

大氣空氣品質和腎臟透析病人的死亡相關： 系統性文獻回顧

張佑瑄^{1,2} 郭素娥^{1,3,4,5,6,*} 許翠華^{1,3,4} 劉嘉玲^{2,3}

目標：過去的研究顯示長期暴露於空氣中懸浮微粒和罹病與死亡危險有關，包括腎臟疾病的惡化，但少有相關研究統整大氣空氣品質與腎臟疾病死亡的關聯，希冀藉此系統性文獻回顧及整合，探討空氣品質和洗腎病人健康的相關，提供未來相關研究的實證參考。**方法：**建立關鍵字並搭配自然語言及Mesh term於五個資料庫進行搜尋2022年6月前的中英文資料庫，總共發現163篇，經排除重複、納入及排除條件篩選後，最終納入5篇符合文章主題之文獻，並以CAPS (Critical Appraisal Skills Programme, CAPS) 世代研究評讀工具及Oxford CEBM檢測文章品質及證據等級。**結果：**共納入5篇研究，結果發現長期暴露於NO₂ 7年的洗腎病人的死亡危險增加1.33-3.78倍；暴露於高濃度PM_{2.5} 7年的老年洗腎病人可能會與死亡有關。**結論：**長期暴露於大氣NO₂、PM_{2.5}可能和洗腎患者的死亡危險有關；SO₂與PM₁₀因有發表偏差問題，可能需要日後更多研究針對此議題再加以探討證實。另受限於目前研究多是探討室外空氣品質和洗腎病人健康的相關，因此日後應針對室內空氣污染做更進一步的臨床試驗實證研究，以提供更全面與系統性的探討與分析。(台灣衛誌 2022; 41(5): 551-563)

關鍵詞：血液透析、空氣品質、死亡率、系統性文獻回顧、懸浮微粒

前 言

世界衛生組織 (World Health Organization, WHO) 曾指出懸浮微粒是空氣污染的常見指標，其所帶來的健康影響比其他污染物多，

其內含物包括有機和無機物的固態和液態複雜混合物[1]。根據WHO定義，直徑小於或等於10微米 ($\leq PM_{10}$, particulate matter $\leq 10 \mu m$) 的微粒可被吸入並留在肺的底部，但其中對健康損害更嚴重的則是直徑為2.5微米或更小 ($\leq PM_{2.5}$, particulate matter $\leq 2.5 \mu m$) 的微粒[1]。PM_{2.5}或更小微粒可以透過肺屏障進入血液系統，長期暴露可能會加大罹患慢性病的風險，包括心血管、呼吸道疾病和腎臟疾病。報導顯示無論是長期還是在短時期內暴露於高濃度的PM₁₀、PM_{2.5}、PM_{1.0}都與死亡率或發病率的增加有著密切關聯[2,3]。

台灣位於東北亞及東南亞交會處，空氣品質除和國內污染有關外，尚因季節性或不定時受到鄰近國家污染物傳播的影響，以2019年為例，PM_{2.5}濃度由北往南增加；東半部又較西半部良好[3,4]。台灣西南部依季

¹ 長庚科技大學嘉義分部護理系

² 長庚醫療財團法人嘉義長庚紀念醫院胸腔內科病房

³ 長庚科技大學嘉義分部護理研究所

⁴ 長庚科技大學慢性疾病暨健康促進研究中心

⁵ 長庚醫療財團法人嘉義長庚紀念醫院腦血管暨一般神經科

⁶ 明志科技大學環境與安全衛生工程系

* 通訊作者：郭素娥

地址：嘉義縣朴子市嘉朴路西段2號

E-mail: seguo@mail.cgust.edu.tw

投稿日期：2022年5月6日

接受日期：2022年10月11日

DOI:10.6288/TJPH.202210_41(5).111038



節變化顯示，因夏秋季（5至9月）受西南季風影響空污較不嚴重，夏季PM_{2.5}濃度為25.89 μg/m³、秋季PM_{2.5}濃度33.37 μg/m³；而春冬（10月至4月）東北季風期間易受長程污染傳輸及東北季風背風面擴散不佳的影響，而超出標準值（春季平均值：48.54 μg/m³、冬季49.96 μg/m³）[3-5]。台灣行政院環保署訂定的PM_{2.5}現行管制標準為24小時平均值35 μg/m³及年平均15 μg/m³。雖說只有春冬數值超過行政院環保署所訂定的標準[3,4]，但若依據WHO標準（年平均：5 μg/m³，24小時平均值：15 μg/m³），則台灣許多區域不管是夏秋或春冬，均超過PM_{2.5}標準[6,7]。

許多流行病學研究顯示，PM_{2.5}易附著戴奧辛、多環芳香烴及重金屬等有害物質，會因為其性質不同而對人體造成不同程度的危害。另外研究也指出揮發性有機物可經由呼吸道、消化道或皮膚吸收進入體內，進而對腎臟產生危害[8,9]。長期暴露於懸浮微粒會使腎血流動力學紊亂，促進氧化反應，進而造成腎組織出現炎症反應和DNA損傷，並導致腎絲球硬化及擴張、腎小管萎縮和血管損傷等而導致慢性腎臟損傷[10-12]。一個納入2,482,487名美國退伍軍人探討PM_{2.5}濃度、相關腎功能和末期腎臟疾病（End Stage Renal Disease, ESRD）風險的縱貫性研究，發現PM_{2.5}濃度與CKD（Chronic Kidney Disease）發展為ESRD間具有高風險相關性[13]。

末期腎臟疾病為慢性腎臟病最嚴重的病程。在台灣，血液透析（Hemodialysis, HD）是末期腎臟病患延續生命最常見的腎臟替代療法。Jung等人的研究顯示，長期暴露於PM₁₀四年到七年的ESRD（End Stage Renal Disease）個案死亡風險從15%增加到33%；長期暴露於SO₂和NO₂不論暴露時間長短，都是和ESRD死亡相關的重要危險因子[14]。如上述所敘述長期接觸空氣污染物對ESRD患者的死亡率具相關性，而台灣空氣污染嚴重，加上慢性腎臟病盛行率高達11.9%，名列世界第三，且洗腎病人眾多，2018年透析盛行率為每百萬人口3,587人[15]，若能藉此系統性文獻回顧，確認

