空氣污染與肺部健康

序

空污，一直是潛伏在民眾生活中的隱形殺手，整體而言涵蓋室內污染源與室外污染源，對全民國民的健康造成威脅，尤其是對大眾的呼吸系統的直接傷害最為顯著。

鑒此，台灣胸腔暨重症加護醫學會與台灣肺癌學會在國民健康署的指導下，攜手推出「空氣污染與肺部健康」手冊，盼大眾能由此簡明易懂的健康照護讀物中，清晰認知到空氣污染對於自身健康，乃至於全體國人常見的諸如氣喘、肺阻塞以及肺癌等呼吸道疾患的相關性，進而有自覺性地逐步減少生活環境中的空氣污染因子，以減少空氣污染對於國人健康的傷害。

台灣胸腔暨重症加護醫學會 林孟志 理事長

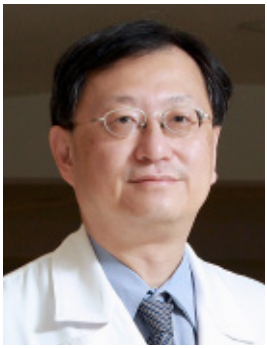
空氣污染對於人類健康影響甚鉅，因為人類無法長時間不呼吸而生存，換言之，暴露在空氣汙染下的人類，每一口呼吸對健康都是進行式的毒害。2015 年 5 月在日內瓦召開的世界衛生大會更高度重視空氣污染議題，通過對空氣污染防治「具有里程碑意義的決議和決定」，將空氣污染對健康的影響，認定為是「世界上最嚴重的一種環境健康風險」從歐美的研究中發現，$PM_{2.5}$ 濃度的上升與肺癌死亡率呈現高度正相關，因此台灣肺癌學會與台灣胸腔暨重症加護醫學會一同響應國民健康署的政策，共同編定「空氣污染與肺部健康」手冊，幫助大眾了解並遠離空氣污染這個環境健康風險。

台灣肺癌學會 陳育民 理事長

隨著經濟發展，天空灰濛濛的情況越來越常見。新聞報導中「紫爆」也成為經常出現的用語。沙塵暴來襲、車輛及工業排放廢氣等因素，使得人類賴以為生的空氣品質越來越差。

空氣污染源中的「看不見的黑色敵人」$PM_{2.5}$，使得藍天與新鮮空氣似乎成了難得的奢侈，空氣品質不佳，即使是免疫力正常的健康民眾，也容易產生呼吸系統疾病，對於已有呼吸道過敏的病人可能造成更大傷害，因此這本「空氣污染與肺部健康」手冊，旨在協助民眾認識空氣污染可能造成的呼吸道疾病，以及空氣污染潛在的傷害，而能進一步達到預防的效果。

台大醫院胸腔內科 余忠仁醫師



余忠仁

目錄 Table of Contents

第一章　空氣污染是什麼　5

第二章　如何看懂空氣污染指標　11

第三章　空氣污染如何危害人體健康　24

第四章　空氣污染與成人氣喘　33

第五章　空氣污染與肺阻塞　39

第六章　空氣污染與肺癌　44

第七章　如何減少空氣污染的危害　49

第一章 空氣污染是什麼

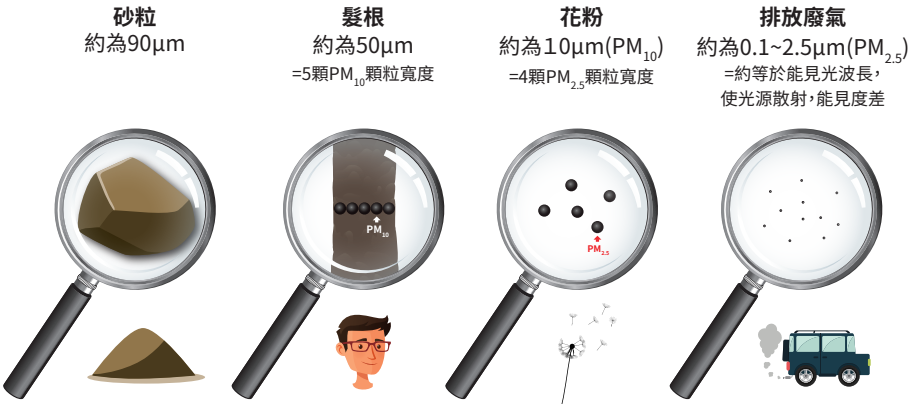
空氣污染泛指懸浮在空氣中的污染物，依溝通情境不同有許多分類方式。

第一節 依物理性質區分

A. 粒狀污染物：

依照顆粒大小，區分如下。

- 粒徑介於 2.5~10μm 稱為 PM_{10}，顆粒較大，如沙塵暴、工地道路揚塵等，肉眼可見，大部分會被鼻毛濾掉；
- 粒徑介於 0.1~2.5μm 稱為 $PM_{2.5}$，肉眼雖無法看見，但會散射光源、導致能見度下降；因可長時間飄浮在空中，所以可長程傳送、還能躲過鼻毛深入肺泡；
- 粒徑小於 0.1μm 稱為 $PM_{0.1}$，接近氣體的特性，無法長程傳播，僅影響污染產生的周遭環境，通常是燃燒或交通產生。



B. 氣狀污染物：

- 燃燒含硫的煤或石油而產生硫氧化物 (SO_2)。
- 高溫燃燒使空氣中的氮氣與氧氣合為氮氧化物 (NO_2)。
- 有機物揮發或不完全燃燒產生揮發性有機物 (VOC、Volatile organic compound) 以及一氧化碳 (CO)。
- 氮氧化物與揮發性有機物經過陽光照射產生臭氧 (O_3) 等。

第二節 依發生地方區分

A. 室外空氣污染：

包含前述的粒狀污染物與氣狀污染物等。

B. 室內空氣污染：

- 粒狀物染物：PM_{10}、$PM_{2.5}$ 等，來源為烹煮、燒香等。
- 氣狀污染物：燃燒不完全產生的一氧化碳，人多通風不良導致二氧化碳過高，家具、油漆或黏著劑產生的揮發性有機物或甲醛等。
- 生物相關懸浮物：真菌 (Fungi) 與細菌 (Bacteria) 等。

第三節 依發生來源區分

A. 固定污染源 (點源)：

不因本身動力而改變位置的污染源，包含發電廠、工廠、焚燒爐等，經煙囪排放產生的空氣污染。

B. 移動污染源 (線源)：

因本身動力而改變位置的污染源，包含汽機車、船舶、飛機等。

C. 逸散污染源：

指沒有設置排放管道，直接將污染物排放於大氣中，營建工地、露天然燒、道路揚塵、工廠製程作業等。

第四節 依合成步驟區分

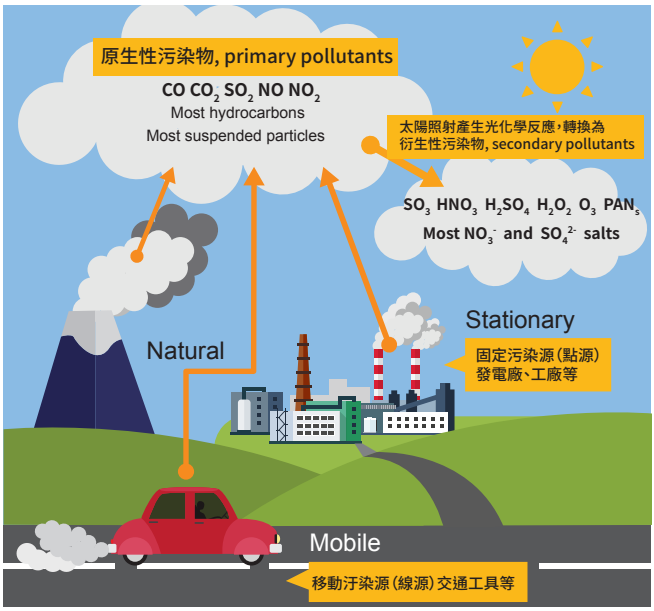
A. 初始污染物（或原生性污染物，primary pollutants）：

由污染源直接排放的污染物稱初始污染物，如二氧化氮、二氧化硫、一氧化碳、揮發性有機物等。

B. 二次污染物（或衍生性污染物，secondary pollutants）：

初始污染物在大氣中經由光化學反應所產生之微粒狀物質或強氧化性物質稱二次污染物，如氮氧化物與揮發性有機物經過陽光照射產生臭氧 (O_3)，或是二氧化硫、氮氧化物經由光化學作用產生硫酸鹽、硝酸鹽等。

圖 1-1. 空氣污染來源區分



第五節 依據法律是否規範濃度限制區分

A. 法定污染物 (Criteria pollutants)：

政府制定閾值，設監測站長期偵測，區分為可接受與有害健康的濃度，包含 PM_{10}、$PM_{2.5}$、NO_2、 SO_2、CO、O_3 等。

B. 非法定污染物 (Non-criteria pollutants)：

政府列管 189 種有毒、有害物質 (HAP、hazardous air pollution)。

- 金屬：砷、汞、鎳等。
- 有機物：苯、戴奧辛等。
- 酸、氧化劑等物質：石綿、磷酸、鹽酸、放射線物質等。

表 1-1. 法定污染物與非法定污染物比較

	法定污染物 Criteria pollutants	非法定污染物 Non-criteria pollutants
種類	較少 (PM_{10}、 $PM_{2.5}$、 NO_2、 SO_2、 CO、 O_3)	潛在有眾多有害物質
生物累積	較不會生物累積 (bioaccumulate)	有些會生物累積
目標器官	主要是肺部	許多目標器官
知識	人類健康影響較清楚	較無劑量毒性資料
影響	影響數分鐘到數月	影響數年

