

108年委託研究報告

基地臺電磁波安全研究之文獻回顧
與探討

計畫委託機關：國家通訊傳播委員會

中華民國108年08月

108年委託研究報告

1. PG10804-0057

基地臺電磁波安全研究之文獻回顧與探討

受委託單位

國立陽明大學

計畫主持人

吳東信

共同主持人

黃詠暉 蔡佳容

研究人員

邱駿逸 陳冠名 楊舒雅 余志薇

研究期程：中華民國108年4月至108年08月

研究經費：新臺幣玖拾貳萬伍佰伍拾元

本報告不必然代表國家通訊傳播委員會意見

中華民國108年08月

目 錄

圖 次	III
摘 要	IV
Abstract	VI
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起與背景.....	1
第二節 研究目的.....	1
第三節 問題陳述與文獻回顧.....	2
第二章 電磁波背景知識.....	5
第一節 游離輻射與非游離輻射.....	5
第二節 各項設備所產生之電磁波.....	6
第三章 文獻蒐集與評析.....	8
第一節 文獻蒐集現況.....	8
第二節 國外文獻重點摘譯與評析.....	9
第三節 國內外媒體報導.....	78
第四章 評論與建議.....	84
參考文獻	88
附錄	92
附錄一 詞彙縮寫對照表.....	92
附錄二 WHO 報告(含 IARC 文件).....	95
世界衛生組織 193號報告.....	95
國際癌症研究署(IARC) 208號文件.....	98

世界衛生組織 322號報告.....	100
世界衛生組織 304號報告.....	103
世界衛生組織 296號報告.....	106
附錄三 ICNIRP Note 2018.....	109
附錄四 國外媒體報導(一).....	110
附錄五 國外媒體報導(二).....	115

圖 次

圖一	電磁頻譜之界定與應用.....	5
圖二	游離輻射與非游離輻射之生物效應.....	6
圖三	各項設備所產生之電磁波示意圖.....	7
圖四	蒐集資料類別分析圓餅圖.....	8
圖五	不同射頻來源在不同時間上的貢獻表現之時間依賴圖形.....	42
圖六	韓國區域於不同年齡與區域受射頻暴露之長條圖.....	46

摘要

關鍵詞：非游離輻射、電磁波、健康風險

一、研究緣起

高速行動寬頻服務已是民眾日常生活不可或缺的必需品，但其必須仰賴完好的基地臺網路基礎建設，然而部分學術論文對基地臺電磁波安全持不同之論述，加上部份媒體誇大及聳動報導，甚至來路不明的假新聞在網路散播，使得民眾對手機與基地臺電磁波安全產生諸多疑慮與抗爭，導致延宕網路基礎建設，進而影響民眾行動通訊品質與權益。為俾利澄清以免不正確訊息在民眾間以訛傳訛，爰有必要對基地臺電磁波顯示為負面效應的研究結果予以關注。再者，未來5G基地臺除了大型基地臺做大範圍訊號涵蓋外，將可能有許多種樣態之小型低功率基地臺之佈建，其多種樣態暨大量的小型低功率基地臺的佈建，將與民眾更為貼近，若未處理民眾對基地臺電磁波之疑慮，恐引起另一波抗爭。冀期透過了解各國或國際組織對於電磁場(波)之健康風險議題最新研究資料，作為未來與民眾進行電磁波健康風險溝通之實證基礎，滿足高速行動寬頻服務，享受未來5G行動網路、物聯網等需求，促進國家整體智慧科技發展。

二、研究方法及過程

本計畫特別針對近年來國內、外有關「電磁場與人體健康效應」之學術研究方向、相關文獻探討、基地臺鄰近地區相關數據統計、最新法規(或限制標準)，以及相關流行病學研究之近況進行資料搜集；並將該等國家(或國際組織)因應之對策與本國相關文獻法規進行整合，祈使社會大眾能對「電磁場健康效應」之議題，能有一較正確且完整的認識。

三、重要發現

就近期文獻探討結果顯示，未發現任何急性或長期暴露於極低頻電磁場或射頻輻射有明確的致病機轉；同時也針對各國對於各式疾病、生物效應進行其研究探討，分析評論其結果並提出建議。

四、主要建議事項

雖然國際組織仍將射頻電磁場視為有潛在的風險，但根據輻射生物效應的原理而言，若真要造成其生物細胞分子的質變須達一定程度之能量(即游離輻射等級)。對於非游離輻射之射頻電磁場而言，其能量等級不足以對生物細胞分子產生質變，這也是直至目前科學上未發現任何急性或長期暴露於極低頻電磁場或射頻輻射有明確致病機轉的重要科學基礎。

