

交通部電信總局委託研究計劃
研究報告（二）

行動電話及基地台電磁波對人體健康之影響程度評估
及其防範措施相關研究報告與文獻資料

計劃委託單位：交通部電信總局

計劃執行單位：國立中山大學

私立長庚大學

計劃主持人：吳宗霖 教授

計劃共同主持人：鄭博仁 醫師

郭志文 教授

中華民國九十年十一月十五日

| 目 錄 | 頁次 |
|------------------------|----|
| 前 言 | 2 |
| 第一章 電磁場與人體組織的相互作用 | 3 |
| 第二章 關於電磁波對人類健康影響的研究 | 11 |
| 第三章 行動電話和駕駛 | 21 |
| 第四章 行動電話對人類健康影響的流行病學研究 | 29 |
| 第五章 整體科學之結論 | 43 |
| 第六章 對未來研究的整體建議 | 45 |
| 第七章 世界衛生組織 WHO 的建議: | |
| 電磁場與公眾健康—行動電話及基地台 | 47 |
| 第八章 參考文獻 | 58 |

前 言

曝露在電磁場所帶來的健康風險之評估，有賴良好的引導與重複地科學研究。由於行動通信越漸精巧，使得曝露在電磁波下健康影響的資訊需求越來越大。儘管本研究計劃儘量透過各種資訊來源以獲得佑證，但大多數仍從相關的期刊評論而來。

世界衛生組織定義的所謂健康是指生理、心靈與社會的完美，而不僅只是沒有身體上的病痛。因而本研究計劃正在探討的行動電話與基地台可能危及人們各方面健康的影響，即是出自於此一信念。

本研究收集迄今為止，全球科學家所發表有關於曝露在電磁波下，對健康造成的風險及對生物造成的影響的文獻，並作詳細的討論及評論。

目前必須注意到的一個現象是，在新電信通訊科技被引進的同時，卻沒有提供新科技本質及對健康影響的科學化討論及資料。現行的行動電話手機天線所釋放的平均功率比早期類比式手機來得少，但是所釋放出的最大功率卻比早期類比式手機高且輻射能差異性更多，這些差異可能影響對人體所產生的效應。隨著行動電話的成本降低、使用率提高，地區整體曝露的程度也相形增加。

第 一 章

電磁場與人體組織的 相互作用

第一章 電磁場與人體組織的相互作用

●機轉

儘管對健康的風險評估必須逐漸藉由生物系統的實驗數據進行，但是優先考慮可能的致病機轉仍然恰當，原因有二。第一、如以下的討論，關於電磁波對生物影響的實驗在許多方面是不連續的，利用生物物理學機轉可用來幫助了解與合理化解釋這些實驗數據。第二、我們有必要從單一的曝露情況推廣至其他情況，並在充分了解其基礎機制後再作出合理的推斷。

在人體中，由電磁來源所產生的電場與磁場，可能造成熱能與非熱能二項生物效應。磁場時常變化且與生物體內小部份的磁鐵礦產生極大的效應。磁鐵礦(Magnetite Fe_3O_4)是自然由鐵產生的氧化物，它在磁場中像鐵一樣有著強磁性。在一些細菌和許多動物細胞，包含人類細胞中，都有磁鐵礦的存在。從鳥類飛行與魚群迴游，讓我們相信它們對於磁場的敏銳度。然而，目前仍沒有關於電磁與磁鐵礦在動物身上交互作用的效應被提出。根據量測分析，行動電話電磁場所產生的交互作用非常小，因此此一電磁場對其他任何電頻所產生的效果應該會更小。幾乎可以確定的是，由行動電話造成的生物效應中，從電場而來的多於從磁場而來。

●熱效應

熱效應來自於振盪的磁場吸收能量而造成的溫度升高。磁場在帶電物體內產生能量，例如人體內離子的移動，造成電流流動，電流通過電阻因而產生熱。熱能的輸入造成溫度上升且持續不斷；另一方面，大部份的熱能透過血液的流動來傳導及移除。當熱能的輸入速度與移除的速度相等時，溫度上升才會停止。從電磁波的曝露到擴散至身體其他部份，再達成最後的平均溫度，估計要花費數十分鐘。鑑於回應速度的緩慢，行動通信震波造成均衡溫度上升的程度，將由吸收的平均能量來決定。理論上震波

頻率將造成體溫的微小波動。

◆頭部的熱能

除了皮膚外表外，目前尚無法直接去測量體內的小幅度變化，儘管溫度是導致熱能傷害的直接因素，但是迄今為止，大部份的理論性研究仍侷限於單獨的比吸收率 SAR 之量測上。

比吸收率 SAR 與溫度上升之間的關係是相當複雜的，很明顯地這與天線配置 (antenna configuration)、地點與頻率有關。計算溫度所遭遇到的最大問題是如何模擬血液流動時的熱傳導效應。由 Pennes(1948)所發展出的傳統式連續熱滲透 (continuum heat-sink) 模型，被証實在許多種不同環境下測量溫度有明顯的準確度，但最近許多修正方案紛紛被提出。

最近發表的研究 (Van Leeuwen *et al*,1999)，則使用新的熱能模型，藉由連接有限差異時域模型，來計算 SAR 儲存在頭部的熱能。熱能模型包含血管不連續傳導效果，其基本解剖則在健康志願者身上利用核磁共振血管造影法 (angiography)。得出 915MHz 偶極 (dipole) 天線平均時間輸出功率 2.5W (相當於典型的行動電話)，這個研究產生一個穩定狀況下的 1.6W/kg SAR 而得以預測出腦部溫度上升 0.11°C 。目前大家已認同利用 pennes 程式及利用新式不連續血管模型所測出之腦部溫度變化；這意味著對於血液流動模型而言，這二種結果的敏感度已相當穩定。現今更進一步的工作應該是要應用這個模型，測試在更接近現實狀況的行動電話配置，及探討不同天線位置及頻率的效應 (特別是使用 1800MHz 傳送的行動電話)。

最近國際輻射保護組織 NRPB 一項研究，即將 pennes 的熱能模型應用在其先前預測得的 SAR 模型中。此一放射線被模擬為金屬盒內的單極天線 (monopole antenna)，且已考慮垂直及水平的天線方向。在 0.25W 天線、頻率 900 及 1800MHz 時，計算穩定狀態下最終溫度的是上升程度。腦部

升高的最高溫度大約為 0.1°C 。

●非熱能效應

0.9 及 1.8GHz 的放射總能量分別相當於 4 及 $7\mu\text{eV}$ ($1\mu\text{eV}$ 於一百萬之一 eV)。相對於能破壞最弱的化學基因分子 (DNA) 的熱能總量 1eV，這些值是非常小的。也因而，電磁波能夠直接破壞 DNA 似乎是不可能的，因此也不太可能使細胞變異為癌症。

電磁波也能產生其他效應。一般來說，只有當曝露在電磁波範疇的生物系統之電場沒有被熱能干擾時，才能夠查覺其變化。熱能干擾或隨機移動，就是眾所皆知的 Broenian 移動，肇因於物體擁有高於絕對溫度零度而產生的熱能。固體內的原子振動、氣體及液體，則隨著與其它原子的碰撞，不定期且往復地移動。因此，所有生物體的組成成分——離子、分子及細胞——都會不斷地移動。每一個組成分子的熱能平均值大約為 kT ，這裡所指的 k 是 Boltzmann's 常數，每度是 $86\mu\text{eV}$ ； T 是 Kelvin 所測量的絕對零度， K ($T=273+t$ ，這裡所指的 t 是攝氏溫度)。在體溫下 T 值大約 300 K，因此 kT 等於 26meV，如果這個值大於電場移動所產生的能量，任何電場所產生的效應將被隱藏 (生物組織內的組成分將無法偵測出)。相較於熱能干擾，這將得以測量足以產生可偵測的生物效應之最小電場。應該注意的是，假如某一個案的生物系統對於某一特別電場頻率共振產生敏感，但對於其他頻率並不敏感，則必須針對接近共振發生頻率所產生的熱能移動作進一步的比對。如果共振是強烈的，那它必定是小於總熱能干擾，因此在共振型態中，比較小的電場必定存在生物系統內且產生可偵測效應。

目前必須釐清的論點是：離子的移動是否會造成熱能效應？電場游移不停的造成離子往復地移動，雖然離子移動的範圍會因為環境中液體的黏性而減少。 100V/m 的移動範圍事實上小於 10^{-14}m ——等於原子細胞核的直徑——且移動的能量少於離子的熱能移動大約為 10^{15} 分之一。由於其能量甚

小，因此可以安全地被包含於離子的移動中，而不會造成生物系統的非熱能效應。能量增加的程度與荷電物質的質量成正比，而以 $E=100\text{V/m}$ 表示。相較於平均半徑 $10\ \mu\text{m}$ 的細胞所衍生的熱能干擾，在這個頻率下它所顯示的熱能效應是非常低的。然而，較大質量的細胞顯著地有較大的熱能效應。

* 離子的速率是 $\mu E = \mu E_0 \sin(2\pi vt)$ ， μ 指流動性，氫離子大約 $10^{-7}\text{m}^2/(\text{V/s})$ ，離子最大流動性，其頻率是 0.9 或 1.8GHz。這導致最大的置換 $\mu E_0/2\pi v$ ，在電場 $E_0=100\text{V/m}$ ，在頻率 0.9 及 1.8GHz 時相當於 $2\times 10^{-15}\text{m}$ 及 10^{-15}m 。因此，在此一磁場對於質量為 m 的離子平均活動能量為 $m\mu^2 E_0^2/4$ 或 $m\mu^2 E^2/4$ ，這裡的 E 是指電場的均方值。氫離子的能量相當於 10^{-7}eV 或 10^{-15}kT 。

電場所表現出的其他機制，包括細胞間的相互吸引。電場分化細胞，也就是改變了細胞的移動，導致一邊變成正極，而另一邊為負極。然後細胞成為雙極（像是手電筒裡的小電池），並吸引相似的極化（polarised）細胞。對於典型的細胞且其頻率在 100MHz 以下者，其能量與應用 $E=300\text{V/m}$ 公式計算出的電磁場熱能干擾相近。明顯地，其能量小於電磁場，但 Adair (1994) 提出建議：儘管這些數值取決於詳細的生物元素結構，但此一大小磁場所造成的生物效應可能性並不能完全被排除。

其他可能的生物效應，與細胞膜及穿透細胞膜各方向移動的電流有關聯。細胞膜有很強韌的非線性導電特性。當電壓通過細胞膜，所產生的電流流動量與電壓不一定成比例。事實上，部份的非線性導電特性係肇因於細胞膜內或附近的蛋白質之電場所產生的效應，其效應可協助所產生的電流通過細胞膜。細胞膜也像是一個整流器。如果電壓連接穿越過電線尾端，電流的大小只與電壓的強度有關；如果電壓的兩極相反，電流將改變方向但不改變大小。然而，如果穿越過整流器後的電壓兩極是相反的，電流將改變方向、大小亦改變。因此，如果振盪的電壓（電場）穿越過整流器，則電場是單一方向時的總電流並不會被電場是其他方向時的電流所平

衡掉：一個 AC 電場產生一個 DC 電流，因此而透過細胞膜產生了一個電流網絡。然而，根據測量細胞膜的數據可以得知，離子閾的回應時間比微波的頻率更緩慢，且在 200V/m 的電場內，細胞膜潛在的相對改變速度很微小。可以說，似乎沒有任何的生物效應來自於這個機制。

許多會讓電磁場的生物效應上昇的其他機制曾經被提出，但其發生率低：假如出現，似乎能代表前面已陳述的嚴謹分析之類型。最近有一個實驗證實 (Bohr and Bohr,2000) 微波放射有可能會造成蛋白質的變異。該實驗使用修正後的 2.45GHz 微波，其頻率近似於蛋白質扭力型態。雖然其強度並沒有明顯特異，但似乎超越 ICNIRP 所規定的標準。由於這個實驗是最近研究出來的，所以還沒有被複製驗證。另一個被關注的機制，其假設是建立在生物系統可能會與微波磁場相互反應。這個可能性最初是由 Fröhlich 提出討論的，且帶來相當重要的影響。

Fröhlich 對於化學能量進入身體 (食物)，形成有條理地傳送運輸，例如細胞建構，而非產生熱能的機制相當有興趣。他所提出的模型包括大分子或生物組織的機制共鳴 (vibrations) 及他們之間的交互作用，他主張當某一段頻率進入時能量會被吸收，外加一種特別“相關狀況” (coherent state) 的共鳴。他也考慮到，是否較小的電場振動能夠使能量進入該狀態並因而造成顯著的生物變化；也就是說，已存在的生物系統其行為方式可能與無線電接收器相類似。相對於大信號，無線電可以偵測及擴張非常小的信號，尤其是當操作的共振電路與載波的頻率相匹配時。共振電路實質上只回應在狹窄的頻寬內的電場頻率波 (包含所產生的熱干擾)。而這些用來擴大電波的能量來自於無線電波所供應。許多固體狀態系統用相類似的方式運作，例如是窄波段光學擴散；而這是雷射的基礎一般。