PM_{2.5}、PM₁₀、NO₂及SO₂對洗腎病人死亡的相關及其威脅性與重要性，將能提供日後相關研究及政府制定相關大氣污染物標準之實證參考。

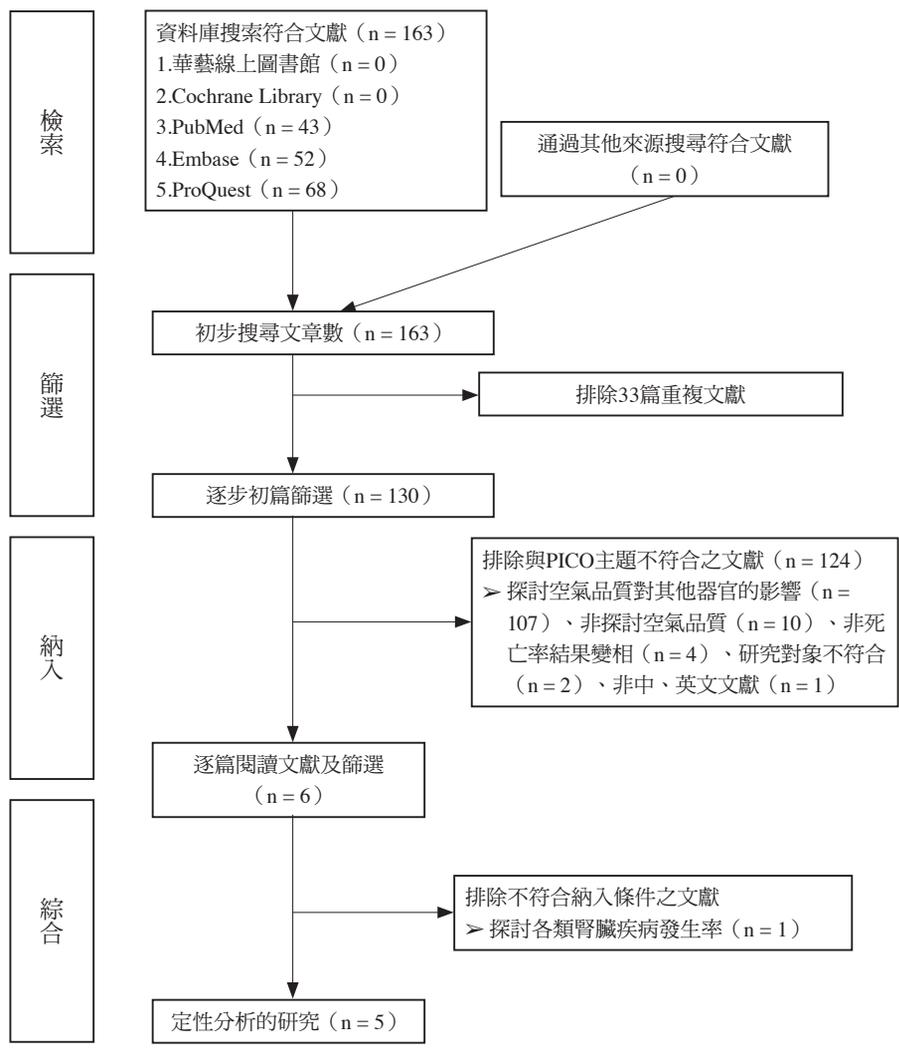
材料與方法

一、文獻搜尋策略

本研究搜尋2022年6月前包含華藝線上圖書館、Cochrane Library、PubMed、Embase、ProQuest等資料庫的中英文文獻，以中、英文關鍵字P（participants）：「洗腎病人、洗腎（renal dialysis、hemodialysis、renal dialyses）」、I（intervention）：「空氣品質、懸浮微粒、二氧化硫、一氧化氮（air pollution、pollut*、air quality、particulate matter、sulfur dioxide、carbon monoxide）」、O（outcome）：「死亡率、發生率（mortality、incidence、incidence rate）」，搭配MeSH term（Medical Subject Heading）及布林邏輯檢索技巧，將PICO關鍵字列出後以「OR」的方式交集，並將PICO關鍵字之間使用「AND」交集後進行搜尋。共搜尋出163篇，首先篩除重複33篇，剩下130篇進行摘要閱讀，符合PICO條件則取全文詳細評讀後，排除124篇，剩下6篇逐篇閱讀全文及依納入及排除條件篩選，排除1篇探討各類腎臟疾病發生率之研究之文獻，再逐一查閱文末參考資料檢視是否有遺漏文獻（n=0），最終取得5篇文章評讀[14,16-19]。文獻搜尋流程圖詳見圖一。納入文獻的條件：1.符合PICO的中、英文研究文獻；2.觀察型研究、以及觀察型研究之系統性文獻回顧及統合分析。文獻排除的條件為：與主題不符之文獻，和尚未有研究結果之研究計畫。

二、研究品質評析方法

文獻品質評析工具使用英國牛津大學實證中心所發展的2018年版Critical Appraisal Skills Programme（CASP）世代研究檢核表進行嚴格文獻評析[20]。研究證據等級則採用2011年牛津大學實證醫學中心證據等級表



圖一 文獻搜尋流程圖

(Oxford Centre for Evidence-Based Medicine Levels of Evidence, OCEBM) 之標準分類 [21]。CAPS 世代研究評讀工具共 12 題，結果「是」項目越多，表示文獻品質越佳 [20]。選出的文獻經由兩位研究者詳細閱讀後各自評讀，若有不一致處，則請第三研究者確認並進行討論至意見一致。另外也整理文獻資料，內容包含作者、年代、國家、研究設計、參與對象、成效變項、空氣污染暴露濃度與追蹤時間、研究結果及評讀結果等資料，詳細資料請見表一及表二。

出版偏差係指研究者因不滿意或沒有發現特殊的研究結果而沒有發表，造成發表偏差 [22,23]。根據 Sterne 等人的建議，10 篇以下的研究不適合做漏斗散佈圖，本文僅納入 5 篇研究，故無法以漏斗散佈圖判定有無出版偏差 [23]，而改用失安全數 (fail safe number)。Rosenthal 提出若失安全數大於耐受度 (tolerance level)，則表示未被納入或未被發表的文章不會影響本次系統性文獻回顧或統合分析的結果，而無出版偏差問題。失安全數計算公式 = $19S - N$ (S 代表研究中達

