



## 細懸浮粒子(PM<sub>2.5</sub>) 對健康的影響

王宇軒<sup>1</sup> 鄭幃元<sup>1</sup> 吳元祿<sup>1</sup> 李馨敏<sup>1</sup> 楊淳翔<sup>1</sup> 林益卿<sup>2</sup>



### 前言

近年來，隨著城市化和工業化的快速發展，空氣品質的惡化已經嚴重影響到人類的身體健康，尤其是從中國大陸飄洋過海的「霧霾」，含有大量細懸浮微粒(PM<sub>2.5</sub>)，其危害性更是引起學者和社會大眾的注意。因此在過去幾年，PM<sub>2.5</sub>成為一個重要的研究議題，許多研究者開始關注PM<sub>2.5</sub>在呼吸系統、心血管系統甚至是神經系統引起的不良反應，甚至有些報告指出其致癌的風險。本文主要是介紹PM<sub>2.5</sub>對人體各器官系統的影響，以提升大眾對PM<sub>2.5</sub>的認識，進而增加對空氣品質的重視。

### 認識PM<sub>2.5</sub>

PM<sub>2.5</sub>用於通稱所有直徑小於2.5微米的空氣懸浮粒子，可以是水霧、塵埃、花粉、皮屑、過敏原、霾等任何物質，是空氣污染中重要的成分。「空氣污染」這

個詞包含了兩個重要成分：廢氣(gaseous pollutants)及懸浮微粒(particulate matters, PM)。研究顯示，「霧霾」中包含了高濃度的懸浮微粒，其中小於10微米的粒子(PM<sub>10</sub>)對人體健康比較有影響。這些懸浮粒子的致病性強弱不只由本身的大小、成分、溶解度、和產生自由基的能力來決定，更是可進一步藉著吸附空氣中的有毒物質(如：NO、臭氧、重金屬等)增加對身體的傷害。

懸浮粒子的大小決定了它們最終在呼吸道中的位置，愈小的粒子愈能深入呼吸道。因此相較於PM<sub>10</sub>，較小的PM<sub>2.5</sub>更容易從肺泡到達體內；而且由於直徑小，表面積佔比更大，吸附的有毒物質更多，因此對人體的危害更大。研究結果顯示長期暴露在PM<sub>2.5</sub>比正常值高10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的環境下，日死亡率就會上升1.5% (95%信賴區間：1.1%~1.9%)<sup>[1]</sup>。相較於慢性阻塞性肺疾(COPD)提升3.3%日死亡率，缺血性心臟病提升2.1%日死亡率<sup>[1]</sup>，PM<sub>2.5</sub>相關的日死亡率相當驚人。這是給大家敲了警鐘，提醒大家預防PM<sub>2.5</sub>的重要性。

1 高雄醫學大學醫學系

2 彰化基督教醫院家庭醫學科

關鍵詞：PM<sub>2.5</sub>, Air pollution

通訊作者：林益卿

### 台灣PM<sub>2.5</sub>空氣品質標準與活動建議



台灣環保署參考各國的空氣品質標準(美國24小時值為 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日本24小時值為 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、年平均值為 $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )於2012年5月14日修訂了我國的空氣品質標準，PM<sub>2.5</sub>空氣品質標準24小時值為 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、年平均值為 $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，並訂立了於2020年PM<sub>2.5</sub>濃度24小時值平均值達 $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下的目標。在新的空氣品質標準實施之後，政府開始嚴格檢視各種空氣汙染相關的標準，例如：加嚴固定污染源排放標準、燃料油含硫分限值、交通工具空氣污染物排放標準、車用汽柴油成分標準及徵收空氣污染防制費等管制方式。除了嚴格執行這些標準之外，也於2013年實施手動測站方法檢測及監測PM<sub>2.5</sub>。

我國PM<sub>2.5</sub>年平均濃度也在嚴格執行檢測及監測後有逐年下降的趨勢。根據2015空氣品質年報提供之數據，從2012年開始的標準方法監測之平均濃度顯示，2015年之年平均濃度達到了新低點(年平均濃度 $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )。<sup>[2]</sup>

