

綜論氣象變化對心血管、呼吸道及腸胃道之健康衝擊

王玉純¹ 宋鴻樟^{1,2,*}

全球暖化和地區氣候變化的健康影響在近年廣受注意。本文回顧氣象變化和心血管、呼吸道及腸胃道疾病之間的相關性文獻，並進一步探討未來研究方向。目前證實極端氣候變化具有健康衝擊，對心血管疾病的風險高於呼吸道及其他疾病，尤其是在熱浪及寒流期間。熱浪對健康影響較冷氣候立即，而寒冷則有較長的影响期間。長期淫雨或暴雨導致飲水不淨，增加腸胃道疾病的風險，已開發國家亦不例外。年齡、性別、社經狀態、地區氣候等為影響氣象變化對健康衝擊評估之相關因子，年長者尤為敏感。氣象對疾病發生的生物機制、氣象與大氣環境交互作用，對疾病的影響以及氣象、健康參數及模式的選擇等，對所有的風險估計而言均有一定的影響，這其中錯綜複雜的相關性仍待許多研究去探討，和疾病相關的氣候因子的防預之道亦為公共衛生關切的課題。(台灣衛誌 2006；25(4)：256-265)

關鍵詞：心血管、呼吸道、腸胃病、氣象

前 言

由於全球氣候暖化[1-3]，其影響健康的相關研究近年來逐漸受到重視。研究指出全球地表溫度，在過去100年增加了0.7-1.4°F [4]，在美國則平均增加約1°F。此外，整個美國地區於1910-1998年間低於0°C的日數逐漸減少，暴雨(>5公分/日)發生次數上升，小雨發生次數則下降[5]。在其他國家則可發現寒季日數減少及最低溫度上升的情形[6]。

而本國氣候變化趨勢如何呢？我們約略分析台灣地區三大都會區(台北縣市、台中縣市及高雄縣市)近幾年的氣象變化趨勢

(圖一、二)，可發現氣溫亦略有增加的情形，尤其是在每月日平均溫度的最低溫度部分，有逐年上升的現象，而高溫極端值(95百分位)每月出現日數也呈現上升趨勢。降雨部分，雖可發現台灣地區，在聖嬰現象期間(1982-1983, 1986-1988, 1991-1992, 1994-1995, 1997-1998, 2002-2003)有較高的累積降雨情形，伴隨著極端累積降雨日數增加的發生，但與過去極端降雨統計上並無顯著差異[7]。

整體來看，台灣處於太平洋西緣具海島氣候，氣象變化似有與全球變化一致性的趨勢。在預期的氣象變化下，對大眾的健康影響值得重視。本文的重點在於回顧目前國際上有關氣象變化對心血管、呼吸道及腸胃道疾病發生之研究結果，並進一步探討未來研究方向。

