	80.9	30.7	114.6	0.42	0.44	
FEV ₁ %predicted (%)																
Day 0	55	72.4	25.1	72.9	20.5	112.0		53	69.2	23.4	64.8	30.5	112.5		0.15	
Day 7	52	80.1	67.7	76.1	19.0	531.0	0.42	53	71.7	23.0	69.7	28.6	117.6	0.10	0.34	
Day 13	48	72.3	23.7	73.8	23.0	111.4	0.08	51	71.0	24.7	70.3	25.7	118.2	0.72	0.87	
FEV ₃ %predicted (%)																
Day 0	55	77.9	22.7	84.1	31.2	117.6		53	74.8	21.9	73.5	33.0	119.7		0.20	
Day 7	52	77.9	25.1	81.5	32.6	152.4	0.88	53	77.0	21.7	77.5	35.5	117.3	0.19	0.75	
Day 13	48	76.7	22.4	83.5	32.7	121.6	0.01*	51	76.5	22.5	77.5	31.5	123.1	0.75	0.64	
FEV ₁ /FVC %predicted (%)																
Day 0	55	88.9	16.4	91.5	32.7	113.4		53	90.3	15.5	91.3	47.9	119.6		0.54	
Day 7	52	87.0	17.5	90.9	30.9	113.4	0.37	53	89.7	13.5	92.3	53.1	111.8	0.91	0.36	
Day 13	48	90.6	14.6	92.5	46.3	111.9	0.55	51	88.7	14.1	90.0	49.9	113.7	0.15	0.14	
MMEF %predicted																
Day 0	55	62.4	35.6	55.1	8.1	142.0		53	59.3	34.1	47.1	11.3	137.8		0.56	
Day 7	52	57.2	32.3	55.1	7.3	138.6	0.08	53	59.8	30.8	54.8	10.4	133.1	0.78	0.42	
Day 13	48	63.1	34.0	53.4	9.2	128.3	0.87	51	60.6	34.7	53.5	12.9	130.5	0.93	0.79	
PEF %predicted (%)																
Day 0	55	69.6	29.4	65.2	14.8	142.1		53	68.8	31.1	63.0	19.2	142.5		0.92	
Day 7	52	69.2	31.4	68.4	9.3	156.0	0.63	53	66.7	28.0	61.5	24.7	130.6	0.42	0.64	
Day 13	48	70.5	31.1	64.9	17.2	154.7	0.35	51	66.6	31.9	60.8	12.3	143.4	0.28	0.93	
FEF ₂₅ %predicted (%)																
Day 0	55	62.0	30.3	58.4	4.4	139.7		53	61.9	31.9	61.7	9.1	136.7		0.99	
Day 7	52	62.1	33.1	61.8	5.8	164.3	0.94	53	62.0	29.7	61.8	8.3	132.8	0.96	0.98	
Day 13	48	63.6	32.6	58.9	6.5	162.6	0.64	51	60.7	33.0	60.4	11.1	138.3	0.54	0.94	
FEF ₅₀ %predicted (%)																
Day 0	55	63.3	34.8	60.1	7.0	141.7		53	61.4	36.6	52.2	7.8	170.2		1.00	
Day 7	52	58.7	31.5	54.3	6.1	136.1	0.16	53	61.0	31.5	53.2	8.9	137.7	0.87	0.67	
Day 13	48	64.4	34.5	56.7	7.2	127.5	0.83	51	62.7	36.9	54.7	11.4	152.8	0.95	1.00	
FEF ₇₅ %predicted (%)																
Day 0	55	60.5	45.2	49.0	10.5	244.9		53	59.7	42.6	44.7	14.2	210.4		0.84	
Day 7	52	59.8	42.0	50.7	11.5	205.8	0.93	53	60.7	37.3	50.0	14.1	148.1	0.78	0.77	
Day 13	48	59.5	36.5	49.8	13.8	175.4	0.54	51	56.5	35.5	53.8	11.6	163.8	0.12	0.64	

