

# 環境噪音與兒童

吳聰能<sup>\*</sup>譯

## 前 言

1980年美國環境品質委員會 (the council on Environmental Quality) 估計大約有半數以上的美國人口可能曝露於高到足以影響說話、聽、和睡眠等正常活動的環境噪音量下。有2,000萬至2,500萬人可能曝露在長期曝露後足夠引起某些聽力傷害的噪音量下。有些研究特別指出學校與居住環境的高噪音量可能導致兒童的某些效應。1975年，Mills 卽曾指出兒童對於噪音效應可能具有較高的感受性 (hyper-susceptible)，而且在既定的噪音量下兒童可能比以前所研究的成人產生較大的效應。

特別感到有趣的是噪音對兒童言語溝通的干擾能力，由於兒童本身較不準確的語言，有限的字彙，及較不熟悉語言規則而可能特別地易於受到噪音的干擾作用。慢性曝露於高音量的噪音下，在兒童學習語言、說話、及聽的技巧期間，可能造成兒童在讀與其他方面的學術表現 (academic performance) 上的影響效應。

兒童可能比成人更易於受到噪音影響而引起噪音性聽力損失 (noise-induced hearing loss, NIHL) 的可能性也存在。因此，相信對成人是安全的噪音曝露量可能不足以保護兒童的聽力。此外，除了聽力以外，慢性噪音曝露可能造成健康上的效應。特別值得考慮的爭論總是圍繞在噪音曝露可能形成此種非聽覺性健康問題 (non-auditory health problems)，如高血壓與心臟血管疾病。

在1975年以前，大部分的有關噪音效應的資料都是來自於以成人進行的研究。任何有關兒童的結論大多是根據成人資料推論而來。直到近來才有許多研究著重於環境噪音效應對兒童影響的研究上。大多數的這些新近調查曾注意到兒童在學校表現與知識發展效應上，但是有些發現曾得到有關兒童聽力與非聽覺健康效應。

在這種情形下，是適合去展示這些研究的探討及去確知結論，假如有的話，現在能描述有關的兒童對噪音的相關感受性。為了評估噪音的完整影響，兒童年齡羣人口的這種資料是需要的，而且充分的設計、計畫與評估兒童所現有的環境。在下述的文獻回顧中，將討論如下的每一種研究分類。有關噪音對教師行爲影響效應的研究和那些有關學校環境噪音防止努力的研究也並同探討。並且在本文中也考慮到何種噪音量曝露是適當與安全的。

\*行政院衛生署環保局技正

## 學校表現與知識發展

大部分的此類研究都曾探討，在距離主要噪音源不同距離下，大多是時常維持吵雜的機場或忙碌的道路，比較住校或通學兒童的差異。根據不同位置的物理音響測試，有關噪音曝露情形已被典型地評估過，但有時候，噪音環境也被僅使用主觀的等級(subjective ratings)來予以描述。大多數的研究均會企圖使不同兒童組別的社會經濟狀態和相對的數量相等。從標準化成績測驗和不同的認知方法所得的分數是最常被用為研究成果或附屬的測量。

1973年 Cohen 等人所進行的一篇較早期的研究是對住在忙碌的高速公路旁的小學 3—5 年級學童測量閱讀的成績和聽覺的識別能力。在公寓內進行的噪音測試結果極為不同，可從最安靜的 55dBA 到最吵雜的 66dBA。當在安靜的情況下進行試驗，結果發現住在較吵雜的公寓內比居住在較安靜公寓內的學童有著較差的聽覺識別能力和閱讀的成績。而且這些效應隨著曝露的期間增長而有顯著的增進，而且，這種情形不被不同的種族、社會經濟狀態或聽力能力所解釋。

隨後進行的研究已傾向於支持這些發現。1975年，Bronzaft 與 McCarthy 一篇火車噪音對 2、4、6 年級學童閱讀的成績影響研究，發現在建築物面對車道一邊的教室中的學童其表現是比在建築物安靜側的學童來得差些。在受影響的教室中，沒有火車通過時噪音量大約有 59dBA，在火車通過時昇高到 89dBA，而每 4—5 分鐘即有一班火車通過。1979年，Heft 的另一研究比較了依父母作家庭等級分為安靜或吵雜而來的 4—6 歲兒童，在配對和附帶的學習工作，來自於吵雜的家庭的兒童呈現出較差的表現。