Fröhlich 的模型刺激產生了其他的工作範疇。然而，到目前為止，沒有直接的實驗證據及另人信服的非直接的實驗證據顯示，Fröhlich 的相關狀況 (coherent state) 存在生物系統中。再者，現存的理論論述並沒有提供

產生生物效果所需要的電場強度的估計值。從評估的結果來看，我們並不擁有足夠的證據來支持生物體能夠吸收存在的共振。

Hyland (1998) 指出，在 Fröhlich 模型所提出的機制下，行動電話的較低頻率，可能會導致生物效果。在此一頻率範圍內，生物體將產生劇烈的共鳴震動模式。雖然在理論上 (Kohli *et al*,1981; Van Zandt,1986; Porkny and Wu,1998) DNA 聚合物與纖維結構成分 (cytoskeletons)，例如微血管〈microtubules〉與肌動蛋白細絲 (actin filaments) 得以產生此一模式，但在此一範圍內能夠產生的共鳴震動模式，其頻率將小於預期。然而，這些成份被相對的黏液所包圍，他們的振動機制可預期的將被高度抑制。因此，當他們浸沒於其中時，振動將完全地被干擾。雖然無法排除 DNA 存在生物體內任何情況的可能性，但目前確實沒發現 DNA 共鳴吸收的證據 (Gabriel *et al*,1987)。

有關 DNA 的研究工作，應該在接近組織的條件下，針對微血管級肌動蛋白細絲作類似的量測並重複被試驗。

總而言之，物理上非熱能效果基礎，應針對接近行動電話天線及接近基地台的情況分別考慮。

◆行動電話

行動電話天線在頭部產生最大規模的電場大約 100v/m，對人類腦部而言此一電場明顯更小。在這個規模範圍內，大部份產生非熱能生物效果機制是透過大細胞移動，或透過鄰近細胞的相互吸引。在此一階段，雖然沒有實驗證據來支持這個機制，而這兩者所產生生物效應的可能性是不能夠被排除的。

◆基地臺

一般大眾曝露於來自於基地臺的最大規模電場大約為 5V/m，但 NRPB 所測量出來的最大規模電場數值為 2V/m (Mann *et al*,)。 (人體內相對應的

強度相對較小)。Fröhlich 提出，在相對較低範圍內能夠導致生物效應，是倚賴著生物體內機械性共振的特殊凝聚狀態 (coherent state) 而產生。目前，仍缺乏強而有力的證據來證明該狀態，或是證明其共振行為，而對於其存在感到懷疑，但仍不能完全排除此一情況。Adair (1994) 曾經針對透過共振機制而造成能量轉移的可能性，他的結論是在任何電場值下，由於它太微小以至於不能造成可衡量的生物效應。

我們得出以下結論，現今仍無法得到足夠的證據來支持共振行為，所以值得花更多時間進一步來研究的機制。

第 二 章

關於電磁波對人類健康 影響的研究

第二章 關於電磁波對人類健康影響的研究

●大腦功能

關於使用行動電話的相關健康影響之論點上，大多數研究認為，使用行動電話可能會對人類健康產生的利害關係是——行動電話訊號對人們認知功能的有害影響，例如記憶力、注意力或是精神專心集中的能力。撇開這些論點，目前卻甚少研究針對這些問題做過調查，而且幾乎都是針對短期曝露所造成的影響做研究。更甚者，因為這樣的關係，關於曝露在低能量電磁場的研究，往往不把焦點放在認知行為的影響上，而是把重點放在對大腦功能生理現象的影響之測量，例如腦電波（EEG）。

◆認知行為的研究

原則上，關於短期曝露在電磁場對健康影響的研究是相當容易的。實驗心理學家設計出各式各樣的研究模式，其任務是先定出所要論述的特定認知功能（例如短期或長期記憶力、選擇性的注意力、或下決定的速度），而這些研究所獲得的結論，對於去判定曝露在電磁場後對認知功能所產生的影響是不成問題的。不過，目前為止卻只有三個已發表的文獻論述到行動電話訊號對認知功能所造成的影響。

Preece *et al* (1999) [1] 找出 36 個自願者進行大範圍的心理認知研究，包括短期和長期的記憶力、單一性及選擇性的反應時間（RT）和持續性的注意力，結果產生了 15 個依變數。這些變數經由變化情況多項分析的綜合分析，被歸類成四個分組模式：RT 注意力測驗（單一、選擇和警惕性的 RT）、記憶速度測驗、記憶正確性和注意力正確性的測驗。然後使用一個平衡、交叉的設計，提出兩個曝露的情境——一個是曝露於連續和震動的（217Hz）1W，915MHz 訊號（同時分別使用平均功率 1W 和 0.125W 的類比式和 GSM 行動電話訊號），與另一個被控制、無曝露的情況，兩者相互比較。這些訊號的傳送是經由一個構置在左耳的模擬收話器，並將收話

器的天線延伸到太陽穴顱骨頂上的頭皮（temporo-parietal scalp）。一開始的統計分析顯示，電磁波的曝露對被實驗者的單一選擇反應時間有顯著的影響。接下來取縮短的單一選擇反應時間（14ms）形式，在類比式訊號的曝露下，被實驗者必須快速的用眼睛分辨出 YES 和 NO 這兩個字。實驗結果顯示被實驗者回答的正確性，並不會因為這些影響而減低，這也暗示了此一實驗並不反映出”speed-accuracy tradeoff”現象。在另兩項注意力的研究上，也顯示了相同的趨勢，而其反應時間則更微不足道(< 3 ms)。至於其他三個依變數就無法找出統計學上的顯著差異性了(最小 P 值 = 0.144)。然而，曝露在類比式訊號後，四個記憶力測試皆為呈現顯著的縮短 RT 的傾向。爾後的專家團體再分析 Preece *et al* 的資料，一般來說都確定並更強調 Preece *et al* 所做出的結論。

Preece *et al* (1999)[1]推測他們所做的研究結論在本質上是因加熱反應而產生的，大腦皮層在模擬手機的刺激下對神經突觸產生熱能加強效應。研究者爭論著這些發現的結論僅在類比式而非數位式訊號中出現（這兩種訊號的平均功率相差八倍而熱能效應與功率成正比）。更進一步的質疑，局部大腦皮質所受到的影響與他們發現的特殊測試有關，例如對行為反應產生的最大影響在於大腦皮質的認知機制區域。

Koivisto *et al* (2000)[2]也對48個自願者做了一個大範圍的認知測驗（總數是12次，做出了14個RT測量值和同數量的正確量值）。他們的測驗是採用雙重選擇的RT測驗，和Preece *et al* (1999)[1]所採用的方法非常類似。此一研究採用平衡交叉設計對以下兩種情況作比較，一種是無曝露的情況，另一種是曝露在0.25瓦功率所發射出的902MHz GSM訊號（調整至217Hz）。手機置於左耳並將天線放置於接近後顱骨頭皮上。Koivisto *et al* 報告指出三個RT測量值-單純RT，用心算算出兩位數減法估計所需時間和從一連串湧現的字母中判斷出極少出現之目標字母的平均時間（一種警惕性的測試）-在行動電話信號曝露下時，測量值呈現出統計上顯著的縮短範

圍(分別是相差 9, 29 和 25 ms)。正確的估計值並未出現 speed-accuracy tradeoff 的現象；此外，在曝露下的警惕性測試之錯誤率顯示出細微但卻有統計上顯著性的減少。這和 Preece *et al* 的實驗結果一樣，亦即在曝露下產生的影響是不顯著的。Koivisto *et al* 認為他的發現和 Preece *et al* 的研究一樣，都沒能找出 GSM 信號在雙重選擇的 RT 測試中的影響。但是 Koivisto *et al* 的研究結果認為，曝露在行動電話訊號下會影響部分大腦皮質區域，例如支配持續視覺注意的內頭顱骨皮質。而兩人的研究都強調是熱能影響了這些機制。

由於 Koivisto *et al* (2000)[2] 的資料，採取了較不適當的統計分析方式而遭受到批判。對於 14 個 RT 值的測量，每一測量中曝露因素的影響，採用的是分離的雙尾統計檢定，而非一開始即採計顯示一般曝露影響的多重變異分析。因此所有測驗的結果，可能出現曝露的顯著影響的機率，大於用來評估單一測試結果的顯著程度 ($p < 0.05$)。事實上，根據 Bonferonni 標準（對於多重檢定，修正顯著水準的標準方法），在 4 個有“顯著”發現的報告中，只有在警惕性測試的 RT 可以顯示統計顯著的曝露影響。也就是說，RT 在 14 個測量值當中的 11 個只是數字上的不同，即使並無顯著的影響，亦表現出曝露期間的 RT 值較短。這些趨勢對於真實曝露影響的存在提供了證明，而若能得知這 14 個測量值的顯著相關性間並不會相互影響，則此觀點將會更有力。

Koivisto *et al* 在第二份報告中，使用了非常相似的實驗設計，對 48 個個體做“n-back”有效記憶力〈working memory〉的測驗，藉此來研究行動電話訊號（使用與前項研究同等的強度）對他們的影響。在這項實驗中，有一連串的物质（在這項實驗中使用的是字母）呈現在被測驗者面前，被測驗者必須回應出該物質是“目標”或“非目標”，目標物可能會在經由設計的數次嘗試中重複出現。最容易的測驗是，目標物固定被安排在下一個測試項目中出現（“1-back” condition）。利用增加穿插在首次及第二次呈現影像

的嚐試次數，來操作有效記憶力的負載量。Koivisto *et al*的實驗中，1-back、2-back和3-back的情境都有被採用。其正確性和RT測量值不管在目標物和非目標物中都可以經由變數的分析獲得，曝露情況對測試的正確性並無影響。單獨就目標RT而言，承載量(1-back, 2-back, or 3-back)和曝露情形可靠的相互影響因子已被找到。經過雙尾檢定，發現在3-back情境在曝露下，呈現出明顯的〈 $p < 0.05$ 〉RT縮短36ms的情形。而1-back和2-back在曝露情況下，RT的增加則不明顯（分別是11 ms和21 ms）。

這發現與Preece *et al* (1999)[1]和Koivisto *et al* (2000)[2]的研究中，所提出的曝露在行動電話訊號下，在一些認知測驗中有助於反應時間(RT)的縮短結論一致。他們進一步提出，縮短效應會隨著測驗中的認知需求而增加。Koivisto *et al*的研究提出了兩個觀點，不過必須審慎加以解釋；第一：為什麼在曝露情況下，1-back和2-back情況下的RT會傾向於增加？第二：為什麼在3-back的曝露情境下，訊號對被測驗者的影響只呈現適度的統計意義？

同樣的，Preece *et al* (1999)[1]和Koivisto *et al* (2000)[2]的研究都提出，人們曝露在屬高能量標準的行動電話訊號中會發生生理的影響，並可影響人們的行為。二個研究都反應出收話器天線產生的微幅加熱作用，在大腦皮質的突觸傳達中而導致這些影響。簡單而可試驗出來的預期結果是，對行動電話訊號曝露的敏感度，會隨著收話器放置位置不同而改變其對大腦皮質的溫度影響。

在全面評估Preece *et al* (1999)[1] 和 Koivisto *et al* (1999)[2]研究的概括性和顯著性之前，在他們研究中仍有相當多問題值得被探討。例如，目前仍不清楚為什麼Preece *et al*只發現在類比式行動通訊訊號曝露下，會對人們產生影響；而Koivisto *et al*卻能找出GSM訊號的影響？為什麼Preece *et al* 和 Koivisto *et al* (2000)[2]研究中所找出的影響其方向大異其趣？這些差異性似乎可以反映出不同的信號強度與不同的天線位置在這兩個研究

中的差別影響，而這些可變因素也會在將來的研究中出現。正如先前說明的，上述發現中有一部分結果仍受到質疑，因為這些結果是從包含著許多可變因素的資料中分析所得。因此將來的研究將按照這些發現的方向實際地進行，並期望能藉由較少的可變因素而得到更接近研究假說的結果。

從前述研究中得出的兩個論點。第一，這些研究並不能做出曝露在行動電話訊號下會產生短期或即性影響的最後結論，這個發現是有利於認知行為的。Preece *et al* (1999)[1]和Koivisto *et al* (2000)[2]，在單一行為測驗中可以找出真實的曝露影響，但這類影響不會延伸到複雜、需要協力合作的認知動作（例如，開車）。但是在這些研究裡，任何單一功能上的改變都可能對整體系統功能有所危害。

第二，經過更進一步的討論確立了一項重要的發現，行動電話訊號所產生的生物效應確實足以導致短時期認知行為的變化，但是沒辦法清楚的點明行動電話使用者長時期曝露在訊號下，對於認知功能可能會產生的影響。行動電話使用者對健康有害議題的研究，彼此的關聯性仍是有限的。

◆腦電波(EEG)