註：1. Paired Sample t-test; *p<0.05; 2. SVC, Slow vital capacity; FVC, Forced vital capacity; FEVn, Forced expiratory volume at n second; MMEF, Maximum mid-expiratory flow; PEF, Peak expiratory flow; FEF₂₅、FEF₅₀、FEF₇₅, Forced expiratory flow at 25%~75%

在家戶中介入清淨機的文獻比較，與過去研究一致肺功能上升但不容易達到顯著[20,25,26]，推測介入清淨機後肺功能多無觀察到顯著變化推測原因可能為受試者肺功

能基線多在正常範圍，因此變化幅度較小。

PM_{2.5}也會通過損害自主神經功能和生物中介物（biological intermediates），導致血管和內皮功能受損、血栓形成和動脈粥樣

表三 介入PCO組和PCO+ filter組後血壓、氣喘控制、呼吸道症狀測驗分數與FeNO之描述性統計

Variables	PCO							PCO+filter							Difference	
	N	Mean	SD	Median	Min	Max	p-value	N	Mean	SD	Median	Min	Max	p-value	p-value	
血壓 ¹																
SBP (mmHg)																
Day 0	55	127	18	124	86	174		52	125	19	126	91	188			0.51
Day 7	52	126	19	127	91	174	0.72	52	127	21	126	93	183	0.30		0.30
Day 13	48	129	21	128	95	175	0.22	51	125	19	123	88	167	0.84		0.05 [*]
DBP (mmHg)																
Day 0	55	81	11	81	50	105		52	80	12	80	48	106			0.65
Day 7	52	80	11	81	54	108	0.91	52	82	13	83	48	116	0.13		0.05 [*]
Day 13	48	82	13	81	54	124	0.14	51	79	14	77	51	115	0.99		0.04 [*]
PR (bpm)																
Day 0	55	79	11	78	57	108		52	80	12	79	56	119			0.39
Day 7	52	80	10	79	62	106	0.44	52	80	12	79	55	111	0.52		0.69
Day 13	48	77	11	77	59	104	0.34	51	79	12	79	53	108	0.58		0.06
氣喘控制、呼吸道症狀測驗分數與FeNO ²																
ACT score																
Day 0	52	22.8	2.1	24.0	17.0	25.0		50	22.8	2.6	24.0	12.0	25.0			0.39
Day 7	48	23.0	2.0	24.0	15.0	25.0	0.82	53	23.0	2.7	24.0	14.0	25.0	0.50		0.24
Day 13	47	23.4	1.9	24.0	15.0	25.0	0.13	47	23.4	2.3	24.0	15.0	25.0	0.37		0.70
Symptom score																
Day 0	53	2.7	2.4	2.0	0.0	15.0		54	2.6	2.4	2.0	0.0	12.0			0.84
Day 7	51	2.5	2.8	2.0	0.0	18.0	0.15	54	2.1	2.3	2.0	0.0	10.0	0.03 [*]		0.38
Day 13	50	2.1	2.4	2.0	0.0	12.0	0.04 [*]	51	2.0	1.7	2.0	0.0	7.0	0.21		0.96
FeNO (ppb)																
Day 0	33	21	28	13	5	146		25	21	27	12	6	139			0.65
Day 7	30	20	20	13	5	108	0.40	24	20	28	16	5	151	0.86		0.93
Day 13	27	23	33	13	5	177	0.01 [*]	26	25	37	14	5	195	0.07		0.87

註：¹Paired Sample t-test; ²Wilcoxon Signed Rank Test; *p<0.05

SBP, Systolic blood pressure; DBP, Diastolic blood pressure; PR, Pulse Rate; ACT, Asthma Control Test; FeNO, Fractional exhaled nitric oxide

硬化等心血管疾病風險增加[15]。本研究血壓在介入清淨機第13天觀察到顯著下降與Eom等人研究一致下降[15]，但過去研究不顯著，另外，本研究介入清淨機後受試者觀察到血壓顯著下降原因也可能受每天服用降壓藥之因素影響，因此未來可控制藥物做進一步之研究。FeNO則是與過去研究一致不顯著[27,29]，本研究期間由於FeNO測量儀器中途故障，故樣本數明顯較其他健康指標少（約N = 30），FeNO之改善是否須較長的時間仍須進一步調查。