第六節 是霧還是霾？

- 霧是濕度較高時，空氣中許多小水滴聚集的自然現象，對人體無害，天空雖然灰灰的、烏雲密布，但我們仍可看到烏雲的形狀。
- 霾則是空氣中有許多懸浮粒子，特別是細懸浮粒子 ($PM_{2.5}$)，來源可能是人為製造的污染物，$PM_{2.5}$ 的大小與光的波長相似，故肉眼雖無法看見，但會散射光源、導致能見度下降。此時會看到天空灰灰的，我們可能以為是陰天，但此時看不到雲的形狀，而是一片霧濛濛，遠方的建築物也看不清楚。

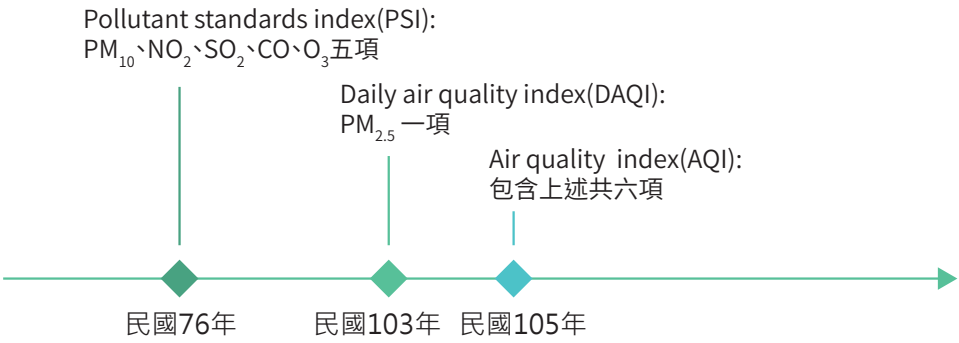
圖 1-2.(左) 陰雨天，$PM_{2.5}$ 低；(右) $PM_{2.5}$ 飆高，看不到烏雲，能見度低。

第二章 如何看懂空氣污染指標

第一節 歷年空氣污染指標演變

自民國 76 年開始，台灣開始訂定針對空氣污染指標 PSI，包含 PM_{10}, NO_2、SO_2、CO、O_3 五項；自民國 103 年開始，新增另一空氣污染指標 DAQI，主要針對 $PM_{2.5}$；自民國 105 年開始，合併前述兩個指標，統合成空氣污染指標 AQI，包含上述共六項污染物的監測。

圖 2-1. 台灣空氣污染指標演變圖



第二節 空氣污染指標 Pollutant standards index (PSI)

- 台灣自民國 76 年開始訂定空氣污染指標 PSI，包含 PM_{10}、NO_2、SO_2、CO、O_3 五項，每天監測這五項污染物的濃度值，分別依其對人體健康的影響程度，以分段線性方程式 (查表與插補法) 換算為 0-500 之五項副指標值。再以當日各副指標值之最大值為該測站當日之指標值，該具有最大副指標值之污染物即為該日之最大指標污染物。

- 例如 PM_{10} 當天 24 小時平均值為 100；如下表可知 PM_{10} 若為 50 則對應副指標為 50，PM_{10} 若為 150 則對應副指標為 100；所以當可由內插法得知 PM_{10} 副指標為 75。算完所有污染物的副指標後，若 75 為最高，則當日 PSI 值為 75。

表 2-1. 空氣污染指標 (PSI)

PSI	懸浮微粒 (PM_{10}) 24 小時平均值	二氧化硫 (SO_2) 24 小時平均值	一氧化碳 (CO) 24 小時內最大 8 小時平均值	臭氧 (O_3) 24 小時內最大小時值	二氧化氮 (NO_2) 24 小時內最大小時值
	μg/m³	ppm	ppm	ppm	ppm
50	50	0.03	4.5	0.06	-
100	150	0.14	9	0.12	-
200	350	0.30	15	0.20	0.6
300	420	0.60	30	0.40	1.2
400	500	0.80	40	0.50	1.6
500	600	1.00	50	0.60	2.0

(參考資料：環保署網站)

- 台灣自民國 76 年由 PSI 數值定義出的空品不良日由 17% 降至 96 年的 3.7%，到 105 年更降至不到 1%。

圖 2-2. 台灣歷年空品不良日比率

參考資料 : 環保署 106 年中華民國空氣品質監測報告年年報 p3-45

第三節 每日空氣品質指標 (Daily Air Quality Index，DAQI)

- PSI 降低僅代表這五項污染物控制得宜，由於過去對於傳統空氣污染物控制得宜，因而民國 89 年後 PSI 超標的天數不到 5%。
- 然而近年發現 $PM_{2.5}$ 對人體危害大，因此自 103 年開始訂定 DAQI 指標，係參採英國每日空氣品質指標 (Daily Air Quality Index，DAQI) 的細懸浮微粒 ($PM_{2.5}$) 預警濃度分級，此指標依據前 12 小時的 $PM_{2.5}$ 濃度計算，指標分為 10 級並以顏色示警。
- $PM_{2.5}$ 濃度 ($\mu g/m^3$) = (0.5 × 前 12 小時平均濃度) + (0.5× 前 4 小時平均濃度)

表 2-2. 細懸浮微粒 ($PM_{2.5}$) 濃度與活動建議

指標等級	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
分類	低	低	低	中	中	中	高	高	高	非常高
$PM_{2.5}$ 濃度 ($\mu g/m^3$)	0-11	12-23	24-35	36-41	42-47	48-53	54-58	59-64	65-70	>71
一般民眾活動建議	正常戶外活動。			正常戶外活動。			任何人如果有不適，如眼痛、咳嗽或喉嚨痛等，應該考慮減少戶外活動。			任何人如果有不適，如眼痛、咳嗽或喉嚨痛等，應減少體力消耗，特別是減少戶外活動。
敏感性族群活動建議	正常戶外活動。			有心臟、呼吸道及心血管疾病的成人與孩童感受到徵狀時，應考慮減少體力消耗，特別是減少戶外活動。			1. 有心臟、呼吸道及心血管疾病的成人與孩童，應減少體力消耗，特別是減少戶外活動。 2. 老年人應減少體力消耗。 3. 具有氣喘的人可能需增加使用吸入器的頻率。			1. 有心臟、呼吸道及心血管疾病的成人與孩童，以及老年人應避免體力消耗，特別是避免戶外活動。 2. 具有氣喘的人可能需增加使用吸入器的頻率。

(參考資料：環保署網站)

第四節 空氣品質指標 (Air Quality Index，AQI)

- 到民國 105 年 11 月，環保署將 PSI 與 DAQI 整合成一個指標：空氣品質指標 (Air Quality Index, AQI)。
- 項目包含前述兩個指標的污染物，但副指標分類界線略有不同，其中 $PM_{2.5}$ 的分類界線差異較大。
- 過去 DAQI 採用英國系統，$PM_{2.5}$ 超過 71 就會呈現紫色訊號，俗稱紫爆；但新的 AQI 在 $PM_{2.5}$ 為 54.5~150.4 時呈現紅色訊號，超過 150.5 才會呈現紫色訊號，因此較不易呈現紫色訊號。

表 2-3. 空氣品質指標 (AQI)

AQI 指標	O_3 (ppm) 8 小時平均值	O_3 (ppm) 小時平均值 (1)	$PM_{2.5}$ (μg/m^3) 24 小時平均值	PM_{10} (μg/m^3) 24 小時平均值	CO (ppm) 8 小時平均值	SO_2 (ppb) 小時平均值	NO_2 (ppb) 小時平均值
良好 0 ～ 50	0.000 - 0.054		0.0 - 15.4	0 - 54	0 - 4.4	0 - 35	0 - 53
普通 51 ～ 100	0.055 - 0.070		15.5 - 35.4	55 - 125	4.5 - 9.4	36 - 75	54 - 100
對敏感族群不健康 101 ～ 150	0.071 - 0.085	0.125 - 0.164	35.5 - 54.4	126 - 254	9.5 - 12.4	76 - 185	101 - 360
對所有族群不健康 151 ～ 200	0.086 - 0.105	0.165 - 0.204	54.5 - 150.4	255 - 354	12.5 - 15.4	186 - 304	361 - 649
非常不健康 201 ～ 300	0.106 - 0.200	0.205 - 0.404	150.5 - 250.4	355 - 424	15.5 - 30.4	305 - 604	650 - 1249
危害 301 ～ 400		0.405 - 0.504	250.5 - 350.4	425 - 504	30.5 - 40.4	605 - 804	1250 - 1649
危害 401 ～ 500		0.505 - 0.604	350.5 - 500.4	505 - 604	40.5 - 50.4	805 - 1004	1650 - 2049

(參考資料：環保署網站)