表一 納入文獻之品質評讀分析

評析項目	Jung, et al. (2020) [14]	Lin, et al. (2015) [17]	Lin, et al. (2020) [18]	Feng, et al. (2021) [19]	Huang, et al. (2013) [16]
一、CAPS-Cohort Study品質評讀工具					
1. 研究問題是否清楚且聚焦？	✓	✓	✓	✓	✓
2. 已可接受的方式招募受試者(世代)嗎？	✓	✓	✓	✓	✓
3. 是否準確測量暴露的變項，以減少偏差？	✓ (測站數據)	✓ (測站數據)	✓ (個人居住地址衛星時空模型)	✓ (NASA社會經濟數據和應用中心)	✓ (測站數據)
4. 結果測量是否精確以減少偏差？	✓ (醫院病人死亡危險)	✓ (醫院病人死亡率)	✓ (醫院病人死亡率和KFRT發生率)	✓ (醫療保險數據庫病人死亡率)	✓ (醫院病人死亡危險)
5. (a) 研究者是否釐清所有重要的干擾因素？	X (未排除吸菸者)	✓ (除文末討論有敘述出本文限制地方外，亦在排除重要的干擾因素，及風險模式評估中控制干擾因素)	? (未排除吸菸者，但在模式中控制吸菸變項)	X (未排除吸菸者)	X (未排除吸菸者)
(b) 研究者在研究設計和/或分析時是否考量干擾因素？	✓ (控制干擾因素：1)人口社會學：年齡、性別、抽菸、飲酒、人口密度、經濟活動人口；2)相關生理因素：血紅蛋白)	✓ (控制干擾因素：1)人口社會學：年齡、性別；2)相關生理因素：血液、營養學、炎症、生化)	✓ (控制干擾因素：1)人口社會學：年齡、性別、是否吸菸、喝酒、BMI；2)相關生理因素：血清肌酸酐，糖尿病、高血壓、心血管疾病)	X (未考量疾病嚴重性之血液相關數據因素)	✓ (控制干擾因素：1)人口社會學：年齡、性別、BMI；2)相關生理因素：血液學數據)
6. (a) 研究對象的追蹤夠完整？	✓ (追蹤完整)	✓如左	✓如左	✓如左	✓ (有說明流失原因)
(b) 研究對象的追蹤時間夠久？	✓ (追蹤7年)	X (追蹤2年)	✓ (追蹤13年)	✓ (追蹤7年)	X (追蹤2年)
7. 研究的結果為何？	✓ (ESRD患者死亡危險增加)	✓ (PD病人死亡率增加)	✓ (KFRT發生率增加)	✓ (洗腎病人死亡率增加)	✓ (洗腎病人死亡危險增加)
8. 研究結果有多精確？	✓	? (部分數值95%信賴區間過寬，樣本數不多，n = 160)	✓	✓	? (部分數值95%信賴區間過寬，樣本數不多，n = 256)
9. 你相信這個研究結果嗎？	✓	✓	✓	✓	✓
10. 研究結果是否可以應用在本地族群？	✓	✓	✓	✓	✓
11. 這個研究結果與其他現有的證據相符合？	✓	✓	? (PM _{2.5} 與全因死亡率無明顯關聯，但與KFRT風險呈正相關)	✓	✓
12. 本研究在應用上的意義為何？	✓ (PM ₁₀ 、NO ₂ 、SO ₂ 對ESRD病人死亡危險的影響)	✓ (NO ₂ 對PD病人死亡率的影響)	✓ (PM _{2.5} 對CKD病人全因死亡率及KFRT的發生率的影響)	✓ (PM _{2.5} 對65歲以上病人全因及特定原因死亡率的影響)	✓ (空氣品質及生活環境對老年洗腎病人死亡危險的影響)
合計	✓ = 11; X = 0; ? = 0	✓ = 10; X = 1; ? = 1	✓ = 10; X = 0; ? = 2	✓ = 10; X = 2; ? = 0	✓ = 10; X = 2; ? = 1
二、Oxford CEBM證據等級					
證據等級	Level 3	Level 3	Level 3	Level 3	Level 3
✓=符合，X=不符合，?=不清楚					

Note: ESRD: End Stage Renal Disease, 末期腎臟病；PD: Peritoneal Dialysis, 腹膜透析；eGFR: Estimated Glomerular Filtration Rate, 腎絲球過濾率；CMS: Centers for Medicare & Medicaid Services；KFRT: Kidney failure with replacement therapy, 維持性血液透析、腹膜透析或腎移植等替代療法；Crownweb: Consolidated Renal Operations in a Web-Enabled Network；NASA: National Aeronautics and Space Administration, 美國國家航空航天局；KFRT: defined as initiation of maintenance hemodialysis, peritoneal dialysis, or kidney transplantation, 腎衰竭替代治療；CKD: Chronic Kidney Disease, 慢性腎臟病。

表二 大氣污染對洗腎病人的死亡率及相關研究比較

作者/國家/ 研究設計	參與對象	研究設計 /成效變項	空氣污染 監測方法	空氣污染暴露時間 (暴露濃度)	研究結果
Jung 2020 [14], 韓國	31間醫院/5,041名中老年洗腎病人 (60.48±13.52) ➢排除條件：2008年前納入的病人	世代研究 /死亡率	1. 274個大氣監 測站測量之 PM ₁₀ 、NO ₂ 和 SO ₂ 濃度 2. 在往3公里、 5公里和10公 里範圍內的監 測站測量的空 氣污染物平均 值	1. PM ₁₀ 暴露7年 (50.38±5.29~ 55.22±5.28 μg/m ³) 2. NO ₂ 暴露7年 (27.09±6.66~ 28.13±6.89 ppb) 3. SO ₂ 暴露7年 (5.21±0.97~5.60±0.88 ppb)	1. 4.18 (±1.77) 年的追蹤期間，1,475例死亡 (29.2%) 2. 死亡風險： ➢ PM ₁₀ 1-3年的暴露量與死亡率無顯著相關； 長期接觸(四年到七年) PM ₁₀ 則增加15% ~33%死亡率 ➢ NO ₂ 暴露一年 (HR 1.33, CI 1.05-1.69) ； 七年暴露 (HR 1.45, CI 1.09-1.94) ➢ SO ₂ 每1年 ↑0.5-ppb, ↑死亡風險 (HR 1.07, CI 1.03, 1.11) ；7年 ↑0.38-ppb, ↑死亡風 險 (HR 1.04, CI 1.01-1.07) ➢ PM ₁₀ & NO ₂ 對ESRD患者死亡率的影響呈非 線性趨勢 ➢ PM ₁₀ 暴露6年 (HR 1.26, CI 1.07-1.47) 、 NO ₂ 暴露7年 (HR 1.32, CI 1.00-1.75) 和 SO ₂ 暴露2年 (HR 1.08, CI 1.03-1.13) 死亡 風險最高
Lin 2015 [17], 台灣	160名中年PD病人 (50.45±10.51) ➢納入條件：CAPD洗腎或至少APD 洗腎4個月並在醫院定期洗腎2年。 ➢排除條件：研究前3個月內出現透 析相關腹膜炎、開放性感染、抽菸	回溯性觀察型 研究 /死亡率	1. 大氣監測站數 據 (PM ₁₀ 、 PM _{2.5} 、SO ₂ 和 NO ₂)	1. PM ₁₀ 暴露2年49.25 (44.9-56.2) mg/m ³ 2. PM _{2.5} 暴露2年 29.6 (26.4-29.8) mg/m ³ 3. SO ₂ 暴露2年 5.2 (3.9-5.8) ppb 4. NO ₂ 暴露2年20.1 (16.4-21.2) ppb	1. 高暴露NO ₂ 之PD病人2年死亡率>低暴露 者群高暴露 (NO ₂ ≥20.1 ppb)為高暴露， <20.1ppb為低暴露) 2. 低暴露NO ₂ ➢ 14名患者 (8.8%) 2年內死亡 ➢ NO ₂ 高暴露量是接受PD之非吸菸病人2年死 亡率的重要預測因素 3. 死亡風險相關因素：年齡、WBC、 nPNA、高心肺比率、高NO ₂ 濃度 4. PM ₁₀ 與PM _{2.5} 與死亡率無關
Lin 2020 [18], 台灣	26,628名CKD病人 ➢納入條件：20至90歲 ➢排除條件： 1. 年齡不符合 2. 2005年以前的病人登入日期不合理 3. 無PM _{2.5} 數據 4. 1年內死亡 5. 腎功能測量少於2次	前瞻性世代研 究 1. 全因死亡 率； 2. KFRT*發生 率	1. 大氣監測站一 年空氣污染暴 露數據 ➢ PM _{2.5} 暴露量： 個人居住地址 衛星時空模型 評估。	1. PM _{2.5} 暴露1年 (低： 32.08-36.26、中： 36.27-39.86、高： ≥39.87)	1. 2003-2015追蹤期間1,653名死亡，941名發 生KFRT* 2. 控制年齡、性別、BMI、吸菸、飲酒、糖 尿病、高血壓和CVD等危險因素後發現， PM _{2.5} 與全因死亡率無關 3. KFRT*風險與PM _{2.5} 有dose-response關係 4. 控制以上變數後，↑PM _{2.5} 7.8 μg/m ³ ，KFRT 的調整HR為1.19 (95% CI: 1.08-1.31)。

