

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

室內空氣污染物所引發的健康效應流行病學研究(2/2)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC92-2320-B-039-054-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：中國醫藥大學環境醫學研究所

計畫主持人：宋鴻樟

計畫參與人員：呂宗烟；

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 11 月 3 日

壹、前言

近十幾年來，室內空氣品質已成為各國政府和民眾極度關切和亟欲解決的問題之一，其主要原因為室內污染物的自然稀釋能力不若大氣環境高，產生累積效應。此外，自 1973 年發生能源危機後，各國均訂定較低的通風標準以節約能源，故建物的設計漸趨密閉化，不利室內污染物排除，加以生活品質提高導致許多新建材和生活用品大量使用，這些建材和生活用品意外釋出的化學物質均導致室內污染物濃度增高。

然而，一般人每天處於室內環境的時間約佔 80-90% (Yassi 等, 2001)，若室內污染物濃度超過正常人體新陳代謝的速度和承受的能力，即會產生健康相關問題。研究顯示建物特徵和室內空氣品質可能引起頭痛、頭暈、目眩、眼癢、鼻塞、喉痛等粘膜刺激的感受、呼吸困難（例如胸悶、上呼吸道感染增加、氣喘等），以及倦怠、注意力不能集中嘔吐、脾氣暴躁等急性不適症狀，這些症狀通稱為病態建築症候群(Sick building syndrome, SBS) 症狀 (Redlich 等, 1997; Menzies 等, 1997; Teculescu 等, 1998; Seidner, 1999; Mahnoudi 等, 2000; Niven 等, 2000 和 Yassi 等, 2001)。

隨著工商業社會的發展，人們的生活型態逐漸由室外轉向室內，可預見此症狀的發生率可能逐年提高，OSHA 估計全美國有 134 萬棟建築有空氣品質相關問題，且有 21,000,000 工作者（約 30% 的員工）的健康將會有問題。Backman 等 (1999) 的研究亦估計美國 120 萬棟商業大樓有 2500 萬人會有 SBS 症狀，主因為眼睛不舒服的調查結果顯示高達 29%。在紐西蘭和英國的調查發現 40% 的辦公室員工經常有慵懶、鼻塞、喉乾和頭痛的 SBS 症狀 (Phipps 等, 1999)。

國內的 SBS 問題尚未有過大規模的調查，且和環境品質因子之因果關係尚未受肯定，故本研究以大型建築物辦公室的員工為研究對象進行研究，估計 SBS 症狀的盛行狀況，並分析產生 SBS 症狀之各種可能的室內環境品質因子（二氧化碳、一氧化碳、溫度、相對濕度、發霉、總揮發性有機化合物、新裝潢或陳設等）之關係。此外，本研究亦將探討個人氧化傷害情形與 SBS 之相關性。

貳、研究方法

調查對象

為了解辦公大樓內工作族群 SBS 之盛行率，及探討引起 SBS 之各種因素，本研究將以隨機方式選出三十家台北都會區內的民間企業，並於研究計畫書完成後以面訪或 E-mail 計畫書方式徵求有意願參與本研究之企業，排除辦公環境非中央空調之辦公大樓後選為研究對象。故所有研究對象之工作環境均使用風管式 (Fan Coil Unit, FCU) 中央空調、維持室內溫、濕度和通風，其中願意參與此研究並排除不適條件者剩 12 家企業，分別設於不同棟辦公大樓，共計間辦公室，人，均選取進入本研究。

環境監測

監測項目包括通風量、一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO₂)、溫度、相對濕度、總揮發性有機化合物(volatile organic compounds, VOCs)和十三種 VOCs (m-xylene、ethylbenzene、styrene、toluene、1,3,5-trichlorobenzene、1,2,4-trichlorobenzene、p-isopropyltoluene、1,3,5-trimethylbenzene、1,2,3-trimethylbenzene、1,2,4-trimethylbenzene、naphthalene、bromobenzene、n-butylbenzene)。環境測量時儘可能在房間的中央位置執行。

十三種 VOCs 使用標準活性碳管串連低流量馬達(Model LFS 113D C, Gilian, U.S.A)