過去研究主要針對敏感族群（像是氣喘患者），利用問卷方式測量氣喘控制情形，本研究氣喘控制結果與過去研究一致皆改善[26,29,30]，本研究不顯著原因可能為對象不同，本研究對象為老人，而過去研究多為小孩故推測其較容易觀察到顯著改變，症狀

分數結果則與過去研究皆一致呈顯著改善[26,31-34]。

本研究肺功能與PM每上升IQR多呈顯著負相關，研究結果與過去許多研究一致[23,27]，本研究SBP、DBP與PM每上升IQR多呈顯著正相關，研究結果與Liu等人之研究結果一致[28]。

本研究限制第一、本研究預期測量污染物的前3天遵守門窗關閉，之後為貼近受試者日常無強制要求遵守關閉門窗，但介入期間門窗真實是否為關閉仍無法確定。第二、因本研究進行時間較長，受試者隨時間愈長依從度愈低，因此以研究開始的前3天測量污染物背景值以及介入後污染物濃度，觀察清淨機的效果，並假設前3天測量的介入後污染物濃度作為第7天、第13天的室內污染物濃度與後續測量的健康效應觀察相關性，

表四 肺功能百分比預測值、血壓、FeNO、氣喘控制與呼吸道症狀測驗分數與室內粒狀污染物每上升IQR之間之相關性

Variable	PM ₁₀ (μg/m ³) IQR: 36.5μg/m ³			PM _{2.5} (μg/m ³) 35.5μg/m ³			PM ₁₀ (μg/m ³) 30μg/m ³			PM ₁₀ (μg/m ³) 37.5μg/m ³			TSP(μg/m ³) 40μg/m ³			UFPs(pt/cc) 10,784pt/cc								
	β	95% CI	p-value	β	95% CI	p-value	β	95% CI	p-value	β	95% CI	p-value	β	95% CI	p-value	β	95% CI	p-value						
肺功能百分比預測值																								
SVC (%)	-1.18	-2.16	-0.21	0.018*	-1.14	-2.09	-0.19	0.019*	-1.16	-2.12	-0.20	0.018*	-1.22	-2.22	-0.22	0.017*	-0.86	-1.67	-0.06	0.035*	-4.04	-6.61	-1.46	0.002*
FVC (%)	-1.45	-2.45	-0.46	0.005*	-1.41	-2.38	-0.44	0.005*	-1.44	-2.42	-0.46	0.004*	-1.51	-2.54	-0.49	0.004*	-1.13	-1.95	-0.31	0.007*	-2.61	-5.30	0.08	0.057
FEV ₁ (%)	-1.01	-2.77	0.75	0.258	-0.99	-2.70	0.71	0.253	-1.01	-2.74	0.72	0.251	-1.07	-2.87	0.73	0.243	-0.83	-2.28	0.62	0.259	-2.01	-7.21	3.19	0.446
FEV ₃ (%)	-1.51	-2.58	-0.44	0.006*	-1.46	-2.50	-0.42	0.006*	-1.49	-2.55	-0.44	0.006*	-1.57	-2.67	-0.47	0.005*	-1.17	-2.05	-0.28	0.010*	-3.52	-6.32	-0.72	0.014*
FEV ₁ /FVC (%)	0.20	-0.53	0.93	0.590	0.18	-0.52	0.89	0.606	0.19	-0.53	0.90	0.610	0.19	-0.55	0.93	0.614	0.17	-0.42	0.77	0.568	0.14	-1.91	2.20	0.892
MMEF (%)	-1.35	-2.99	0.30	0.109	-1.32	-2.91	0.28	0.106	-1.35	-2.96	0.27	0.103	-1.42	-3.11	0.26	0.098	-1.02	-2.37	0.33	0.138	-2.98	-7.53	1.56	0.197
PEF (%)	-1.20	-2.64	0.24	0.102	-1.17	-2.57	0.22	0.099	-1.20	-2.62	0.21	0.096	-1.28	-2.75	0.19	0.087	-0.87	-2.05	0.31	0.149	-0.71	-4.86	3.44	0.737