隨著越來越多研究顯示PM<sub>2.5</sub>對於人體有多重影響，2014年10月1日起實施的新版細懸浮微粒指標也開始提供PM<sub>2.5</sub>預警濃度分級方式，利用十種顏色區分十級來警示民眾。例如常常聽到的紫爆(PM<sub>2.5</sub>濃度達到 $71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 或以上)。除了分級警示民眾之外，也提出了具體的活動建議。

當PM<sub>2.5</sub>濃度達到 $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (第四級)以上，易感性族群(有心血管疾病、呼吸道疾病等病人)，應考慮減少戶外活動。PM<sub>2.5</sub>濃度達到 $54\sim 70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (第七級到第

九級)，除了敏感性族群之外，一般民眾如果有任何不適，如眼睛痛、咳嗽或喉嚨痛等等，應該減少戶外活動。而當警示來到了紫爆的時候，所有人都被建議應該要減少戶外活動。

## PM<sub>2.5</sub>對人體的影響

已有證據顯示暴露於高濃度的空氣懸浮微粒PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>和死亡率增加之間存在密切的關係<sup>[3]</sup>。在歐盟國家，PM<sub>2.5</sub>使得平均壽命減短8.6個月<sup>[4]</sup>。PM<sub>2.5</sub>對心血管(如中風、心臟病等)、呼吸系統(如氣喘、慢性阻塞性肺病)和生殖系統會造成傷害，也與罹患糖尿病有關，甚至導致罹患癌症<sup>[5]</sup>。近年研究更指出PM<sub>2.5</sub>會對於中樞神經系統有不好的影響<sup>[6]</sup>。以下依呼吸、心血管、神經系統三個面向去論述：

## 呼吸系統方面的影響

PM<sub>2.5</sub> (細懸浮微粒)，可以深入氣管、支氣管，甚至沈積在肺泡組織中<sup>[1]</sup>許多研究證實，空氣中懸浮微粒(特別是水溶性微粒)會在人體產生活性氧物質(Reactive oxygen species, ROS)，並透過活化金屬產生羥基自由基( $\cdot\text{OH}$ )，而羥基自由基是引起DNA氧化損傷的主要因素(和細胞內的鈣離子濃度相關<sup>[7]</sup>)。當損傷的DNA未能及時有效修復時，便會誘導癌化或造成其他不可逆的損傷<sup>[8]</sup>。另一方面，PM<sub>2.5</sub>會造成發炎反



應，刺激許多轉錄因子基因和發炎相關因子基因過度表現，導致發炎損傷<sup>[9]</sup>。有許多科學家發表了PM<sub>2.5</sub>影響到肺臟吞噬細胞的研究，其中一篇研究是取大鼠做動物實驗，設計透過將PM<sub>2.5</sub>懸浮液（300,750,2000,5000  $\mu\text{g}$  /隻大鼠）滴入氣管中，之後採驗肺泡巨噬細胞，結果顯示吞噬速率和吞噬指數會隨著粒子濃度的增加而顯著降低<sup>[10]</sup>。

暴露在PM<sub>2.5</sub>的環境之下，會讓氣喘、呼吸道症狀(如咳嗽)加重，導致氣喘藥物的使用上升並增加學校的缺席率，統計顯示PM<sub>2.5</sub>會使得就醫住院比率以及肺癌死亡率上升<sup>[11]</sup>。PM<sub>2.5</sub>會影響肺臟的發育，並且對兒童和成人的肺功能有不好的影響<sup>[12]</sup>。另外，PM<sub>2.5</sub>也有可能導致罹患肺癌<sup>[5]</sup>。

有些族群像是原本就有心肺疾病的人、年長者或是小孩要更小心PM<sub>2.5</sub>帶來的不良影響。若是在小時候就暴露在PM<sub>2.5</sub>的空汙環境中，就會慢性地造成肺部發展不全，最後影響到日後長期的肺功能表現<sup>[9]</sup>。