表二 大氣污染對洗腎病人的死亡率及相關研究比較 (續)

作者/國家/研究設計	參與對象	研究設計/成效變項	空氣污染監測方法	空氣污染暴露時間 (暴露濃度)	研究結果
Feng 2021 [19], 美國	384,276名老年洗腎病人 > 納入條件: 2010/01/01~2016/12/31 期間透析 (HD或PD) > 排除條件: 1. 器官移植 2. 郵政編碼缺失不明 3. 無空氣污染數據 4. 缺SES、年齡、性別、種族、BMI、吸煙狀況、腎病紀錄、合併症等資料	前瞻性世代研究 1. 死亡率 2. 死亡風險因素 (含低於聯邦貧困線2倍、教育、家庭收入、房租、種族、人口密度、城市化程度)	# NASA社會經濟數據 & SEDAC 中心之PM _{2.5} 資料	1. PM _{2.5} 暴露7年 (PM _{2.5} 中位數: 5.77-11.17 μg/m ³) 2. PM _{2.5} 暴露2年 (PM ₁₀ 中位數49.1 μg/m ³ , 44.9-56.2 mg/m ³)	1. 2010~2016追蹤期間84,109 (34%) 死於心血管疾病, 94,923 (38%) 死於其他原因和69,093 (28%) 死因不明 2. 死亡風險相關因素 > 年齡較大者 (Aged > 75 yrs), PM _{2.5} > 12 μg/m ³ , 每增加10 μg/m ³ 死亡風險↑1.16倍 (95% CI: 1.08-1.25) > PM _{2.5} 與死亡風險之間顯著關聯; ■ 遠西部地區 (PM _{2.5} 中位數= 10.22 μg/m ³), 其中PM _{2.5} 每增加10 μg/m ³ 死亡風險↑1.06 (95% CI: 1.01-1.11) ■ 五大湖地區每↑10 μg/m ³ 死亡率↑ (HR = 1.08, 95% CI: 1.00-1.16) > 老年女性患者、黑人或糖尿病導致的腎功能衰竭死亡風險最容易受到高濃度PM _{2.5} 的健康影響
Huang 2013 [16], 台灣	256名老年洗腎病人 > 納入條件: ≥65歲 > 排除條件: 1. 惡性腫瘤 2. 活動性傳染病 3. HD治療 < 6個月 4. 住院或接受手術 5. 腎移植	前瞻性世代研究 1. 死亡率 2. 死亡風險因素 (含血液數值、PM _{2.5} 、CO、PM ₁₀)	1. 環境保護署數據 2. 14個分佈台北盆地之大氣監測站、10個分佈周圍監測站網絡	1. PM ₁₀ 暴露2年 (PM ₁₀ 中位數49.1 μg/m ³ , 44.9-56.2 mg/m ³) 2. PM _{2.5} 暴露2年 (PM _{2.5} 中位數29.6 μg/m ³ , 26.4-29.8 mg/m ³)	1. 68名 (26.5%) 2年內死亡 2. 感染 (50%) 和心血管疾病 (44.1%) 是2年死亡率的主要原因 3. 死亡風險因素: 控制相關因素後, PM _{2.5} (HR: 2.0, 95% CI: 1.03-3.91) 女性 (HR: 95% CI: 2.77 (1.07-7.19))

Note: CAPD (continuous ambulatory PD, 持續性非臥床腹膜透析); APD (automated PD, 家居機器輔助腹膜透析)

* KFRT: Kidney failure with replacement therapy, 維持性血液透析、腹膜透析或腎移植等替代療法)

分析主要暴露是透過郵政編碼級別的年度PM_{2.5}濃度, 使用NASA應用中心 (SEDAC) 全球年度PM_{2.5}網絡以0.01°網絡化環境空氣污染數據, 使用NASA分辨率成像光譜儀、多角度成像光譜儀和海景寬視場具有地理加權回歸的視野傳感器氣溶膠光學深度計算。

0.05顯著水準的研究篇數，N代表研究中未達0.05顯著水準的研究篇數），而tolerance level計算公式=5K+10篇（K代表研究總篇數）[24]。根據上述計算方式，研究顯示(1) NO₂和死亡相關的失安全數為38（19*2-0=38），tolerance level=20（5*2+10=20），失安全數大於tolerance level；(2) SO₂和死亡相關之失安全數為18（19*1-1=18），tolerance level=20（5*2+10=20），tolerance level小於失安全數；(3) PM_{2.5}和死亡相關之失安全數為36（19*2-2=36），tolerance level=30（5*4+10=30），失安全數大於tolerance level；而(4) PM₁₀和死亡相關之失安全數為17（19*1-2=17），tolerance level=25（5*3+10=25），失安全數小於tolerance level，因此總結NO₂及PM_{2.5}之死亡相關的結果不受出版偏差的影響，而SO₂及PM₁₀則可能有出版偏差的問題。

結 果

一、研究對象與屬性

5篇文獻皆使用環保測站及醫院資料獲取空氣污染數據及研究對象的相關資料。研究對象皆為接受洗腎的病人，共納入396,361人，其中2篇只收65歲以上洗腎患者[14,18]。3篇皆排除感染及合併症患者[16,17,19]，其他納入與排除條件詳見表二。

使用CASP-Cohort study工具評讀文獻，結果發現一篇文獻除未能考量重要干擾因素外，皆能清楚明確指出CASP-Cohort study的所有項目[14]；但Lin等人[17]和Huang等人[16]的追蹤時間只有2年，時間不夠久可能無法顯示長期暴露的影響；另因部分研究結果數值呈現95%信賴區間（confidence interval, CI）過寬，且樣本數少，可能因此不夠精確，或未能考量及排除重要干擾因素，故此些研究只符合10項評讀標準[16,17]。此外此5篇之研究設計皆為地區或區域性非隨機樣本調查或非隨機臨床對照的世代研究，依據Oxford CEBM建議等級評分皆為證據等級III，詳情請見表一。

二、研究設計與方法

5篇皆為觀察型世代研究，4篇文獻為前瞻性，1篇為回溯性，追蹤不同時間的空氣污染物和洗腎患者之健康相關。5篇研究中有2篇追蹤2年[16,17]、2篇追蹤7年[14,19]、及1篇追蹤13年[18]；但研究分組略有不同：Lin等人[17]根據NO₂暴露量分成高暴露組與低暴露組。Huang等人[16]則根據居住地區分成盆地組與盆地周圍組。空氣污染曝露量監測方法大多是擷取測站資料，但仍有些微不同，詳見表二。