- 根據目前使用的 AQI，針對不同數值，對於一般民眾與敏感性族群的活動建議。

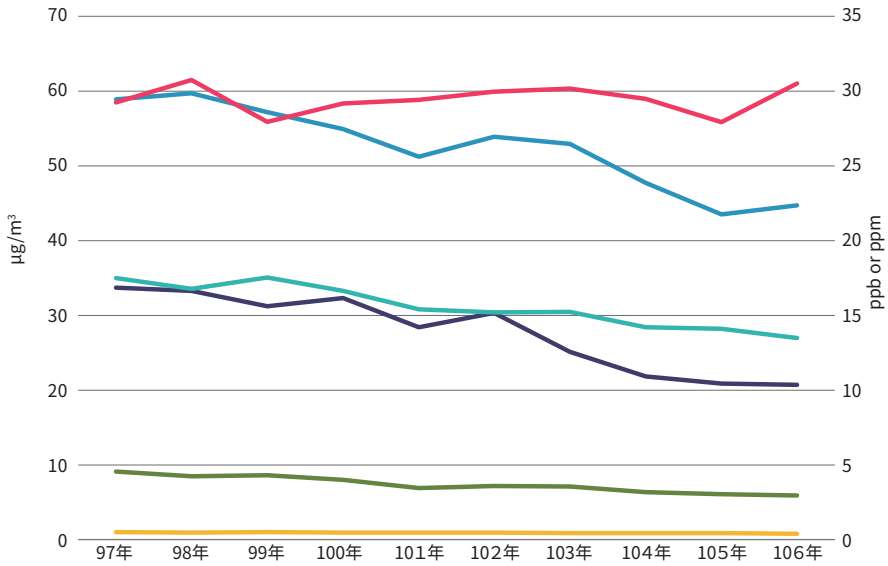
表 2-4. 空氣品質指標 (AQI) 之健康影響

AQI 值	0-50	51-100	101-150	151-200	201-300	301-500
對健康的影響	良好	普通	對敏感族群不健康	對所有族群不健康	非常不健康	危害
代表顏色	綠	黃	橘	紅	紫	褐
人體健康影響	空氣品質良好，污染程度低或無污染	空氣品質可以接受；但是，仍有一些污染物對特殊敏感族群產生影響	空氣污染物可能會對敏感族群的健康造成影響，但是對一般大眾的影響不明顯	對所有人的健康開始產生影響，對於敏感族群可能產生嚴重的健康影響	健康警報：所有人都可能產生嚴重的健康影響	健康威脅達到緊急，所有人都可能受到影響

(參考資料：環保署網站)

- 以目前的歷史資料看來，全台灣除了臭氧值，近年大部分的法定空氣污染濃度皆呈現下降的趨勢。

圖 2-3. 台灣近年空氣品質監測

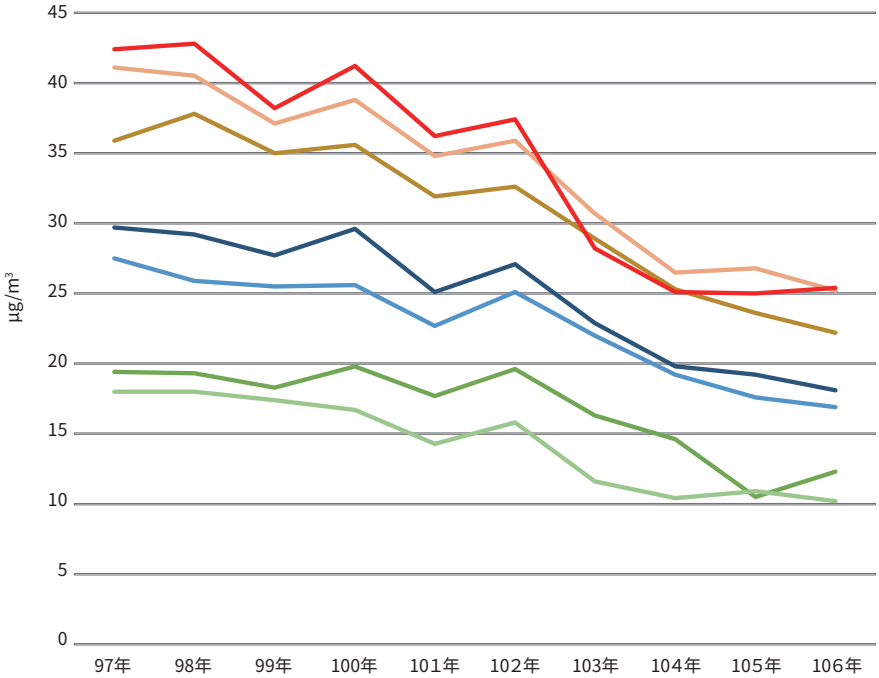


	97年	98年	99年	100年	101年	102年	103年	104年	105年	106年
PM_{10} (μg/m³)	58.9	59.7	57.2	54.9	51.2	53.9	52.9	47.7	43.5	44.7
$PM_{2.5}$(μg/m³)	33.7	33.3	31.2	32.3	28.4	30.3	25.1	21.8	20.9	20.7
SO_2 (ppb)	4.55	4.23	4.32	3.98	3.44	3.59	3.54	3.18	3.03	2.95
NO_2 (ppb)	17.49	16.76	17.53	16.65	15.41	15.18	15.24	14.21	14.11	13.48
CO (ppm)	0.5	0.48	0.5	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.39
O_3 (ppb)	29.24	30.74	27.94	29.18	29.42	29.96	30.17	29.48	27.92	30.49

(參考資料：環保署網站)

圖 2-4 為 $PM_{2.5}$ 年平均濃度的分區統計數值，雲嘉南及高屏空品區的 $PM_{2.5}$ 濃度這兩年下降幅度減緩，且相較於全台的濃度仍偏高。

圖 2-4. 台灣各分區近年 $PM_{2.5}$ 年平均濃度



	97年	98年	99年	100年	101年	102年	103年	104年	105年	106年
北部空品區	27.5	25.9	25.5	25.6	22.7	25.1	22	19.2	17.6	16.9
竹苗空品區	29.7	29.2	27.7	29.6	25.1	27.1	22.9	19.8	19.2	18.1
中部空品區	35.9	37.8	35	35.6	31.9	32.6	28.9	25.3	23.6	22.2
雲嘉南空品區	41.1	40.5	37.1	38.8	34.8	35.9	30.7	26.5	26.8	25.2
高屏空品區	42.4	42.8	38.2	41.2	36.2	37.4	28.2	25.1	25	25.4
宜蘭空品區	19.4	19.3	18.3	19.8	17.7	19.6	16.3	14.6	10.5	12.3
花東空品區	18	18	17.4	16.7	14.3	15.8	11.6	10.4	10.9	10.2

(參考資料：環保署網站)

第五節 室內空氣品質標準

- 依據中華民國 101 年 11 月 23 日行政院環境保護署環署空字第 1010106229 號令，各項室內空氣污染物之室內空氣品質標準規定如下：

項目	標準值		單位
粒徑小於等於 10μm 之懸浮微粒 (PM_{10})	24 小時值	75	$\mu g/m^3$
粒徑小於等於 2.5 微 μm 之懸浮微粒 ($PM_{2.5}$)	24 小時值	35	$\mu g/m^3$
二氧化碳 (CO_2)	8 小時值	1000	ppm
一氧化碳 (CO)	8 小時值	9	ppm
臭氧 (O_3)	8 小時值	0.06	ppm
總揮發性有機化合物 (TVOC，包含：12 種揮發性有機物之總和)	1 小時值	0.56	ppm
甲醛 (HCHO)	1 小時值	0.08	ppm
細菌 (Bacteria)	最高值	1500	CFU/m^3
真菌 (Fungi)	最高值	1000	CFU/m^3

- 粒狀污染物部分跟戶外污染物類似，都包含了 PM_{10}、$PM_{2.5}$，但來源不同，室內的粒狀污染物來自於室內抽菸、廚房烹煮燒烤產生的油煙、蚊香、燒香、燒金紙、烤肉等來源。室內產生的污染物又更不容易擴散，濃度很容易高於戶外數倍，改變生活習慣與適當通風都非常重要。
- 氣狀污染物部分包含二氧化碳與揮發性有機物等，前者多因公眾場合人潮聚集且不通風造成二氧化碳太高，後者多因裝潢建材、指甲油、三秒膠等物質產生。
- 室內還有一部分是生物性的污染物，包含細菌、真菌等，多因室內潮濕、裝潢管線老舊、雜物多導致。

第三章 空氣污染如何危害人體健康

第一節 空氣污染對整體健康產生的衝擊

戶外或環境的空氣污染，是一個重要的全球環境及健康議題。世界衛生組織於 2018 年的 10 月 30 日在日內瓦召開第一次空氣污染與健康全球會議 (Global Conference on Air Pollution and Health)，大會指出，空氣污染會對人類健康形成巨大傷害，且為現今世界上造成人類過早死亡的最重要原因之一。根據世界衛生組織於 2018 年公告的數據調查顯示，在 2016 年全球有 91% 的人口居住環境的空氣品質，不符合 WHO 所公告空氣質量標準的城市的規範。

世界衛生組織進一步調查空氣污染所造成的健康危害，發現大氣空氣污染在 2016 年造成全球城市和農村地區約 420 萬人過早死亡，而 91% 的過早死亡，發生在中低收入國家，其中空氣污染所造成的健康負擔最重的地區，就是台灣所處的西太平洋和東南亞地區。而這個數據在 2017 年已經達到造成每年約 700 萬人死亡。大多數城市的空氣污染超過了世衛組織的空氣質量水平，家庭空氣污染是農村和城市貧困家庭的主要殺手。中風，肺癌和心臟病死亡的高達 1/3 是由於空氣污染造成。

世界衛生組織強調，全球應將空污防治的目標設定為：到 2030 年能將空氣污染造成的死亡人數減少三分之二。與空氣污染有關的急性健康事件包括：急性呼吸道症狀、心血管疾病、住院治療以及死亡率升高等；長期的空氣污染物質暴露，也會影響兒童和青少年的肺部成長、造成成人肺血流量減少、心血管疾病以及肺癌發生率上升等。根據 2005 年世界衛生組織所制定的空氣品質標準指引，如果 PM_{10} 可以從 70 μg/m 降低到 20 μg/m，因空氣污染導致的死亡率也可以下降 15%。

第二節 為什麼空氣污染會造成健康衝擊？

眾所周知，空氣污染物質除了懸浮微粒 (包括 $PM_{2.5}$ 以及 PM_{10}) 以外，還有懸浮微粒所夾帶的氣狀污染物質如二氧化硫 (SO_2)、氮氧化物 (NO) 等，這些物質對於呼吸系統和心血管健康具有重大的不良影響。近年來，$PM_{2.5}$ 也因為許多研究顯示會帶來巨大的健康衝擊，如心血管疾病的死亡率、整體死亡率以及肺癌死亡率等，因此也成為大氣污染物的重要監測指標。