最近，幾個範圍更為廣泛的研究已被完成了。1981年，Cohen 等人的一篇報告就是有關位處洛杉磯國際機場飛行航線下的 3—4 年級的通學學童。在其與對照的安靜學校相比較，噪音曝露學童似乎較無法去解決或易於放棄難於解決的工作。噪音曝露學童在一種分心工作 (distraction task) 上的表現，在一開始時是比安靜學校的學童還要好，但隨著曝露期間的增加會變得更壞。持續地曝露於獲得的聽覺識別能力與閱讀成績效應。然而，1982年，Green 等人在紐約市進行的一篇研究中發現，曝露於航空器噪音下的兒童，當噪音量增加時，閱讀能力低於同一年級水準的學生百分比增加。噪音量與閱讀之間的關係似乎是線性的，因為最吵雜的學校 3.6 % 學生閱讀能力比最安靜的學生至少低上一年。1981年，Lukas 等人的一篇報告指出在加州高速公路旁的 15 所學校 100 間教室中，發現噪音量增加時，學童的閱讀能力降低。這研究也發現在社區噪音與學校噪音的一種明顯妥協；那就是，當社區是安靜時，相對地在教室中可以忍受更多的噪音，而沒有閱讀成績上的不良影響。

雖然大多數的研究都以學校學童為基本單位，但還是曾在其他的年齡羣中得到某些發現。1971年及 1979 年 Wachs 等人在一系列的嬰兒研究中，以觀察者分類，噪音混亂在家裏顯現出是一種有關認知發展的重要環境影響。Piagetion 測量方法結果報告知覺和運動的發育的不足現象，包括解說的、動作的與說話行為的標誌。這些發現的可能解釋是噪音可能會抑制選擇性注意 (selective attention) 的發育。不管怎樣，噪音很明顯的甚至在人生的第一年或第二年期間也可能會產生影響作用，而且從吵雜家庭而來的兒童，在進入學校之前可能會有一個不利的影響。

在白天照顧中心被照料的學齡前兒童也曾被研究過。1982年，Hambrick-Dixon 的實驗指出噪音會干擾精神運動性工作 (psychomotor tasks)，但卻不會干擾知覺或認知性工作 (perceptual or cognitive tasks)。在一次以視覺警醒表現 (visual vigilance performance) 進行學前測驗的追蹤性研究指出，在頭二年曝露期間，地下鐵噪音在表現上有些利益效應，但隨著曝露期間增加，表現卻減少了。在兒童照顧中心也顯現出相同的改善情形。這些效應與在洛杉磯機場 分心工作研究中所發現的累積效應相似。1968年，Karsdrof 與 Klappach 曾以十來歲的德國兒童進行一次研究，結果發現 7—10 年級的通學學生受到高噪音量的背景噪音所影響，其集中注意力 (concentration task) 減少。根據學生們完成的問卷顯示，他們知道學校內的噪音，而且也被噪音騷擾。

得自不同的人口與噪音發生源的明顯相同發現支持了噪音實際上可能會干擾認知發展與校內表現的結論。應該對這些效應負責的機轉 (不管是單數或複數) 都不曾清楚地被確證；但是，溝通干擾可能出現直接或間接的牽涉。相關的解釋，包括1964年 Deutsch 的傷害選擇性注意力 (impaired selective attention) 及1975年 Seligman 的學習無力 (learned helplessness) 也會被提出。