¹ 國立台灣大學公共衛生學院環境衛生研究所

² 中國醫藥大學公共衛生學院環境醫學研究所

* 通訊作者：宋鴻樟

聯絡地址：台中市學士路91號

E-mail: fcsung@mail.cmu.edu.tw

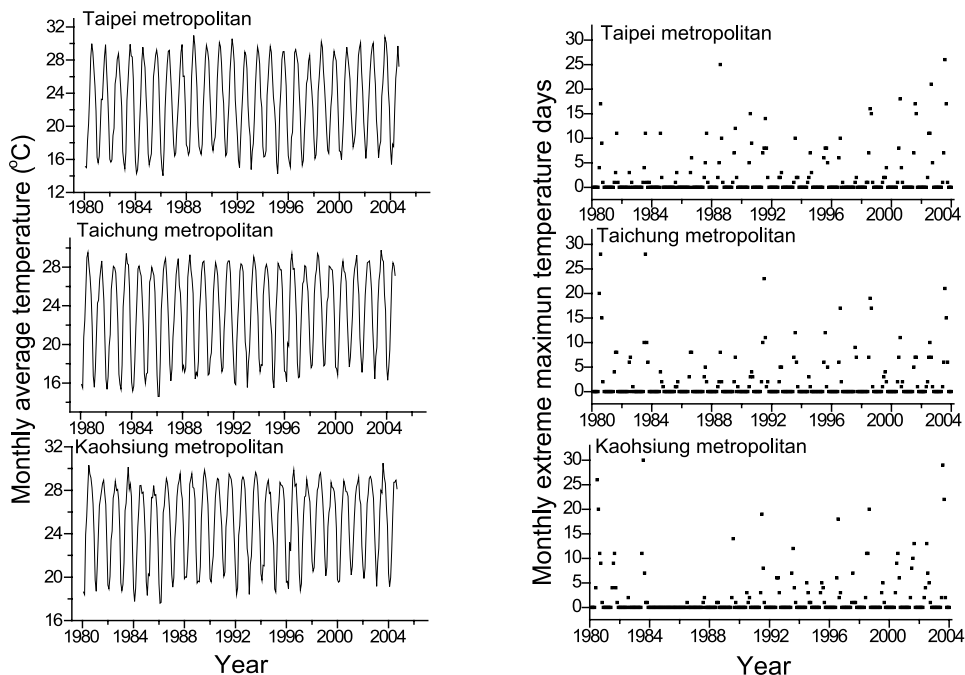
投稿日期：94年12月8日

接受日期：95年5月17日

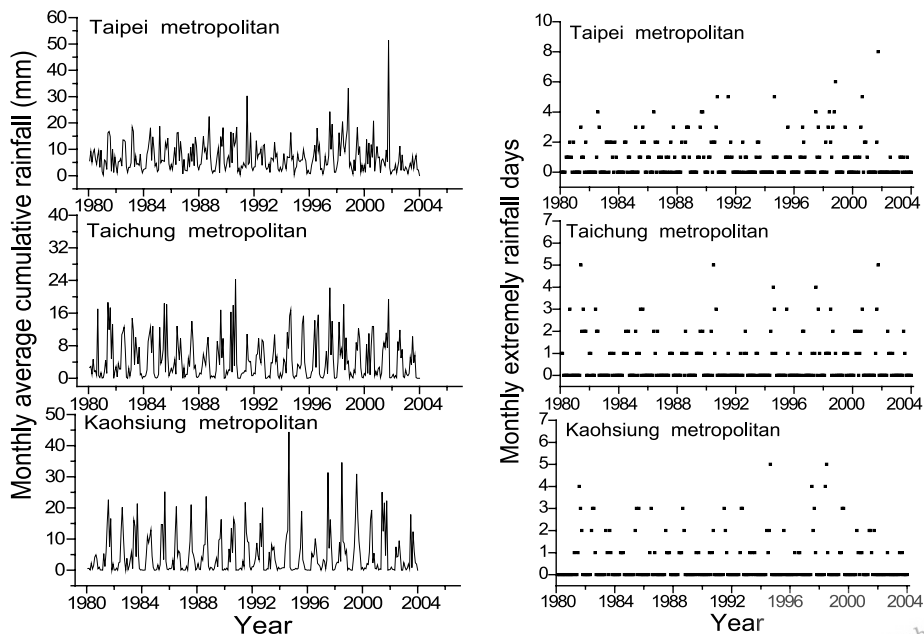
研究方法

回顧1995到2004年氣象對心血管、呼

Taiwan Public Health Association
台灣公共衛生學會



圖一 1980-2003年台灣都會區逐月日平均溫度(左)及每月極端最高溫(95百分位)出現日數(右)



圖二 1980-2003年台灣都會區逐月日平均累積降雨(左)及每月極端降雨(95百分位)出現日數(右)

吸道及腸胃道疾病衝擊之相關文獻，主要字彙包括氣象關鍵字(weather, climate, heat, cold, temperature, rainfall, relative humidity, wind)、心血管疾病關鍵字(cardiovascular disease, ischemic heart disease, stroke)、呼吸道疾病關鍵字(respiratory disease, asthma, chronic pulmonary disease)、腸胃道疾病關鍵字(gastroenteritis, diarrhea, waterborne, foodborne)，及其他關鍵字(extreme, event, lag, mortality, morbidity)。主要搜尋範圍為醫學電子資料庫(Medline, PubMed)。期刊以環境類及流行病學類期刊為主。

結 果

一、氣象因子對心血管、呼吸道疾病之衝擊

初探氣象因子對心血管、呼吸道疾病之衝擊，從氣候變化影響人體生理之機制來看，目前認為暴露高溫會造成血液黏滯度及血中膽固醇濃度的增加[8]，因此會使得健康上本來就有問題的人，短時間容易因氣候變化而死亡(harvest effect)。而暴露到冷氣候可能因改變人體血壓、促進血管收縮、如增加血液黏滯度及血漿膽固醇濃度而容易直接導致心血管受到壓力(stress)[9,10]。較常見的熱因性死因及疾病為熱痙攣、熱昏厥、熱中風、心血管疾病、心肌梗塞、呼吸道疾病及慢性肺部阻塞[11,12]；寒冷氣候相關死因及疾病除了失溫外，則為冠狀動脈痙攣/動脈粥樣化、流行性感冒、肺部感染等[8,9,13-15]。

而在探討氣象因子與疾病發生相關性研究中，以平均氣溫最常被引為指標。Martens[16]於1998發表之文獻即做一詳盡的回顧，文中指出多數研究發現年齡(>60歲)為氣候對健康作用之重要影響因子，有關氣溫改變1°C的心血管及呼吸道死亡的危險變化，各地的影響值不一致，但趨勢一致：在最適溫之內，氣溫增加死亡危險降低，在最適溫之下及上，氣溫下降或上升，死亡危險增加，呈現V型[17]。劉氏等[18]曾經比較1989-1998年台北、台中和高雄三個地區心血管疾病死亡與氣象因子的關係，發現當溫度降至11°C以下時，台北地區相對於最適