進行採樣主動式採樣設備採集，採集樣本以氣相層析儀接質譜儀 (GC/MS) 分析並定量濃度；通風量使用風量計 (Model 8373 AccuBalance Plus Air Capture Hood) 直接測量；CO、CO₂、溫、濕度項目使用直讀式儀器 (Q-TRAK IAQ Model 8551, TSI Incorporated, U.S.A) 進行連續偵測；TVOCs 則使用直讀式偵測儀(PGM-7240, RAE SYSTEMS, U.S.A) 進行連續偵測。

本研究於每次使用採樣前，所有儀器均先經過校準，CO₂ 和 TVOCs 使用校準利用零點校準和已知濃度氣體兩點校準方式來實施儀器校準。CO₂ 零點校準是以純氮氣體不含二氧化碳進行，已知濃度氣體校準則是利用 5,000 ppm 的二氧化碳氣體來進行校準，校準時設定氣體進入的流率為和環境採樣時相同流率 0.3 L/min。TVOCs 零點校準是以空氣經過活性炭吸附管後之清淨氣體進行，已知濃度氣體則是使用 50,000 ppb 的 isobutylene 來進行校準，校準時設定氣體進入流率為和環境採樣時相同流率 500 cc/min。

CO、溫度及相對濕度的校準是利用二級校準方式，先將一台同型號之直讀式儀器送回原廠校正，第二台直讀式儀器則以原廠校準後之儀器來進行校準。將兩台直讀式儀器中置於同一溫、濕度環境中，比較量測所得的讀值以校正現場使用儀器之量測讀值。

採樣期間為 2003 年 10 月至 2004 年 7 月，為避免放假前後心情之影響，及週休二日後室內空調狀況可能異於平日和個人生物偵測之代表性，故採樣日均選取星期二至四之間，每次採樣時間為上午八點至下午五點之上班期間，以評估員工上班期間暴露室內空氣污染物之情形。

SBS 調查

於採樣期間請志願參與者填寫室內空氣品質之健康效應研究問卷和自評是否有各項 SBS 症狀之感覺，問卷內容包括可能影響 SBS 症狀發生的個人社經資料、生活習慣、工作場所環境調查、健康情況資料，以及工作滿意度、工作壓力、社會支持度等量表。SBS 症狀自評項目則包括眼睛、上呼吸道、下呼吸道、皮膚等各部位症狀和非特定性症狀。

氧化傷害及菸暴露調查

以生化管收集案例及對照下班前之尿液 20 ml，於 4°C 冰箱暫存並運送至實驗室，保存在 -80°C 冰箱，作為 8-羥基去氧鳥糞嘌呤核苷(8-OHdG)和可丁寧(cotinine)分析用。

8-OHdG 偵測係參考 Yin 等發表之酵素連結免疫吸附分析法 (enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA)，其原理是利用競爭型 ELISA 來偵測 8-OHdG。Cotinine 偵測則參考 Peach 等(1985)和 Barlow 等 (1987) 發表的 barbituric acid assay，以 1/2 等比例減少樣本、標準品和各種添加化合物體積後測量，其原理為利用 König reaction (König 等, 1904)，以氯化氫打開可丁寧的吡啶環 (pyridine ring) 後與巴比妥酸 (barbituric acid) 反應產生橘色的複合物，測量其吸光率後由標準品檢量線計算出可丁寧濃度。

另使用 Jaff method 比色原理，取 0.5 ml 尿液樣本測量尿中肌酸酐含量，以校正尿中 8-OHdG 和 cotinine 濃度。

資料分析

資料建檔後，分別對參與研究者之人口學及社經特色、心理因素、環境因素、菸暴露情形、氧化傷害情形及各部位 SBS 等重要變項進行描述性分析，並探討影響各部位 SBS 及氧化傷害情形之因素。最後，分析氧化傷害情形與各部位 SBS 之相關性。

各變項和 SBS 之相關將依 SBS 之症狀發生部位分別分析，自變項(independent variable)為類別變項時使用 X² test，連續變項使用 Student t-test 來檢定各組之間的差異，並用邏輯斯迴歸分析各影響因子之粗危險比、校正危險比及其 95%信賴區