5篇測量工具及相關著重項目亦有所不同，Jung等人[14]採用國家環境研究所數據庫274個大氣監測網絡監測每小時PM₁₀、NO₂和SO₂濃度，並根據在住所3公里、5公里和10公里範圍內的監測站空氣污染物的平均值為研究對象之空氣污染平均值，並隨機訪談個案了解社會支持及家庭支持程度和工作婚姻狀態；Feng等人[19]使用居住地郵政編碼和第一次透析年份與PM_{2.5}數據連結，並評估死亡風險及人口學相關因素；Lin等人[18]則收集前一年PM_{2.5}空氣污染數據；而Huang等人[16]使用環境保護署數據評估PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂和NO₂和CO濃度，並收集血液資料。其中三個研究者重在研究對象死亡風險之健康相關[16-18]，而另兩個研究強調人口及社會因素對死亡風險之相關[14,19]，詳細情形請見表二研究結果。

三、空氣品質和洗腎病人的健康相關

5篇測量結果皆有探討CKD及洗腎患者空氣污染暴露量與死亡的相關性，其中NO₂和死亡的相關，Jung等人發現長期暴露於NO₂一年死亡危險為1.33倍（95% CI: 1.05-1.69），NO₂暴露1年與7年死亡相關呈現非線性趨勢（HR: 1.33, 95% CI: 1.05-1.69; HR 1.32, 95% CI: 1.00-1.75）。男性死亡危害大於女性（HR: 1.48, 95% CI: 1.11-2.01）；而Lin等人[17]依據2年病人居住區域的NO₂暴露量分成高暴露組（NO₂≥20.1ppb）與低暴露組（NO₂<20.1ppb），發現長期暴露於NO₂的高暴露組病人2年死亡危險大於

討 論

低暴露組，兩者差異3.78倍（95% CI: 1.14-12.5）。

SO₂和死亡的相關：Jung等人[14]發現SO₂每一年增加0.5 ppm，死亡危險增加1.07倍（95% CI: 1.03-1.11）、七年增加0.38 ppm，死亡危險則增加1.04倍（95% CI: 1.01-1.07）；暴露兩年死亡風險最高（HR: 1.08，95% CI: 1.03-1.13）。女性死亡危害大於男性（HR: 1.08，95% CI: 1.03-1.14）。Lin等人[17]發現SO₂與死亡危險無關。

PM_{2.5}和死亡的相關：Lin等人[18]發現PM_{2.5}與CKD死亡無顯著相關；但Feng等人[19]則發現有顯著相關。其調整合併症相關因素後發現PM_{2.5}每增加10 μg/m³洗腎病人死亡危害顯著提升為1.14倍（HR: 1.14，95% CI: 1.07-1.22）；他同時也發現調整健康相關因素後發現PM_{2.5}大於12 μg/m³地區的死亡危害顯著增加0.15倍（HR: 1.15，95% CI: 1.07-1.23），調整人口統計、郵政碼別之社經地位（socioeconomic status, SES）後發現PM_{2.5}每增加10 μg/m³在濃度較高地區死亡顯著增加為1.23倍（HR: 1.23，95% CI: 1.07-1.22），在濃度較低地區死亡增加0.05倍（HR: 1.05，95% CI: 1.02-1.07）。但年齡大於75歲每增加10μg/m³，死亡增加0.04倍（HR: 1.04，95% CI: 1.00-1.07）。

Lin等人[17]發現白蛋白與冠狀動脈疾病共病症與兩年死亡危險無顯著相關；但Huang等人[16]發現白蛋白（OR: 0.30，95% CI: 0.16-0.59，p<0.001）與冠狀動脈疾病共病症（OR: 3.07，95% CI: 1.21-7.74，p=0.019）與兩年死亡有顯著相關。Huang等人[16]發現盆地組（台北市）2年心血管死亡高於周圍盆地組（新北市）（OR: 2.29 95%CI:1.03-5.06，p=0.044），盆地組2年感染死亡並不高於周圍盆地組（OR: 2.13，95%CI:1.0-4.55，p=0.056），根據2014年空氣品質監測報告指出台北市（盆地組）與新北市（盆地周圍組）相比，盆地PM₁₀濃度雖高於周圍盆地，但相差不大（45.3 μg/m³ vs 43.1 μg/m³）[25]，以上研究結果均顯示長期暴露於大氣空氣品質可能增加洗腎病人的死亡危險，詳情請見表二研究結果。

本研究透過系統性文獻回顧，探討大氣中空氣品質和洗腎病人死亡危險的相關性，結果顯示長期暴露於SO₂易增加洗腎病人的死亡危險[14]，但另1篇研究則發現統計上未達顯著差異[17]，因此日後需要更多研究針對此議題再加以證實。NO₂[14,17]則發現會增加洗腎病人的死亡危險，但其對ESRD患者的死亡相關性呈現非線性趨勢[14]。在PM_{2.5}部分，Feng等人發現PM_{2.5}在調整合併症相關因素、人口統計和以郵政碼區別社經地位後，依地區區分後與洗腎病人死亡均達顯著相關[19]，但是Lin等人[18]的結果卻呈現相反數據。Lin等人[18]是根據收案日期前1年期間每位個案居住地址的平均每日PM_{2.5}暴露濃度當作其暴露量，不似Feng等人[19]是追蹤七年的資料，使用居住郵政編碼和第一次透析年份與PM_{2.5}數據相聯，並考量空氣污染於不同時間段的變化，此外2個研究的收案年齡也不同（中位數年齡為67.8歲 vs. 74.0歲）；另Feng等人[19]的模型考量較完整，除考慮人口統計和郵政編碼級別的因素外，也相對考量健康相關因素，因此是否因年齡、空氣污染暴露計算方式、追蹤年代及調整死亡相關因素的不同導致此兩者的研究結果截然不同？有待日後研究再加以確認。

另外，Huang等人研究發現白蛋白與冠狀動脈疾病共病症與2年死亡危險有顯著相關[16]，但Lin等人[17]卻呈現無顯著相關。Huang等人[16]使用2009年至2011年台灣行政院環保署的空氣品質監測報告，針對HD老年病人分析，平均年齡為72.6±5.6歲，且納入吸菸患者；而Lin等人使用環境保護署過去1年的數據，針對PD病人分析，平均年齡為50.4±10.5歲，排除吸菸患者；且2篇追蹤年代不同，因此暴露濃度不同，Huang等人[16]的研究追蹤年為2009至2011年，Lin[17]的研究追蹤年為2014年，根據環保署資料顯示2005年至2014年空氣污染物（PM、NO₂、SO₂、CO）呈現逐年下降趨勢，也就是2009-2011年空氣污染較2014年嚴重[22]。另外美國心臟協會（American