溫度(25-28°C)的死亡危險比為1.62 (95%CI = 1.45-1.80)；台中地區則為13°C以下時，危險比為1.57 (95%CI = 1.38-1.80)；高雄地區為15°C以下時，危險比為1.50 (95%CI = 1.28-1.77)。Hong et al.[19]分析韓國缺血性中風就診與氣溫的相關性，結果每降溫17.4°C (75分位降至25分位)相對危險為2.9 (95%CI = 1.5-5.3)，影響亦相當立即(24-54小時)。在美國卻得到相反的研究結果[20]，對心血管疾病就醫而言，熱氣候影響較大，並具有延遲效應，達7-10天。顯示各地區分析結果差異頗大。

Langford和Bentham[21]分析1968-1988英格蘭和威尼斯的死亡資料，發現受氣溫影響最大的死因是慢性氣管炎，每增加氣溫1°C，死亡可減少10.5%。Huynen et al.分析荷蘭熱浪與寒流對死亡之影響[22]，熱浪來時會使呼吸道疾病死亡率以每上升1°C便以2.3 deaths/day上升，寒流則為每下降1°C而以2.42 deaths/day上升。實驗上，亦針對76名中度至重度慢性肺阻塞疾病(COPD)個案進行(室內外)氣溫與肺功能關係之研究[23]，結果亦發現不論是用力呼氣一秒容積(forced expiratory volume in one second, FEV1)或是肺活量(forced vital capacity, FVC)均與溫度有顯著正相關，即溫度愈低肺活量就愈低。在英國[24]，5°C以下，每降1°C會增加10.5% (95%CI = 7.6-13.4%)左右的呼吸道就診量，延遲天數約6-15天左右。

除了一般氣候的變化，因極端氣象事件往往造成無法預期的嚴重傷害，所以事件發生所造成的衝擊及發生頻率的預測，於近年來逐漸受到重視。但截至目前，可能是因各地氣候不同，國際上有關極端氣候的定義，目前並無一定標準。目前由文獻僅知荷蘭皇家氣象機構(The Netherlands Royal Meteorological Institute)對該國極端氣候的認定[22]，「熱浪(heat wave)」為連續5天最高溫度至少25°C，其中至少3天高於30°C；由於寒流(cold spell)並無相關法定依據，該研究則定為至少連續9天最低溫度低於-5°C，其中至少6天低於-10°C。至於，其他研究進行時，極端氣候主要以百分位數為主要區分

準則，熱浪分別為99百分位、97百分位、95百分位及90百分位，寒冷期則為10百分位[24-26]。

極端氣候變化對健康的影響，可分為直接及間接。直接健康危害包含颶風、水患直接危害到人類生命造成死亡、傷害。美國統計1945-1989年間，145次的自然災害中，每年約造成323人死亡[27]。間接的健康危害上，則以熱浪及寒害對心血管及呼吸道疾病的影響最受關注。美國的CDC評估每年有240名個案死於熱相關因子，其中，在著名的1995年芝加哥熱浪中，相關死亡人數較他年同期增加了85%，就醫率增加了11%，該時期因熱導致的死亡個案至少700名左右[28-30]。同樣的，估計法國2003年發生的熱浪事件相關死亡人數[31]，約有11,435人由於連續十五日的高溫而死亡，對75歲以上年齡層更造成69%以上的額外死亡率。進一步分區調查[32]，發現巴黎地區的額外死亡率更高出138-142%。兩份報告均顯示短時間極端氣候對人體健康衝擊極大。加拿大多倫多地區一比較極端高溫與平均氣溫對心血管、呼吸道死亡率相對危險之研究，顯示對女性影響較大，為每上升1°C的humidex(溫度與濕度之轉換參數)相對危險為1.089(95%CI=1.058-1.121)，男性則為RR=1.031(95%CI=1.003-1.060)。在西班牙也有同樣的發現[25]，研究人員發現當溫度超過41°C時，75歲以上族群死亡率會增加51%，心血管疾病風險大於呼吸道疾病，女性風險高於男性。荷蘭研究[22]則發現熱浪對所有疾病別死亡率(all-cause mortality)有影響，每天約額外增加12.1%死亡率。

除了熱浪，寒流對人體健康亦被多所關注。美國CDC分析寒害的健康影響，在1979-1998年間，美國平均每年約有700名個案死於失溫(範圍：420-1,024人/年)，其中半數源自於極端寒冷氣象[33]。心血管疾病對於寒流反應遠大於熱浪，Braga et al.[11]發現寒流對心血管死亡影響(每下降1°C便增加5% risk/day)是熱浪對心血管疾病死亡(每上升1°C便增加1% risk/day)影響的5倍。荷蘭研究[22]證實同樣的結果，寒流來襲時死亡

率上升12.8%，並以心血管死因及年長者為主。

截至目前，研究結果一致顯示氣象變化的確會對健康造成衝擊。其中，平均溫度為最常被研究使用之氣象參數，且與死亡風險之相關性呈現V型，而極端氣象(熱浪、寒害)則因發生迅速及近年之氣候異常而常被提出討論。氣象變化對心血管疾病及老年人影響最大，呼吸道疾病次之，但影響程度會依研究地區及評估對象而異。