間。

參、研究結果

一、人口特性分佈、生活習慣、工作滿意度、自覺環境品質及環境偵測之基本描述

人口特性和抽菸習慣：本研究完成問卷共 408 份，其中女性居多，有 325 位(79.7%)；高中以下學歷僅有 13 位(16.7%)，其餘均有大學以上學歷；年齡小於 30 歲和 30-40 歲者居多，分別有 113(27.7%)和 172(42.2%)。多數員工從未抽菸過(80.1%)，有 8.3%的香菸使用者已經戒菸了。尿液中可丁寧平均濃度(標準差)為 3840.9 ng/mL(4142.9)。

工作內容和社會支持：在目前單位平均工作年資為 4.72 年(S.D. = 4.44)，平均每週工作天數為 5.19 天(S.D. = 1.63)，平均每天工作時數為 9.03 小時(S.D. = 5.02)。對於目前工作不滿意和非常不滿意者僅 39 人(9.7%)。最近因個人或家人發生不順利事情而擔心操煩者有 150 人(37.2%)。

環境品質：有約半數人(48.9%)對工作場所的環境品質沒有任何感覺，22.6%的人覺得室內環境品質差。工作環境中牆壁或水管輕微滲水或漏水的比例，有 10.3%，天花板、地板或牆角有黴斑的比例為 7.9%，3.7%的比例曾有淹水或積水現象。62.6%工作場所均鋪設或部分地毯，有 30.4%的辦公室以清潔劑清洗地毯或地板。自評過去一個月內在辦公室常聞到菸味的有 12.8%，常聞到其他令人不愉快味道的有 27.9%。過去一個月內在辦公室常覺得氣流太強的有 17.5%，常覺得氣流太弱的有 25.7%，常覺得辦公室內太熱的約 29.4%的員工，常覺得辦公室內太冷的約 30.2%的員工，常感到辦公室空氣太潮濕有 6.3%，常感到辦公室空氣太乾燥則有 21.8%。

環境監測：辦公室人數、通風量、CO、CO₂、溫度、相對濕度及 TVOCs 之樣本數均為 108 個，各監測平均濃度(標準差)分別為辦公室人數 6.5 人(4.3)、一氧化碳 2.6 ppb(0.4)、二氧化碳 1134.6 ppb(564.9)、自然溫度 23.8 °C(1.9)、相對溼度 56.7%(6.6)、TVOCs 947.2 ppm(4868.1)及通風量範圍為 221 - 7707 m³/hr。13 種 VOCs 之樣本數各 26 個，各種 VOC 平均濃度(標準差)分別 m-xylene 20.8 ppm(7.8)，ethylbenzene 為 6.3 ppm(2.6)，toluene 為 77.0 ppm(32.7)，p-isopropylbenzene 為 0.8 ppm(0.6)，1,3,5-trimethylbenzene 為 3.1 ppm(1.7)，1,2,3-trimethylbenzene 為 1.7 ppm(0.5)，1,2,4-trimethylbenzene 為 6.5 ppm(2.6)，以及 naphthalene 為 0.8 ppm(0.4)，其餘的 styrene、bromobenzene、n-butylbenzen，1,3,5-trichlorobenzen 和 1,2,4-trichlorobenzene 皆低於偵測極限。

二、SBS 症狀分布、氧化傷害情形及其相關因子

SBS 症狀和 8-OhdG 分布：有眼睛部位症狀的比例為 22.6%；上呼吸道和下呼吸道部位症狀者分別為 15.7%和 6.1%；2.0%的人有皮膚部位症狀，27.9%的人有非特定性症狀，有一項 SBS 以上的人佔 45.8%。

尿液中 8-OhdG 的平均濃度(標準差)為 7.9µg/g creatinine(6.0)。眼睛部位症狀和尿液中 8-OhdG 平均濃度相關，有症狀和無症狀的平均濃度分別為 9.30 µg/g creatinine 和 7.47 µg/g creatinine (P=0.03)。