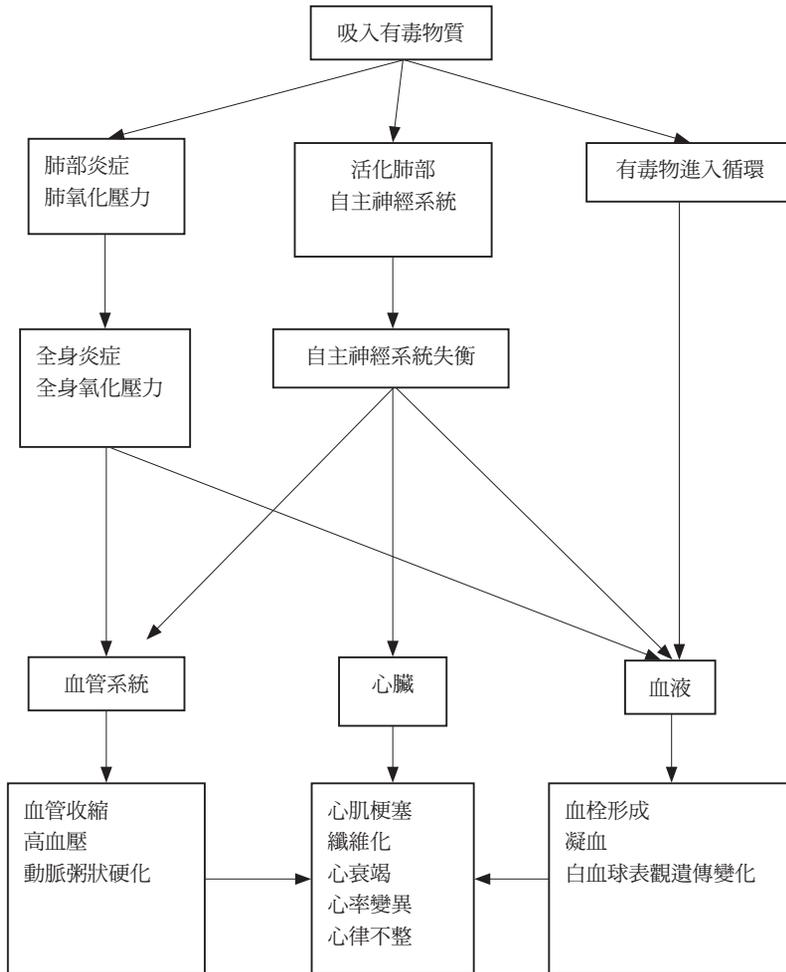
Heart Association, AHA) 指出吸菸會增加動脈血管脂肪物質沉積、血壓升高、動脈血管狹窄及動脈粥樣硬化的風險[26]；動脈粥樣硬化與慢性炎症反應的關係已得到證實，且有人認為血清白蛋白濃度下降可能是血管反應指標，由於吸菸會加重動脈粥樣硬化，因此推測血清白蛋白濃度下降的吸菸者有血管炎症的嚴重反應[27-30]。而Huang等人[16]的研究並未排除吸菸患者；此外年齡也會影響免疫力，但因以上兩個研究均已控制年齡，故造成此不同結果是否可能因PM_{2.5}暴露濃度及納入吸菸者的不同，進而導致研究結果出現差異？此外Lin等人[17]的多變量統計分析似乎考量較為完整，如：納入WBC數值、控制相關疾病、納入空氣污染數據、控制相關檢驗數值、及排除吸菸患者，因此Lin[17]的研究結果是否可能較為準確？未來研究可針對此議題再次檢驗與討論。

另外有3篇探討長期暴露於空氣污染物與腎功能或ESRD關係的研究，發現他們之間存在顯著關聯：Bowe等人納入2,482,737名美國退伍軍人的世代研究（追蹤年數中位數；8.52年），使用COX模型評估PM_{2.5}濃度與eGFR <60 ml/min/1.73 m²、CKD風險、eGFR下降≥30%和ESRD風險之間的關聯。結果發現PM_{2.5}濃度每增10 μg/m³，與eGFR <60 ml/min/1.73 m²，CKD，eGFR下降≥30%和ESRD都有顯著相關。而趨勢分析也顯示PM_{2.5}濃度與CKD與ESRD風險之間存在線性關係[11]。Yang等人納入21,656名的新北市成年人，探討暴露一年的PM₁₀及PM_{2.5}與eGFR的關係，結果發現PM₁₀（5.83 μg/m³）IQR增加與eGFR呈負相關，與CKD患病率呈正相關；PM₁₀（6.59 μg/m³）IQR增加與較低的eGFR-1.07 mL/min/1.73 m²與CKD呈現顯著相關，但與PM_{2.5}無顯著相關；分層分析顯示CKD與PM₁₀的關聯限於<65歲的參與者或女性，或體重正常者；而高血壓相較其他疾病者關聯更強[31]。上述結果顯示大氣空氣品質及環境對洗腎病人的重要性，但也說明PM是否與洗腎病人死亡危險CKD或KFRT（Kidney failure with replacement therapy，腎臟替代療法）發生危險有關，與

其暴露濃度與長期或短期暴露的時間有關，呼應Afsar等學者提及空氣污染和腎臟的損害、疾病狀態和機制有關，嚴重程度則與暴露濃度與時間有關[11,32]。

此外，目前針對空氣品質和腎臟透析病人健康相關性之實證研究並不多，大部分是針對心肺及其他系統的疾病，針對慢性腎臟疾病甚少。雖有證據表明空氣污染對腎臟有所傷害，但對腎臟疾病的確切機轉尚未明確證實。Chin等人提出三個不同的路徑假設解釋PM_{2.5}與心血管的關係，這可能也與腎臟危害有關。第一個路徑假設提出PM吸入肺部後會間接導致全身炎症反應；第二個路徑則認為該機制會使污染物引起肺及全身自主神經系統紊亂；第三個路徑則是空氣中的顆粒物進入血流，之後可能與組織相互作用，促進病理反應所致[12]，詳細內容請見圖二。近期也有相關動物實驗發現，暴露於PM會導致腎臟血流動力學紊亂，促進腎組織中的氧化壓力、炎症反應和DNA損傷，而加劇急性腎臟傷害[33]。另外也有實驗和臨床研究的證據表明，相對大量的PM_{2.5}暴露會增加動脈粥樣硬化的斑塊面積，去氧腎上腺素和血清素造成的的血管收縮反應[34]，以及代謝紊亂[35]，進而加劇腎功能的下降[11,32,36,37]。

本系統性文獻回顧搜尋5個重要資料庫及碩博士論文，但僅發現5篇文獻符合主題與成果變項，且因研究工具、測量項目、及追蹤時間不盡相同，故無法進一步進行統合分析，為本文之研究限制。雖然只有納入5篇研究，但計算發表偏差，結果顯示NO₂、PM_{2.5}的失安全數皆大於tolerance level，因此相關結果應該不會受到出版偏差的影響。另外目前大部分的研究為針對室外空氣品質和洗腎病人健康的相關，並沒有研究探討室內空氣品質的影響，因此，建議未來應持續進行大樣本、長時間、嚴謹度高的病例對照試驗或世代研究，並統整戶外及室內空氣品質資料（如監測研究對象洗腎室空氣品質數據），以便日後可以提供嚴謹與切合實際的數據，以供日後臨床應用之實證基礎。此外因NO₂、CO及PM_{2.5}也可能造成尿毒症癢癢



圖二 PM_{2.5}影響心血管健康之可能關係圖[12]