FEF ₂₅ (%)	-0.60	-2.11	0.91	0.432	-0.60	-2.07	0.87	0.421	-0.62	-2.10	0.87	0.416	-0.66	-2.21	0.89	0.401	-0.39	-1.63	0.85	0.536	-1.80	-6.14	2.54	0.415
FEF ₅₀ (%)	-1.29	-2.95	0.38	0.130	-1.26	-2.88	0.36	0.127	-1.29	-2.93	0.35	0.124	-1.36	-3.07	0.35	0.118	-0.97	-2.34	0.40	0.166	-2.14	-6.82	2.55	0.370
FEF ₇₅ (%)	-1.38	-3.39	0.63	0.177	-1.35	-3.30	0.60	0.174	-1.38	-3.36	0.59	0.170	-1.46	-3.51	0.60	0.164	-1.06	-2.71	0.59	0.209	-3.61	-9.11	1.89	0.197
血壓、FeNO、氣喘控制與呼吸道症狀測驗分數																								
SBP	1.36	0.40	2.33	0.006*	1.34	0.40	2.28	0.005*	1.37	0.41	2.32	0.005*	1.44	0.45	2.43	0.005*	1.01	0.21	1.81	0.014*	5.60	3.07	8.13	<0.001*
DBP	0.91	0.30	1.52	0.004*	0.90	0.30	1.49	0.003*	0.92	0.31	1.52	0.003*	0.97	0.34	1.59	0.003*	0.67	0.16	1.17	0.010*	3.42	1.80	5.05	<0.001*
PR	0.11	-0.46	0.69	0.697	0.12	-0.44	0.67	0.683	0.12	-0.44	0.69	0.676	0.14	-0.45	0.72	0.651	0.04	-0.43	0.51	0.870	1.54	0.05	3.02	0.043*
FeNO	-0.71	-4.77	3.35	0.729	-0.66	-4.53	3.20	0.735	-0.63	-4.53	3.28	0.751	-0.60	-4.61	3.41	0.768	-0.63	-4.86	3.60	0.769	-4.31	-8.56	-0.06	0.047*
ACT score	-0.41	-0.74	-0.09	0.013*	-0.39	-0.70	-0.09	0.013*	-0.39	-0.70	-0.08	0.014*	-0.40	-0.72	-0.09	0.013*	-0.41	-0.75	-0.08	0.016*	-0.23	-0.46	-0.01	0.038*
Symptom score	0.17	-0.17	0.51	0.330	0.15	-0.17	0.48	0.353	0.15	-0.18	0.47	0.386	0.13	-0.21	0.47	0.451	0.12	-0.23	0.48	0.495	0.153	-0.08	0.385	0.193
Linear regression analysis; * p<0.05																								

但若是家戶未確實在研究期間開啟清淨機，則會造成低估清淨機對於健康效應影響之結果。第三、因對象為氣喘患者，因此受試者日常生活所使用之藥物也可能影響本研究之結果。第四、FeNO因中途儀器故障送修使得樣本數相對較少，恐導致外推性不足。

結論

本研究在實際環境中證實清淨機的確可以顯著下降空氣污染物（PM、CO、NO₂、TVOC），而介入PCO+filter對健康效應所帶來的影響，觀察到肺功能多在第七天就觀察到上升（FVC、FEV₁、FEV₃、FEV₁/FVC、MMEF、FEF₂₅、FEF₅₀、FEF₇₅），SBP、DBP多在第13天觀察到顯著下降，ACT score、Symptom score皆觀察到改善且Symptom score觀察到顯著改善，且PM濃度的上升與肺功能、血壓、氣喘控制多呈顯著惡化，因此，建議尤其居住在高污染工業地區之敏感族群，可藉由介入空氣清淨機技術的方式來減緩空污對健康效應的不良影響。