一個具有值得考慮的實務意義問題是，什麼樣的噪音才是過量的噪音？1974年美國環境保護局對教室之室內噪音量建議值一般是認為 24 小時曝露均能音量 (Leq 24) 不能超過 45 dBA。但是，根據由成人所蒐集而來的資料得知，經由言語干擾指標的使用，這些建議值甚多被達到。到現在，只有一個企圖提出做為限值的數據是得自於兒童。1981年，Lukas 等人的一篇加州高速公路研究中，曾以閱讀成績結果來推論教室內交通噪音的一個試驗性標準。而主張 24 小時均能音量為 58dBC，那大約等於 24 小時均能音量 46dBA。此一噪音量幾乎等於推論自使用言語干擾指標的噪音量。因為在這研究中發現學校與社區噪音量交互作用的性質，因此提議社區噪音限制的建議值為  $L_1=65$ dBA ( $L_1$  代表超過 1 % 時間的噪音量)。這一噪音量大約等於日夜均能噪音量 (Ldn) 60dBA。1981年，美國環境保護局的新近估計指出，有 6 千萬人以上是曝露在超過 Ldn 60dBA 的噪音量下。但是，在傳統的教室噪音量時常會超過 45dBA。1978年，Nober 曾報告，在空的小學教室中平均噪音量是 65dBA，而 1965年，Sanders 的研究也曾發現空教室中噪音量是 55—58dB 而使用中教室是 59—65dB。在高噪音地區，較高的噪音量是能被預期的。

可能有大量的兒童是處在與噪音有關的學習低落危險 (noise-related learning deficits) 下，但是，就現有的知識是不足以去估計究竟有多少兒童處於危險下，或者不同噪音曝露程度的精確危險程度。在現在高背景噪音量下的具有聽力損害、學習不良和有關障礙的兒童可能是處於更不利的情況下。因此，為了這些兒童，似乎是需要更嚴格的限值。

## 噪音曝露與聽力

曝露於學校和家庭環境噪音是否足以造成兒童聽力傷害，是一個值得商榷的問題。在前面所提及的大部分研究，並沒有直接地評估聽力或從研究中排除那些有任何種類聽力問題的兒童。部分研究對於此種缺乏的辯護是，有關的噪音曝露頻率是低於一般所考慮會產生聽力

損失的高頻音。另一方面，1974年美國環境保護局曾考慮 Leq 24 70dBA，並且建議作為定期曝露於危險性噪音量下兒童長期聽力的最大保護。1975年，Von Gierke 與 Johnson 估計學童平均每天噪音曝露 (Leq 24) 指出，可能代表性曝露大約是 77dBA，有關兒童實際曝露資料很少是可用的；然而，在1978年 Schori 與 McGatha 的一次噪音曝露評估研究中即包括有一小組的兒童樣本，而且報告兒童每天曝露於 76.2dBA 的噪音下。事實上，兒童比其他任何年齡組的研究有著較高的噪音曝露。

伴隨而來所存在的辯論是兒童到底是否會比成人更易形成 NIHL。根據人體與動物資料的發現，指出在較年輕的年齡感受性較大，而且在發育過程中可能甚至有特別感受性的危險期間。但是相反的發現也曾被發表，例如，1975年 Mills，1978年 Saunders 與 Bock 的研究即是。結果，對於聽力損失的現有噪音曝露水準，在成人與兒童之間是沒有差別的。例如，70dB 建議值僅只討論兒童與成人之間沒有差別，自組成曝露的安全量而言。這可能是有問題的，這些水準可能不能直接地適用於兒童。

1982年，Roche 等人在一次年輕人(6—18)歲聽力的縱斷性研究(*longitudinal study*) 曾直接的澄清這些觀點。這計畫的一個特別想法是讓兒童們配戴個人噪音劑量計 (*personal noise dosimeters*)。使用這些設備，是可能有理由去獲取每個兒童每天噪音曝露的精確測量值。所得到的 24 小時等量噪音曝露，顯示每天的曝露大約由 77 至 84dB 不等。這些量是可以認為比 70dB 的建議值來得高。被選中為樣本的兒童是來自鄉下與市郊地區，是沒有曝露於有意義的航空器或交通噪音量。正如所預期的，有些男孩的曝露是大於女孩，尤其是在十幾歲年紀期間。但是，頭五年的研究結果並未在噪音曝露與聽力損失之間提供統計上有意義關係的清晰模式。但是，在資料中能被檢知出有些明顯的與噪音有關的趨勢。聽覺閾值在 4 與 6 kc/s 比在其他頻率為高。在高頻部分 (尤其是 4 kc/s) 是與噪音有關的變化首先應該注意的頻率。正如指示的，女孩比男孩有著較低的噪音曝露；她們也有稍微低些的聽力閾值。在較老與較輕年紀組比較時，這些差異會更大些。這些年齡與性別趨向在本質上是與以前的兒童與年青人聽力的橫斷性調查，如1965年的 Glorig 與 Roberts 的研究，1970年的 Roberts 與 Huber 的研究相符合。