二、氣象因子對腸胃道疾病之影響

氣候變化相關疾病，除了溫度對於慢性病之外，感染性疾病，尤其是急性消化道感染方面，亦算是對極端氣象(暴雨)反應相當快速的疾病，多數研究發現水媒病或食物中毒的發生和異常降雨影響飲水系統正常供應有密切關係[34]。甘比亞和孟加拉進行的研究[35]指出，降雨的高峰期亦是兒童腹瀉盛行期，主因為儲水系統受到暴雨沖刷帶入排泄物污染或是食物受到污染所導致。Curriero et al.分析1948-1994年美國境內儲水來源(地下及地表)污染情形與水媒疾病暴發之相關，發現51%的暴發事件之前有極端降雨(90百分位)事件發生($p=0.002$)，68%暴發事件之前則有80百分位降雨事件發生($p=0.001$)[36]。美國Milwaukee，於1993年發生最具知名的隱孢子蟲(*Cryptosporidium parvum*)原生寄生蟲感染事件，乃起因於暴雨導致原水濁度過高，使得淨水系統處理效能不佳，無法有效的移除原水中致病原，估計事件最終導致403,000名腸疾病就醫個案及54人死亡[37-39]；進一步分析淨水廠濁度與腸胃道疾病發生之相關，發現每增加0.5 NTUs (nephelometric turbidity units)對幼童會增加2.35倍的相對危險性(95%CI: 1.34-4.12)，對成人則為1.17 (95%CI: 0.91-1.52)[40]。

除了降雨之外，亦有研究分析溫度與腸胃疾病發生之相關，D'Souza et al.分析澳洲1991-2001年境內5大城市溫度變化與沙門桿菌感染通報數(salmonellosis notifications)之相關，結果發現，長期來看，通報數有

逐漸增加的趨勢，並發現每月通報數與前一月的月均溫成一正相關[41]。另一研究調查1986-1994年18個太平洋島國之正常供水、溫度、降雨與腹瀉率(diarrheal rate)之相關[42]，發現每年腹瀉通報率與平均溫度呈正相關，與正常供水呈現負相關。Checkley et al.[43]分析秘魯1993-1998年期間聖嬰現象及溫度與每日腹瀉就醫之相關，發現1997-1998年聖嬰期間國內溫度較平均高出5°C，而腹瀉就醫率增加200%，估計約有6,225名腹瀉個案可歸因於聖嬰現象，腹瀉增加率以8%/°C上升。

三、影響評估結果之因子

氣候變化對健康影響的時間有多長呢？從氣候對心血管及呼吸道死亡的立即性來看，在荷蘭是冷氣候大於熱氣候[44]，其他的研究則以熱浪對死亡之影響較具立即性，約在熱浪發生之後的1-3天，最慢7天內，即可看見影響[11,24-26,30,45]。冷氣候之效應就顯得比較長，英國一項研究特別針對氣候之延遲效應進行分析，結果顯示冷氣候影響時間長甚至高達15-22天[26]。但在極端降雨對腸胃道疾病發生部分，研究指出與當月以及延遲一～二個月的現象出現[36]。而其他的危險因子分析方面，在美國，嬰幼兒、老年人(65歲以上)、貧窮人家及免疫系統較脆弱的人為主要危險族群[9,22,29,34,46-48]。

而「地區」對氣候的適應力不同亦會影響不同氣候型態對健康之影響[50]，學者分析美國12個不同地區性氣候和死亡的相關，發現在熱氣候帶的城市僅對熱敏感，在冷氣候帶的城市對冷熱均敏感[11]。而個人行為的影響上，如歐洲一個跨區域研究發現，冷氣候地區居民相較於熱氣候地區居民對冷氣候有較多相關因應措施及行為(如室內取暖、個人防寒能力)，因此，寒流的衝擊相對較低。Healy[51]分析歐盟14個國家冬季氣象與額外死因的相關性，發現死亡情形與室內熱效能提供呈現顯著負相關。或是近期研究指出，高溫對死亡的趨勢雖會因空調設備的使用而較低，但仍存在顯著的相關性[11,17]。

至於什麼是分析氣候對健康衝擊的適當氣候指標，與極端氣候的定義同屬目前最急迫解決也是備受爭議的問題[49]，因氣象條件的設定將影響疾病分析的結果。而平均溫度、最高溫度、最低溫度、相對濕度、熱指數(Heat index，溫度加濕度)[13,15,17,24,26,30,50,52]為目前最被常引用之指標。

此外，包括熱浪發生的突發性、對應熱浪之緊急救護體系、地區性的熱忍受度、熱浪侵襲之時期長短、大環境對氣象變化的修飾能力[49]，以及族群居住密度、社經及技術發展、族群原本之健康狀態、健康照護中心的可近性及醫療品質、公共建設…等，多項未來可進行之應變措施均被提出，預期可有效減低氣象變化對健康之衝擊[48]。