致 謝

本研究感謝王詹樣基金會及中華民國國家科學及技術委員會（MOST111-2621-M-037-001）。本研究感謝高雄醫學大學精準環境醫學研究中心，該中心是台灣教育部「高教深耕計畫」（Higher Education Sprout Project）「特色領域研究中心計畫」的一部分（KMU-TC112A01）。

參考文獻

- Altman MC, Kattan M, O'Connor GT, et al. Associations between outdoor air pollutants and non-viral asthma exacerbations and airway inflammatory responses in children and adolescents living in urban areas in the USA: a retrospective secondary analysis. *Lancet Planet Health* 2023;**7**:e33-44. doi:10.1016/S2542-5196(22)00302-3.
- Anbari K, Khaniabadi YO, Sicard P, Naqvi HR, Rashidi R. Increased tropospheric ozone levels as a public health issue during COVID-19 lockdown and estimation the related pulmonary diseases. *Atmos Pollut Res* 2022;**13**:101600. doi:10.1016/j.apr.2022.101600.
- Zhao B, Chen C, Zhou B. Is there a timelier solution to air pollution in today's cities? *Lancet Planet Health* 2018;**2**:e240. doi:10.1016/S2542-5196(18)30082-2.
- Klepeis NE, Nelson WC, Ott WR, et al. The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 2001;**11**:231-52. doi:10.1038/sj.jea.7500165.
- Zhang A, Liu Y, Ji JS, Zhao B. Air purifier intervention to remove indoor PM_{2.5} in urban China: a cost-effectiveness and health inequality impact study. *Environ Sci Technol* 2023;**57**:4492-503. doi:10.1021/acs.est.2c09730.
- Kim Y, Shin D, Hong KJ, et al. Efficient energy saving scenarios for indoor PM_{2.5} management in an apartment of South Korea. *Toxics* 2022;**10**:609. doi:10.3390/toxics10100609.
- Liu Z, Doherty RM, Wild O, Hollaway M, O'Connor FM. Contrasting chemical environments in summertime for atmospheric ozone across major Chinese industrial regions: the effectiveness of emission control strategies. *Atmos Chem Phys* 2021;**21**:10689-706. doi:10.5194/acp-21-10689-2021.
- Yuan Y, Zhang X, Zhao J, et al. Characteristics, health risks, and premature mortality attributable to ambient air pollutants in four functional areas in Jinan, China. *Front Public Health* 2023;**11**:1075262. doi:10.3389/fpubh.2023.1075262.
- 環境部：111年空氣品質監測年報。台北：環境部，2022。
Ministry of Environment, R.O.C. (Taiwan). Air Quality Annual Report of R.O.C (Taiwan), 2022. Taipei: Ministry of Environment, R.O.C. (Taiwan), 2022. [In Chinese: English abstract]
- Martins NR, Carrilho da Graça G. Impact of outdoor PM_{2.5} on natural ventilation usability in California's nondomestic buildings. *Appl Energ* 2017;**189**:711-24. doi:10.1016/j.apenergy.2016.12.103.
- Poppendieck DG, Rim D, Persily AK. Ultrafine particle removal and ozone generation by in-duct electrostatic precipitators. *Environ Sci Technol* 2014;**48**:2067-74. doi:10.1021/es404884p.
- Zhu Y, Wei Z, Yang X, Tao S, Zhang Y, Shangguan W. Comprehensive control of PM_{2.5} capture and ozone emission in two-stage electrostatic precipitators. *Sci Total Environ* 2023;**858**(Pt 2):159900. doi:10.1016/j.scitotenv.2022.159900.
- Liu W, Huang J, Lin Y, et al. Negative ions offset cardiorespiratory benefits of PM_{2.5} reduction from residential use of negative ion air purifiers. *Indoor Air* 2021;**31**:220-8. doi:10.1111/ina.12728.
- Park JH, Lee TJ, Park MJ, Oh HN, Jo YM. Effects of air cleaners and school characteristics on classroom concentrations of particulate matter in 34 elementary schools in Korea. *Build Environ* 2020;**167**:106437. doi:10.1016/j.buildenv.2019.106437.
- Eom SY, Kim A, Lee JH, et al. Positive effect of air purifier intervention on baroreflex sensitivity and biomarkers of oxidative stress in patients with coronary artery disease: a randomized crossover intervention trial. *Int J Environ Res Public Health* 2022;**19**:7078. doi:10.3390/ijerph19127078.
- Xia X, Niu X, Chan K, et al. Effects of indoor air purification intervention on blood pressure, blood-oxygen saturation, and heart rate variability: a double-blinded cross-over randomized controlled trial of healthy young adults. *Sci Total Environ* 2023;**874**:162516. doi:10.1016/j.scitotenv.2023.162516.
- Pacitto A, Amato F, Moreno T, et al. Effect of ventilation strategies and air purifiers on the children's exposure to airborne particles and gaseous pollutants in school gyms. *Sci Total Environ* 2020;**712**:135673. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.135673.
- Kotzias D, Binas V, Kiriakidis G. Smart surfaces: photocatalytic degradation of priority pollutants on TiO₂-based coatings in indoor and outdoor environments-principles and mechanisms. *Materials (Basel)* 2022;**15**:402. doi:10.3390/ma15020402.
- Ao CH, Lee SC, Mak CL, Chan LY. Photodegradation of volatile organic compounds (VOCs) and NO for indoor air purification using TiO₂: promotion versus inhibition effect of NO. *Appl Catal B Environ* 2003;**42**:119-29. doi:10.1016/S0926-3373(02)00219-9.
- Fong WCG, Kadalayil L, Lowther S, et al. The efficacy of the Dyson air purifier on asthma control: a single-center, investigator-led, randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2023;**130**:199-205.e2. doi:10.1016/j.anai.2022.10.010.
- Paulin LM, Diette GB, Scott M, et al. Home interventions are effective at decreasing indoor nitrogen dioxide concentrations. *Indoor Air* 2014;**24**:416-24. doi:10.1111/ina.12085.