曾有計畫企圖去執行有關的特別環境曝露兒童聽力的實地研究，機場噪音與聽力曾是兩項新近研究的主題。首先 1975 年 Andrus 等人的這些研究對象是由住在距離波士頓 Logan 機場不同距離的小學與中學學童所組成。結果顯示直接居住於飛行航道下或靠近跑道者與另外的較少受影響者，在兩側性感覺神經或混合性聽力損失的發生率上是無法衡量出兩組之間的差異。在第二個研究中，也就是1982年 Green 等人的研究，是由201個永久性雙側高頻聽力損失的兒童與 208 個正常聽力對照組所組成，在這研究中曾打算去排除聽力損失的其他可能因素，諸如，外傷、聽覺毒性藥物、感染等。每一位兒童航空器噪音曝露是由紐約市機場的噪音等量線圖 (*noise contour maps*) 來估計。結果產生一個很小但沒有統計上意義的噪音曝露與高頻聽力損失危險性的關係。

簡言之，兒童會被報告似乎是曝露於不可忽視的噪音量下，而且在聽力閾值上也有一致的年齡與性別差異。更且，這些差異能反映出噪音曝露的情形。在其代表性的環境曝露與兒童聽力損失之間尚未能有令人信服的有意義關係的描述。根據這些少數可用的資料，是無法

去結論環境噪音對兒童聽力無害或兒童是有些聽覺傷害的抵抗力。很明顯地，在兒童 NIHL 方面尚缺乏有系統的研究。

## 非聽覺性健康效應

衆所皆知曝露於噪音相當量與期間後，能造成永久性聽力敏感性之損失。但是這種曝露在其他人體系統中也能造成有害的效應嗎？短期曝露研究描述噪音亦能在人體與較低等動物中引起不同的急性生理與生化反應。1977年，Cohen 表示當一起探討時，這些反應顯示出代表一種有關自律神經系統交感神經性激發的普遍性生物應力反應 (biologic stress reaction)。大多數爭論的範圍是現在所著重的，這些反應是否會造成一種實際的威脅，以爲長期噪音曝露的一種作用方式。最初支持慢性噪音曝露產生醫學上有意義的非聽覺性效應能力是來自於職業性噪音研究，這些研究即曾報告說噪音與血壓昇高及其他心臟血管效應之間存在有相關性。1981年，Thompson 的社區噪音反應研究也有正面結果的發現，但是這方面的研究較少而且結果也較不一致。1980年，Kryter 的研究卻不幸地指出此兩方面分類的研究有著嚴重的方法論上的問題。

對於非聽覺性效應的注意，使得在最近完成的幾篇噪音與兒童研究中，包括有非聽覺效應反應測量。實際上，1979年 Cohen 等人曾主張噪音對兒童在生理學上的影響似乎比成人更爲有害，部分原因是因兒童具有較未完全發育的對抗反應 (coping responses)，而且常未能控制他們環境。