我們相信氣候的健康效應，除了生物因素和環境因素，社會因子和生活型態均有可能是相關因子。對冷熱效應的因應當然和社會經濟地位有關，但這項因子在氣象因子的角色差別，尚未有適當的探討。抽菸的生活型態和心血管疾病之間是一般確認的關係，但它和氣象因子的角色差別，也尚無資料可探討。腹瀉在社會經濟低的社區較盛行，也是眾所皆知的，極端氣候的暴雨使落後地區受創較大，醫療可近性也較差，似乎可預期腹瀉的問題較嚴重。不過，實際報導未就此方向分析。

四、未來研究方向

截至目前，空氣污染物與氣象因子均被認為與健康之間有相關性存在。然而，有關空氣污染與氣候兩者對疾病的交互作用的探討並不多見。Díaz[25]於研究中僅探討熱浪衝擊時臭氧與最高溫對65歲以上死亡率之影響，發現最高溫仍為主要相關因子，並對65歲以上心血管死因、65歲以上呼吸道死因、65歲以上全死因及75歲以上全死因之相對貢獻度為49%、29%、38%、51%，並指氣溫與臭氧濃度兩者具有直接相關性。此外，研究指出環境中低相對濕度將會增加空氣污染物對健康影響之效應[53]，尤其是臭氧[54,55]。McGregor et al.[56]利用主成分分析法(principle component analysis)分析英國境

內冬季氣象條件與PM₁₀對呼吸道就醫之影響，發現低溫、潮濕、高壓的氣象條件或是乾冷的氣象條件，均與就醫量有相關性。Rainham及Smoyer-Tomic[57]分析加拿大多倫多熱壓力指數(heat stress index)與空氣污染與心血管、呼吸道死亡率之間的關係，發現研究期間多倫多空氣污染物除了臭氧之外均為逐年降低的情形，且再加入空氣污染於模式後，熱壓力對死亡的相對危險估計差異很小，每1°C的humidex相對危險差異小於0.12%，作者推論與當地空氣污染物濃度低，所以空氣污染對氣象因子的相對危險估計影響不大。

氣象變化除了前述的會影響血液黏滯度及血中膽固醇濃度的增加，亦會影響交感神經系統、血管收縮[8,58-61]，血壓與溫度呈負相關[60]。Natsume et al.[62]發現年紀大者對外在環境的調適力降低，熱氣候造成體溫過熱並影響循環系統。有關環境中物理性及化學性變化對人體健康的生理機制，目前仍缺乏相關研究成果。

另外有關健康參數之選擇，就醫、急診、住院及死亡均可被用做健康衝擊評估的依據，但是，何者最為恰當？以中風而言，嚴重中風者就醫前死亡，病徵輕者不去就醫，人的行為會影響環境風險分析結果[63]。Kovats et al.[64]探討倫敦地區熱浪對死亡率及就醫之影響，發現熱浪對呼吸道及腎衰竭就醫較具相關，其他疾病就醫則不顯著，且熱浪對死亡的影響較立即，並證實不健康的宿主(對環境變化較敏感之族群)在就醫前死亡的情形。此外，有關分析模式的選擇是否會影響估計結果？在環境對疾病發生的風險評估上，廣義線性模式(generalized linear model)、歸納累進模式(generalized additive model, GAM)以及時間序列分析(time series analysis)為最常使用之統計分析模式，唯獨模式估計結果比較的討論較少見，僅在Díaz et al.[52]的分析結果中，看出時間序列模式與GAM分析結果相近，這部分的比較研究仍值得進行。

氣象因子對健康之探討，除了溫度之外，其他氣象因子的影響為何？曾有研究試

著分析焚風(chinook)與中風的相關性，結果並不顯著[65]；加拿大另一個分析焚風與頭痛的關係[66]，則證實高風速的確會增加偏頭痛的機率，並與年齡有交互作用存在。Curriero et al.[17]分析美國11個城市日溫差與死亡率的相關性，結果並不顯著，但在另一研究[11]則似乎會加強冷熱天氣的衝擊。至於相對濕度，主觀認為會與溫度一起影響人體溫度調節能力，但幾項研究均指出其對心血管死亡及就醫似乎不具相關性[11,20,57]。這些結果顯示，除了平均溫度之外，仍有許多氣象因子與健康相關研究之不足，相當值得進一步分析。除了單一因子與疾病的關係，筆者認為環境乃一種情境，許多危害若簡化分析難以看出彼此的相關性，未來研究亦可朝向情境這方面進行。

除了上述值得深究的問題，目前國際間利用各種參數所得的分析結果無法比較，更顯示出如何找出跨區域比較參數的重要性。

結 論

目前氣候變遷的預估模式日新月異，理當能有效應用於疾病推估，但事實上仍有不確定性存在於疾病模式預測中。以目前的技術，全球氣候變遷模式仍無法精準預估「降尺度至地區性」的氣候變遷，更何況是瞬間極端氣候發生(如：颶風、暴雨)之衝擊；此外，氣候及氣象對人類健康影響的相關知識不足。有鑑於此，各國大氣及公共衛生專家無不積極合作，研究氣候變遷下，人類健康之風險因子分析及相關模式之修正與建立。