早在 1996 年哈佛大學針對六個城市的研究 (The“Harvard Six Cities Study”) 顯示，$PM_{2.5}$ 是導致人類非意外死亡的主因之一，特別是老年人口，每天會增加 1.5% 死亡風險。在致病機轉上，許多動物實驗已經發現，由於 $PM_{2.5}$ 的顆粒更小，其夾帶的硫化物與硝酸鹽類等化學物質，可以逃過鼻腔或上呼吸道的過濾作用而進入下呼吸道系統，進而停留在肺間質以及肺泡，使巨噬細胞釋放出許多發炎細胞激素如 TNF-α 等。在肺泡裡面原本大多存在的是巨噬細胞而非中性球。巨噬細胞就像社區的管區員警，負責巡邏肺泡，一旦大量的懸浮粒子夾帶著氣狀污染物質隨著空氣品質不良期間被人體大量吸入肺部，肺部的巨噬細胞會把這些物質視為外敵入侵，進而發出求救訊號，大量的發炎反應細胞激素會被釋放出來，進而趨引活化更多的中性球從周邊血液移行到肺部，並釋放出大量的氧化自由基，人體的肺部上皮細胞及間質在這個過程中會產生氧化傷害。

而氣狀污染物質的硫化物及硝酸鹽會在肺部及人體形成超氧自由基，更會進一步引發肺部發炎反應，甚至造成肺部纖維化、並藉由血液循環，對人體重要的器官如大腦、心臟、肝臟、腎臟等產生氧化傷害及攻擊。不同的空氣污染物質對於人體產生傷害的機轉，整理如下：

表 3-1. 不同的污染物對於人體組織造成的傷害

污染物質	傷害決定因素	影響組織
氣狀污染物	溶解度會決定毒性	
二氧化硫	高溶解度	上呼吸道以及皮膚傷害
二氧化氮	低溶解度 (二氧化硫和臭氧是刺激性物質)	能穿入較深部的肺組織 造成支氣管及細支氣管損傷 一氧化碳會造成組織缺氧
臭氧		
一氧化碳		
懸浮微粒	顆粒大小、結構和組成會決定毒性	大顆粒：黏膜上皮、上呼吸道 小顆粒：細支氣管和肺泡 微小顆粒：透過血液循環造成全身性損傷
細懸浮微粒 (PM_{10}, $PM_{2.5}$, $PM_{0.1}$)		

(本表格改編自 Chest 2019;155:409-416)

第三節
空氣污染對不同器官的健康衝擊

1 過敏及免疫疾病

對於過敏體質的族群，空氣污染物質會加重過敏反應的產生，研究指出，學齡前兒童暴露在空氣污染物質會導致日後過敏性鼻炎發生率上升。加拿大的流行病學研究也顯示，空氣污染與類風溼性關節炎及紅斑性狼瘡的罹病率上升有關。

2 骨頭相關疾病

空氣污染會影響骨密度，增加骨折的機會。根據美國的研究顯示，空氣污染嚴重地區的骨折發生率較高，特別是高濃度的二氧化氮以及一氧化碳的氣狀污染物與骨質疏鬆有關。

3 癌症

室外空氣污染物質已被歸類為致癌物質，肺癌目前認為與 $PM_{2.5}$ 以及 PM_{10} 的濃度有關。另外，高濃度的二氧化氮以及臭氧，也會影響細胞損傷修復的能力，以致產生癌變。西班牙的研究發現多環芳烴的排放與膀胱炎有關。來自台灣的研究也顯示環境中由機動車輛燃燒化石燃料產生的苯及碳氫化合物質，也與膀胱癌的盛行率上升及死亡有關。美國的癌症預防性研究發現 $PM_{2.5}$ 與病患死亡有關，特別是增加腎臟和膀胱的癌症死亡，而二氧化氮濃度與結直腸癌死亡有關。

4 心血管疾病

空氣污染物質與罹患心血管疾病之死亡風險增加有關，此外也會增加其他血管性疾病的死亡風險如心肌梗塞、腦血管中風以及充血性心衰竭。目前估計空氣污染所導致的死亡人數，佔所有心血管疾病的 19%；佔缺血性心臟病的 23% 以及佔所有腦中風死亡的 21%。在美國的研究指出，$PM_{2.5}$ 濃度在兩天內增加 10 mg/m^3，會導致 2% 心肌梗塞以及心衰竭住院的增加。在暴露物質上，目前認為腦中風與一氧化碳、二氧化硫以及二氧化硫的濃度有關。

5 認知功能障礙以及神經性疾病

目前認為空污與腦中風、失智症以及巴金森氏症有高度的相關性。其中，$PM_{2.5}$ 的長期暴露與神經運動疾病的發生率有關。至於污染物質方面，研究發現，暴露於多環芳烴、柴油早期排出物質、PM、一氧化碳、二氧化硫以及臭氧等會造成自閉症的產生。

6 糖尿病、肥胖以及內分泌疾病

研究顯示空氣污染與第二型糖尿病有關。$PM_{2.5}$ 以及二氧化氮濃度上升會使病患的糖化血色素濃度上升。此外，兒童暴露於高濃度的 $PM_{2.5}$ 也會產生內分泌失調，以及肥胖的風險上升。

7 消化道疾病

許多發炎性消化道疾病都與空氣污染物質有關，例如發炎性大腸炎、胃潰瘍、闌尾炎等。英國的研究顯示，高濃度的二氧化硫及二氧化氮的暴露，會增加發炎性大腸炎的發生率。來自台灣的研究也發現，$PM_{2.5}$ 的長期暴露，會導致肝細胞癌的發生率上升。

8 呼吸道疾病

呼吸系統是最主要受到空氣污染影響的器官，常見的疾病如肺阻塞、肺癌。除此之外，空氣污染會使兒童氣喘發生率上升。長期處於空氣污染物質暴露的成年人，其肺功能下降的速率會變快。有研究指出，長期暴露在空污環境，會導致肺阻塞反覆惡化，甚至使氣喘患者同時罹患肺阻塞。

表 3-2. 空氣污染可能造成的各種疾病

器官	疾病
大腦	中風、失智症、巴金森氏病
眼睛	結膜炎、乾眼症、眼瞼炎、白內障
心臟	缺血性心臟病、高血壓、鬱血性心臟病、心律不整
肺臟	肺阻塞、氣喘、肺癌、慢性咽喉炎、急性或慢性支氣管炎
肝臟	脂肪肝、肝細胞癌
血液	白血病、血管內凝血、貧血
脂肪	代謝症候群、肥胖
胰臟	第一型或第二型糖尿病
消化道疾病	胃癌、大腸直腸癌、發炎性大腸疾病、闌尾炎
泌尿系統	膀胱癌、腎臟癌、攝護腺癌
骨關節系統	類風溼性關節炎、骨折、骨質疏鬆
耳鼻喉系統	過敏性鼻炎
皮膚系統	異位性皮膚炎、過敏、蕁麻疹、脂漏性皮膚炎、粉刺

第四節 結論

空氣污染包含氣狀污染物質及懸浮微粒，會對人體各器官產生嚴重程度不一的傷害。雖然最常見的損傷器官是呼吸道疾病如肺阻塞、肺癌、氣喘等，但由於懸浮微粒如 $PM_{2.5}$ 顆粒極小，會隨著血液循環跑到全身各臟器，造成如腦血管疾病、心血管疾病以及神經肌肉或代謝性疾病的發生率上升。因此，空氣污染對於人體的衝擊是全面性且涉及到各個器官。未來學界及醫界應進行更多研究，使空氣污染對於人體健康的危害程度更為清楚。減少空氣污染物質目前已經是健康促進不容忽視的議題，需要政府、企業與每個人一起努力。

第四章 空氣污染與成人氣喘

第一節 氣喘簡介

氣喘目前仍是全世界最常見的慢性呼吸道疾病，造成醫療上的重大負擔，其表現主要是呼吸道的慢性發炎、過度反應與呼吸道可逆的收縮導致肺功能的下降，根據全球氣喘報告 (Global Asthma Report) 指出，整體來說 4.3% 的人曾經被醫師診斷告知有氣喘，而高達 8.6% 的人曾經出現過類似氣喘發作的症狀，全世界約有 3 億人口受氣喘疾病影響，根據世界衛生組織的報告指出 2015 年估計有 38 萬人死於氣喘疾病。過去的研究認為罹患氣喘通常跟每個人的體質、基因遺傳及環境有關，而導致氣喘常見的原因有：過敏原，譬如室內的塵蟎、花粉、黴菌、蟑螂、寵物的皮屑、毛髮等等；呼吸道微生物的感染，譬如病毒，細菌，或黴菌的呼吸道感染；氣候溫度與空氣污染；情緒的變化與運動都是氣喘的重要成因。

第二節 空氣污染與氣喘的相關性

目前空氣污染已經被認為是氣喘的重要成因之一，而其中的懸浮微粒 (PM_{10}、$PM_{2.5}$)、臭氧 (O_3，Ozone)、氮氧化合物 (NO_X，Nitrogen oxides)、二氧化硫 (SO_2，Sulfur dioxide) 與一氧化碳 (CO，Carbon monoxide) 等等空氣污染氣體被認為與氣喘發生最為相關。而根據全球氣喘報告中發現，氣喘的盛行率在許多未開發或開發中的國家 (非洲、印度與亞洲國家) 十分嚴重，而空氣污染被認為是這些國家氣喘的重要原因之一。