頭皮腦波記錄可反應出大多數人大腦皮質神經元在同一時間內的活動狀況。通常自發性行為的腦電波區分為數種頻率，而其活動力的相對總合與個體當時的生理狀態，以及個體所從事的認知功能種類有關。不過個人在清醒狀態時的正常EEG，其各種不同頻率所代表的功能，則較少被了解。因此，如果能證明行動電話訊號會影響EEG的頻率，其實也只暗示了行動電話訊號會產生生物性的影響，只是其因果關係還不確定。至於睡眠狀態時的EEG通常比較好描寫，因此常被用來做為研究。不過心理學家對於解釋個體由健康狀態，轉變為生病狀態時的EEG改變，還是存在著一些不確定性，例如對於癲癇症病人的EEG。

和 EEG 較密切相關的大腦功能測量種類可分為“誘發電位”或“事

象關連電位”(ERP)。事象關連電位的取得方式是設定在一特定相關事件中；例如，刺激物呈現或運動神經反應的開始，採樣得出個體的 EEG，然後將樣本集中且平均化，而得到一個描繪出大腦在此事件中的具體相關活動之電路波形。

事象關連電位通常用來研究神經系統維持知覺行為、認知行為和反應行為的機能和時機。

關於行動電話對清醒個體自發性 EEG 的影響，經過研究並沒有一個確切的結果。舉例來說，Reiser et al(1995)[3]指出，曝露在 GSM 信號下 15 分鐘後，EEG 將增強大約 10Hz 或更高的頻率(這個發現在統計學的準確度仍存疑)。然而，Roschke and Mann(1997)[4]卻未能發現，經過 GSM 信號曝露後，EEG 電磁波譜會產生什麼變化。且兩者關於睡眠時的 EEG 研究，也產生同樣分歧的結果。Mann and Roschke (1996)[5]發現，曝露在模擬 GSM 信號下，個體睡眠開始的潛伏期會縮短，且快速眼動睡眠(REM)的光譜特徵也會改變。雖然後來同一團隊(Wagner et al, 1998)[6]所做的研究，未能再得出這樣的結果；但近代的研究(Borbely et al, 1999)[7]則發現，曝露在偽 GSM 訊號（15 分鐘一開關循環，900MHz，週期循環 87.5%，與電話訊號的 12.5% 週期循環不同，且平均全身的 SAR 是 1W/Kg）下，在睡眠開始後會降低清醒程度，且在夜間第一次非快速眼動睡眠期間，EEG 電磁波譜會發生改變。

Krause et al (2000)[8]研究在 GSM 訊號影響下，在執行「記憶掃描」試驗期間腦電波事象關連電位的改變（劑量單位和大致的實驗設計與前述 Krause et al 之研究相同）。每一次試驗都針對聽覺去做研究，以四個單字為一記憶單位，在播放出探測單字〈在 50% 的試驗中探測單字與記憶單位符合〉後二秒，要求被實驗者分辨出該探測單字是否符合正確答案。此實驗最主要的用意是要找出在曝露和無曝露的情況下，探測單字對腦電波變化型態的不同影響〈以介於 4Hz 至 12Hz 四個顯率帶功率變化為指標〉。

Krause *et al*認為這兩者的不同足以證明GSM訊號曝露與Koinisto *et al*所描述的短期個體生理影響是相符合的。不過可惜的是Krause *et al*並未記錄詳細的作業測量值。不然我們就可藉由腦電波的變化，判斷出在多少量的曝露下，作業中的RT值也會跟著改變。

有三個曝露在模擬GSM訊號下進行的研究。第一個研究(Urban *et al*, 1998)[9]，發現在曝露下視神經感覺對西洋棋盤倒轉反應並沒有影響。而第二和第三個研究(Eulitz *et al*, 1998; Freude *et al*, 1998)[10]得到的結論則是肯定的。Eulitz *et al*的研究是採取事象關連電位波形裡的抑制高頻率(大約是18–30 Hz)光譜能形式，並且設計一連串頻繁的聽覺刺激給予被實驗者，在之中散佈著幾個罕見的聽覺”oddball”刺激。而在Freude *et al*的研究中，曝露後所造成的影響是，視覺監測作業中的反應關連電位降低。不過找不到對先前自發性活動中電位的影響，也找不到任何曝露對作業中行為的影響。

此外，在電子生理學文獻中曾經提到，曝露在手機訊號下確實會影響到大腦的功能。此一立論有必要進一步的研究證明，特別是曝露在模擬GSM訊號下，睡眠及事象關聯腦波是否會產生影響的研究。另外，必須強調的是，以上所提到的不論是在生物學上或臨床上的發現，到現在為止都不是很清楚；而這些研究在行動電話安全性的相關問題上的重要性仍未確定也是存疑的。

◆電磁波大腦功能相關研究的結論

總結在Preece *et al* (1999) [1]和Koivisto *et al* (2000, in press)[2]的研究都提出，曝露在現行曝露標準以內的行動電話訊號的強度下，會產生一定的生物效應並足以影響人類的行為。而其影響機制發生的原因雖然不是很明確，但是可以說是局部的熱能效應所導致的。

然而關於人體內認知級腦電波的研究已足以提供行動電話在長期使用安全性相關問題上的直接證據。然而以往所提出的研究模式，在關於長

期使用行動電話的實驗設計方式來說並不適當因為它們皆著重在短期效應的研究上。要證明使用行動電話對人類的大腦活動和認知行為會不會產生長期性的影響，其研究設計必須以實證為基礎，而研究個體必須仔細適當劃分，並針對其以往的行動電話訊號曝露情形的不同設計研究及分析方式。另一個互補的方法是追蹤另一群新的行動電話使用族群，進一步去分析及判斷出長期累積的行動電話號曝露對他們大腦或認知行為所產生的影響。這些都應是未來要從事此類研究者所要注意的。

●對心臟和血壓的影響

如前述基本上，曝露在電磁場，會經由數種機制而影響人類的心血管系統。但一般人正常使用行動電話的方式，是將行動電話放置在頭邊，這樣是不太可能直接影響到人體的心臟。不過藉由對腦幹的心血管中樞或是頸動脈接受器的影響就是有可能的。

在前蘇聯共和國的一些研究報導中指出，職業性的曝露在無線電頻率下，可能直接或間接的影響人類心血管系統的功能。最常見的一個發現就是，曝露後血壓明顯降低、並伴隨著心跳過慢或心跳過快等不正常現象。然而，近期學者的研究所做的結論認為，早期的研究對變因的控制較為不足，因此其結果只是反映出機率差異而已。

近期，Braune *et al* (1998a)[12]也提出了一個有關於電磁波曝露對血壓的影響之報告。他找了幾位自願者來做實驗，曝露在行動電話訊號下。經過35分鐘曝露後測量他們仰臥時和站立60秒後的心跳速度、血壓、和微血管充血量。結果發現心跳速度和無曝露情況比較變得稍微緩慢，而血壓的收縮壓和舒張壓都提高5-10個公釐水銀柱。至於微血管的充血量則是減少。Braune *et al* (1998a)[12]下了一個結論，他認為血壓上升是因為血管的過度收縮所引起的，而後者起源於腦幹的交感神經系統活動的增強。

這些研究曾經因為他們所設計的實驗方式和統計分析而遭受到批評

(Reid and Gettinby, 1998)[13]。尤其是在實驗時，所有的個體都是先進行長期無曝露情境下(安慰期)的試驗之後再進行接受曝露下的試驗，此一情況下個體的心血管在長期的實驗時間裡可能會受到影響。而Braune *et al* (1998b)[14]則辯稱他們不是採取隨機選擇的實驗，因為其他的證據顯示，電磁波的曝露所造成的影響可能會存在一段時間內固定不變。然而，或許他們應該再分出一個真正的對照組，而在第一個安慰期後進行第二部分的無曝露情況下再做比較。

◆行動電話電磁波對心臟和血壓影響的結論

在所有已發表的研究中，都沒有關於使用行動電話會影響心臟和循環系統的直接證據。然而這是因為研究中的自願者應該再接受更多次的實驗。尤其是我們必須提醒從事與Braune *et al* (1998a)[12]相關類似研究者，應採用更多數量的實驗個體來做研究，並且要有適當的對照情形。

第 三 章

行動電話和駕駛

第三章 行動電話和駕駛

行動電話可能對民眾健康所造成的危害，不僅是經由直接曝露在電磁輻射下的影響；還包括間接對行動電話使用者所從事的行為，在同一時間所發生的干擾。而也許是最重要的干擾，是在行動電話使用者一邊開車駕駛的時候。在台灣地區，交通部也開始經由勸阻及強制執行的階段，要求駕駛人不要一邊開車一邊使用行動電話。因為證據顯示這種行為足以嚴重危害公共安全，特別是使用手持式行動電話時，無法兼顧另一個也需要以手來控制的方向盤。

在駕駛中，使用手持式行動電話可能會比使用免持聽筒行動電話對道路安全有較明顯的負面結果。實驗心理學家證實，兩種認知行為同時間進行，所可能發生的相互影響，會比從事單一認知行為來得嚴重。這種“雙重作業”可能有很多種影響因素，主要是注意力必須分散在兩種作業間，且如果兩種行為必須經由同一種認知過程中完成，可能會發生彼此對抗抵觸的情形。

心理學家的發現顯示，駕駛者除了必須控制駕駛行為，又要同時操作手持式行動電話所發生的“周邊peripheral神經”干擾外；還有另一個“中樞central神經”干擾，就是駕駛和行動電話對話這兩種行為，必須同時進行而產生彼此的對抗。因此，要評估行動電話對道路安全的可能影響之前，要先了解這兩種相互干擾的情形何者比較嚴重。如果在駕駛中使用免持聽筒設計的行動電話，都還是會發生危險，那麼就可以知曉在駕駛中使用手持式行動電話是多麼的不智了。

接下來將分兩部份回顧使用行動電話，而影響駕駛能力的相關證據。第一部份，將討論到在駕駛中使用行動電話對駕駛人影響評估的實驗性研究。這一部份的研究，針對行動電話妨礙駕駛的機制作闡述，也同時針對各種不同的行動電話所可能產生的影響做比較。不過，他們僅提出使用行

動電話影響道路安全的間接資訊。這個問題在第二部份討論到流行病學的研究中將加以說明，這一部份的研究試圖將在駕駛中使用行動電話所可能增加的風險數量化。最後將進一步討論交通工具和不同種類行動電話的相關法令。

●行動電話對駕駛影響之實驗證據

有關於使用行動電話影響駕駛行為的文獻相當的多。有些是以模擬駕駛行為的方式做研究(Strayer *et al*, 1999)，或是用駕駛模擬訓練裝置的研究(McKnight and McKnight, 1993; Alm and Nilsson, 1994, 1995; Haigney, 2000)。其他的也有用真實車子和道路實況實地做研究 (Brown *et al*, 1969; Brookhuis *et al*, 1991; Lamble *et al*, 1999)。有些研究是專門針對使用免持聽筒行動電話對話時的影響，研究方式著重於『心理負荷』的表現，例如要求『倒述』〈倒著重複敘述〉或『衍生』(從一個單字最後的幾個字母重新創造出另一個單字)。其他研究則是比較使用手提行動電話和使用免持聽筒行動電話這兩種情形(Brookhuis *et al*, 1991; Strayer *et al*, 1999; Haigney, 2000)，也有比較使用免持聽筒行動電話但卻需要做另外一項手動工作的研究，例如同時在鍵盤上打字(Lamble *et al*, 1999)或是打開收音機(McKnight and McKnight, 1993)[15]。

這些研究的結論都是一致且易述的。相對於『無對話』的情形(或是 Strayer *et al*, 1999的研究，在車上聽收音機)，使用行動電話交談已在下列幾個研究中被證實會對駕駛行為造成有害的影響。這些研究分別為：對緊急刺激物的反應時間(Alm and Nilsson, 1994; Strayer *et al*, 1999)、隨著前車作速度的改變(Brookhuis *et al*, 1991; Lamble *et al*, 1991; Alm and Nilsson, 1995)、無法反應得知道路的潛在危險(McKnight and McKnight, 1993)、對車速的適應力(Haigney, 2000；有趣的是，此一研究呈現出果過度影響現象，亦即適應力在對話結束後2.5分鐘之內仍受影響)、與前車保持安全的

距離(Haigney, 2000)、在非常規情形下控制車子的能力(Brown *et al*, 1969)。雖然使用行動電話對駕駛行為所造成的有害影響會隨著因為交談而產生的心理負荷量而增加(McKnight and McKnight, 1993; Strayer *et al*, 1999),但是另外也有研究證實隨意談話也有很明顯的有害影響(McKnight and McKnight, 1993)[15],即使此一實驗室控制在聽收音機的情況下也是如此(Strayer *et al*, 1999)。此外,在一個模擬訓練裝置的研究(Alm and Nilsson, 1994)[17]中發現,相對於熟練型的駕駛,行動電話對話對經驗不足駕駛的反應時間之不良影響更大。另兩個研究(McKnight and McKnight, 1993; Alm and Nilsson, 1995)提出,行動電話對駕駛的負面影響隨著年齡而增加。這個研究已考慮了一般因為年齡的增加而遞減的分散注意力能力這個因素。