雖然目前研究已發現心血管疾病、呼吸道疾病、腸胃道疾病及年長者為氣候變遷主要衝擊對象，但氣象對疾病發生的生物反應機制、氣象與大氣環境交互作用對疾病的影響以及氣象、健康參數及模式的選擇…等，加上生活型態和社會經濟等因子，也會對所有的環境對疾病發生之風險評估造成影響，這其中錯綜複雜的相關性仍待許多研究去完成。

全球氣候變遷之趨勢下，建議台灣應與世界各國一樣，必須進行基礎研究分析及建立相關因應措施。

參考文獻

1. Fowler AM, Hennessy KJ. Potential impacts of global warming on the frequency and magnitude of heavy precipitation. *Nat Hazards* 1995;**11**:283-303.
2. Mearns LO, Giorgi F, McDaniel L, Shields C. Analysis of daily variability of precipitation in a nested regional climate model - comparison with observations and doubled CO2 results. *Global Planetary Change* 1995;**10**:55-78.
3. Trenberth KE. Conceptual framework for changes of extremes of the hydrological cycle with climate change. *Clim Change* 1999;**42**:327-39.
4. Jones PD, New M, Parker DE, Martin S, Rigor IG. Surface air temperature and its changes over the past 150 years. *Rev Geophys* 1999;**37**:173-99.
5. Karl TR, Knight RW, Easterling DR, Quayle RG. Indices of climate change for the United States. *B Am Meteorol Soc* 1996;**77**:279-92.
6. Easterling DR, Meehl GA, Parmesan C, Changnon SA, Karl TR, Mearns LO. Climate extremes: observations, modeling, and impacts. *Science* 2000;**289**:2068-74.
7. Lu MM, Chen CJ. Abrupt changes of the heavy rainfall frequency in Taiwan. In: *Climate Workshop in Taiwan* ed. Taipei: Global change research center in national taiwan university, 2005.
8. Kunst AE, Looman CW, Mackenbach JP. Outdoor air temperature and mortality in the Netherlands: a time-series analysis. *Am J Epidemiol* 1993;**137**:331-41.
9. Alberdi JC, Diaz J, Montero JC, Miron I. Daily mortality in Madrid community 1986-1992: relationship with meteorological variables. *Eur J Epidemiol* 1998;**14**:571-8.
10. Keatinge WR, Donaldson GC. Cardiovascular mortality in winter. *Arctic Med Res* 1995;**54**(suppl 2):16-8.
11. Braga ALF, Zanobetti A, Schwartz J. The effect of weather on respiratory and cardiovascular deaths in 12 US cities. *Environ Health Perspect* 2002;**110**:859-63.
12. Centers for Disease Control and Prevention. Heat-related deaths -- Dallas, Wichita, and Cooke counties, Texas, and United States, 1996. *MMWR* 1997;**46**:528-31.
13. The Eurowinter Group. Cold exposure and winter mortality from ischemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe. *Lancet* 1997;**349**:1341-6.
14. Anderson TW, Le Riche WH. Cold weather and myocardial infarction. *Lancet* 1970;**1**:291-6.
15. Kalkstein LS, Greene JS. An evaluation of climate/mortality relationships in large U.S. cities and the possible impacts of a climate change. *Environ Health Perspect* 1997;**105**:84-93.
16. Martens WJ. Climate change, thermal stress and mortality changes. *Soc Sci Med* 1998;**46**:331-44.
17. Curriero FC, Heiner KS, Samet JM, Zeger SL, Strug L, Patz JA. Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States. *Am J Epidemiol* 2002;**155**:80-7.
18. Liu YK, Lin RS, Lee YT, Shieh SL, Chen YR, Sung FC. Circulatory diseases mortality and meteorological factors in the elderly in Taipei, Taichung and Kaohsiung areas. *Taiwan J Public Health* 2002;**21**:189-96.
19. Hong YC, Rha JH, Lee JT, Ha EH, Kwon HJ, Kim H. Ischemic stroke associated with decrease in temperature. *Epidemiology* 2003;**14**:473-8.
20. Schwartz J, Samet JM, Patz JA. Hospital admissions for heart disease: the effects of temperature and humidity. *Epidemiology* 2004;**15**:755-61.
21. Langford IH, Bentham G. The potential effects of climate change on winter mortality in England and Wales. *Int J Biometeorol* 1995;**38**:141-7.
22. Huynen MM, Martens P, Schram D, Weijenberg MP, Kunst AE. The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. *Environ Health Perspect* 2001;**109**:463-70.
23. Donaldson GC, Seemungal T, Jeffries DJ, Wedzicha JA. Effect of temperature on lung function and symptoms in chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J* 1999;**13**:844-9.
24. Hajat S, Kovats RS, Atkinson RW, Haines A. Impact of hot temperatures on death in London: a time series approach. *J Epidemiol Community Health* 2002;**56**:367-72.
25. Díaz J, García R, Velázquez de Castro F, Hernández E, López C, Otero A. Effects of extremely hot days on people older than 65 years in Seville (Spain) from 1986 to 1997. *Int J Biometeorol* 2002;**46**:145-9.
26. Pattenden S, Nikiforov B, Armstrong BG. Mortality and temperature in Sofia and London. *J Epidemiol Community Health* 2003;**57**:628-33.
27. Gilckmen T, Golding D, Silverman E. *Acts of God and Acts of Man*. Washington, DC: Resources for the future, 1992.
28. Centers for Disease Control and Prevention. Heat-related mortality--Chicago, July 1995. *MMWR* 1995;**44**:577-9.
29. Semenza JC, McCullough JE, Flanders WD, McGeehin MA, Lumpkin JR. Excess hospital admissions during the July 1995 heat wave in Chicago. *Am J Prev Med* 1999;**16**:269-77.
30. Semenza JC, Rubin CH, Falter KH, et al. Heat-related deaths during the July 1995 heat wave in Chicago. *N Engl J Med* 1996;**335**:84-90.
31. Belmin J. The consequences of the heat wave in August 2003 on the mortality of the elderly. The first

