

環境與職業醫學專欄

## 無形的威脅---高壓電纜

台大職業醫學與工業衛生研究所林意凡醫師

校閱者：王榮德教授

蘇小姐是國小的護士，她不只要照顧小朋友，也要照顧學校教職員的健康。學校最近年輕的女老師多，大部分都是剛結婚準備懷孕，因為有些人流產，大家就開始對學校旁邊的高壓電塔議論紛紛，常常到健康中心跟蘇小姐討論，到底學校附近的高壓電塔會不會增加流產的機會？

我們先大概說明一下電磁場：

### 電場

當一個正電荷和一個負電荷存在時就會產生電場，所以電壓差越大，電場越強。但是電場強度會隨距離而遞減，所以電場的單位是伏特／公尺（V/m）。電場有金屬屏蔽作用，會被鐵板以及鋼筋建築物隔離。

### 磁場

當電流流動時就產生磁場，電流越強，所產生的磁場越強。同樣的，磁場也會隨距離遞減，所以磁場的單位是安培／公尺（A/m）。（通常我們會使用的單位是uT: microtesla或毫高斯:mG，換算的方法是1 A/m= 1.26 uT，1uT= 10mG）磁場跟電場不同，磁場不容易被阻隔，一般的建築物是無法阻隔磁場的。

### 極低頻電磁場

我們平常所使用的電力有兩種：直流電和交流電，電池就是直流電，它的電場和產生的磁場方向是不會變動的；相對的，我們日常電器（有插頭的）所使用的是交流電，交流電會以一定的頻率改變電場和磁場的波形，我們所使用的交流電頻率是50-60赫茲（Hz），它所產生的電磁場就是我們這篇文章所討論的極低頻電磁場。

### 極低頻電磁場的來源

如上所述，極低頻的電磁場來自於我們平常使用的交流電，所以舉凡高壓電纜（一般是金屬電塔）、一般傳輸電纜（一般是木頭電線桿）、變壓器、屋子牆壁裡的電線、以及我們日常使用的電器（吹風機，影印機等等）都是極低頻電磁場的來源。

因為電磁場會隨著距離而衰減，我們日常所使用的電器，只要距離90-120公分就會降到背景值（就算沒有用那個電器一般人也會暴露的值），而一般傳輸纜線需要18-60公尺，高壓電纜需要90-300公尺才能降到背景值。變電箱通過的電流比我們所使用的電器強很多，所以降到背景值所需的距離也較大。至於變電所雖然其中產生的電磁場很大，但是在變電所的圍牆之外一般估計已經衰減到接近背景值，只是變電所旁通常電纜密度都會比較高，所以變電所附近的電磁場也有可能比較高。

### 如何量測電磁場

- 1、看電纜的種類和與身體的距離推算。
- 2、單點測量儀器，比第一個方法好的地方在於，因為我們使用的電器日漸增加，往往會暴露  
在非電纜造成的暴露源，用精確的儀器才能真正知道一個環境的電磁場強度。
- 3、個人攜帶式儀器：比第二個方法好的地方是，我們日常生活活動的範圍往往超過單點測量  
所能做到的範圍，將測量的儀器放在受試者身上才能知道完整的暴露量。但是這個方法必  
須注意的是，因為每個人每天的作息都會不同，假如挑到測量的日子是作息跟平常都不一  
樣，那就無法代表真正的暴露量。
- 4、專門測頻率改變的儀器

### 暴露在極低頻電磁場會產生的生理反應

電流對身體造成的影響就像對其他導體一樣，會影響表面電荷的改變，若是將很強的電場加在我們的身體，就會將電流從身體導向地下（電擊）。磁場則會引發電流，若是將很強的磁場加在我們的身體，可能會引發足以產生神經衝動或影響心臟電氣傳導的電流。雖然很強的電磁場可以觀察到這些效應，但是我們日常生活卻碰不到這麼強的電磁場，就算是站在高壓電纜下方，我們暴露的電磁場所引起的電流也比不上我們身體內部自己產生的電流（神經傳導或心臟電氣活動）。

### 極低頻電磁場的健康危害

根據數十年的研究，儘管極低頻電磁場會造成某些生理反應，但是卻一直無法證實極低頻電磁場會造成什麼健康危害。其中，小孩子白血病與極低頻電磁場的關聯引起許多流行病學家的爭議，因為支持和反對的實驗結果同時存在。一直到2001年6月國際癌症研究組織（IARC）開會時決定，根據兩篇綜合過去流行病研究的大型研究報告結果：暴露在3-4mG以上的小孩(0-14歲)得到白血病的機會是暴露小於3-4mG的小孩子的兩倍，將極低頻電磁場列為可能的人類致癌物（possible human carcinogen）。（可以參考網站：<http://monographs.iarc.fr>）

國際癌症研究組織把人類致癌物分為三類：確定的人類致癌物（human carcinogen，如石棉）、強烈懷疑的人類致癌物（probable human carcinogen，有很強的動物實驗支持，如紫外線）、可能的人類致癌物（possible human carcinogen，有人類流行病學研究支持，如咖啡和汽油引擎排放廢氣），其中，可能的人類致癌物是證據較薄弱的。至於其他大人或小孩子的癌症或流產與極低頻電磁場的關聯，目前還缺乏有力的證據。

極低頻電磁場會和小孩子白血病相關的原因並不清楚，因為目前並沒有電磁場會破壞分子（包括去氧核糖核酸分子—即DNA）的報告，大家都認為極低頻電磁場可能是不會誘發（initiate）癌症，但是有可能會促進（promotion）癌症的生長。雖然如此懷疑，但是在動物實驗中依然看不到極低頻電磁場誘發或促進癌症的作用。