1 懸浮微粒 ($PM_{2.5}$ 與 PM_{10})

過去研究中發現，懸浮微粒之中的 $PM_{2.5\text{-}10}$ 因為顆粒較大，主要會在鼻咽口咽與大支氣管中沉積，而細懸浮微粒 $PM_{2.5}$ 則因為顆粒較小，則可經由呼吸直達細支氣管與肺泡區，過去的研究指出急性暴露細懸浮微粒後將啟動呼吸道免疫細胞 (Macrophage, Neutrophil, Eosinophil, Mast cell. etc.) 引 發一連串的過敏免疫反應，導致發炎增加氧化壓力引發平滑肌收縮，進一步導致呼吸道的收縮與氣喘的急性發作，而長期暴露之下則會造成導致慢性發炎與呼吸道的重塑。

2 臭氧 (O_3)

臭氧本身因為具強氧化力，對人體來說，臭氧對呼吸系統具有刺激性，吸入濃度較高的臭氧將會引起咳嗽喘鳴...等等呼吸道症狀，並且增加罹患氣喘與急性發作。而臭氧本身不只可以直接對呼吸道產生傷害，更可以造成呼吸道的過度敏感性，使得呼吸道更容易對其他空氣污染物質產生過敏反應，特別是對小孩、老人、心肺疾病病人或戶外運動者有較大影響。而室外空氣污染的臭氧來源主要是由車輛與工廠排放的氮氧化物 (NO_X) 與揮發性有機物質 (VOCs，Volatile Organic Compounds)，在太陽光照射下產生光化學反應所產生，臭氧是此光化學反應下最主要的產物，也因此臭氧濃度時常被當成空氣污染的重要指標。

3 氮氧化物 (NO_X)

空氣中的氮氧化物主要包含一氧化氮 (NO) 及二氧化氮 (NO_2)，主要來自空氣中氮或燃料中的氮化物經由燃燒氧化而成，氮氧化物本身對呼吸道具刺激性，可以引發呼吸道過敏與發炎反應，而導致氣喘的增加，並可以經由光化反應產生對呼吸道更強的刺激性的臭氧。

4 二氧化硫 (SO_2)

空氣中的二氧化硫主要來自燃料中的硫經由燃燒氧化而成，為有刺激臭味之無色氣體，易溶於水與水反應為亞硫酸，為引起酸雨的主要物質，吸入呼吸道引發呼吸道過敏反應，亦會增加呼吸道對空氣污染物質的過敏反應，進一步導致氣喘的產生。

5 一氧化碳 (CO)

一氧化碳主要來自於石化燃料等等之不完全燃燒產生，本身是無色無味的氣體，過去我們所熟知的是由於一氧化碳對血紅素的親和力比氧氣強，因此產生一氧化碳中毒現象，但是過去的研究也發現成人的氣喘病人在吸入一氧化氮後也會造成呼吸道緊縮，進而導致氣喘發作。

第三節 本土研究

目前台灣本土的空氣污染研究指出空氣污染不只與小兒氣喘發作有關，也跟成人氣喘的急性發作有關。依據 2000-2007 年的健保資料庫統計發現，在台灣成人氣喘的盛行率約為 11.9%，但國人對於氣喘大多採取延遲就醫、可推測實際氣喘數字應該更高，過去研究認為氣喘的成因複雜與基因與環境有關，尤其是成人氣喘更是與生活習慣與環境息息相關。

健保資料庫與全國空氣污染指數的回溯研究發現，空氣污染中的一氧化碳 (CO)、二氧化硫 (NO_2) 以及細懸浮微粒 ($PM_{2.5}$，PM_{10}) 分別與氣喘的急性發作與門診就醫有正相關性，研究更進一步發現未成年 (不到 18 歲) 與老年人 (65 歲以上) 是最易受空氣污染引發氣喘發作的族群，而針對台北與高雄兩個大城市的空氣污染與氣喘的研究指出，天氣冷的時候空氣污染與氣喘住院的相關性更強，也就是說天氣冷加上空氣污染對氣喘的急性發作影響有加成的作用，以上的研究告訴我們防制空氣污染所造成的成人氣喘，老年人是一個極度需要重視的族群。

過去本土研究空氣污染與氣喘的相關性研究仍不足，其背後可能的原因為空氣污染暴露強度的定義不易，且必須考慮空氣污染急性與慢性暴露後、所造成的延遲氣喘發作，如此一來也增加了空氣污染的研究困難度，期待未來政府機關與學術機構能多方合作，以期完成更多台灣本土空氣污染與成人氣喘的相關研究。

第四節 結論

過去國內許多研究已經指出空氣污染是氣喘的重要成因，而小孩氣喘與成人氣喘與空氣污染都有很強的關聯性，而造成氣喘的空氣污染源大多為有害氣體，而這些有害氣體無法配戴口罩去預防，只能經由空氣的對流作用去清除，所以我們建議氣喘的患者應該每天注意空氣品質，在空氣品質差的日子減少出門，並且減少到空氣品質差的區域 (譬如：馬路旁) 活動，而在空氣污染的季節時，必需隨身準備氣喘的急救噴劑藥物去處理急性發作，而口罩雖然能阻擋過濾空氣中的懸浮顆粒，但對有害氣體仍然無阻擋的作用。

第五章 空氣污染與肺阻塞

第一節 肺阻塞簡介

慢性阻塞性肺病 (Chronic obstructive pulmonary disease，COPD)，簡稱為肺阻塞，是一種慢性氣道發炎疾病，一般會有以下症狀：慢性有痰的咳嗽、呼吸喘促以及胸悶。罹患肺阻塞的病人，隨著時間及年紀越來越大，肺功能會逐年下降，影響日常起居及生活品質。此外，肺阻塞病人還容易產生急性惡化，會出現喘促加劇、咳嗽痰變多，甚至進展到呼吸衰竭，需要插管使用呼吸器、住進加護病房的狀況。肺阻塞除了影響個人健康甚鉅外，也對社會經濟形成很大的負擔。根據衛生福利部統計資料，肺阻塞於民國 105 年以及 106 年都是國內十大死亡原因第七位。世界衛生組織健康統計資料在 2008 年預測，到了 2030 年，肺阻塞將成為全球疾病負擔第五位、致死原因第三位。然而世界衛生組織所公布的2016年全球疾病致死原因統計資料顯示，肺阻塞在 2016 年正式列為全世界第三大致死原因，比原先預測的 2030 年提早了 14 年。在被診斷肺阻塞前，病人往往有長期的污染物質暴露史。雖然抽菸是最常見的有害暴露因子，但近年來也發現使用生質燃料 (biofuel)，甚至長期暴露在空氣污染物質，也是肺阻塞產生的危險因子。導致肺阻塞病人急性惡化的原因很多，目前認為大氣污染特別是 $PM_{2.5}$ 及所夾帶的硫酸鹽及硝酸鹽的暴露，也是造成肺阻塞急性惡化的主因。

第二節：空氣污染與肺阻塞的相關性

1 懸浮微粒 ($PM_{2.5}$、PM_{10})

近年來，由於中國大陸、亞太地區、東南亞的空氣污染問題也相當嚴重，因此許多學者投入在空氣污染對健康衝擊的研究，以肺阻塞為例，2016 年在中國大陸山東的研究發現，每增加 10 μg/m^3 的懸浮微粒 $PM_{2.5}$ 濃度，會增加 1.4% 的都會區肺阻塞病人急診就診。懸浮微粒也會為住在郊區的肺阻塞病人帶來健康衝擊，每增加 10 μg/m^3 的 $PM_{2.5}$ 濃度，同樣也會增加 1.5% 的近郊地區肺阻塞病人急診就診。所以，無論是在都會區或者城市郊區，空氣污染物濃度增加，都會造成肺阻塞病人急診就診的機會上升，另外，懸浮微粒對於女性健康衝擊更顯著於男性。另外一篇在 2018 年的研究也顯示，空氣中的懸浮微粒 $PM_{2.5}$ 以及 PM_{10} 的增加，也會增加肺阻塞病人的住院風險。這個研究使用空氣監測站所測量每小時 PM_{10}，$PM_{2.5}$ 的濃度，取 24 小時平均值作為代表濃度，結果顯示，懸浮微粒 $PM_{2.5}$ 以及 PM_{10} 濃度增加 10 μg/m^3 後第 0-6 天，會產生健康衝擊延遲效應。在 17 個城市中，有 8 個城市 $PM_{2.5}$ 濃度增加與肺阻塞住院風險增加有關、有 9 個城市 PM_{10} 濃度增加與肺阻塞住院風險增加有關。研究亦發現，相較於男性而言，女性受到空氣污染物質的健康衝擊更顯著。

2 氮氧化物 (NOx) 與二氧化硫 (SO_2)

除了空氣中的懸浮微粒會對肺阻塞產生健康衝擊外，懸浮微粒所夾帶氣狀污染物如氮氧化物 (NOx) 以及二氧化硫 (SO_2) 也會為帶來健康衝擊。2016 年在中國大陸的研究發現，每增加 10 μg/m^3 的氮氧化物及二氧化硫的濃度，分別會增加 1.2% 以及 2.5% 的都會區肺阻塞病人急診就診。另外，雖然病人住在郊區，理論上空氣會比較好，但是研究也發現，在空污期間，如果空氣中的氣狀污染物氮氧化物及二氧化硫濃度增加，每增加 10 μg/m^3 的濃度，會增加 0.8% 以及 3.1% 的近郊地區肺阻塞病人急診就診。本研究結果也發現，無論是在都會區或者城市郊區，空氣氣狀污染物濃度增加，對於女性健康衝擊更顯著於男性。另外一篇在 2018 年的研究也顯示，空氣中的氣狀污染物質 - 氮氧化物及二氧化硫濃度增加 10 μg/m^3 後的第 0-6 天，會對肺阻塞病人產生健康衝擊，包括增加肺阻塞病人的住院風險、急診就診以及嚴重急性惡化的機會。與氮氧化物相比，二氧化硫對於肺阻塞病人的健康衝擊來得更為嚴重。這個研究也發現，相較於男性而言，女性受到氣狀污染物質的健康衝擊更為顯著。