- overview. *Presse Med* 2003;**32**:1591-4.
32. Vandenborren S, Suzan F, Medina S, et al. Mortality in 13 French cities during the August 2003 heat wave. *Am J Public Health* 2004;**94**:1518-20.
 33. Centers for Disease Control and Prevention. Hypothermia-related deaths--Philadelphia, 2001, and United States, 1999. *MMWR* 2003;**52**:86-7.
 34. Rose JB, Epstein PR, Lipp EK, Sherman BH, Bernard SM, Patz JA. Climate variability and change in the United States: potential impacts on water- and foodborne diseases caused by microbiologic agents. *Environ Health Perspect* 2001;**109**(suppl 2):211-21.
 35. Rowland MG. The Gambia and Bangladesh: the seasons and diarrhoea. *Dialogue Diarrhoea* 1986;**26**:3.
 36. Curriero FC, Patz JA, Rose JB, Lele S. The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994. *Am J Public Health* 2001;**91**:1194-9.
 37. Mac Kenzie WR, Hoxie NJ, Proctor ME, et al. A massive outbreak in Milwaukee of cryptosporidium infection transmitted through the public water supply. *N Engl J Med* 1994;**331**:161-7.
 38. Hoxie NJ, Davis JP, Vergeront JM, Nashold RD, Blair KA. Cryptosporidiosis-associated mortality following a massive waterborne outbreak in Milwaukee, Wisconsin. *Am J Public Health* 1997;**87**:2032-5.
 39. Koopman JS, Longini IM Jr. The ecological effects of individual exposures and nonlinear disease dynamics in populations. *Am J Public Health* 1994;**84**:836-42.
 40. Morris RD, Naumova EN, Levin R, Munasinghe RL. Temporal variation in drinking water turbidity and diagnosed gastroenteritis in Milwaukee. *Am J Public Health* 1996;**86**:237-9.
 41. D'Souza RM, Becker NG, Hall G, Moodie KB. Does ambient temperature affect foodborne disease? *Epidemiology* 2004;**15**:86-92.
 42. Singh RB, Hales S, de Wet N, Raj R, Hearnden M, Weinstein P. The influence of climate variation and change on diarrheal disease in the Pacific Islands. *Environ Health Perspect* 2001;**109**:155-9.
 43. Checkley W, Epstein LD, Gilman RH, et al. Effect of El Nino and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children. *Lancet* 2000;**355**:442-50.
 44. Keatinge WR, Donaldson GC, Cordioli E, et al. Heat related mortality in warm and cold regions of Europe: observational study. *BMJ* 2000;**321**:670-3.
 45. Applegate WB, Runyan JW Jr., Brasfield L, Williams ML, Konigsberg C, Fouche C. Analysis of the 1980 heat wave in Memphis. *J Am Geriatr Soc* 1981;**29**:337-42.
 46. Centers for Disease Control and Prevention. Heat-related deaths -- United States, 1993. *MMWR* 1993;**42**:558-60.
 47. Pan WH, Li LA, Tsai MJ. Temperature extremes and mortality from coronary heart-disease and cerebral infarction in elderly Chinese. *Lancet* 1995;**345**:353-5.
 48. Patz JA, McGeehin MA, Bernard SM, et al. The potential health impacts of climate variability and change for the United States: executive summary of the report of the health sector of the U.S. National Assessment. *Environ Health Perspect* 2000;**108**:367-76.
 49. McGeehin MA, Mirabelli M. The potential impacts of climate variability and change on temperature-related morbidity and mortality in the United States. *Environ Health Perspect* 2001;**109**(suppl 2):185-9.
 50. Ebi KL, Exuzides KA, Lau E, Kelsh M, Barnston A. Weather changes associated with hospitalizations for cardiovascular diseases and stroke in California, 1983-1998. *Int J Biometeorol* 2004;**49**:48-58.
 51. Healy JD. Excess winter mortality in Europe: a cross country analysis identifying key risk factors. *J Epidemiol Community Health* 2003;**57**:784-9.
 52. Diaz J, Garcia R, Lopez C, Linares C, Tobias A, Prieto L. Mortality impact of extreme winter temperatures. *Int J Biometeorol* 2004.
 53. Katsouyanni K, Pantazopoulou A, Touloumi G, et al. Evidence for interaction between air pollution and high temperature in the causation of excess mortality. *Arch Environ Health* 1993;**48**:235-42.
 54. Sartor F, Snacken R, Demuth C, Walckiers D. Temperature, ambient ozone levels, and mortality during summer 1994, in Belgium. *Environ Res* 1995;**70**:105-13.
 55. Diaz J, Jordan A, Garcia R, et al. Heat waves in Madrid 1986-1997: effects on the health of the elderly. *Int Arch Occup Environ Health* 2002;**75**:163-70.
 56. McGregor GR, Walters S, Wordley J. Daily hospital respiratory admissions and winter air mass types, Birmingham, UK. *Int J Biometeorol* 1999;**43**:21-30.
 57. Rainham DG, Smoyer-Tomic KE. The role of air pollution in the relationship between a heat stress index and human mortality in Toronto. *Environ Res* 2003;**93**:9-19.
 58. Neild PJ, Syndercombe-Court D, Keatinge WR, Donaldson GC, Mattock M, Caunce M. Cold-induced increases in erythrocyte count, plasma cholesterol and plasma fibrinogen of elderly people without a comparable rise in protein C or factor X. *Clin Sci (Lond)* 1994;**86**:43-8.
 59. Gordon DJ, Hyde J, Trost DC, et al. Cyclic seasonal variation in plasma lipid and lipoprotein levels: the Lipid Research Clinics Coronary Primary Prevention Trial Placebo Group. *J Clin Epidemiol* 1988;**41**:679-89.