### 心臟血管系統方面的影響

高血壓、高血糖、高血脂，被大家廣泛稱為三高，一直都是困擾國人的健康問題。因為這些危險因子不但造成罹患心血管疾病的機率大幅上升，所造成的代謝症候群與國內的十大死因都息息相關。但除了剛剛所提及的，在動物實驗中發現<sup>[13]</sup>，長期暴露在空氣中低濃度的PM<sub>2.5</sub>將

刺激血管，使血管發炎，有潛在造成血管粥狀硬化的風險。另外也可以確定發生心血管疾病的風險與暴露的PM成正相關。根據動物實驗的設計，把老鼠分為兩組，分別食用高脂肪與低脂肪的飼料，在每一大組中再分成兩小組，一小組長時間暴露在PM<sub>2.5</sub>，另一小組則是在過濾過的空氣中長大。結果經過6個月後發現，飲食中含較高脂肪同時暴露在PM<sub>2.5</sub>的那一組老鼠，相較於另外3組都有較高的心血管疾病發生率，而且達到統計學上的意義<sup>[13]</sup>。因此可以大膽假設長期吸入PM<sub>2.5</sub>發生心血管疾病的風險在已有心血管疾病或者有危險因子(高血壓、高血脂、糖尿病、心衰竭)的人身上會較高。小於PM<sub>2.5</sub>的粒子目前被認為對造成心血管疾病有最強的關聯性，因為它可以通過呼吸道到達最遠端的呼吸單位，以微乎其微的體積，0.5 $\mu\text{m}$ ，進入到循環系統中。真正的致病機轉目前還有待釐清，但是已有研究嘗試去試驗其如何刺激發炎反應，使活性氧化物質 (ROS) 產生，造成對血管的刺激。

### 中樞神經系統方面的影響

空氣汙染除了對前述較為大家所知的呼吸系統及心血管系統會造成影響以外，近年來越來越多的研究指出空汙粒子也會影響到我們的中樞神經系統，造成像是阿茲海默症、巴金森氏症、失智症以及中風這些疾病發生的機會提高。<sup>[14, 15]</sup>

發炎反應與中樞神經系統病變的形成有關係，而那些被我們吸入的空汙粒子



被認為是其中一個很大的原因，其造成的氧化壓力會對我們的腦細胞造成老化、突變甚至死亡。目前推測可能的路徑有<sup>[6]</sup>：

- 一、經由嗅球(Olfactory bulb)直接進入腦部造成神經細胞損傷；
- 二、影響鼻黏膜上皮造成發炎而破壞腦部；
- 三、吸入到肺裡使肺部發炎釋放會傷害腦部的細胞激素。

之前也有人拿老鼠來做動物實驗<sup>[16]</sup>，將老鼠分為吸入汙染空氣跟乾淨空氣的兩組，暴露十個月後發現在給予吸入汙染空氣的這個實驗組裡對空間有較差的記憶與學習能力，甚至表現出較為憂鬱的樣子，也讓科學家們推測是否空汙粒子對於人類精神疾病的產生有所相關。

空汙粒子是經一連串複雜的路徑且長時間地來使中樞神經系統產生病變，雖然已經知道空汙粒子與一些中樞神經系統相關的疾病可能有所關聯，但是我們對於詳細的機轉或是保護機制仍然有許多不清楚的地方，未來的研究若能讓我們得到更詳細的資訊，將會使神經科學以及精神科學領域有很大的進步。

## 結論

雖然已經有很多器官系統的疾病已經被證實和空汙有關，也還有很多器官的影響仍在研究中，但是預防空汙已經刻不容緩。政府應加強改善空氣品質，一方面醫師也要在基層醫療多加宣導。所幸本國環保署已經建立一套空氣品質監測系統，國人可由監測網站所公告之空氣品質制定

外出活動的計畫，本文提出建議如下(表一)：

1. 第4~6級，中度細懸浮微粒時：空汙易感性族群(有心血管疾病、呼吸道疾病等病人)，應考慮減少體力消耗，並盡量避免戶外活動。必要時盡量在室內進行，並可加裝空氣濾清器改善空氣品質。
2. 第7~9級，高度細懸浮微粒時：一般民眾如果有任何不適，如眼睛痛、咳嗽或喉嚨痛等，應該減少戶外活動。易感性族群、老人等則應減少體力消耗，並盡力避免戶外活動。
3. 第10級，非常高度細懸浮微粒，俗稱紫爆：一般民眾如果有任何不適，如眼睛痛、咳嗽或喉嚨痛等，所有人都被建議應該要減少體力消耗，並盡量避免外出。