22. Lamport DJ, Breese E, Gião MS, Chandra S, Orchard F. Can air purification improve sleep quality? A 2-week randomised-controlled crossover pilot study in healthy adults. *J Sleep Res* 2023;**32**:e13782. doi:10.1111/jsr.13782.
23. Kim S, Lee J, Park S, et al. Association between peak expiratory flow rate and exposure level to indoor PM_{2.5} in asthmatic children, using data from the escort intervention study. *Int J Environ Res Public Health* 2020;**17**:7667. doi:10.3390/ijerph17207667.
24. Lee GH, Kim JH, Kim S, Lee S, Lim DH. Effects of indoor air purifiers on children with asthma. *Yonsei Med J* 2020;**61**:310-6. doi:10.3349/ymj.2020.61.4.310.
25. Shao D, Du Y, Liu S, et al. Cardiorespiratory responses of air filtration: a randomized crossover intervention trial in seniors living in Beijing: Beijing Indoor Air Purifier Study, BIAPSY. *Sci Total Environ* . 2017;**603-604**:541-9. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.06.095.
26. Park HK, Cheng KC, Tetteh AO, Hildemann LM, Nadeau KC. Effectiveness of air purifier on health outcomes and indoor particles in homes of children with allergic diseases in Fresno, California: a pilot study. *J Asthma* 2017;**54**:341-6. doi:10.1080/02770903.2016.1218011.
27. Yoda Y, Tamura K, Adachi S, Otani N, Nakayama SF, Shima M. Effects of the use of air purifier on indoor environment and respiratory system among healthy adults. *Int J Environ Res Public Health* 2020;**17**:3687. doi:10.3390/ijerph17103687.
28. Liu S, Chen J, Zhao Q, et al. Cardiovascular benefits of short-term indoor air filtration intervention in elderly living in Beijing: an extended analysis of BIAPSY study. *Environ Res* 2018;**167**:632-8. doi:10.1016/j.envres.2018.08.026.
29. Luo JY, Ou LL, Jing M, et al. Efficacy of air purifier therapy for patients with allergic asthma. *Allergol Immunopathol (Madr)* 2021;**49**:16-24. doi:10.15586/aei.v49i5.146.
30. Moreno-Rangel A, Baek J, Roh T, Xu X, Carrillo G. Assessing impact of household intervention on indoor air quality and health of children with asthma in the US-Mexico border: a pilot study. *J Environ Public Health* 2020;**2020**:6042146. doi:10.1155/2020/6042146.
31. Park KH, Sim DW, Lee SC, et al. Effects of air purifiers on patients with allergic rhinitis: a multicenter, randomized, double-blind, and placebo-controlled study. *Yonsei Med J* 2020;**61**:689-97. doi:10.3349/ymj.2020.61.8.689.
32. Li L, Zhang L, Mo JH, et al. Efficacy of indoor air purification in the treatment of Artemisia pollen-allergic rhinitis: a randomised, double-blind, clinical controlled trial. *Clin Otolaryngol* 2020;**45**:394-401. doi:10.1111/coa.13514.
33. Rao NG, Kumar A, Wong JS, Shridhar R, Goswami DY. Effect of a novel photoelectrochemical oxidation air purifier on nasal and ocular allergy symptoms. *Allergy Rhinol (Providence)* 2018;**9**:2152656718781609. doi:10.1177/2152656718781609.
34. Luo JY, Chen Z, Guo JJ, Guo ZJ, Lan X, Sun BQ 1. Efficacy of air purifier therapy in allergic rhinitis. *Asian Pac J Allergy Immunol* 2018;**36**:217-21. doi:10.12932/AP-010717-0109.
35. Chen R, Zhao Z, Sun Q, et al. Size-fractionated particulate air pollution and circulating biomarkers of inflammation, coagulation, and vasoconstriction in a panel of young adults. *Epidemiology* 2015;**26**:328-36. doi:10.1097/EDE.0000000000000273.
36. Wang C, Chen R, Zhao Z, et al. Particulate air pollution and circulating biomarkers among type 2 diabetic mellitus patients: the roles of particle size and time windows of exposure. *Environ Res* 2015;**140**:112-8. doi:10.1016/j.envres.2015.03.026.
37. Chen R, Li H, Cai J, et al. Fine particulate air pollution and the expression of microRNAs and circulating cytokines relevant to inflammation, coagulation, and vasoconstriction. *Environ Health Perspect* 2018;**126**:017007. doi:10.1289/EHP1447.
38. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, et al. Standardization of Spirometry 2019 Update. An official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical statement. *Am J Respir Crit Care Med* 2019;**200**:e70-88. doi:10.1164/rccm.201908-1590ST.
39. Guo M, Du C, Li B, et al. Reducing particulates in indoor air can improve the circulation and cardiorespiratory health of old people: a randomized, double-blind crossover trial of air filtration. *Sci Total Environ* 2021;**798**:149248. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.149248.