60. Woodhouse PR, Khaw KT, Plummer M, Foley A, Meade TW. Seasonal variations of plasma fibrinogen and factor VII activity in the elderly: winter infections and death from cardiovascular disease. *Lancet* 1994;**343**:435-9.
61. Woodhouse PR, Khaw KT, Plummer M. Seasonal variation of blood pressure and its relationship to ambient temperature in an elderly population. *J Hypertens* 1993;**11**:1267-74.
62. Natsume K, Ogawa T, Sugenoja J, Ohnishi N, Imai K. Preferred ambient temperature for old and young men in summer and winter. *Int J Biometeorol* 1992;**36**:1-4.
63. Connor MD. Does the weather influence stroke incidence? *Stroke* 2002;**33**:1757-8.
64. Kovats RS, Hajat S, Wilkinson P. Contrasting patterns of mortality and hospital admissions during hot weather and heat waves in Greater London, UK. *Occup Environ Med* 2004;**61**:893-8.
65. Field TS, Hill MD. Weather, chinook, and stroke occurrence. *Stroke* 2002;**33**:1751-7.
66. Cooke LJ, Rose MS, Becker WJ. Chinook winds and migraine headache. *Neurology* 2000;**54**:302-7.

The impact of weather conditions on cardiovascular, respiratory, and gastroenteric health

YU-CHUN WANG¹, FUNG-CHANG SUNG^{1,2,*}

The health effect of global warming and regional climate changes has attracted considerable attention in recent years. This article reviews the recent publications on the associations between weather conditions and cardiovascular, respiratory, and gastrointestinal diseases. Temperature change has a stronger association with the risk of cardiovascular and respiratory diseases than gastrointestinal diseases, particularly during extreme conditions such as heat waves and cold spells, which may lead to significant excess mortality. The health impact is immediate from a heat wave because of the shorter latency effect, while cold weather may have a health impact that persists over a longer period of time. Individuals with cardiovascular disease are more sensitive to low temperatures than those with respiratory disease. Gastroenteritis occurs when clean water is unavailable, as a result of prolonged rainfall or unusually heavy precipitation. Such heavy rainfall during storms has an increased effect on gastrointestinal disorders, even with populations in developed nations. Age, gender, socioeconomic status, and regional climate are modifiers with respect to the health impact of weather. The elderly are particularly sensitive to changes in temperature. The interaction among air pollution, biological mechanisms, socioeconomic status, and health care availability associated with the health impact of weather changes is not completely known. It would thus be useful to estimate how these factors influence the health risks associated with various weather conditions and in different geographic areas. Prevention strategies associated with these variations are additional issues of public health importance. (*Taiwan J Public Health*. 2006;25(4):256-265)

Key Words: cardiovascular disease, gastrointestinal disease, respiratory disease, weather

¹ Institute of Environmental Health, College of Public Health, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

² Institute of Environmental Health, College of Public Health, China Medical University, No. 91 Hsueh-Shih Road, Taichung, Taiwan, R.O.C.

*Correspondence author. E-mail: fcsung@mail.cmu.edu.tw

Received: Dec 8, 2005

Accepted: May 17, 2006