影響眼睛症狀的相關因子有吸菸、尿液中可丁寧濃度、自評辦公室內環境品質差、最近為個人或家庭事情操煩、自評辦公室內氣流太弱、辦公室內有新裝潢的家具、壁紙、辦公室牆壁或天花板有霉斑、對菸味敏感、每天待在辦公室的時間等。眼睛症狀的最適預測模式 = 0.10 + 0.082 自評辦公室內氣流太弱 - 0.16 對菸味敏感 + 0.022 每天待在辦公室的時間，R = 0.28。

影響上呼吸道症狀的相關因子有室內 TVOCs、尿液中可丁寧濃度、最近為個人或家庭事情操煩、對灰塵過敏、以清潔劑清洗地板或地毯、鋪設地毯、室內濕度等。上呼吸道症狀的最適預測模式 = $-0.24 + 0.00036 \text{ TVOCs} + 0.12 \text{ 最近為個人或家庭事情操煩} + 0.23 \text{ 對灰塵過敏} - 0.25 \text{ 以清潔劑清洗地板或地毯} - 0.11 \text{ 鋪設地毯} + 0.012 \text{ 室內濕度}$ ， $R = 0.42$ 。

影響下呼吸道症狀的相關因子有室內 TVOCs、吸菸、室內溫度、辦公室內有新裝潢的壁紙、最近有粉刷油漆、常聞到不愉快味道、對菸味敏感、對化學物質味道敏感、性別、有偏頭痛、鼻竇炎病史等。下呼吸道症狀的最適預測模式 = $0.96 - 0.21 \text{ 最近有粉刷油漆} + 0.093 \text{ 有偏頭痛病史} - 0.11 \text{ 有鼻竇炎病史} - 0.28 \text{ 辦公室內有新裝潢的壁紙} + 0.025 \text{ 常聞到不愉快味道}$ ， $R = 0.35$ 。

影響皮膚症狀的相關因子有辦公室的類型、每天待在辦公室的時間、辦公室內有新裝潢的隔間、自評辦公室內太熱、氣流太弱等。皮膚症狀的最適預測模式 = $0.54 - 0.24 \text{ 辦公室的類型} - 0.0067 \text{ 每天待在辦公室的時間}$ ， $R = 0.48$ 。

影響非特定性症狀的相關因子包括辦公室的類型、尿液中可丁寧濃度、室內濕度、以清潔劑清洗地板或地毯、在辦公室常聞到香菸味、對灰塵過敏、對香菸味敏感、年齡、有過敏性鼻炎病史。非特定性症狀的最適預測模式 = $2.02 - 1.05 \text{ 辦公室的類型} + 0.000066 \text{ 尿液中可丁寧濃度} + 0.024 \text{ 室內濕度} - 0.32 \text{ 以清潔劑清洗地板或地毯} - 0.19 \text{ 在辦公室常聞到香菸味} - 0.31 \text{ 對香菸味敏感} - 0.25 \text{ 年齡}$ ， $R = 0.59$ 。

影響尿液中 8-OhdG 平均濃度的因子包括室內 TVOCs、CO₂、尿液中可丁寧濃度、辦公室內人數、室內溫度、自評辦公室內太冷、空氣太潮濕、自評辦公室內環境品質差、對工作滿意度低等。8-OhdG 濃度的最適預測模式 = $-7.11 + 0.00051 \text{ 尿液中可丁寧濃度} + 0.19 \text{ 辦公室內人數} + 0.49 \text{ 室內溫度}$ ， $R = 0.44$ 。

肆、討論與改進建議

Engvall 等 (2001) 的研究顯示二氧化碳濃度每相差 10 ppm，會增加 SBS 症狀中黏膜和下呼吸道症狀的勝算比 (odds ratio, OR) 約 1.2~1.5，室內外二氧化碳每小時最高濃度差每相差 250 ppm，約增加 OR 值 1.3~2.3；Costa 等 (2000)、wargocki 等 (2000) 和 Pejtersen 等 (2001) 的研究均顯示增加通風量可減少 SBS 症狀的發生。但這些相關性在本研究中並不明顯，可能是因為室內環境中其他污染物的影響較大所致，未來的研究應設法尋找更多室內可疑污染物，以釐清與本土 SBS 相關之影響因子。