1981年 Cohen 等人在洛杉磯機場的研究中發現，曝露於高噪音兒童會比低噪音兒童有著顯著高的收縮與舒張血壓。這些發現在頭兩年期間是有最大差異，然後變得較小些。有關這些發現可能的醫學意義的解釋是困難的，因爲曝露於噪音兒童組的血壓並未超過1976年 Voors 等人所公布同年齡兒童正常血壓值 (normative blood pressure values)。1968年，Karsdorf 與 Klappach 的德國交通噪音研究，也同樣地得到了中學學童血壓差異。當噪音曝露增加，血壓呈現一種一致性增加的模式，而且在分隔的最低與最高噪音曝露的學校大約相差 9—16 mmHg。這些差異在男性與女性都是同樣地被影響。在相反的一面，1982年 Roche 等人前述所提的縱斷聽力研究中，所測量的血壓是無法去發現噪音曝露與血壓間關係有任何一致的模式。而且在分隔的最低與最高噪音曝露的學校大約相差 9—16 mmHg。這些差異在男性與女性都是同樣地被影響。在相反的一面，1982年 Roche 等人前述所提的縱斷聽力研究中，所測量的血壓是無法去發現噪音曝露與血壓間關係有任何一致的模式。

上述的發現並不能解決非聽覺效應範圍的爭論。雖然，有些令人興奮的資料存在，但是還尚未能提供任何有關兒童非聽覺健康的可能噪音效應。因此，對於兒童的噪音應力——調節效應 (stress-mediated effects) 乃有未決的問題。曾有一股風氣去結論，聽力曝露安全自任何可能的非聽覺性效應的角度而言，也是安全的。但是，過去的研究結果並沒有提供接受此一論點的基礎。有些研究曾蒐集了兒童聽覺與非聽覺效應兩方面的資料。在此一部分所引證過去研究發現的正結果血壓效應，還未能完全包括所有聽覺性研究。那些報告無效發現的研究在兩類效應上包含了十分完全的資料，但是就聽力或血壓而言，無法去發現有意義的

與噪音有關的效應。

## 老 師 行 爲

大多數在學校進行的噪音研究都是著重於學生所發生的效應上。但是，高噪音量也可能以發生高度的煩擾或干擾言語溝通的方式有害地影響老師，並且改變老師——學生之關係 (teacher-pupil interaction)。任何的這些結果都可能被預期會造成教育過程上不利的效應。在教育研究中所獲得的有關噪音效應有用資料可能衡量老師的行爲。

1974年，Crook 與 Langdon 一項靠近倫敦 Heathrow 機場附近教室的研究顯示，當航空器飛越的噪音量增高時，老師們必須用力的提高他們的聲音以使學生們能夠聽到或甚至在上課期間時常暫時停下來。在過去曾舉行過兩個大規模而本質上結果相似的問卷調查。第一個是1979年 Ko 對香港2,200位老師進行的有關航空器噪音問卷調查。發現幾乎所有學校的老師都接受了可觀的航空器噪音：由 70dBA 至 100dBA 不等。大部分的發現是，當噪音增加時，主觀的煩擾可預測地增加，而且老師們所遭遇的最嚴重問題是在噪音期間言語干擾及教學中斷。至於第二個研究的重點是在交通噪音，1980年 Sargent 等人在英國完成了大約1000位老師們的問卷調查，結果指出上述一種外來的 60dBA ( $L_{10}$ ) 交通噪音量有顯著增加老師感覺厭煩的程度，而且認為教室是一個不能令人滿意的環境。在以前的研究中，言語干擾與教學中斷是最常被提及的問題。與以前對家屬進行的調查結果相比較，老師顯然比居民對噪音更為敏感。這可能可以在教學環境中言語溝通的中樞重要性被解釋。

因此，對於現在的研究發現顯示老師們也受到噪音干擾與言語溝通困難的影響之結果，是不必感到訝異。在各種不同的干擾測量值與噪音量間，實質上的線性關係已被發現。老師們利用提高他們的聲音或在噪音發生時停止說話來對抗高噪音量。這種行爲的需要性，可以解釋通學學童受噪音影響鄰居研究中所獲得的學習與表現受損。教室內部  $Leq\ 24$  音量為 45dBA 將足以預防老師們受到煩擾與言語障礙效應。實際上，老師們可能忍受某些較高噪音量，而不會帶來可以測知的有害效應。所以選擇 45dBA 作為可接受音量 (the acceptable level) 是因為對兒童而言，那似乎是一種足夠聽取能力的環境。