前述的研究都說明了一個重點,行動電話對駕駛行為的『中樞性』〈central〉影響在手持式行動電話和免持聽筒行動電話二者間並沒有差別。另兩個直接對這兩種情況做比較的研究(Strayer *et al*, 1999; Haigney, 2000),他們的結論也都表示使用手持式行動電話和免持聽筒行動電話對駕駛的影響並沒有差別。〈Haigney的研究同時指出,即使是使用手排系統來轉換排檔,使用手持式行動電話和免持聽筒行動電話對駕駛的影響同樣沒有差別〉。而第三個研究(Brookhuis *et al*, 1991),則在實際駕駛的情況下對兩種行動電話操作方式做比較(雖然一個群組中只對六個個體做實驗),結果發現這二種情況對控制車速減緩不良影響的程度相似。不過操控手排檔車子,尤其是在都市交通擁擠時刻行駛時,手持式行動電話的負面影響較大。另外McKnight (1993)和Lamble *et al* (1999)的研究,則是比較使用手持式行動電話對話和牽涉到聯合手動工作的作業(開收音機或打字)。而這兩個研究都顯示,行動電話僅在進行需求性對話時會與對照比較的聯合手動作業產生相同的影響。根據Lamble *et al* (1999)的研究,他們發現血液中酒精濃度超過0.05%的被實驗者,其煞車反應時間將近是正常人的三倍。(0.05%是很多歐洲國家對於酒精濃度的限制)。

◆影響駕駛行為的實驗證據之結論

有很強且有力的證據可證明，在開車時使用行動電話交談，會削弱駕駛對道路危險的反應能力。且這比一邊聽收音機或從事相對”自動”工作，例如覆述在電話中聽到的字句來得嚴重。即使是隨意的交談，都會增加駕駛者心理負擔，尤其是在老年人身上更明顯，且影響的程度沒有因電話種類（手持式電話或免持聽筒電話）而有分別。除了對速度或對不同道路狀況反應的正確性之外，不同的行動電話操作方式，對駕駛是否會有其他不同的影響之研究則較缺乏。如一般的經驗法則，有一個研究發現，使用手持式行動電話會短暫的減弱駕駛對車子的控制能力。不過到目前為止，我們還不知道使用手持式行動電話和免持聽筒行動電話，所產生的周邊影響是否會加重持久性的中樞性影響而增加開車風險。上述的研究並沒有任何一個研究，同時比較駕駛者使用行動電話交談和與乘客直接交談，產生影響之差別。因此，必須進一步確認在駕駛中，與乘客交談和駕駛者自己使用行動電話，對駕駛者增加的認知負擔是否相同。有一個很好的理由，可以認定駕駛和乘客交談所受到的影響會比使用行動電話小。因為使用行動電話的方式是和電話另一端的人交談，但若是與乘客交談，乘客至少可以幫忙注意交通狀況，也可隨時根據狀況來控制交談的時機（例如當後方有超車時可以中斷交談以利駕駛者專心）。除此之外，乘客可以做為駕駛者的第二雙眼睛，警惕駕駛者注意潛在的危險。

●影響駕駛的流行病學證據

很少有針對使用行動電話和交通意外發生率，兩者之間關係的系統化研究。Violanti and Marshall (1996)[20]做了一個問卷調查，隨機取樣100位在12個月內發生過“有報導價值”的交通意外駕駛，還有100位相同地區內至少10年內沒發生過交通意外的駕駛。其中14位被調查者是行動電話使用者。而經過各種因素（例如駕駛經驗累積年數）控制後，Violanti and

Marshall發現，交通意外發生的可能性和是否每個月使用行動電話有很大的關聯性。然而這個發現對於在車內使用行動電話是否對道路安全真的有害，還是存有懷疑性。不僅因為提供分析的案例數目非常少，而且關鍵性的可變因素----每個月使用行動電話的次數----只提供了車內使用電話的次要索引。爾後Dreyer *et al* (1999)[21]的研究，也指出行動電話的使用與道路意外間具有關聯性。

Violanti (1997, 1998)[22]調查了美國奧克拉荷馬州的交通意外記錄，此地交通警察的記錄中，會記載行動電話是否為涉及意外的有關因素之一，包括當意外發生時駕駛者是否正在使用行動電話，或行動電話是否有在車裡出現。因此在Violanti的第一個研究中(Violanti, 1997)[22]，就把意外發生中，駕駛者正使用行動電話和行動電話出現在車裡的比例做為研究重點。行動電話的使用或是否出現在意外中，也和其他因素一樣與意外風險的提高存在著相關性；其他相關的因素，包括開車不專心、在城市中開車、開出道路外、車身翻倒、受傷與事故。增加事故風險的行動電話使用者大多是年輕的男性，除此之外，行動電話產生風險和年齡的增加也有相關聯的趨勢。這個分析並沒有去除任何會使行動電話使用者與未使用行動電話者之間，產生誇張差距的潛在可變因素的步驟。Violanti的第二個研究(Violanti, 1998)則專注於死亡事故發生的研究，針對曾經發生意外的駕駛，找出因為使用行動電話或行動電話出現在車裡，而導致死亡事故的可能性。使用迴歸分析並去除影響研究結果的其他變因，例如年齡、喝酒、吸毒、超速和駕駛者不專心。結果發現，死亡事故發生的可能性，會隨著駕駛者是否正在使用行動電話而增加至九倍，而行動電話只出現在車子裡也會使意外發生的可能性增加至二倍。

這兩個研究證實了使用行動電話或行動電話存在車內，與嚴重交通意外發生的可能性二者之間具有強烈相關性。不過，除了駕駛中使用行動電話外，也有其他可能的原因會造成這種不良後果。例如：使用和攜帶行動

電話的駕駛，和不如此做的駕駛的人格特質可能不同；也許會使用和攜帶行動電話者本身的開車特性，使得他們容易涉入交通意外中。雖然這個研究可能過份低估了發生意外時，駕駛者確實使用行動電話的重要性，但就行動電話僅僅出現在車內便會提高意外發生的可能性此一事實，就可知道行動電話和意外發生之間有多大的關聯性。

Redelmeir and Tibshirani (1997)[24]從事一項病例交叉(case-crossover)研究，其中每一位參與者都與自己本身做對照。他們調查699位曾經發生輕微交通意外的駕駛者，詢問他們發生交通意外時使用行動電話的經驗，和近期另一段對照期間中的駕駛經驗相比較；追蹤使用行動電話是否使得交通意外發生的機率變高。這個研究也考慮到參與者在對照期間可能都沒有開車上路，因此使用了修正因子來修正研究的結果。Redelmeir and Tibshirani發現，“相對風險”會隨著在意外中使用行動電話的時間而增加。例如，意外中行動電話的使用若在10分鐘以內，也會有將近四倍的意外發生風險，而在意外前使用行動電話超過15分鐘也不會帶來顯著的危險。研究結果的可靠度與對照期間的選擇(例如前幾天，一週前的同一天...等)有關，且研究結果在一群於對照期間確實有開車上路的駕駛者中相當一致，因此不需要“駕駛周期性”這個修正因子。雖然研究數目很小(總數是129個使用手持式行動電話駕駛與41個使用免持聽筒行動電話駕駛者)，然而還沒有證據可證實風險程度取決於使用電話型態的不同。不過可以確定的是，使用免持聽筒行動電話並不會有較高的危險性。

Redelmeir and Tibshirani (1997)[24]綜合Violanti (1997, 1998)等人的研究，指出在開車時使用行動電話會增加意外的風險。由於這個研究並沒有針對不同群體個人作對照，還是有一些局限存在，很多研究者也提出實際討論。主要的論點在於，這些研究並沒有提出使用行動電話和交通意外發生的因果關係。例如，最關鍵的變數，應該是駕駛者感受到的緊張程度或是時間壓力，而這可能是致使行進中使用行動電話和意外發生有關的主要

因素。除此之外，這些研究的限制，還包括駕駛者來做研究(從大約1000個左右的候補者選出，並淘汰300個參與者)，並把焦點擺在他們發生過的輕微交通意外上，還有全部的分析都依賴”駕駛周期性”這個修正因子。儘管有這些局限，研究結論還是提出了一個勸說性的證據，認為在駕駛中使用行動電話對道路安全有不利的影響。

◆影響駕駛的流行病學證據之結論

實驗性研究提出了有力的證據指出，駕駛中使用行動電話確實會削弱駕駛能力。而流行病學的研究也將重點放在，駕駛中使用行動電話和增加意外風險間的關係。這二類型的研究皆證實，現在大眾所關切的行動電話對道路安全有絕對的衝擊。如前面所提，目前的研究沒有其他的證據可以證明，使用免持聽筒裝置的行動電話後會改善行動電話對駕駛的有害影響。因此目前沒有強力的經驗法則，可以供立法機構制定有關在駕駛時，使用手持式行動電話和免持聽筒行動電話的差異之法令。不過對於立法，可能會有一些爭議出現，針對駕駛時使用手持式行動電話比使用免持聽筒行動電話容易被發現，而這樣一來，使用免持聽筒電話所會引起的風險就變得似乎可以被赦免或至少可以被寬恕了。

第 四 章

行動電話對人類健康影響 的流行病學研究

第四章 行動電話對人類健康影響的流行病學研究

●人類使用行動電話的研究

行動電話的廣泛使用是現代社會發展的一個新趨勢，然而迄今為止，對於行動電話是否與人類疾病發生，或是死亡有直接關係的流行病學研究仍相當有限。

◆死亡率（mortality）與癌症發生率的研究

一項針對美國地區使用行動電話的消費者所作的研究（Rothman *et al*,1996）[25]，測試其死亡率與致癌發生率。這份研究包括 250,000 位行動電話使用者，且持續進行一年。在這段期間內，使用手持式（hand-held）電話與使用其他無天線行動電話且曝露在較低劑量電磁波者的死亡率是類似的。在這些持續使用行動電話至少三年以上的消費者，使用手持式電話比使用其他無天線行動電話整體的死亡率（mortality）較少，但兩者的差異在統計上是不顯著的（相對風險值為 0.86）。腦部腫瘤與血癌致死率則很少且沒有充份的跡象顯示每天無時無刻使用手持式電話或一整年長期使用手持式（hand-held）電話者會使該風險增加(Dreyer *et al*,1999)。目前仍沒有個別針對使用類比式或是數位式信號行動電話的研究數據（國內大部份的行動電話網路使用數位式信號）。如果行動電話確實影響死亡率，該影響很可能也只有某些特殊死因。況且，直到人類曝露在危害許多年以後，可能增加的致病原因例如癌症才會被提出。因此，儘管在這二個曝露群組間無顯著的死亡率差異然而此一報告所能提供的結論仍極為有限吳人仍不能排除其重要的影響力

初步研究顯示，長期使用行動電話不會增加腦癌血癌的罹病率及死亡率，然其結論仍有待更多相關研究佐証。

瑞典的一個實驗報告中，患有腦部腫瘤的病人被問及包含使用行動電話等多個生活事項，且與一般大眾互相比較（Hardell *et al*,1999）[26]。整

體來說，使用行動電話的人，不論是類比式或是數位式信號，即使是使用率極高者，患有腦瘤的風險不會提高。在一連串輔助分析中，觀察顳葉腦瘤（tumors in the temporal）和枕骨葉（occipital lobes）腦瘤，與同一邊的腦部使用類比式電話（不論左腦或右腦）之間的相關性。然而，兩者沒有統計上的意義而且無規則可循。解釋這個研究是困難的，因為我們無法根據評判標準來把腦瘤患者分類，找出其適合於某一個標準中（Ahlbom and Feychting,1999）[27]，而且缺乏明確的解釋以及是否會造成重要性的誤差。在一個由 Rothman et.al 的研究中顯示，曝露所造成的影響可能隱藏十年或更多年才出現，甚至不會出現。

回溯性的二篇研究報告，亦顯示行動電話的使用與腦瘤的發生無關；此外，腦瘤的發生部份與行動電話手機的經常接觸部份亦無關連性。

◆其他的健康影響因素

Hocking（1998）[28]在一份澳洲醫學期刊中提到使用行動電話是否會造成不良健康影響。從這份研究以及後續的文章報導指出，Hocking 追蹤了 40 名身上出現了與使用行動電話所可能導致的病症徵兆患者。這些徵兆主要在頭部，包括了：頭痛、發熱（unpleasant warmth or heating）、視力模糊、耳聾、暈眩。這些徵兆可能在行動電話響起後五分鐘內出現，有些更持續了一整天。但使用行動電話與病症徵兆之間在認知上暫時性的關聯，並不表示輻射電磁波（radiation）必然是造成病症的主要原因。當然，Hocking 的研究結果顯示行動電話使用者所主訴的病症徵兆，值得進一步用更嚴謹的研究方式來判斷這些病症徵兆與使用行動電話間的真正關係。值得注意的是，雖然曝露在基地臺下很有可能造成癲癇發作，但目前沒有報告直接證實使用行動電話會引起癲癇發作。