VOCs 對人體健康可能造成危害，其危害性包括有致癌、致突變性、致畸胎性。VOCs 長期暴露後，可能導致癌症等病變，並可能造成眼睛、皮膚、呼吸道、中樞神經系統、內臟的危害。揮發性有機物會經由眼睛或皮膚直接接觸、呼吸、飲食等途徑而進入到人體內，並對特定的組織、器官或系統等造成傷害 (Hung 等, 2002)。本研究結果顯示室內 TVOCs 會增加上呼吸道和下呼吸道的 SBS，也會增加員工尿液中的 8-OhdG 濃度。

本研究結果顯示室內 TVOCs 和 CO₂ 會影響尿液中的 8-OhdG 濃度，但影響力不若尿液中可丁寧濃度、辦公室內人數和，室內溫度，可能是因為各種 VOCs 的氧化傷害力能力差異大，無法以 TVOCs 的濃度來評估對辦公室內工作人員的傷害情形，未來研究應加入高氧化性物質為偵測對象。

此外，環境偵測結果變異很大，顯示室內應該有其他的因子會影響室內空氣品質，值得進一步研究探討。

参考文献

- Backman H, Haghighat F (1999). "Indoor-air quality and ocular discomfort." *Am Optom Assoc*, 70:309-16.
- Costa MF, Brickus LS (2000). "Effect of ventilation systems on prevalence of symptoms associated with "sick buildings" in Brazilian commercial establishments." *Arch Environ Health*, 55 (4): 279-283.
- Engvall K, Norrby C, Norback D (2001). "sick building syndrome in relation to building dampness in multi-family residential buildings in Stockholm." *Int Arch Occup Environ Health*, 74 (4): 270-278.
- Engvall K, Norrby C, Norbäck D (2003). "Ocular, nasal, dermal and respiratory symptoms in relation to heating, ventilation, energy conservation, and reconstruction of older multi-family houses." *Indoor Air*, 13: 206-211.
- Engvall K, Norrby C, Sandstedt (2004). "The stockholm indoor environment questionnaire: a sociologically based tool for the assessment of indoor environment and health in dwellings." *Indoor Air*, 14: 24-33.
- Phipps RA, Sisk WE, Wall GL (1999). "A comparison of two studies reporting the prevalence of the sick building syndrome in New Zealand and England." *N Z Med J*, 112: 228-30.
- Menzies D, Pasztor J, Nunes F, Leduc J, Chan CH (1997). "Effect of a new ventilation system on health and well-being of office workers." *Arch Environ Health*, 52(5): 360-367.
- Pejterstrom K, Btohus H, Hyldgaard CE, Nielsen JB, Valbjorn O, Hauschildt P, Kjaergaard SK, Wolkoff P (2001). "Effects of temperature and humidification in the office environment." *Arch Environ Health*, 56 (4): 365-368.
- Pommer L, Fick J, Sundell J, Nilsson C, Sjöström M, Stenberg B, Andersson B (2004). "Class separation of buildings with high and low prevalence of SBS by principal component analysis." *Indoor Air*, 14: 16-23.
- Shusterman D, Murphy MA, Balmes J (2003). "Differences in nasal irritant sensitivity by age, gender, and allergic rhinitis status." *Int Arch Occup Environ Health*, 76: 577-583.
- Wargocki P, Wyon DP, Sundell J, Clausen G, Fanger PO (2000). "The effects of outdoor air supply rate in an office on perceived air quality, sick building syndrome (SBS) symptoms and productivity." *Indoor Air*, 10(4): 222-236.
- Willers A, Hein HO, Jansson L (2004). "Assessment of environmental tobacco smoke exposure: urinary cotinine concentrations in children are strongly associated with the house dust concentrations of nicotine at home." *Indoor Air*, 14: 83-86.
- Yassi A, Kjellström T, de Kok T, Guidotti TL (2001). "Basic Environmental Health." Oxford: University Press: 291-2.