第三節 本土研究

台灣的研究團隊也發表了關於台北市文山區 PM 濃度改變，對於呼吸道疾病急診就診因素的影響。所探討的空氣污染物質包含懸浮微粒 $PM_{2.5}$ 以及氣狀污染物職二氧化氮 (NO_2) 和二氧化硫 (SO_2)。結果發現，肺阻塞的急診就診，會隨著 $PM_{2.5}$ 的濃度上升而增加。因 $PM_{2.5}$ 濃度上升也會導致肺阻塞疾病惡化的病人出現。不過有趣的是，這個研究顯示肺阻塞的惡化風險與懸浮微粒 $PM_{2.5}$ 的濃度關係比較大，而非二氧化氮 NO_2 以及二氧化硫 SO_2 濃度，特別是在 $PM_{2.5}$ 濃度上升後的第 3-5 天，且對於 75 歲以下的人口影響較顯著，特別是在夏季，$PM_{2.5}$ 濃度的增加，會顯著增加年齡在 75 歲以下肺阻塞病人急診就診的機率。

第四節 結論

空氣中的懸浮微粒以及氣狀污染物質均會對肺阻塞病人產生不良的健康影響，而且無都會與城鄉的差別。肺阻塞是一個慢性發炎性下呼吸道疾病，常見的危險因子是抽菸，但我們也不能忽視空氣污染對於肺阻塞產生的健康衝擊。在空氣品質拉緊報的日子，要提醒肺阻塞病友減少外出、外出戴口罩，並密切觀察自己是否因此產生不適，以提高警覺、及早就醫。

第六章 空氣污染與肺癌

第一節 肺癌簡介

根據衛福部的統計資料，無論男性或女性，肺癌高居國人十大癌症死因排行榜的第一位，並有逐年上升的趨勢。肺癌若能早期發現、及早開刀治療，預後通常較佳。但是早期肺癌通常沒有任何症狀，等到相關症狀出現時多已是晚期肺癌，預後往往較差。目前大部分的專家或指引只建議具有高危險因子 (如抽菸或有家族史) 的族群利用低劑量電腦斷層來篩檢早期肺癌。然而，抽菸雖然是發生肺癌的重要危險因子，但有越來越多的肺癌病人 (尤其是女性肺腺癌) 是不抽菸的。這些不抽菸但卻罹患肺癌的病人，原因可能跟本身的基因或外在環境的因素相關，但確切的關聯性目前仍在研究當中。

第二節 空氣污染與肺癌的相關性

在 2013 年，一名江蘇省的八歲小女孩被診斷為肺癌，震驚了世界。她的主治醫師宣稱是空氣污染讓這名小女孩得到肺癌。的確，近年來有越來越多證據顯示，肺癌與空氣污染有高度的相關性。因此，國際癌症研究署 (International Agency for Research on Cancer; IARC) 已經將空氣污染中的懸浮微粒視為第一級致癌物。

空氣污染物可能經由改變端粒 (telomere) 的長度，增加發炎及氧化壓力，增加對 DNA 的傷害，降低免疫力及 DNA 修復等機轉，增加肺癌的發生率及死亡率。但是針對空氣污染與肺癌相關性的研究其實不容易進行，因為造成肺癌的因素很多，有太多的干擾因子會影響研究，而且空氣污染的暴露種類、濃度與暴露時間與肺癌相關性也不容易界定。以下將對不同空氣污染的種類與肺癌相關性作介紹 :

1 懸浮微粒 ($PM_{2.5}$ 、PM_{10})

$PM_{2.5}$ 可能會活化致癌基因 (oncogene)、降低抑癌基因 (tumor suppressor gene)、誘發細胞自噬 (autophagy)、細胞凋亡 (apoptosis)、以及促進細胞發炎及微環境的改變等機轉來造成肺癌的產生。

在過去，不同的國家已經有很多懸浮微粒與肺癌的發生率及死亡率相關性的的研究。例如在 2002 年，有一個針對一百多萬個不抽菸的志願者，追蹤了 16 年以上的研究，發現每增加 10 單位的 $PM_{2.5}$ 濃度，會增加 8% 的肺癌相關死亡率。此研究又持續追蹤了 10 年 (共 26 年以上)，發現每增加 10 單位的 $PM_{2.5}$ 濃度，會增加 15–27% 的肺癌相關死亡率。 在 2013 年也有一個平均追蹤 12.8 年的研究，發現每增加 10 單位的 PM_{10}，會增加 47% 罹患肺癌的風險，每增加 5 單位的 $PM_{2.5}$，也會增加 18% 罹患肺癌的風險。每增加同等濃度的 PM_{10} 及 $PM_{2.5}$，分別會增加 51% 及 55% 罹患肺腺癌的風險。一個包含了 18 個研究的統合分析發現，$PM_{2.5}$ 及 PM_{10} 分別會增加 9% 及 8% 罹患肺癌的風險。如果在戒菸及不抽菸的人，$PM_{2.5}$ 分別會增加 44% 及 18% 罹患肺癌的風險。 另外，$PM_{2.5}$ 及 PM_{10} 更會增加 40% 及 29% 罹患肺腺癌的風險。另外一個包含了 17 個研究的統合分析也發現，$PM_{2.5}$ 分別會增加 8% 及 11% 肺癌的發生率及死亡率。義大利的研究也發現每增加 10 單位的 PM_{10}，會增加 44% 罹患鱗狀細胞癌的風險。在 2018 年的世界肺癌大會也有研究指出了長期暴露在高濃度 (>10μg/m^3) $PM_{2.5}$ 但不抽菸的肺癌病人，有 74% 為女性，有 84% 為亞洲人，證實了 $PM_{2.5}$ 與亞洲女性不抽菸但卻罹患肺癌的相關性。

2 氮氧化物 (NO_X) 與二氧化硫 (SO_2)

在 2003 年有一個追蹤 27 年的研究，發現在 1974 到 1978 間，每增加 10 單位的氮氧化物暴露，會增加 8% 罹患肺癌的風險。一個日本的研究也發現，每增加 10 單位的氮氧化物，會增加 20% 肺癌的相關死亡率。另外一個追蹤了 8.7 年的研究，發現每增加 10 單位的 $PM_{2.5}$、二氧化硫、與氮氧化物，分別會增加 24% 、26%、與 17% 的肺癌相關死亡率。中國大陸也有研究指出每增加 10 單位的二氧化硫與氮氧化物，分別會增加 3.2% 與 2.3% 的肺癌相關死亡率。

第三節 本土研究

在台灣本土研究方面，第一個研究是根據 1994-2003 直轄市空氣監測站資料分析，發現空氣污染暴露指數最高的女性，與暴露指數最低的地區相比，會增加 28% 罹患肺癌的風險。另一個研究根據 2006 年台灣 73 個空氣監測站資料分析，發現每增加 10 單位的 $PM_{2.5}$ 濃度，會增加 16% 肺癌相關死亡率，平均每九位因為肺癌死亡的女性，就有一位跟 $PM_{2.5}$ 的暴露相關。最近一篇台灣癌登資料庫的研究也指出，南台灣 $PM_{2.5}$ 的平均濃度較北台灣高，能見度較低，可能與南台灣肺腺癌的高發生率及高死亡率有相關性，特別是在不抽菸及 EGFR 基因檢測陰性的女性肺癌病人。

第四節 結論

許多國內外流行病學的研究已經證實了空氣污染與肺癌的發生率跟死亡率有高度的相關性，特別是在不抽菸的族群。因此，如何防治空氣污染以降低肺癌的發生率跟死亡率已是刻不容緩的議題。但是空氣污染如何影響肺癌的確切病理機轉尚未完全明瞭。因此，未來研究應著重在空氣污染影響肺癌的機轉，也許可以藉此防範及降低肺癌的發生率跟相關死亡率。

第七章 如何減少空氣污染的危害

第一節 簡介

空氣污染目前已經是世界最大的死因之一，目前世界衛生組織 WHO 指出空氣污染每年造成 700 萬人死亡，而其中大多數是非洲和亞洲未開發或開發中國家，世界衛生組織 WHO 更指出空氣污染是這個世紀的「新種香菸 (new tobacco)」，並訂立目標為到 2030 年能將空氣污染造成的死亡人數減少三分之二。台灣目前處在亞洲地區，空氣污染的情形並不算輕微，過去研究指出台灣的室外空氣污染 2/3 由本土產生，而 1/3 則由境外移入，面對空氣污染這個無聲無息的殺手，如何去防範空氣污染的傷害是居住在這篇土地上的居民無法逃避的課題。

空氣污染吸入肺部之後，不只在肺部引起許多呼吸道疾病，更會影響心血管系統與腦血管系統、到全身的新陳代謝到慢性發炎、產生癌症...等等。防止空氣污染的傷害以初級預防為主，常用的方法為使用口罩與空氣清淨機，但初級預防仍然難以完全阻止空氣污染吸入體內；而次級預防則可以多喝水增加腎臟排出，補充多種維生素與礦物質等等營養素來減少發炎、氧化與 DNA 的損害，但是次級預防對抗空氣污染的效果、目前證據仍然不足；總結來說最好的預防空氣污染辦法仍然是改善環境的空氣品質。