澳洲地區的醫學研究。第一份有關行動電話使用者主訴微恙與行動電話電磁波相關性的報導。行動電話使用者主訴的症狀究竟來自心理性主觀

認知，抑或是來自於生理機制，仍有待進一步研究。

一項針對挪威與瑞典地區 (Hansson Mild *et al*,1998) [29]11,000 位行動電話使用者所提出的主觀症狀的大規模交互研究報告。此一研究乃透過郵寄式的問卷調查來蒐集關於使用行動電話所造成各式各樣症狀，包括疲勞、頭痛及發熱等。在所有的參與者中，百分之十三的瑞典與百分之三十的挪威行動電話使用者，曾經有過其中一項(或一項以上)的症狀。不論是類比式或是數位式電話，每日使用時間愈長，症狀就會增加。此研究顯示 GSM 的電話使用者比其他使用者有較低比例的症狀。挪威與瑞典的行動電話使用者在身體不適症狀上的顯著差異可以用許多理由來解釋。我們都知道，身體上的不適可能是由於心理因素所造成，舉例來說：背痛可能被歸究於工作上的不順利或是不滿意。再者，北歐在同時有許多關於電磁場可能造成對健康負面影響的研究出版。因此，我們不難理解在這樣的環境下，經常性地使用行動電話者較瞭解或被暗示這些次要(minor)症狀，而往往出現這些困擾，當被問及使用行動電話相關問題時就可能會有這樣的報告結果。因此在澳大利亞的研究中，行動電話使用者所提出各式各樣的症狀不能必然地歸因於電磁波 (radiation)。為了探討這個問題，必須使用不同的研究設計來更進一步的討論。民眾的衛生教育、認知、心理三者，可能是影響行動電話使用者是否出現生理微恙的因素之一。進一步的研究必須將這些因素歸入，再進一步作統計與分析。

●因工作或嗜好導致電磁波曝露

許多以往發表的有關於流行病學研究的文獻中 (Elwood,1999[30] ; Moulder *et al*,1999[31] ; Royal Society of Canada,1999) 已探討過因工作及嗜好而曝露在電磁波下可能致病或致死的風險。造成的疾病最常被研討是淋巴腺腫瘤、造血性腫瘤 (包括淋巴瘤及血癌) 及腦部腫瘤。

◆癌症

附表 1 提供有關於淋巴瘤及血癌的研究概要之資訊。Szmigielski 在 1996 年的研究發現波蘭軍隊中個人因職業暴露在輻射電波者的致病風險上升超出六倍。然而，Szmigielski 的報告被認為是不恰當且不甚有價值。特別是，癌症個案的曝露資料取自於不同來源〈醫療紀錄〉，而並非一個完整的研究群體〈由穩定的族群提供〉，這可能會造成嚴重的風險估計誤差。而且，使用的統計方法並不合適，報告中一些重要的數據也被遺漏。

如果這個研究被忽略，只有另一個研究在增加致癌風險上呈現出顯著差異---挪威電子工廠員工的血癌罹患率 (Tynes *et al*,1992) [33]。一些其他研究也針對風險作評估，但並不具有統計上的顯著差異。這些風險評估分類為血癌、淋巴腺腫瘤及造血性 (haematopoietic) 腫瘤實驗群體。(一旦使用更為特殊的診斷準則時容易導致錯誤的分類，所以這些群體的分類通常採用流行病學的研究方法。然而，到目前為止在實驗群體，沒有一定致癌物質被認定會導致群體中所有癌症的發生) 大部分的研究中，曝露在無線電波的指標較為粗糙且不具專一性，因此員工很可能同時曝露於其他因素的環境下。所以，所觀測出的風險增加，可能出自於意外或肇因於無線電波外的其他因素。同時，由於實驗結果提供的統計效力較低，加上量測曝露程度的異質性，在缺乏明確及一致性的風險評估情況下，並沒有強而有力的證據來對特殊型態的無線電波 (radiation) 做評估。

假如有數個流行病學研究針對的是相同的問題，而且幾乎每個研究所提供的統計效力皆甚低。此時可以結合這些小型研究進一步作巨量統計分析〈meta-analysis〉，而得出較確定的結論。然而，附表 1 所列示的研究太過於異質性，所以這種方法並不合適。

附表 2 列示罹患腦部腫瘤風險的相關資訊。如前所述，Szmigielski (1996) [32]報告的權值甚低。除此之外，另外兩個研究則較具有統計上

風險評估的顯著上升，而這兩者都是採取個案控制研究方式（case-control studies）。

第一個（Thomas et al,1987）[34]收集的個案的實驗群體來自美國三個地區的一般大眾，他們的曝露情況依據工作性質被分類。無線電波（radiation）曝露情況侷限在電子或電子設備的設計、製造、安裝及維護等工作，此一情況提醒作者注意到除了無線電波（radiation）之外，其他的工作環境也可能與此有關。然而，腦部腫瘤的病因大部份仍是未知的；因此，我們不能確定這些工作是否都具有相同意義的曝露情況。

第二個〈Grayson,1996〉研究針對美國的男性空軍人員，從職業史來評估他們的曝露情況。雖然曝露在無線電波〈radiation〉比沒有曝露的風險顯著提高；但是，即使暫最高的曝露情況下，相對風險提高程度仍有限。

其他有關於腦部腫瘤的研究，則提供了不一致的結論，與造血性及淋巴瘤研究所得出得結論一樣。整體而言，研究並未能指出無線電波會增加腦部腫瘤風險，但因為在重疊的研究限制下，也不能完全保證他們不具有任何危害。這些限制包含，評估無線電波的資訊不足、極度間接推斷及統計效力較低。

電磁波與其他類型腫瘤的相關數據較少，儘管有一些電磁波會增加致癌風險的零星報告。由於在研究上的限制，因此無法遽而判斷二者間的相關性。

針對挪威女性無線電及電信操作員所做的群體研究中，Tynes et al 〈1996〉[36]發現這群人患有有乳癌的相對風險值為 1.5 〈95%可信區間 1.1-2.0〉。然而，在一個從死亡證明取得的美國境內，乳癌患者的大樣本的個案控制研究〈Cantor et al,1995〉[37]，以及另一個針對受僱於設計、製造及測試無線電設備的員工之研究群體〈Morgan et al,2000〉[39]，皆發現患者乳癌與曝露在無線電波並無明顯關聯。然而，這些研究並沒有直接提供行動電話使用者，或是使用行動電話時曝露情形的相關資訊

〈Owen,2000〉 [38]。

在美國使用手提式雷達槍的警察中，有一個研究提出其中有六個罹患睪丸癌的報告 (Davis and Mostofi,1993) [40]。然而，再唯一一個針對睪丸癌與雷達設備之間關聯性的研究報告，其結論仍未能確定 (Hayes *et al*, 1990) [41]；雖然曝露在放射線的工作場所中罹患睪丸癌的風險是顯著提高的，但假如從工作性質中的職業衛生角度去做進一步推論，則其結論卻是不確定的。兩種評估方法得出的結果不一致，造成了曝露的可能性或曝露程度被高估，導致了誤差的風險估計。

在美國的一份研究報告中顯示，自備曝露在電磁波或雷達環境者，會提高患有虹膜黑色素瘤 (uveal melanoma) 的風險 (Holly *et al*, 1996) [42]，但在其他相關研究報告中，卻未能證實電磁波會造成虹膜黑色素瘤這類腫瘤。

總括來說，從職場流行病學研究中，並沒有證據指出電磁波會影響人類的致癌風險。然而，研究中曝露型態的調查因研究的不同而有差異，且無法認定其與行動電訊科技間的直接關聯。再者，其中許多研究的統計效力甚低，而且許多研究所使用的方法有缺陷。因此，即使是在缺乏正面，且一致性的研究結論之情況下，我們也不能很斷定地說，行動電話的放射線並不具備有重要的致癌風險。

◆癌症以外的健康影響

雖然癌症事研究電磁波與健康影響的主要課題，但是也有許多研究主要是測試曝露在電磁波下的工作群體，與非癌症死亡率及某些偶發性罹病率的相關性 (Robinette *et al*, 1980；Muhm,1992) [43]，然而這些研究並沒有提供任何的電磁波危害證據。

另外，數個個案控制研究，探討使用界於電磁波頻率的微波對患者作治療的物理治療師，評估電磁波對懷孕造成不利結果的風險。在此一研究

中發現，在懷孕前六個月至懷孕後三個月期間曝露在該情況下，自然流產率顯著性提高（相對風險 1.28，95%可信區間 1.02-1.59），且曝露頻率愈高者相對風險直更大（Ouellet-Hellstrom and Stewart,1993），然而在使用問卷調查方式來搜集資料時，得出的是相對較低的相關性。使用短波電療者也未發現有相同的關聯。總體來說，針對物理治療師的懷孕研究中，並不支持曝露在微波下與流產或其他不利結果的關聯性（Kallen *et al*,1982；Taskinen *et al*,1990；Royal Society of Canada,1999）。

儘管目前仍缺乏曝露在 R F 電磁場工作環境，可能造成健康風險的證據，但開始針對曝露在高電磁波工作場所的工作人員作長期追蹤是合理的。我們建議，對職業性員工建檔分析其致癌風險與死亡率，決定這些因素是否具有傷害性。如果曝露在 R F 電磁波下的不利影響被認定，則國內的相關單位，勞委會、交通部、環保署、衛生署，應共同建立一個職業安全檢查的機制。

●居住於無線電及電視發射天線附近居民

居住在靠近無線電及電視發射天線地區與致癌的關聯性之研究，已經在美國、英國及澳洲進行了。

Selvin *et al*（1992）[47]試圖去收集居住在微波塔 3.5 公里內的舊金山居民中，罹患兒童血癌、淋巴腺瘤及腦瘤的個案。這個研究的主要目的，在於比較不同的統計分析方法，因此並未調整潛在的可能混淆因子。即使如此，此一研究並沒有發現任何導致罹癌率上升的證據。

相反地，在夏威夷一個研究發現，居住在無線電桿聚集地區 4.2 公里以內的小孩，罹患血癌的發生機率倍增（Maskarinec *et al*,1994）[48]。然而，由於所觀察的曝露個案數很小，以致於完全無法顯示統計上的顯著差異。再者，該研究中的環境已被認為具有較高的疾病發生率，以至於很難去排除其他的偶發情況。例如：某些社區可能偶然地在比例上擁有較多的

樂透彩券贏家，在相同情況下，在一個小地區癌症發生機率較高〈且在那裡將被視為一般情況〉，也可能找不出任何特殊理由足以說明此一現象。

英國 Sutton Coldfield 地區 (Dolk *et al*,1997a) [49]鄰近於電視及無線電波發射天線，血癌及淋巴瘤機率較高，故也被列入分析癌症發生的地區分布之一案例。研究證實，距離電視及無線電發射天線兩公里以內，會增加罹患血癌的風險；相較於一般地區人口而言，其相對風險大約為 1.8。除了膀胱癌外，此一研究並未分析其他癌症，而膀胱癌的相對風險大約為 1.5；也就是說，靠近發射天線者的罹患機率顯示出統計上的顯著差異。作者承認，儘管具有統計上顯著差異，這些研究也可能是偶發的。因此，有進一步針對全英國居住於接近高功率及電視發射天線區域居民的相關分析 (Dolk *et al*,1997b) [50]。這個研究則顯示，距離電視及無線電發射天線兩公里以內，並沒有超量的血癌發生率。在發射天線半徑 10 公里以內，罹患膀胱癌的比率上升 (相對風險 1.09)，但隨著與發射天線的距離拉長，該比例並沒有如預期般，因電磁波減弱地逐漸減少。

Hocking *et al* (1996) 在澳洲的雪梨，比較三個環繞著電視天線及六個距離天線較遠的自治區，血癌及腦部腫瘤的患病比例。研究發現，腦部腫瘤的發生率沒有差別；但是，在這三個靠近電視發射天線地區的小孩，罹患血癌的機率超出百分之六十。接著 McKenzie *et al* (1998) [52]利用擴大控制領域研究，更進一步探索血癌的發生。結果發現，罹患率超高地區僅侷限於三個環繞天線地區之一。因此，導致超高發生率的原因可能是出於偶然或當地其他因素，而不是所造成的。

除了在科學期刊所發表的研究成果外，還有一些文獻評論是關於居住於拉脫維亞軍隊微波調節偵測器附近居民，及居住在東歐曝露在微波輻射下美國大使館的人員及部屬 (Goldsmith,1995[53]；Repacholi,1998[54])。然而，這些經過審核而未在科學刊物發表，因此我們無法獲得充分詳細的研究成果來加以評估。