### 極低頻電磁場暴露與懷孕的關聯

自從許多學者開始研究極低頻電磁場與人類癌症（主要是小孩子的白血病）的關聯，極低頻電磁場與人類懷孕的關聯也開始有學者投入研究。

Gary M. Shaw 在 2001 年於 bioelectromagnetics (Supplement 5:S5-S18) 發表的

Adverse human reproductive outcomes and electromagnetic fields: a brief summary of the epidemiologic literature 中，整理從Medline上面查的到所有與電磁場、懷孕結果、致畸胎原、流產、畸形、生長遲滯、出生體重的文章，得到以下幾個結論：

1. 電腦終端機的使用並沒有顯示會造成下列的健康效應：提高自然流產的機率、減少出生體重、早產、子宮內生長遲滯的機率、特殊畸形。
2. 住家測量的電磁場與降低出生體重、早產、自然流產、子宮內生長遲滯的關聯目前難以判定。
3. 職業上電磁場暴露與懷孕結果有關的研究目前還太少，不足以下任何結論。
4. 測量許多電磁場來源及直接測量電磁場暴露的研究還太少，不足以下任何結論。
5. 電磁場影響褪黑激素再影響動情素的假說還沒有在人體被研究過。

但是在2002年一月的Epidemiology中有新的研究發現，住家附近電纜的配置、住家內定點測量以及24小時平均暴露量與流產的關聯並不大，但是24小時中的最大暴露量超過14mG或16mG時與流產率的增加有相關。不過因為單天最大暴露量很容易因為孕婦的一些移動就會有很大的改變，所以，這兩篇研究只能提供非常薄弱的證據。

### 極低頻電磁場的暴露規範

國際電磁場暴露最低劑量是由國際非游離輻射防護委員會（ICNIRP）制定，在科學資料的回顧之後，根據避免身體受到短期急性的危害來制定標準，這是因為他們認為電磁場致癌性的資訊，到目前為止依然不足以制定一個新的標準。

1998年國際非游離輻射防護委員會對於極低頻電磁場暴露規定是：一般民眾電場暴露需小於5000V/m，磁場需小於1000毫高斯，而職業暴露的標準比較高，電場需小於10000V/m，磁場需小於5000毫高斯。可以參考網站：[www.who.int/peh-emf](http://www.who.int/peh-emf)

### 我們該怎麼做

政府該怎麼做？每個政府面對各種可能的人類致癌物都會有不同的反應，比如說很少有政府管制咖啡，但是很多政府會管制汽油引擎排放廢氣。面對科學的不確定性，政府要依什麼規則來應對？

世界衛生組織提出在極低頻電磁場的議題中，政府可以應用預先警戒原則（precautionary principle）以及審慎的防範。

預先警戒原則主要應用於環境公共政策的決定（歐盟的羅馬公約），當風險並不確定但有可能擴大時，政府需要在風險變得顯而易見前採取防範的措施。在分析各種行動的成本效益之後，再決定防護措施，屬於暫時性有效之措施，隨時要依據最新科學結果更正，並做進一步的風險分析。

審慎的防範則是指，在沒有充足的科學證據之下，我們無法作強制的規範，所以只能以最少的成本達到減少暴露的目標。至於多少的成本或是減少多少的暴露則沒有明確的說明。一般而言，審慎的防範會指向新的設施而非舊的設施，因為前者的成本通常比較小。也許我們可以要求新的電力設備在不會耗費太多的成本或增加更多的風險下遠離學校或埋入地下，設立電纜線前先和當地政府機關、工業部門及大眾討論，放置的地點應該減少人們的暴露（美國及澳洲的規定）。另外，澳洲和紐西蘭也提出應該教育民眾儘可能減少電磁場的暴露，雖然這並不在原本審慎的防範的定義中。另外，我們可以參考加州政府的一項報告

(<http://www.dhs.ca.gov/deodc/ehib/emf/pdf/AppendixD-EJ.PDF>)，其中有詳細討論電磁場暴露的社會正義及環境正義的議題，關於舊有的電纜或電塔要如何以符合公平正義的原則做好減少電磁場的暴露，以及誰需要付費。

工業相關單位可以做的是提供大眾在電磁場方面清楚詳細的最新科學資訊，同時也建議一些安全且便宜的方法來減少電磁場的暴露。

**個人可以做的則是盡量遠離電器（可以參考下表英國國家輻射保護局公佈的磁場資料）或減少在靠近電纜的房間活動的時間。**

總之，科學家、政府、工業相關單位、以及大眾應該要對電磁場的暴露有全面的了解，盡量減少彼此之間的不信任及恐懼。

距離電器品	3公分	1公尺
電視	25~500 (毫高斯)	0.1~1.5 (毫高斯)
微波爐	750~2000 (毫高斯)	2.5~6 (毫高斯)
吹風機	60~2000 (毫高斯)	0.1~3 (毫高斯)
冰箱	5~17 (毫高斯)	<0.1 (毫高斯)
電鬍刀	150~15000 (毫高斯)	0.1~3 (毫高斯)
洗衣機	8~500 (毫高斯)	0.1~1.5 (毫高斯)
吸塵器	2000~8000 (毫高斯)	1.3~20 (毫高斯)
檯燈	400~4000 (毫高斯)	0.2~2.5 (毫高斯)