等相關症狀[38,39]，日後研究也可針對此議題加以探討與剖析。還有抽菸會造成空氣污染及參與者健康的直接影響，但某些研究並未摒除抽菸病人，因此結果可能會有所影響；建議日後相關研究宜排除抽菸患者或加以控制，以增加研究之嚴謹度。此外，本研究所引用的五個研究著重於空氣污染的相關，並未考慮氣候的相關性，尤其是氣溫，而有文獻顯示氣溫是重要的死亡危險相關因子[40]。

結論與建議

本系統性文獻回顧發現，長期暴露於

大氣高濃度NO₂（2年以上）、PM_{2.5}（7年以上）可能和洗腎病人的死亡危險具有相關性；而SO₂與PM₁₀因只搜尋到2篇及3篇研究，且都有發表偏差問題，可能需要日後更多研究針對此議題再加以探討證實。目前台灣洗腎人數眾多，且空氣污染問題嚴重，二者的相關應慎重探討。而如何預防及減少產生以上空氣污染物、是防護洗腎病人死亡的重要議題之一。此外，目前的研究多為室外空氣品質和洗腎病人健康的相關，尚無針對室內空氣品質進行探討，因此日後也須針對室內及洗腎室做更進一步的臨床實證研究，進而更全面了解空氣品質對洗腎病人健康的

影響，並提出相關的預防措施，以判別空污和洗腎病人健康的相關性。

參考文獻

1. WHO. Ambient (outdoor) air pollution. Available at: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health). Accessed October 19, 2021.
2. WHO. Health effects of particulate matter. Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia. Available at: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf. Accessed October 20, 2021.
3. 行政院環境保護署：中華民國空氣品質監測報告109年年報。台北：行政院環境保護署，2020。Environmental Protection Administration, Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan). Air Quality Annual Report of R.O.C (Taiwan), 2020. Taipei: Environmental Protection Administration, Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan), 2020. [In Chinese: English abstract]
4. 梁喬凱、蔡孟裕：中國武漢肺炎疫情期間台灣秋冬季節空氣品質改善情形之研析。 <https://www.cienve.org.tw>。引用2022/05/06。Liang CK, Tsai MY. Improvement of autumn and winter air quality in Taiwan during the COVID-19 pandemic in Taiwan. Available at: <https://www.cienve.org.tw>. Accessed May 6, 2022. [In Chinese]
5. Hwang SL, Guo SE, Chi MC, et al. Association between atmospheric fine particulate matter and hospital admissions for chronic obstructive pulmonary disease in southwestern Taiwan: a population-based study. *Int J Environ Res Public Health* 2016;**13**:366. doi:10.3390/ijerph13040366.
6. WHO. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>. Accessed October 20, 2021.
7. WHO. WHO ambient air quality database: 2022 update status report. Available at: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/air-pollution-documents/air-quality-and-health/who-air-quality-database-2022---v7.pdf?sfvrsn=c6d52e7b_7&download=true. Accessed October 20, 2021.
8. 許超群編：空氣污染與肺部健康。台北：臻呈文化，2019。Sheu CC ed. Air Pollution and Lung Health. Taipei: Crossroad, 2019. [In Chinese]
9. 胡至沛、鄭仁雄：居家環境室內空氣品質認知與管理策略之探討。物業管理學報 2020；**11**：1-13。Hu CP, Cheng JH. The study of the cognition and management strategies of the indoor air quality in the living places. *J Property Manag* 2020;**11**:1-13. [In Chinese: English abstract]
10. Wille SM, Lambert WE. Volatile substance abuse -- post-mortem diagnosis. *Forensic Sci Int* 2004;**142**:135-56. doi:10.1016/j.forsciint.2004.02.015.
11. Bowe B, Xie Y, Li T, Yan Y, Xian H, Al-Aly Z. Particulate matter air pollution and the risk of incident CKD and progression to ESRD. *J Am Soc Nephrol* 2018;**29**:218-30. doi:10.1681/ASN.2017030253.
12. Chin MT. Basic mechanisms for adverse cardiovascular events associated with air pollution. *Heart* 2015;**101**:253-6. doi:10.1136/heartjnl-2014-306379.
13. Bowe B, Artimovich E, Xie Y, Yan Y, Cai M, Al-Aly Z. The global and national burden of chronic kidney disease attributable to ambient fine particulate matter air pollution: a modelling study. *BMJ Glob Health* 2020;**5**:e002063. doi:10.1136/bmjgh-2019-002063.
14. Jung J, Park JY, Kim YC, et al. Long-term effects of air pollutants on mortality risk in patients with end-stage renal disease. *Int J Environ Res Public Health* 2020;**17**:546. doi:10.3390/ijerph17020546.
15. 台灣腎臟學會：2020台灣腎病年報。 <https://lib.nhri.edu.tw/NewWeb/nhri/ebook/39000000465141/>。引用2021/09/20。Taiwan Society of Nephrology. Kidney disease in Taiwan, annual report 2020. Available at: <https://lib.nhri.edu.tw/NewWeb/nhri/ebook/39000000465141/>. Accessed September 20, 2021. [In Chinese]
16. Huang WH, Lin JL, Lin-Tan DT, Chen KH, Hsu CW, Yen TH. Impact of living environment on 2-year mortality in elderly maintenance hemodialysis patients. *PLoS One* 2013;**8**:e74358. doi:10.1371/journal.pone.0074358.
17. Lin JH, Yen TH, Weng CH, Huang WH. Environmental NO₂ level is associated with 2-year mortality in patients undergoing peritoneal dialysis. *Medicine (Baltimore)* 2015;**94**:e368. doi:10.1097/MD.0000000000000368.
18. Lin YT, Lo YC, Chiang HY, et al. Particulate air pollution and progression to kidney failure with replacement therapy: an advanced CKD registry-based cohort study in Taiwan. *Am J Kidney Dis* 2020;**76**:645-57. doi:10.1053/j.ajkd.2020.02.447.
19. Feng Y, Jones MR, Chu NM, Segev DL, McAdams-Demarco MA. Ambient air pollution and mortality among older patients initiating maintenance