Effects of air purifiers on indoor air pollutants and health in patients with asthma in industrial areas

WAN-CHEN LI¹, PEI-SHIH CHEN^{1,2,3,4,*}

Objectives: This study investigated the effectiveness of photocatalytic oxidation (PCO) and air filtration technology for removing indoor air pollutants and improving the health of patients with asthma. **Methods:** A double-blind crossover study was conducted. In total, 58 patients with asthma residing in a heavily industrialized area were recruited. The patients were randomly assigned to two groups: a PCO group and a PCO+filter group. The PCO+filter group underwent an intervention that consisted of a 2-week period using a PCO and a filter, a 2-week washout period, and a 2-week period using only a PCO. The PCO group followed the same sequence, with interventions reversed. During the intervention period, measurements were taken to assess the removal of indoor particulate matter (PM₁, PM_{2.5}, PM₄, PM₁₀, TSP, and UFPs), gaseous pollutants (CO, SO₂, NO₂, CO₂, and TVOC), and their effect on health outcomes, including lung function, blood pressure, FeNO levels, ACT score, and symptoms. **Results:** Significant reductions in indoor gaseous pollutants, such as SO₂ and TVOC, were observed in the PCO group. Significant reductions in PM, CO, NO₂, and TVOC were observed in the PCO+filter group. Improvements in lung function were observed after only 7 days, and significant reductions in blood pressure were observed after 13 days. Both groups reported improvements in symptoms. **Conclusions:** Individuals living in highly polluted industrial areas can mitigate the adverse health effects of air pollution by adopting air purifier technology. (*Taiwan J Public Health*. 2023;**42**(5):564-574)

Key Words: air purifier, photocatalyst, indoor air pollutants, health effects, lung function

¹ Department of Public Health, Kaohsiung Medical University, No. 100, Shih-Chuan 1st Rd., Sanmin Dist., Kaohsiung, Taiwan, R.O.C.