## 參考資料

1. Schwartz J, Dockery DW, Neas LM: Is daily mortality associated specifically with fine particles? *Journal of the Air & Waste Management Association* 1996; 46:927-39.
2. 行政院環境保護署：中華民國空氣品質監測報告104年年報。 February 26, 2017，取自<http://www.epa.gov.tw/public/Attachment/63231644159.pdf>
3. Ambient (outdoor) air quality and health, World Health Organization (WHO)2016. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/> Accessed Feb 27, 2017.
4. Orru H, Maasikmets M, Lai T et al: Health impacts of particulate matter in five major Estonian towns: main sources of exposure and



- local differences. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 2011; 4: 254.
5. U.S. Environmental Protection Agency, Integrated Science Assessment for Particulate Matter, 2009 <https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=216546> Accessed Feb 27, 2017.
  6. Emily Underwood, THE POLLUTED BRAIN : Evidence builds that dirty air causes Alzheimer' s, dementia. *Science*, 2017.
  7. Brown DM, Donaldson K, Borm PJ et al: Calcium and ROS-mediated activation of transcription factors and TNF-acytokine gene expression in macrophages exposed to ultrafine particles. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol* 2004 10.1152: 344-52.
  8. Electron paramagnetic resonance study of the generation of reactive oxygen species catalysed by transition metals and quinoid redox cycling by inhalable ambient particulate matter, *Redox Rep.* 2005;10: 37-51.
  9. Sigaud S, Goldsmith CA, Zhou H et al: Air pollution particles diminish bacterial clearance in the primed lungs of mice. *Toxicol Appl Pharmacol* 2007; 223:1-9.
  10. Huang NH, Wang Q, Xu DQ: Immunological effect of PM2.5 on cytokine production in female Wistar rats, *Biomed Environ Sci.* 2008; 21: 63-8.
  11. Health effects of particulate matter, World Health Organization (WHO)2013 [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf) Accessed Feb 27, 2017.
  12. Paulina L, Hansel N: Particulate air pollution and impaired lung function, 2016; 5:6.
  13. Sun Q, Wang A, Jin X: Long-term Air Pollution Exposure and Acceleration of Atherosclerosis and Vascular Inflammation in an Animal Model. *JAMA* 2005; 294: 3003-10.
  14. Block ML, Calderón-Garcidueñas L: Air Pollution: Mechanisms of Neuroinflammation & CNS Disease. *Trends Neurosci.* 2009 Sep; 32: 506-16. doi: 10.1016/j.tins.2009.05.009.
  15. Genc S, Zadeoglulari Z, Fuss SH, Genc K: The Adverse Effects of Air Pollution on the Nervous System. *J Toxicol.* 2012;2012:782462. doi: 10.1155/2012/782462.
  16. Fonken LK, Xu X, Weil ZM, Chen G, Sun Q, Rajagopalan S, Nelson RJ: Air pollution impairs cognition, provokes depressive-like behaviors and alters hippocampal cytokine expression and morphology. *Molecular Psychiatry* 2011; 16: 987-95.



表一 細懸浮微粒(PM2.5)指標對照表與活動建議

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
PM2.5濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0-11	12-23	24-35	36-41	42-47	48-53	54-58	59-64	65-70	$\geq 71$
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癱狀時，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劑的頻率。			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劑的頻率。

資料來源：行政院環保署<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/fpmi.htm>

## 下期預告

### 基層醫學第32卷第12期

題目	作者	類別
空中旅行之醫療急症	沈倬光、朱書漢	家庭醫學
勃起功能障礙診斷與治療	趙詩嵐、李燕鳴	家庭醫學
戒菸後的體重增加議題	謝昌成、蕭雅尤	家庭醫學
女性運動員三聯症	葉奕辰、吳俊鋒	社區醫學