- dialysis. *Am J Nephrol* 2021;**52**:217-27. doi:10.1159/000514233.
20. Critical Appraisal Skills Programme. CASP cohort study checklist. Available at: https://casp-uk.b-cdn.net/wp-content/uploads/2018/03/CASP-Qualitative-Checklist-2018_fillable_form.pdf. Accessed June 28, 2022.
 21. OCEBM (Oxford Centre for Evidence-Based Medicine) Levels of Evidence Working Group. The Oxford 2011 levels of evidence. Available at: <http://www.cebm.net/index.aspx?o=5653>. Accessed June 28, 2022.
 22. Nair AS. Publication bias -- importance of studies with negative results! *Indian J Anaesth* 2019;**63**:505-7. doi:10.4103/ija.IJA_142_19.
 23. Sterne JA, Gavaghan D, Egger M. Publication and related bias in meta-analysis: power of statistical tests and prevalence in the literature. *J Clin Epidemiol* 2000;**53**:1119-29. doi:10.1016/s0895-4356(00)00242-0.
 24. Rosenthal R. The file drawer problem and tolerance for null results. *Psychol Bull* 1979;**86**:638-41. doi:10.1037/0033-2909.86.3.638.
 25. 行政院環保署：中華民國空氣品質監測報告103年年報。台北：行政院環境保護署，2014；107-8。Environmental Protection Administration, Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan). Air Quality Annual Report of R.O.C(Taiwan), 2014. Taipei: Environmental Protection Administration, Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan), 2014; 107-8. [In Chinese: English abstract]
 26. American Heart Association. How smoking and nicotine damage your body. Available at: <https://www.heart.org/en/healthy-living/healthy-lifestyle/quit-smoking-tobacco/how-smoking-and-nicotine-damage-your-body>. Accessed November 15, 2021.
 27. Gillum RF. Assessment of serum albumin concentration as a risk factor for stroke and coronary disease in African Americans and whites. *J Natl Med Assoc* 2000;**92**:3-9. doi:10.1016/S0027-9684(19)30201-9.
 28. Danesh J, Muir J, Wong YK, Ward M, Gallimore JR, Pepys MB. Risk factors for coronary heart disease and acute-phase proteins. A population-based study. *Eur Heart J* 1999;**20**:954-9. doi:10.1053/euhj.1998.1309.
 29. Nelson JJ, Liao D, Sharrett AR, et al. Serum albumin level as a predictor of incident coronary heart disease the atherosclerosis risk in communities (ARIC) study. *Am J Epidemiol* 2000;**151**:468-77. doi:10.1093/oxfordjournals.aje.a010232.
 30. Ross R. Atherosclerosis -- an inflammatory disease. *N Engl J Med* 1999;**340**:115-26. doi:10.1056/NEJM199901143400207.
 31. Yang YR, Chen YM, Chen SY, Chan CC. Associations between long-term particulate matter exposure and adult renal function in the Taipei metropolis. *Environ Health Perspect* 2017;**125**:602-7. doi:10.1289/EHP302.
 32. Afsar B, Elsurer Afsar R, Kanbay A, Covic A, Ortiz A, Kanbay M. Air pollution and kidney disease: review of current evidence. *Clin Kidney J* 2019;**12**:19-32. doi:10.1093/ckj/sfy111.
 33. van Donkelaar A, Martin RV, Brauer M, Boys BL. Use of satellite observations for long-term exposure assessment of global concentrations of fine particulate matter. *Environ Health Perspect* 2015;**123**:135-43. doi:10.1289/ehp.1408646.
 34. Sun Q, Wang A, Jin X, et al. Long-term air pollution exposure and acceleration of atherosclerosis and vascular inflammation in an animal model. *JAMA* 2005;**294**:3003-10. doi:10.1001/jama.294.23.3003.
 35. Wolf K, Popp A, Schneider A, et al. Association between long-term exposure to air pollution and biomarkers related to insulin resistance, subclinical inflammation, and adipokines. *Diabetes* 2016;**65**:3314-26. doi:10.2337/db15-1567.
 36. Lu X, Ye Z, Zheng S, et al. Long-term exposure of fine particulate matter causes hypertension by impaired renal D₁ receptor-mediated sodium excretion via upregulation of G-protein-coupled receptor kinase type 4 expression in Sprague-Dawley rats. *J Am Heart Assoc* 2018;**7**:e007185. doi:10.1161/JAHA.117.007185.
 37. Bowe B, Xie Y, Li T, Yan Y, Xian H, Al-Aly Z. Associations of ambient coarse particulate matter, nitrogen dioxide, and carbon monoxide with the risk of kidney disease: a cohort study. *Lancet Planet Health* 2017;**1**:e267-76. doi:10.1016/S2542-5196(17)30117-1.
 38. Huang WH, Lin JH, Weng CH, Hsu CW, Yen TH. Environmental NO₂ and CO exposure: ignored factors associated with uremic pruritus in patients undergoing hemodialysis. *Sci Rep* 2016;**6**:31168. doi:10.1038/srep31168.
 39. Liu MH, Chan MJ, Hsu CW, Weng CH, Yen TH, Huang WH. Association of uremic pruritus in hemodialysis patients with the number of days of high mean 24-hour particulate matter with a diameter of < 2.5 μm. *Ther Clin Risk Manag* 2017;**13**:255-62. doi:10.2147/TCRM.S129133.
 40. Zafirah Y, Lin YK, Andhikaputra G, Sung FC, Deng LW, Wang YC. Mortality and morbidity of chronic kidney disease associated with ambient environment in metropolitans in Taiwan. *Atmos Environ* 2022;**289**:119317. doi:10.1016/j.atmosenv.2022.119317.

Association between ambient air quality and the mortality risk of dialysis patients: a systematic review

YU-HSUAN CHANG^{1,2}, SU-ER GUO^{1,3,4,5,6,*}, TSUI-HUA HSU^{1,3,4}, CHIA-LING LIU^{2,3}

Objectives: Studies have associated the long-term exposure to ambient particulates with mortality from various types of disease, including kidney disease. However, few studies integrating the relationship between ambient air quality and the mortality risk from kidney disease. The objective of this study is to evaluate this association using systematic literature review to provide empirical references for future research. **Methods:** Mesh term and free-text words were used for literature search. Articles were retrieved from electronic databases including PubMed, Cochrane Library, ProQuest, EMBASE, and Airtiti Library. A total of 163 articles published before June 2022 met the search criteria. After screening the abstract, title, and main text of the studies to delete repetitions, we identified five studies eligible for the qualitative synthesis. Each study was appraised using the CASP-Cohort checklist and Oxford CEBM. **Results:** We examined the data in these five studies and found that the hazard ratio of mortality from dialysis ranged 1.33-3.78 for population with long-term exposure to NO₂. A study also found that the elderly patients with dialysis exposing to high levels of PM_{2.5} for 7 years were also at an elevated hazard of deaths. **Conclusions:** These studies showed that long-term exposure to NO₂ and PM_{2.5} might associate with an increased hazard of deaths from dialysis. However, these studies were conducted based on the outdoor air quality. Research based on indoor air quality and experimental study are required to verify the association with the mortality risk. (*Taiwan J Public Health*. 2022;**41**(5):551-563)

Key Words: hemodialysis, air quality, mortality, systematic review, particulate matter

¹ Department of Nursing, Chiayi Branch, Chang Gung University of Science and Technology, Chiayi, Taiwan, R.O.C.

² Thoracic Medicine Ward, Chang Gung Medical Foundation Chiayi Chang Gung Memorial Hospital, Chiayi, Taiwan, R.O.C.

³ Graduate Institute of Nursing, Chiayi Branch, Chang Gung University of Science and Technology, Chiayi, Taiwan, R.O.C.

⁴ Chronic Diseases and Health Promotion Research Center, Chang Gung University of Science and Technology, Chiayi, Taiwan, R.O.C.

⁵ Division of Cerebrovascular Diseases and General Neurology, Chang Gung Medical Foundation Chiayi Chang Gung Memorial Hospital, Chiayi, Taiwan, R.O.C.

⁶ Department of Safety Health and Environmental Engineering, Ming Chi University of Technology, New Taipei City, Taiwan, R.O.C.

* Correspondence author E-mail: seguo@mail.cgust.edu.tw

Received: May 6, 2022 Accepted: Oct 11, 2022

DOI:10.6288/TJPH.202210_41(5).1111038