² Research Center for Precision Environmental Medicine, Kaohsiung Medical University, Kaohsiung, Taiwan, R.O.C.

³ Institute of Environmental Engineering, College of Engineering, National Sun Yat-Sen University, Kaohsiung, Taiwan, R.O.C.

⁴ Department of Medical Research, Kaohsiung Medical University Hospital, Kaohsiung, Taiwan, R.O.C.

* Correspondence author E-mail: pschen@kmu.edu.tw

Received: Aug 5, 2023 Accepted: Oct 13, 2023

doi:10.6288/TJPH.202310_42(5).112073

評論：空氣清淨機技術介入對工業區室內空氣污染物與氣喘患者健康改善之評估

黃彬芳

本研究針對居住在重工業區之58名氣喘病患進行雙盲交叉設計研究，將受試者隨機分為光觸媒（photocatalytic oxidation, PCO）組與PCO+filter組，PCO+filter組為第一週期介入PCO+filter空氣清淨機兩週，進入兩週重置期（washout period），再將濾網移除進入第二週期之PCO空氣清淨機介入兩週，PCO組為PCO+filter組的第一週期與第二週期對調，介入期間測量清淨機介入前、後之室內粒狀（UFPs、PM₁、PM_{2.5}、PM₄、PM₁₀、TSP）、氣狀（NO₂、CO、SO₂、TVOC、CO₂）等空氣污染物濃度與健康指標之關係。研究結果發現，PCO組中觀察到室內SO₂、TVOC等氣狀污染物顯著下降，PCO+filter組中PM、CO、NO₂、TVOC等污染物顯著下降。健康指標部分：肺功能在第7天有上升趨勢，SBP、DBP在第13天顯著下降，主觀感受問卷分數在兩組皆觀察到顯著改善。本研究結果建議，居住在高污染工業地區之敏感族群，可藉由光觸媒空氣清淨機之介入，降低民眾暴露於空氣物污染物對健康之不良影響。

本研究為雙盲隨機分配之交叉介入之實驗型研究設計，建議應將隨機分配之方式

及樣本數之估計作具體描述、如何確保已知或未知的干擾因素、氣喘嚴重程度、戶外及室內空氣污染物的濃度在介入前均勻分配，增加其可比較性為本研究之關鍵。是否有受試者中途退出亦應於研究資料收集過程清楚交代，並加以討論可能的影響，特別是FeNO完成測量的樣本數有明顯降至30人左右。本研究具環境衛生實務應用之重要性，空氣污染暴露為complex mixture，建議可考慮做多重污染模式如quantile g-computation model之分析並收集同一受試者重覆測量至少三次進行軌跡模式分析，應可增加統計之檢力與評估受試者健康指標（如肺功能血壓、FeNO）改善與否之準確性。本研究僅針對光觸媒（PCO）+filter進行介入研究，建議未來能再加入不同技術類型之空氣清淨機，例如高性能過濾濾網（High-efficiency particulate air, HEPA）、活性炭（Active carbon）、靜電集塵（electrostatic precipitator, ESP）、負離子（negative ion）等同步進行介入研究，比較不同技術類型之空氣污染物之去除效率、健康指標、價格及相關耗材之花費等及其優、缺點，將有助於提供民眾選購空氣清淨機之重要參考。

中國醫藥大學公共衛生學院職業安全與衛生學系
地址：台中市北屯區經貿路一段100號
E-mail：bfhwang@mail.cmu.edu.tw
DOI:10.6288/TJPH.202310_42(5).11207301