第二節 口罩對於空氣污染的防護效果

目前市面上的口罩種類眾多、可以分為下列數種：

A. 紙口罩：

優點便宜、但是過濾微粒的效果最差，容易因水分而潮濕。因此對於飛沫、唾液、血液...等等體液傳播病缺乏保護力。

B. 布口罩：

常見許多機車族所配戴的不織布口罩，優點是可重複水洗，但是缺點是過濾能力差，對 $PM_{2.5}$ 完全沒有阻擋能力，布口罩主要阻擋的是 PM_{10} 以上的大顆粒，且面部密合度不佳。

C. 活性碳口罩：

活性碳口罩雖然功能是吸附有機氣體、惡臭分子和毒性粉塵，但是本身過濾能力不佳，需要合併有過濾層，才能對空氣污染產生防護作用，如果無過濾層則對 $PM_{2.5}$ 缺乏有效防護效果。

D. 醫療級口罩：

常見於醫院、醫療人員所使用的藍色綠色口罩，通常有三層不織布，外層為 PP 防潑水材質，可阻隔有病源的飛沫或體液，中層為特殊濾網阻擋層，能阻隔細菌與粉塵等等，內層則是可吸收汗水油脂的柔細纖維，而阻擋絕大部分的 PM_{10} 以上的懸浮微粒，而實驗室中醫療口罩對於 $PM_{2.5}$ 雖然有七成左右的阻擋能力，但是此數據的計算是以完全不漏氣的前提下去計算，但是實際醫療口罩使用上並無法與臉部緊密貼合，阻擋 $PM_{2.5}$ 能力只能達到 3 到 5 成。

E.N95 口罩：

根據 NIOSH 對過濾材料的分類定義，N：適用非油性的微粒，R：適合非油性微粒與對油性微粒有阻隔作用；P：適用於油性微粒防護作用；而 N95 顧名思義就是可以阻擋超過 95% 非油性的次微米顆粒 (0.1~0.3μm)，面對 $PM_{2.5}$ 使用 N95 口罩的優點是可以到達完全阻擋的效果，但是缺點則是 N95 口罩呼吸阻力大，戴上之後換氣不易，心肺功能不佳者或老人小孩都難以使用。

F. 防霾 (PM2.5) 口罩：

有鑑於市面上口罩品牌良莠不齊全，經濟部標準檢驗局於民國 106 年制定 CNS 15980「防霾口罩檢測標準」，將口罩之防護效果分為 A、B、C、D 四個等級 (A 最好)，欲通過 CNS 15908 $PM_{2.5}$ 口罩檢測至少須通過六項檢測項目，分別是「粒狀物防護效果、過濾效率、呼吸阻抗、口罩耳帶或頭帶與本體的連接處斷裂強度、游離甲醛含量及 pH 值」為必測項目，此外，依口罩需求與設計的不同，更可以選擇其他選測的項目進行測驗。而 A、B、C、D 四個等級口罩，也設置四種使用建議 (如表 7-1)，譬如今天出門時空氣到達紫爆，$PM_{2.5}$ 直到達 110 μg/m^3，就應該選用等級 A、B 或 C 的防霾口罩。

表 7-1. 防霾口罩等級與使用建議

防霾口罩等級與使用建議				
	A	B	C	D
$PM_{2.5}$ 濃度	350 以下	230 以下	140 以下	70 以下
$PM_{2.5}$ 阻擋效果	≥ 99%	≥ 95%	≥ 90%	≥ 90%
次微米 $PM_{0.1}$ 阻擋效果	≥ 95%	≥ 90%	≥ 80%	≥ 80%
$PM_{2.5}$ 指數	褐爆	紫爆	紅色警示	橘色提醒
AQI 指標	超過 300	201-300	151-200	150 以下

目前面對空氣污染，如要防止無孔不入的 $PM_{2.5}$，最有力的選擇應該是 N95 口罩，但是若要兼顧便利與防護力的平衡、醫療口罩或國家認證的防霾口罩是最適合的選擇，目前台灣政府也正在進行防空污口罩的認證，避免不實的廣告造成大家使用上的困擾。

表 7-2. 不同材質口罩比較

口罩	效果	$PM_{2.5}$	優缺點
紙口罩	阻擋水滴 大顆粒灰塵	無效	便宜 阻擋力差 遇水則易破
布口罩	阻擋水滴 大顆粒灰塵	無效	可重複水洗使用 無法阻擋 $PM_{2.5}$
活性碳口罩 (無過濾層)	活性碳吸附物質	效果差	可吸附有毒物質 但阻擋效果有限
活性碳口罩 (含過濾層)	先以過濾層過濾粉塵 活性碳吸附物質	一半的阻擋效果	可吸附有毒物質、並能阻擋細小粉塵
醫療口罩	三層構造可防飛沫 過濾層可過濾物質	一半的阻擋效果	可阻擋病菌與粉塵 但密合度較差
高階口罩 (N95、N99、N100 等)	對於 $PM_{0.3}$ 可以有效阻擋達 95% 以上	可以阻擋絕大部分 $PM_{2.5}$	阻擋效果最強 阻抗大造成呼吸費力
防霾口罩 (須通過防霾口罩檢測標準)	國家檢測阻擋效果分 ABCD 四個等級 (A 最好、依次遞減)	可以有效阻擋 $PM_{2.5}$	阻擋效果需國家認證 目前許多市售口罩仍未認證

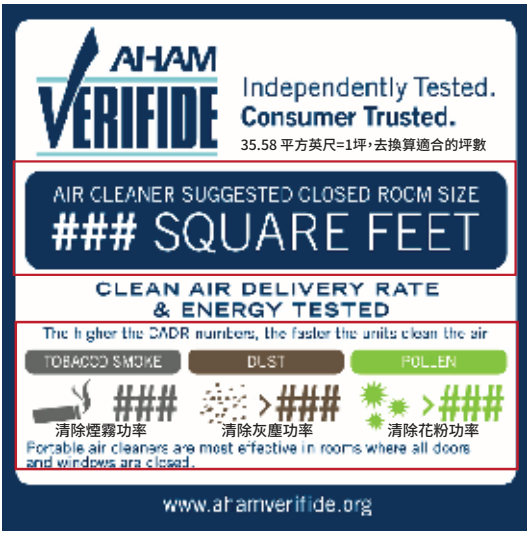
第三節
空氣清淨機對空氣污染的防護效果

目前市面上的空氣清淨機種類眾多，多家廠牌都有推出自己的空氣清淨機，本手冊為了不涉及廣告，只提供挑選清淨機的方法，不直接指出特定廠牌名稱。一般來說評估空氣清淨機的功能，使用以下方法：

A.CADR(Clean air delivery rate 乾淨空氣排放率)：

CADR 是美國家電協會 AHAM 所制定出的一項統一標準，目的在比較各廠牌的效能；CADR 數值愈高，代表淨化速度愈快、性能愈好；CADR 有兩種單位：立方英尺 / 分鐘 (ft^3/min) 或立方公尺 / 小時 (m^3/hr)，簡單換算的方式是：m^3/hr = ft^3/min X 1.7。但是大家必須注意幾個閱讀細節，上面的紅框代表的是這數據是在多大的室內空間下進行，35.58 平方英尺 (Square Feet) 約等於一坪大小，而下面的紅框則代表三項物質的清除速率，分別包含煙霧、灰塵與花粉的清除功率。

圖 7-1. 乾淨空氣排放率 (CADR)



(此圖修改自美國家電協會的官方圖片)

但大家需要去注意的是，CADR 的數字通常是來自於把馬達開到最強所得出的數據，而全速運轉之下的噪音與耗電是一個不容忽視的問題了。應要注意的是，平常大家使用空氣清淨機時通常是在低速運轉模式，但是絕大部分的空氣清淨機只提供全速運轉下的 CADR 數字；而低速運轉的 CADR 數字約只有最高速運轉的 20%-30% 之間。

B. 濾網過濾的原理：

一般來說的空氣清淨機所使用的清潔空氣方式，最常使用的就是濾網過濾空氣中的物質，而目前市面上空氣清淨機常見搭載的濾網有以下幾種：

- 前置濾網或預濾網 (Pre-filter)：一般空氣清淨機中的濾網，是透過阻擋、吸附與過濾等等物理方式去阻擋粉塵通過來淨化空氣，而為了維持主要的濾網層的使用壽命，通常會設計一層前置濾網，此濾網的空隙較大，主要的過濾目標物是較大片的灰塵與毛髮等等，但是對於較小的 $PM_{2.5}$ 等等物質，則沒有防禦阻擋作用，而這片濾網的好處是，可以清洗後繼續使用，且使用壽命長等優點。

- 高效濾網：核心濾網主要肩負過濾與吸附空氣中絕大多數的粉塵物質的任務，目前市面上有許多高階濾網能有效過濾 $PM_{2.5}$ 等等物質，HEPA 濾網指的是高效濾網 (High-Efficiency Particulate Air，即高效率空氣微粒子過濾網)，而 HEPA 濾網的標準依據美國能源部的定義是指能夠把超過 99.97%，0.3μm(=$PM_{0.3}$) 的懸浮微粒擋下來的濾網。而比 HEPA 濾網更高等級的濾網稱為 ULPA 濾網 (Ultra-Low Penetration Air 超低穿透空氣過濾網)，主要是指能夠把超過 99.995%，0.1μm(=$PM_{0.1}$) 的懸浮微粒擋下來的濾網。