## 噪音防止的努力

是否能經由聲音衰減材質設置以形成一個較為安靜的校內環境，來抵抗曾報告過的學習、表現與其他有害的效應？在噪音防止的可能改善效果已在兩次實驗中獲得了實驗性資料。

在洛杉磯研究地區，一項控訴使得有部分教室但並不是全部教室使用聲音減低材料，這種狀況構成了自然的實驗，可以進行噪音教室與噪音防止教室間的比較。1981年，Cohen 等人的研究指出，這種比較僅提依了一些血壓或工作表現上改善效果的方向；但是，對數學而言，卻可發現改善成果。追蹤提高火車噪音完成的研究在1975年也被 Bronzaft 與 Mc. Carthy 提出討論過，而且採取一些步驟去減少火車發生噪音。例如在鐵軌與支撑結構之間使用橡膠襯墊，而在教室內安裝音響天花板 (acoustic ceilings)。1981年，Bronzaft 經過

一年的追蹤完成成績試驗分數的測量結果，顯示面對軌道建築物一側之教室內學生的表現，是跟那些住在同建築物背側的學生同樣的好。

教室噪音量的降低可以促使成績測驗表現改善。由於成績測驗是在實際的教室中進行，因此，是很難於去決定在噪音曝露期間是否可反映出改善的情形，或僅是在測驗期間剛好有較少的噪音。後一解釋可能較為準確，在洛杉磯研究中，唯一與噪音減低有關的正結果是增進測驗表現。這些研究都可能不是十分適合於作為長期噪音減低效應的測驗。在這兩個實例中，只是追蹤比較在防制方法設置之後的一年期間。更顯著的改善效應可能需要一個較長期間的發展。

在學校地區進行減低教室噪音量的工作以前，應先考慮給予在有問題學校建築物周圍地區的所有噪音量。重要的是兒童的每天所有曝露，而不僅是發生在學校或家裏的曝露而已。在社區噪音量仍然很高的地區，經由噪音衰減方法的實施後，僅能產生一種較為安靜的校內環境，而可能無法排除與噪音有關的學習障礙，雖然時常會遇到困難，但最有效的方法還是在於控制噪音源。對於噪音與兒童而言，在此所要強調的是自大部分的社區噪音源減少其噪音的排放。這種控制將導致所有社區噪音量的降低，而代表著學校與家庭也將有較低的噪音。

## 結論

那是有理由去結論年輕的兒童可能特別地感受到噪音的溝通干擾效應。閱讀成績與認知工作表現的不良，曾在許多研究報告中被提及，其中包括不同的噪音源與兒童羣。雖然，與這種不良有關的特別機轉還不會被確認出，但是很明顯的，不論是直接或間接，這些不良都是噪音干擾言語的結果。 $45\text{dBA}$  的 $24\text{小時等量噪音量}$ ，對正常學童而言，是可構成一種安全的教室內噪音量；但是，這一數值被認為是實驗性的。研究建議指出能被忍受的教室內噪音量是全在於社區內所有噪音量而定。降低教室內的噪音量可能增進測驗表現，但是這種改善非常可能歸因於在測驗期間減少噪音的中斷作用，而非實質上的長期改善效應。

兒童如今在他們每天的活動期間都經歷到實質上的噪音曝露。代表性的每天曝露量曾顯示超過那些被認為長期聽力最大保護的噪音量。聽覺閾值在性別上的差異會在青春期顯現出來，女孩具有較佳的敏感性，而且這些差異顯現出男孩有著較大的噪音曝露。但是，在曾經進行過的有關少數研究中，卻很少能尋得環境曝露嚴重傷害兒童聽力的證據。在非聽覺效應的研究中也曾獲得混合性的結果。有關噪音對血壓的影響，正結果與負結果都會被獲得。因此，需要更多完整評估噪音對兒童聽覺與非聽覺的健康效應。論及有效資料的考慮時，首先應強調言語干擾效應在評估噪音對兒童影響上所扮演的角色。

(本文譯自 Dejoy, D.M.: Environmental noise and Children: Review of recent findings, The Journal of Auditory Research 23:181-194, 1983.)