關於鄰近於廣播發射器材，是否會導致癌症的研究仍有著極大的限制，而該限制使得所描述的結論較無說服力，這些資料的分析並不是根據所測出的輻射強度。這個研究中廣播信號天線的距離，被用來作為曝露程度的測量標準，而來考慮接地反應及建築物、植物及波盪的信號還原，因為他們會轉換曝露情況。此一研究針對群體作曝露與癌症發生率的分析，而未對個人因素考量因而弱化了相關聯的病因探討。事實上，個人的曝露情況隨時會改變，像是花費多少時間在家中，在室內或是室外，在家裡或附近接受到其它來源的電磁波，及在工作中曝露程度，在工作中或是使用行動電話，而這些都不被列入考慮。再者，雖然研究分析了關於居住地點民眾患有癌症或死亡的風險，但電磁波是否會致癌通常是在重大曝露情況數年或是數十年之後，疾病症狀才會明顯表露。因此，從這樣的研究所得到的證據，並未指出真正的危害因子---疾病的增加可能是偶然的，或是其他未被確認的混淆因子所造成的---研究發現並未能針對電磁波的危害提供強而有力的證據

●流行病學研究的結論

除了開車時使用行動電話的風險外，並沒有關於一般大眾曝露在電磁波下，或是在特定範圍內，特別是曝露在行動電話下會對人類造成的危害的流行病學證據。雖然目前的流行病學研究所得到的結果無法確認其因果關係，但是要完全排除其危險性仍有甚多限制。有許多人表示在使用行動電話時，或使用後短暫地會產生一些症狀，像是：疲勞、頭痛、耳後發熱。然而，我們對於這些症狀的範圍或是否為電磁波造成的並不清楚。

●更進一步的研究計劃

鑑於行動電話科技使用率的普及，任何對健康的負面影響因素將會波及到大量的人口。在一部份使用者中，使用行動電話明顯地是焦慮的來源。以下的流行病學研究中，將可以試著去解決現存的不確定性。如何擬

定出一個高品質的研究報告，應該慎重且仔細地被考慮。

◆使用行動電話致癌風險的個案—對照 (case--control) 研究

目前迫切需要提出使用行動電話是否會導致血癌、腦癌、以及聽覺及唾腺腫瘤的個案—對照研究。

一份有關於使用行動電話是否會造成腦部腫瘤風險的大樣本個案—對照研究報告，已在美國出版 (Inskip *et al*, 1999) [55]。另一個關於腦癌、聽覺神經瘤、唾腺瘤及血癌的國際性個案—對照研究報告，則是由國際癌症研究協會 (IARC) 所共同完成。在一段很長的誘發時間後，使用行動電話可能會導致惡性腫瘤的可能性，隨著科技的進展及為了應付科技改變所帶來的風險，像這樣的個案—對照物 (case--control) 研究在未來可能需要較長時間重複不斷地進行。

通常是在一段很長的誘發時期後，行動電話才可能會導致惡性腫瘤。隨著科技的進展及為了應付科技改變所帶來的附加風險，像這樣的個案—對照研究，在未來需要較長時間且重複不斷地進行。

我們認為必須投注更多經費，來從事有關於行動電話與腦癌、聽覺腫瘤、唾腺癌及血癌相關性的大樣本個案—對照研究。

◆行動電話使用者的群體研究

個案對照研究方法有許多的限制，包括：難以選擇合適對照組、個案對曝露情況的回顧及報告較對照組完整。再者，個案—對照研究通常著重一個或兩個疾病，而單一群體研究則可測試許多不同的健康結果。在行動電話電磁波曝露的研究中，血癌或腦部、頸部腫瘤的可能危險已經被提出，但其他疾病的風險仍舊是不確定的。

因此，不論其成本多寡，我們相信針對個案使用行動電話情況後所進行的的大樣本群體研究是必要的。而且此舉可輔助個案-對照研究的不足。這樣的在幾年內將開始產生結果，但由於需要長期監視可能的影響，所

以需要在未來持續不斷地進行。群體研究結果可能提供所有癌症及致死風險的資訊，更勝於一些用個案—對照方法研究的特殊疾病，最終將提供電磁波長期誘導下產生健康影響的有用諮詢。如果需要的話，群體研究也可提供有關個體罹病率的研究（例如：神經精神失調）。

我們收集了遍及全球的三個群體研究：其一是二十五萬個美國行動電話使用者的研究，但該研究現在暫被擱置（Rothman *et al*, 1996; Dreyer *et al*, 1999）；其二為五十五萬個丹麥行動電話使用者（Johansen and Olsen, 1999）[56]，其三為五萬個大英國協（UK）行動電話使用者（Beral, 2000）。美國與丹麥的研究是根據個體的手術紀錄來當作群體研究，而英國的研究目標是來自於至乳房檢查門診求診婦女的群體，而非以使用行動電話為基礎作選擇因此其長期使用者較少。雖然這些研究皆提供有益的資訊，但我們認為，來自於大英國協（UK）的近一部群體研究，及其所著重的行動電話長期使用影響所做的分析將使我們獲益更多。

為了獲得強而有力的統計資訊來測試特定的致癌或非致癌影響，一個群體研究需要非常大的樣本，甚至包括數萬至數十萬個個體。因此，研究成本將大幅提高。為了在往後的幾年內，獲得有效且極大化的資訊，大量且長期的收集行動電話者是必須的。從最初暴露在致癌因子到證實會增加患病風險，須有數年的區間。由於早期的行動電話比目前使用的行動電話有較高的輸出功率，使得來自於早期行動電話的風險評估顯得特別重要。在大英國協（UK），更早對行動電話採取特殊的國際標準，儘管只包括在一小部份的人口，這個研究提供給各國有關早期使用行動電話影響的重要資訊。因此，這個研究著重於最早期密集使用行動電話者；據了解這個地區應該是倫敦。研究所需要的資訊不只是行動電話者電話的使用，更包含了許多潛在的混淆變數，一直到貼近現實情況。早期的行動電話使用者可能與一般大眾擁有非常不同的特徵，例如：生育生殖史、社會經濟因素及其他與疾病風險有關的因素。

我們了解除了已經在進行的群體研究外，一個長期且大規模的行動電話使用者群體研究正在英國著手進行，它特別著重於 1980 年開始使用行動電話者，這類研究的設計較為困難而且必須付出更多的潛在成本，在進行這些大規模的研究之前一個引導的研究應該先著手進行。

◆行動電話使用者的徵候

許多研究文獻提到行動電話使用者主訴與行動電話有關的症狀，研究證據必須指出使用行動電話與實際出現的症狀有關。為了要了解這些症狀是否肇因於行動電話所產生電磁波，必須設計一個雙盲研究，在這一個針對發生症狀的實驗性研究環境中，使用者及觀察者並不知道行動電話設備是否已啟動。高度敏感個體的研究，是在雙盲研究條件下，特別去測試這些個體在行動電話曝露時，是否特別容易出現這些特徵。

這一類的研究主題必須尋求自願者作測試，而無法使用流行病學的方法，研究調查的結果可以發現某些地區症狀的本質及該地區普遍存在這些症狀的來龍去脈。

我們建議可以在國內進行雙盲研究用以評估行動電話使用與所產生的症狀間的關係，例如：頭痛。另外也可利用交互—部分研究分析及評估行動電話使用者所產生的症狀。

◆使用行動電話與車禍

如前述，從所獲得的資料顯示使用行動電話可能是交通事故的肇因之一，但這並不表示使用手持式行動電話比非手持式電話會造成更大的風險，或是行動電話比其他分心的因素，像是與其他乘客談話或是收聽收音機，更易增加開車時的風險。使用行動電話與發生車禍事故之間的關係與公眾健康政策得制定有關，因此為了建立政策研擬的科學基礎，證據的取得是很重要的，尤其是手持式行動電話及非手持式電話之間的風險比較。

我們建議：往後在國內進行的流行病學研究，應該釐清使用行動電話

與車禍風險間的關係；特別是手持式行動電話及非手持式電話之間的風險差異，以及手持式行動電話是否會比其他形式，尤其是與其他乘客交談，更會造成開車時分心而導致風險提高。

◆行動電話基地台對於健康的影響

除了從已出版文獻中所獲得的資訊外，社會上關於行動電話基地台對健康的負面影響的憂慮及抗爭的報導接二連三的出現，尤其是鄰近於住家地區、學校...等等的行動電話基地台。行動電話科技對社會的衝擊需要通盤地考量。除了規劃並改善最基礎的部分外，更應該透過流行病學或其他方法，開始進行有意義的卓越研究計劃，以擴大行動電話科技對健康影響的探討級觀念的建立。這也應該是各領域研究基金提供者必須注意的例如：經濟與社會研究會議、醫學研究會議、國科會及其他機構。

第 五 章

整體科學證據之結論

第五章 整體科學證據之結論

行動電話科技可能會造成實體上的健康風險，目前已經形成共識的結論是，開車時使用行動電話會增加的車禍事件。使用手持式行動電話及非手持式行動電話造成車禍的機率大致相同，這可能是由於交談時分心的結果，而非駕駛汽車時機械操控或腦部直接受到電磁波影響或干擾所致。

另一個證據顯示：曝露在行動電話訊號下，其強度在 ICNIRP 所規範的範圍內，對人腦的電子活動及認知功能，會有直接且短期的影響。這些影響可能起源於原始生物現象的變化，我們可以從獨立細胞與動物實驗中得到一些證據。目前最迫切性的需求是追究這些對腦部的直接反應會否對健康造成影響，如果是有，而且假設其門檻可被清楚定義，曝露的指標應該重新被思考。決定這些影響是否是由於局部溫度上升或其他可能的「非熱能效應」機制所產生也很重要。

最近的流行病學研究並沒有提出曝露在電磁波會造成癌症的證據。這個結論與生物研究證據的結果並行不悖，生物研究證據指出在規範下的電磁波並不會造成基因突變、引發或促使腫瘤結構形成。然而，行動電話使用歷史的時間尚未足以作有關於健康影響的流行病學評估，因此在這個階段我們不能夠排除行動電話與癌症之間任何關係的可能性。鑒於這個議題仍被廣泛地討論著，持續性的研究是必須的。

細胞與動物的實驗性研究，並未提出在標準範圍內的行動電話所發射出的電磁波會傷害心臟、血液、免疫系統升值系統及胚胎的發育。此外，甚至長期的曝露也不會影響壽命。到目前為止，有限的流行病學研究並沒有充分的證據足以解釋該問題的肇因。

平衡的證據指出，居住於靠近基地台附近的人只曝露在少部分率的標準範圍內，因此並不會對健康造成風險。

第 六 章

對未來研究的整體建議

第六章 對未來研究的整體建議

以現有的知識為基礎，我們推薦有關單位鼓勵學術機構進行有關於從行動電話手機所發出訊號的影響之相關優先研究領域。這些應該包括如下主題：

- ◆ 腦部功能的影響。
- ◆ 曝露在振動訊號的結果。
- ◆ 電磁波測量的改善。
- ◆ 電磁波對細胞及細胞組成的傷害，而形成對健康的可能衝擊。
- ◆ 關於行動電話使用的心理學及社會學研究。
- ◆ 流行病學及自願者研究，包括孩童及易受電磁波影響的個體研究。

相關的實體研究計劃，應該在可經驗證且獨立不受甘擾的情況下操作。其主要目標，在於發展與行動電話及相關科技對健康影響的研究計劃。這些計畫應該有本國或其他國家的經費贊助支援。在擬定研究的細部流程時，應該考慮到已經同儕-評論的科學文獻、級未經非同儕-評論的論文及軼事證據。

我們建議：相關的研究計劃應該在財務上得到行動電話公司及公家機關〈經濟部、交通部、衛生署、環保署、國科會及其他研究機構〉的資助，其比例以 50 比 50 為基礎。來自企業的貢獻，應以自願為原則或持續性每五年的募款。

在這個領域內作持續性的研究及回顧是必需的。我們以為行動電話科技可能影響健康的議題，應該再未來幾年內形成共識。目前，世界衛生組織（WHO）已經建立有關於電磁波領域的風險評估的正式流程。

第 七 章

世界衛生組織 WHO 的建議 電磁場與公眾健康— 行動電話及基地台

《真相報告》

電磁場與公眾健康 —— 行動電話及基地台

行動電話，或是所謂的大哥大、手機，在目前是現代電信通訊不可或缺的一部份。在某些地區，這是最可靠或唯一可得的通訊設備。在大多數地方，行動電話則相當普遍，因為他讓人與人之間得以在毫不影響自由活動的情況下，持續溝通，暢所欲言。

這一份「真相報告」綜合了1999年11月，由世界衛生組織〔WHO〕及加拿大皇家學院主導的「無線電頻率〔〕磁場對人類的影響」研究方案之文獻回顧；以及2000年由大英國協的獨立專業團體〔IEGMP〕提出的「行動電話和健康」之文獻回顧，整理出的最及時資料。