表 7-3. HEPA 濾網與 ULPA 濾網比較

濾網比較		
	HEPA	ULPA
全名	High-Efficiency Particulate Air	Ultra-Low Penetration Air
標準	阻擋 >99.97% 的 0.3μm($PM_{0.3}$)懸浮微粒	阻擋 >99.995% 的 0.1μm ($PM_{0.1}$) 以上的懸浮微粒
胞子、花粉、細菌、灰塵	完全阻擋	完全阻擋
病毒飛沫	完全阻擋	完全阻擋
香菸、煙霧 (顆粒 + 有機揮發物)	顆粒完全阻擋 揮發物無法阻擋	顆粒完全阻擋 揮發物無法阻擋
揮發性有機物 (甲醛、甲苯等)	無法阻擋 (添加活性碳才能阻擋)	無法阻擋 (添加活性碳才能阻擋)
有害氣體	無法阻擋	無法阻擋
優點	阻擋效率高於普通濾網	阻擋效率更好
缺點	較昂貴	更昂貴 空氣流速只有 HEPA 的 2 到 5 成

- 而從圖表的比較我們可以得知，雖然濾網越細可以過濾越多物質，但是仍然無法阻擋揮發有機物與有害氣體，而面對香菸煙霧所產生的有毒物質、高效濾網也只有部分阻擋效果。而高效濾網另一個缺點是，濾網等級越高時是越加緻密，也造成濾網的風阻越大，過濾所產生的風量越小，使得空氣清淨機需要更大的馬達去過濾，也增加了耗能與噪音的問題；此外高階的濾網大部分無法水洗，到達一定的髒污量阻塞後就必須更換濾網，增加耗材的費用。

C. 靜電空氣濾網：

在高階濾網的過濾基礎上，合併靜電吸附空氣中的懸浮微粒，加強過濾髒空氣的效果，因為靜電的吸附可加強濾網的過濾功效，進而能合併降低濾網的阻力提高 CADR 值。

D. 活性碳除臭濾網：

是由木材、椰子殼等物質高溫碳化製成，以目前的技術來說使用椰子殼碳化所製成的活性碳的吸附過濾能力最好，活性碳本身具有吸附物質的特性，在空氣清淨機中被選用來吸附有毒物質 (譬如：甲醛等揮發性氣體)，但是其缺點是活性碳在高濕度環境下壽命短，而台灣本是海島國家有高濕度的空氣，另外的一個缺點是活性碳的使用在目前的空氣濾網上，沒有量化的標準規範，而另一方面使用活性碳也會大幅提高濾網耗材的售價。

E. 靜電集塵 (非濾網)：

以高壓的電流產生靜電，使靜電集塵板吸附空氣中帶電的微粒達到清潔空氣的目的。然而此類濾網只能達到 90% 左右的過濾效果，無法像高效濾網能達到 >99 的效能，故時常搭配附加濾網加強過濾效果。其優點是靜電集塵板可重複清洗，所以耗材較省而且噪音較低，但缺點是會產生臭氧對呼吸道有刺激性，且靜電集塵板若無定時清理將使黏附的顆粒回到空氣中。

F. 光觸媒功能：

光觸媒的機轉為利用二氧化鈦經過紫外線照射後，產生電子電洞將空氣中的有機物質 (細菌、有機揮發氣體等有機物) 分解破壞變成對人體無害的水和二氧化碳，優點是無毒價格較便宜又環保，但缺點是分解效率是否能處理較嚴重空氣污染的環境使人存疑。

G. 負離子功能：

帶負電荷的分子稱為負離子，其背後的原理在於產生電子與氧分子結合成負氧離子，負離子與空氣污染物質結合之後，一方面能產生化學反應分解有機物質，另一方面能使懸浮物質帶電吸附到家具與地板牆壁表面，達到淨化空氣的效果，但缺點是過程會產生臭氧增加呼吸道的刺激，且負離子的實際作用可能有限，而落到家具與地板的懸浮物質若沒有後續的清理，之後會再次揚起成為空氣的污染物質。

H. 催化劑氧化功能：

其原理為利用催化劑，使甲醛與氧氣發生氧化反應，生成二氧化碳與水 (能在室溫下進行)，因為催化劑不會被消耗可以持續分解甲醛，目前能運用在催化劑技術的材料包括金屬鉑、錳礦、錳鉀礦、錳鈉礦、混合型錳氧化物等。目前市面上使用這方面的空氣清淨機很少。

挑選空氣清淨機，主要還要注意的是噪音、耗電量、價格、耗材價格與附加功能，把以上事項都列入考慮之後，才能選出適合自己的空氣清淨機。此外大家還必須注意的是，空氣清淨機的測試數據都是在密閉室內測試，一般如果窗戶內外空氣流通量大，則空氣清淨機就會難以發揮該有的效果。

表 7-4. 各類空氣清淨機及濾網比較

	原理	優點	缺點
普通濾網	大顆粒灰塵與毛髮進行過濾	可重複清洗 耗材花費少	無法過濾小顆粒
高效濾網	使用精密的濾網過濾空氣	有效過濾細微物質	耗材昂貴 風阻大噪音大 無法分解揮發氣體
靜電濾網	靜電吸附物質	可加強濾網的過濾效果、減少風阻	耗材昂貴 無法分解揮發氣體
活性碳濾網	活性碳具有吸附物質的特性	可以吸附有毒物質與有機揮發氣體	活性碳壽命較短 耗材昂貴
靜電集塵板	產生靜電吸附物質	可重複清洗 耗材花費少	本身過濾能力有限，需搭配濾網 產生臭氧
光觸媒	紫外線照射產生電洞分解有機物質	便宜又環保 可分解有機物	分解效果有限 需紫外線照射
負離子	產生電子與空氣分子結合成負離子	使污染物質吸附傢俱或地板 可分解有機物	效果有限 產生臭氧 落塵會再次揚起
催化劑	使甲醛氧化成二氧化碳和水	能有效高效率分解甲醛 不須額外補充能量	新技術較昂貴

第四節
營養補充品對於空氣污染的防護效果

首先我們要知道空氣污染物質的種類，水溶性空氣污染物質溶解入人體循環，而如果是 $PM_{2.5}$ 或 PM_{10} 等的懸浮微粒，進入肺部後將被免疫細胞所吞噬，部分物質隨後經由血液運輸到全身，造成全身性的發炎導致癌症與血管硬化。

- 補充水分：由於部分的空氣污染物質可溶於水，並可以由尿液排出，而揮發性有機物質進入人體後經肝臟代謝後由腎臟排除，也就是說多喝水應可以加速部分空氣污染物質的排出。

- 維他命 A 與胡蘿蔔素：空氣污染會引起呼吸道與全身性的發炎，而抗氧化的維生素 A 與胡蘿蔔素有抵抗發炎的效果，可以減少空氣污染所造成的發炎作用。

- 維生素 B 群與葉酸：空氣污染物質會造成細胞 DNA 的損害而致癌，維生素 B 群對於 DNA 損傷的修復有幫助，有小型人體研究指出連續四周補充維生素 B 群可以降低一半 $PM_{2.5}$ 對 DNA 的損害。

- 維生素 C 與維生素 E：維生素 C 與 E 有抗氧化的效果，過去就有不少研究發現，維生素 C 與 E 可以減少臭氧對呼吸道的傷害，可以減少氣喘的發生與發作。

- 維生素 D：而維生素 D 也對減少過敏有效果，而補充維生素 D 對於減少空氣污染所造成的氣喘於過敏疾病有幫助。

- Omega-3 魚油：過去 Omega-3 魚油被發現有抗發炎、抗氧化與抗血栓的效果，而空氣污染引起發炎與氧化，研究發現使用 Omega-3 魚油可減少空氣污染引起的氣喘與過敏疾病，減緩空氣污染對心血管的阻塞和硬化。

- 免疫功能的維持：免疫細胞是空污物質 (尤其是懸浮微粒) 進入人體之後，負責第一線吞噬空污物質，故平時應補充適當的必須胺基酸、維生素A、B群、C、D、E、礦物質的鐵、鋅、硒、銅、錳……等等營養素，來維持免疫機能功能的正常。但是最後需要補充的是，補充以上的營養品對空氣污染的傷害能提供多少防護，目前的研究仍然非常少，且絕大部分都是小型的人體研究或者只是實驗室研究，也就是說補充營養品對防止空氣污染對健康傷害的角色，目前證據力仍然不足。

第五節 結論

總結來說、對於空氣污染對身體的傷害，目前預防的方法仍然是以防止空氣污染進入人體為主，但是要做到完全阻擋空氣污染在身體之外，以目前的科技方法仍有相當大的困難，而就目前的世界環境來說，改善空氣污染是目前全世界眾多國家一同努力的公衛環境方針，期許政府能逐步改善台灣的空氣污染。

國家圖書館出版品預行編目 (CIP) 資料

空氣污染與肺部健康 / 許超群總編輯 . -- 初版 . -- 臺北市 : 臻呈文化出版 ; 高雄市 : 臻呈文化臺灣胸腔暨重症加護醫學會發行 , 2019.12

面 ; 公分

ISBN 978-986-95806-8-7(平裝)

1. 空氣汙染 2. 空氣汙染防制 3. 肺臟疾病

445.92 108009296

空氣污染與肺部健康

發行單位：台灣胸腔暨重症加護醫學會
地址：83301 高雄市鳥松區大埤路 123 號
電話：07-731-7123 分機 2651
傳真：07-735-3147
網址：www.tspccm.org.tw

發行人：林孟志
總編輯：許超群
編輯委員：許超群、曾健華、傅彬貴、蘇一峰、魏裕峰、王金洲、黃明賢、余忠仁

出版社：臻呈文化行銷有限公司
地址：10654 台北市大安區忠孝東路三段 249-1 號 10 樓
電話：02-2778-7711
傳真：02-2778-7755
網址： www.crossroad.com.tw
出版日期：西元 2019 年 12 月 初版
ISBN 978-986-95806-8-7(平裝)
版權所有 · 翻印必究

台灣胸腔暨重症加護醫學會

Taiwan Society of Pulmonary and Critical Care Medicine

NOVARTIS 台灣諾華股份有限公司　助印

9 789869 580687