●健康影響

對廣大的行動電話使用者而言，即使對健康產生的副作用甚小，也可能成為重大的公眾衛生議題。這份真相報告內容強調的就是這些影響。

評估磁場可能的健康影響時，有幾個重要的觀念必須謹記在心。首先是，操作頻率：最近的行動電話系統的操作頻率介於800和1800MHz。其次，相當重要的是，切勿將這些磁場與離子化放射線，例如：X-光放射線，或 γ 放射線，相互混淆。與離子化放射線的區別在於，磁場不會導致人體內的離子化或放射線活性反應。因此，磁場又被稱為非離子磁場。

●曝露程度

行動電話手機與基地台呈現出二種截然不同的曝露情況。行動電話使用者在單一時間的曝露程度，高於居住在行動電話基地台附近的民眾。然而，行動電話手機除了發出不定期訊號以與附近的基地台連線外，只在通

話時才會傳導能量；反觀，基地台的訊號傳導則是持續不停的。

手機：行動電話手機本身是低功率傳導體，釋放的最高功率介於 0.2 至 0.6 瓦特。其他類型的手持傳導體，例如無線電對講機，可能釋放 10 瓦特以上的功率。磁場強度〔對使用者的曝露〕隨著與手機距離拉長而快速下降。因此，行動電話使用者的手機距離頭部 10 公分以上〔使用免持聽筒設備〕，則的曝露劑量將遠低於手機緊貼於頭部的使用者。行動電話使用者周邊附近的曝露則微乎其微。

基地台：基地台傳導功率程度從數瓦特至 100 瓦特以上；這取決於基地台的規模以及它們所要服務的行動電話的種類及數量。典型的基地台天線大約 20 至 30 公分寬，一公尺長，架設於建築物頂或高塔頂與地面距離為 15 至 50 公尺。這些天線釋放出的能量束在垂直方向範圍較狹窄，而朝水平方向的範圍則較寬廣。在天線架設樓地板正下方的磁場強度較小。當一個人從基地台慢慢離開，則接受到的磁場強度先慢慢增加，到距離天線較遠的地點後則磁場強度又慢慢減弱。

通常在距離架設於頂樓天線 2 至 5 公尺範圍內，會有屏障措施，將人員隔離於磁場超出曝露劑量限制以上的地區。由於天線的功率散射方向朝外，而且不會由其背面，或朝天線上方及底部放射出明顯的能量，在此建築物內或二側的能量強度往往是相當低的。

社區其他來源：其他社區單位的天線，例如消防局、警察局和急救服務系統，以和行動電話基地台相同的功率和幾乎相同的頻率運作。在許多都市地區，電視及廣播發射台的天線往往發射出較行動電話基地台更高的功率。

●健康作用

磁場穿透曝露組織的深度與其頻率有關——一般使用的行動電話頻率穿透度可達一公分。能量可在體內被吸收而轉換為熱，但是身體內正常

的熱調節機制則將這些熱自然排出。大部份關於曝露對健康作用的報告，明顯地皆與熱效應有關。能量與身體組織相互作用的程度不致於導致明顯的熱效應；因此，目前尚未有研究顯示在國際規範限制以下的曝露劑量，足以產生不良的健康作用。

目前的大部份研究之結論乃檢視全身曝露於遠較正常無限通訊系統曝露劑量為高的磁場的短期作用之結果。很顯然的，在諸如無線電對講機和行動電話等發明出現後，仍很少有針對局部曝露至頭部之後果的研究。

世界衛生組織〈WHO〉為了作好健康的危險評估，已經確認了研究的基本需求，並提供此類研究至公共利益之層次。簡而言之，迄今為止這些研究顯示：

◎癌症：最近的科學證據指出，磁場的曝露，例如由行動電話及其基地台所釋放的電磁場，不致於誘發或促進癌症的發生。數個曝露於雷同行動電話磁場的動物實驗，未曾發現導致或促進腦癌的證據。1997年一個研究發現磁場增加了基因轉殖鼠發生淋巴瘤的機率，此一研究結果的健康意涵仍未明確。目前有數個試圖去證實此一發現，並進一步探討此一結果與人類癌症相關性的最新三個流行病學研究，未發現任何使用行動電話會增加癌症或其他疾病危險性的確切證據。

◎其他健康危險：科學家已經提出，使用行動電話導致其他生理效應包括腦活動力，反應時間及睡眠型態改變的報告。這些效應甚小而且沒有明顯健康上的意義。為了進一步証實這些發現，有更多的研究正進行中。

◎駕駛：研究已經清楚的顯示，行駛中使用行動電話〈無論是手持或免持聽筒〉增加車禍的危險性。

◎電磁場干擾：使用中的行動電話接近某些醫療設施〈包括心律調節器、特定的助聽器等〉可能導致相互干擾。行動電話與飛機電子儀器也會產生相互干擾現象。

●電磁場〈EMF〉準則

由國際非游離輻射委員會〈ICNIRP〉，根據所有科學文獻〈包括熱效應及非熱效應〉的詳細分析後，擬出的國際準則，提供了對所有已確定的能量可能導致的傷害，提出了最安全保證的防範。一般量測或累計的結果顯示公共設施地區訊號強度遠低於國際準則以下，而往往只達一百分之一，甚至更低。行動電話使用者在手機的曝露強度較高，但仍低於國際準則。

●世界衛生組織的作法

為了回應公眾的疑慮，世界衛生組織〈WHO〉成立了國際電磁場〈EMF〉合作方案，以科學證據評估電磁場可能的健康影響。此一合作方案已建立一個正式機制用以回顧所有的研究結果，並進一步推論出曝露的危險評估。同時它正在構築廣泛的公共資訊系統，並結合全球相關的研究開發機構，以建立一個同步化的國際曝露可被遵循標準。

WHO 也正在主導一系列的領域的研究。一個結合全球超過 10 個國家合作由國際癌症研究機構〈IARC；WHO 下的一個癌症研究專責機構〉協調的大型流行病學研究正在進行，探討使用行動電話與頭頸部癌症的相關性。此項研究將在 2003 年完成。

●結論與建議

最近的回顧性文獻〈reviews〉，尚未有曝露於來自行動電話或其基地台的磁場下會導致任何不良的健康影響之結論。但是，在往後更深度更優質的健康危險評估完成之前，一般人對此一領域的知識仍有疑慮。根據估計，完成的相關研究、評估並發表所有健康危險方面的評估結論，尚需時 3 至 4 年。在此期間 WHO 建議：

◆嚴格遵守健康準則：保護所有人類的國際性健康準則已經完成，包

括行動電話使用者、在基地台工作或居住於附近的人，以及不使用行動電話的人都應嚴格遵守。

◆預防對策

◎政府：由於公眾的疑慮，且大家都期盼能加強預防性的測量措施，以降低磁場的曝露；即使在政策制定過程中，已採納適切的以健康為基礎之規範，政策執行者也不應該忽略規範的科學基礎，而應把絕對的安全附加因素併入於曝露限制條件之內。預防性量測措施應獨立運作，此一政策在於鼓勵電訊服務及手機製造廠商和公眾在自由意願下，積極降低的產生及曝露。關於此類量測的細節，可查詢獨立的世界衛生組織 WHO 認證單位所提供之資料。

◎個人：目前的科學資訊並未指示在使用行動電話時，有特別作預防性措施的需要。假如，個人仍有疑慮，則可考慮讓自己或他們的小孩減少對的曝露；作法包括長話短說，或者是使用免持聽筒，讓手機遠離身體及頭部。

◎限制行動電話在局部地區的使用，以避免 EMF 干擾：行動電話可能干擾特定電子醫療設施，例如：心律調節器和助聽器。在醫院的加護照顧部門使用行動電話會增加患者的危險，所以禁止在這些地區使用。同樣地，行動電話也不被准許在飛機內使用，因為它們會干擾飛航單位的運作。

◎行車安全：已經有明顯的証據顯示，行駛汽車同時使用行動電話會增加車禍的危險率，無論駕駛員使用的是傳統手機或免持聽筒裝置，情況都一樣。摩托車騎士更是嚴格被禁止在行駛中使用行動電話。

◎簡單的保護措施：對部份基地台〈主要是位於建築物頂樓者〉加置防護罩、柵欄或其他的保護措施，以排除在可能已超過曝露限制範圍的磁場接觸是必要的。

◎吸收裝置：科學証據並未顯示，行動電話有使用吸收套，或任何

其他的「吸收裝置」的必要性。這些措施並未具備醫學背景的認證，而且許多此類設施在降低曝露的成效並未被証實。

◎設立基地台時與社區的諮商：基地台設置目的在於能提供良好的訊號涵蓋範圍，並維持通暢的訊號傳達。雖然基地台的磁場值並未被認為會產生健康威脅，但是決定設置基地台時，應把建物景觀及公眾的心理感受列入考量。在幼稚園、學校、遊樂場附近設置基地台，尤其需要特別的考慮。在基地台新天線設置的計劃階段，先邀集地區行政單位、公眾與行動電話廠商作公開溝通與討論，能幫助公眾對新設施的了解及更大的接受度。

◎資訊的提供：一個傳達健康資訊以及與科學家、政府、廠商及公眾之間的溝通之便捷系統，以提昇一般民眾對行動電話科技的了解程度，並降低誤解及駭怕是非常必要的。而這二者都必須是符合實際，而且是可充份被領會的。這些訊息必須正確無誤，同時切合議題並得以滿足閱聽大眾的了解。

● 建議參考資訊

IEGMP (2000) Independent Expert Group on Mobile Phones, *Mobile Phones and Health*, National Radiological Protection Board (UK) 2000.

See

<http://www.iegmp.org.uk/IEGMPtxt.htm>

Royal Society of Canada (1999). *A review of the potential health risks of radiofrequency fields from wireless telecommunication devices*. Expert panel report prepared by the Royal Society of Canada for Health Canada. Ottawa, Royal Society of Canada, RSC. EPR 99-1.

附表 1: 透過工作或嗜好而潛在曝露在下，導致淋巴腺癌及造血癌的

流行病學研究

| 研究類型 | 研究群眾 | 曝露情況 | 導致的結果 | 個案數 | 估計的相對 風險 (95% 信心區間) | 參考資料 |
|-------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|----------|--------------------------------|-------------------------------|
| 群體 (cohort) | 美國海軍 雷達技術 員 | 工作上需要而必 須曝露在高情況 (雷達) | 因為患有淋 巴腺癌及造 血癌而死亡 | 26 | 1.18 | Robinette et al, 1980 |
| 死亡比例 的交互分 析 | 美國華盛 頓州年齡 20 多歲男 子 | 無線電及電信的 操作員 無線電及電視的 修理員 | 因為患有淋 巴腺癌及造 血癌而死亡 | 15 12 | 1.37 1.27 | Milharm, 1985 |
| 群體 (cohort) | 美國加州 及華盛頓 州業餘的 無線電的 操作員 | 業餘的無線電的 操作員 | 因為患有淋 巴腺癌及造 血癌而死亡 | 89 | 1.23 (0.99-1.52) | Milharm, 1988 |
| 群體 (cohort) | 美國海軍 的男性白 人 | 無線電員 (radiomen) 航空的電子技術 員 | 非一霍奇金 氏淋巴瘤 | 2 1 | 0.6 (0.1-2.0) 0.4 (0.0-2.2) | Garland et al, 1988 |
| 群體 (cohort) | 紐西蘭年 齡 20 多歲 男性 | 無線電及電視的 修理員 | 血癌 | 2 | 7.9 (2.2-28.0) | Pearce and Fraser, 1989 |

| | | | | | | |
|----------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------|--------------------------------|------------------------|
| 群體 (cohort) | 美國海軍 的男性白 人 | 無線電員 (radiomen) 電子技術員 | 血癌 | 4 5 | 1.1 (0.3-2.8) 1.1 (0.4-2.6) | Garland et al, 1990 |
| 群體 (cohort) | 挪威電子 工人 | 因工作而潛在曝 露於下 | 血癌 | 9 | 2.85 (1.30-5.41) | Tynes et al, 1992 |
| 群體 (cohort) | 挪威女性 無線電及 電信操作 員 | 無線電及電信的 操作員 | 血癌 | 2 5 | 1.1 (0.1-4.1) 1.3 (0.4-2.9) | Tynes et al, 1996 |
| 群體 (cohort) | 年齡在 20 至 59 的波 蘭軍隊人 員 | 因工作而潛在曝 露於下 | 淋巴癌及血 癌 | 未提供 此資料 | 6.31 (3.12-14.32) | Szmigielsk i, 1996 |
| 群體 (cohort) | 義大利塑 膠工廠的 女性員工 | 透過非傳導性的 熱焊接而曝露於 下 | 因血癌而死 亡 | 1 | 5.0 | Lagorio et al, 1997 |
| 群體 (cohort) | 設計、製造 及測試的 男性及女 性受雇者 | 因工作中度或高 度曝露於下 | 因為患有淋 巴腺癌及造 血癌而死亡 | 20 | 0.54 (0.33-0.83) | Morgan et al, 2000 |

附表 2: 透過工作或嗜好而部分曝露在下，導致腦癌的流行病學研究

| 研究類型 | 研究群眾 | 曝露情況 | 導致的結果 | 個案數 | 估計的相對 風險 (95% 信心區間) | 參考資料 |
|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------|--------|---------------------------|------------------------|
| 死亡率的 交互分析 | 美國華盛 頓州年齡 20 多歲男 子 | 無線電及電信 的操作員 無線電及電視 的修理員 | 因為患有腦 癌而死亡 | 1 2 | 0.38 0.59 | Milharm, 1985 |
| 個案-對照 研究 (case-con trol) | 美國三個 地區，年齡 在 30 多歲 的白人 | 曾經工作需要 而曝露在下 | 因為患有腦 癌而死亡 | 69 | 1.6 (1.0-2.4) | Thomas et al , 1987 |
| 群 體 (cohort) | 美國加州 及華盛頓 州業餘的 無線電的 操作員 | 業餘的無線電 的操作員 | 因為患有腦 癌而死亡 | 29 | 1.39 (0.93-2.00) | Milharm, 1988 |
| 群 體 (cohort) | 挪威電子 工人 | 因工作而潛在 曝露於下 | 腦部腫瘤 | 3 | 0.61 (0.13-1.78) | Tynes et al , 1992 |
| 群 體 (cohort) | 挪威女性 無線電及 電信操作 員 | 無線電及電信 的操作員 | 腦部腫瘤 | 5 | 1.0 (0.3-2.3) | Tynes et al , 1996 |

| | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|------------|---------------------|------------------------|
| 群體 (cohort) | 年齡在 20 至 59 的波 蘭軍隊人 員 | 因工作而潛在 曝露於下 | 神經系統及 腦部腫瘤 | 未提供 此資料 | 1.91 (0.3-2.3) | Szmigielski , 1996 |
| 個案-對照 研究 (case-con trol) | 美國的女 性空軍 | 因工作而潛在 曝露於下 | 腦部腫瘤 | 94 | 1.39 (1.01-1.90) | Grayson , 1996 |
| 群體 (cohort) | 義大利塑 膠工廠的 女性員工 | 透過非傳導性 的熱焊接而曝 露於下 | 因腦癌而死 亡 | 1 | 10.0 | Lagorio et al ,1997 |
| 群體 (cohort) | 設計、製造 及測試的 男性及女 性受僱者 | 因工作中度或 高度曝露於下 | 因為患有神 經系統及腦 部腫瘤而死 亡 | 7 | 0.53 (0.21-1.09) | Morgan et al ,2000 |

第 八 章

參 考 文 獻

- [1] Preece A W, Iwi G, Davies-Smith A, Wesnes K, Butler S, Lim E and Varey A(1999).Effect of a 915-MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man. *Int J Radiat Biol* , 75, 447.
- [2] Koivisto M, Revonsuo A, Krause C M, Haarala C, Sillanmäi L, Laine M and Hamalainen H (2000). Effects of 902 MHz electromagnetic field emitted by cellular phones on response times in human. *NeuroReport*, 11, 413.
- [3] Reiser H,Dimpfel W and schober F(1995).The influence of electromagnetic fields on human brain activity. *Eur J Med Res*,1,27.
- [4] Roschke J and Mann K(1997). No short-term effects of digital mobile radio telephone on the awake human electroencephalogram. *Bioelectromagnetics*,18,172.
- [5] Mann K and Roschke J(1996). Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on human sleep. *Neuropsychobiology*,33,41.
- [6] Wagner P, Roschke J, Mann K, Hiller W and Frank C(1998). Human sleep under the influence of pulsed radiofrequency electromagnetic fields: a polysomnographic study using standardized conditions. *Bioelectromagnetics*,19,199.
- [7] Borbely A A, Hurber R, Graf T, Fuchs B, Gallmann E and Achermann P(1999). Pulse high-frequency electromagnetic field affects human sleep and sleep electroencephalogram. *Neurosci Lett*,275,207
- [8] Krause C M, Sillanmäki L, Koivisto M, Häggqvist A, Saarela C, Revonsuo A, Laine M and Hämäläinen H(2000). Effects of electromagnetic fields emitted by cellular phones on the EEG during a memory task. *NeuroReport*, 11,761.
- [9] Uran P, Lukas and Roth Z(1998). Does acute exposure to

- electromagnetic field emitted by a mobile phone influence visual evoked potentials? A pilot study. *Centr Eur J Public Health*,6,288.
- [10] Eulitz C, Ullsperger P, Freude G and Elbert T(1998). Mobile phones modulate response patterns of human brain activity. *NeuroReport*.9,3229.
- [11] Freude G , Ullsperger P, Eggert S and Ruppe I(1998).Effects of microwaves emitted by cellular phones on human slow brain potentials. *Bioelectromagnetics*,19,384.
- [12] Braune S, Wrocklage C, Raczek J, Gailus T and Lucking C H(1998a). Resting blood pressure increase during exposure to a radiofrequency electromagnetic field. *Lancet*, 351,1857.
- [13] Reid S W J and Gettinby G(1998). Radio-frequency electromagnetic field from mobile phones. *Lancet*, 352,576.
- [14] Braune S, Wrocklage C, Raczek J, Gailus T and Lucking C H(1998b). Radiofrequency electromagnetic field from mobile phones. *Lancet*, 352,576.
- [15] McKnight A J and McKnight A S (1993). The effect of cellular phones use upon driver attention. *Accid Anal Prev*,25,259.
- [16] Lamble D, Kauranen T, Laakso M and Summala H (1999). Cognitive load and detection in thresholds in car following situations: safety implications for using mobile (cellular) telephones while driving. *Accid Anal Prev*,31,617
- [17] Alm H and Nilsson(1994). Changes in driver behaviour as a function of handsfree mobile phones-a simulator study. *Accid Anal Prev*,26,441.
- [18] Alm H and Nilsson(1994). The effects of a mobile telephone task on driver behaviour in a car following situation. *Accid Anal Prev*,26,441.

- [19] Brookhuis K A, DeVries G AND DE Waard D (1991). The effects of mobile telephone on driver performance. *Accid Anal Prev*,23,309.
- [20] Violanti J M and Marshall J R (1996). Cellular phones and traffic accidents: an epidemiological approach. *Accid Anal Prev*,29,265.
- [21] Dreyer N A, Loughlin J E and Rothman K J (1999). Cause-specific mortality in cellular telephone users. *JAMA*,282,1814
- [22] Violanti J M (1997). Cellular phones and traffic accidents. *Public Health*,111,423.
- [23] Violanti J M (1997). Cellular phones and fatal traffic collisions. *Accid Anal Prev*,30,519.
- [24] Redelmeir D A and Tibshirani, RJ (1997). Association between cellular-telephone calls and motor vehicle collisions. *J Med*,336,453.
- [25] Rothman K J, Loughlin J E, Funch D P and Dreyer N A (1996). Overall mortality of cellular telephone customers. *Epidemiology*, 7, 303.
- [26] Hardell L, Nasman A, Hallquist A and Hasson Milk (1999). Use of cellular telephones and the risk for brain tumours: a case-control study. *Int J Oncol*, 15, 113.
- [27] Ahlbom A and Feychting M(1999). Re: Use of cellular phones and the risk of brain tumours: a case-control study. *Int J Oncol*, 15, 1045.
- [28] Hocking B(1998). Preliminary report: symptoms associated with mobile phone use. *Occup Med*, 48 ,357.
- [29] Hansson Mild K, Oftedal G, Sandstrom M, Wilen J, Tynes T, Haugsdal B and Hauger E(1998). Comparison of symptoms experienced by users of analogue and digital mobile phones. A Swedish-Norwegian epidemiological study. *Arbetslivsrapport 1998:23*. Sweden,

Arbetslivsinstitutet.

- [30] Elwood J M (1999). A critical review of epidemiologic studies of radiofrequency exposure and human cancers. *Environ Health Perspect*, 107,155
- [31] Moulder J E, Erdreich L S, Malyapa R S, Merritt J, Pickard W F and Vijayalaxmi D Z (1999). Cell phones and cancer: what is the evidence for a connection? *Radiat Res*,151,513
- [32] Szmigielski S(1996). Cancer mortality in subjects occupationally exposed to high-frequency (radiofrequency and microwaves) electromagnetic radiation. *Sci Total Environ*,180,9.
- [33] Tynes T, Andersen A and Langmark F (1992). Incidence of cancer in Norwegian workers potentially exposed to electromagnetic fields. *Am J Epidemiol*,136,81.
- [34] Thomas T L, Stolley P D, Stemhagen A, Fontham E H, Bleecker M L, Stewart P A and Hoover R N (1987). Brain tumor mortality risk among men with electrical and electronics jobs: A case-control study. *J Natl Cancer Inst*,79,233.
- [35] Grayson J K (1996). Radiation exposure, socioeconomic status and brain tumor risk in US Air Force: a nested case-control study. *Am J Epidemiol*,143,480.
- [36] Tynes T, Hannevik M, Anderson A, Vistnes A I and Haldorsen T (1996). Incidence of breast cancer in Norwegian female radio and telegraph operators. *Cancer Causes Control*,7,197.
- [37] Cantor K P, Dosemeci M, Brinton L A and Stewart P A (1995). Re: Breast cancer mortality among female electrical workers in the United State. *J Natl Cancer Inst*,87,227.

- [38] Owen R D(2000). Possible health risks of radiofrequency exposure from mobile telephones. *Epidemiology*,11,99.
- [39] Morgan R W, Kelsh M A,Zhao K, Exuzides A , Heringer S and Negrete W (2000). Radiofrequency exposure and mortality from cancer of the brain and lymphatic/hematopoietic systems. *Epidemiology*,,11,118.
- [40] Davis R L and Mostofi F K (1993). Cluster of testicular cancer in police officers exposed to hand-held radar. *Am J Ird Med*,24,231.
- [41] Hayes R B, Brown L M , Pottern L M, Gomez M, Kardaun JW, Hoover R N , O'Connell K J, Sutzman R E and Javadpour N (1990). Occupation and risk for testicular cancer: A case-control study. *Int J Epidemiol*,19,825.
- [42] Holly E A, Aston D A, Ahn D K and Smith A H (1996). Intraocular melanoma linked to occupations and chemical exposures. *Epidemiolog*,7,55.
- [43] Robinette C D, Silverman C and Jablon S (1980). Effects upon health of occupational exposure to microwave radiation (radar). *Am J Epidemiol*,112.39.
- [44] Muhm J M (1992). Mortality investigation of workers in an electromagnetic pulse test program. *J Occup Med*,34,287.
- [45] Kallen B Malmquist G and Moritz U (1982). Delivery outcome among physiotherapists in Sweden: is non-ionizing radiation a fetal hazard? *Arch Environ Health*,37.81.
- [46] Taskinen H, Kyyrönen P and Hemminki K (1990). Effects of ultrasound, shortwaves and physical exertion on pregnancy outcome in physiotherapists. *J Epidemiol Commun Health*,44,196.
- [47] Selvin S, Schulman J and Merrill D W (1992). Distance and risk

- measures for the analysis of spatial data: a study of childhood cancers. *Soc Sci Med*,34,769.
- [48] Maskarinec G, Cooper J and Swygert L(1994). Investigation of increased incidence in childhood leukemia near radio towers in Hawaii: preliminary observations. *J Environ Pathol Toxicol Oncol*,13,33.
- [49] Dolk H, Shaddick G, Walls P, Grundy C, Thakrar B, Kleinschmidt L and Elliott P(1997a). Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain. 1: Sutton Coldfield transmitter. *Am J Epidemiol*,145,1.
- [50] Dolk H, Shaddick G, Walls P, and Thakrar B (1997b). Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain. 2: All high power transmitters. *Am J Epidemiol*,145,1.
- [51] Hocjing B, Gordon JI R, Grain H L and Hatfield G E (1996). Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers. *Med J Aust*,165,601.
- [52] McKenzie D R, Yin Y and Morrell S (1998). Childhood incidence of acute lymphoblastic leukemia and exposure to broadcast radiation in Sydney- A second look. *Aust NZ J Public Health*,22,360.
- [53] Goldsmith, J R (1995). Epidemiological evidence of radiofrequency radiation (microwave) effects on health in military, broadcasting and occupational studies. *Int Occup Environ Health*,1,47.
- [54] Repacholi M H (1998). Low level exposure to radiofrequency electromagnetic fields: health effects and research needs. *Bioelectromagnetics*,19,1.
- [55] Inskip P D, Hatch E E, Stewart P A, Heineman E F, Ziegler R G, Dosemeci M, Parry D, Rothman N, Boice J D Jr, Wilcosky T C, Watson

D J, Shapiro W R, Selker R G, Fine H A, Black P McL, Loeffler J S and Linet M S (1999). Study design for a case- control investigation of cellular telephones and other risk factors for brain tumours in adults. *Radiat Prot Dosim*,86,45.

- [56] Johansen C and Olsen J H(1999). Cellular telephones, magnetic field exposure, risk of brain tumours and cancer at other sites: a cohort study. *Radiat Prot Dosim*, 83,155.