(一) 立即可行之建議

釐清游離輻射與非游離輻射之物理學本質，推廣電磁波輻射之正確認知。

(二) 中長期性建議

策略上建議游離輻射與非游離輻射的基礎科學認知教育可作為電磁波議題之宣導開端，先將正確的輻射科學概念傳遞給社會大眾或不同領域的專家，再讓人們接受高速行動寬頻新應用，這樣人們才能真正體會5G 高速服務的重要性的和便利性。

Abstract

Keywords: Non-ionizing radiation, electromagnetic fields, health risks

High-speed mobile broadband service has become a daily necessity of citizens in Taiwan, but it has to depend on excellent infrastructure of cellular mobile phone base stations. However, the construction of mobile phone base station is still a dilemma because different academic reports have presented different opinions regarding health risks of exposure to electromagnetic fields (EMFs) from mobile phone base stations. More and more unauthentic information turned into mass panic as increasing fake news reported variety of negative health problems, caused protest activities staging one after another to against the basic construction of cellular base station. Thus, people's right to use high-quality cellular networks has always been affected due to delayed construction of mobile phone base stations.

In order to provide the correct science concept regarding health risks from mobile phone base stations to general public, more attention must be given to negative effects of exposure to EMFs. Moreover, in the future, the 5th generation of mobile networks (5G) is being designed to work in conjunction with a range of macro cells, small cells, and dedicated in-building systems. Further, the 5G's cellular mobile phone base stations will be integrated and be more close to people's daily life. Therefore, building a bridge and reducing the diversity between public concerns regarding exposure to EMFs from mobile phone base stations and development of infrastructure are required on an urgent basis. This project is commissioned by the National Communications Commission. We aim to create mutual trust and dialogue with general public by collecting and translating recent research publications, which have authentication for public health and EMFs from prestigious journals and major international professional organizations. Once general public with positive empirical basis for the exposure of EMFs and its associated biological health effects, the opportunity to breakthrough the construction of 5G dilemma is able to fulfill, and also meeting the internet of things with billions of connected devices, and tomorrow's innovations.

Materials and methods

In this report, numerous studies and epidemiological reports on the relationship between the EMFs exposure and human health over years were analyzed. We surveyed

and compiled peer-reviewed articles and collected by-laws or guidelines of different countries and organizations, such as WHO and IRPA. We also integrated literature reports and information, which had authentication for public health and EMFs from prestigious journals and major international professional organizations.

Part of these documents were translated into Chinese so that they can be more beneficial to the communities.

Significant finding

Recent literature reviews revealed no adequate evidence to prove that exposure to extremely low frequency or radiofrequency EMFs was involved in the development of any acute or long-term pathogenesis. On the other hand, we also described and compared various diseases and biological effects between countries

Comments and suggestions

Although some international organizations considered exposure to EMFs as a risk factor on people's health, on the basis of the principle of radiation biology effects, exposure to only very high energy level radiation, such as ionizing radiation, can damage the DNA inside living cells. Additionally, nonionizing radiation is an extremely low-energy-level radiation and is thought to be harmless to people. As a result, the scientific evidence for the association between exposure to EMFs from mobile phone base stations and disease incidence has not been not established.

I. Timely and practicable suggestion:

We should be popularizing the correct concepts regarding EMFs and make the general public understand the different scientific essence between ionizing radiation and nonionizing radiation.

II. Long-term suggestion:

We suggested that clarify the different scientific essence of ionizing and non-ionizing radiation could be used as an education strategy to the general public and different filed specialist. Awareness of the correct concept of radiation, can make people realize the importance and convenience of 5G high-speed mobile phone services.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

高速行動寬頻服務已是民眾日常生活不可或缺的必需品，但其必須仰賴完好的基地臺網路基礎建設，然而部分學術論文對基地臺電磁波安全持不完全贊同之論述，加上媒體誇大及聳動報導，國內民眾對手機與基地臺電磁波安全產生諸多疑慮與抗爭，導致延宕網路基礎建設，進而影響民眾行動通訊品質與權益，惟依據世界衛生組織（WHO）報告及衛生福利部網站資料，沒有可靠的科學證據顯示，基地臺和無線網路產生的微弱射頻訊號會導致人體負面的健康影響。為俾利澄清，以免不正確訊息在民眾間以訛傳訛，爰有必要對基地臺電磁波顯示為負面效應的研究結果予以關注。

再者，未來5G 基地臺除了大型基地臺做大範圍訊號涵蓋外，將可能有許多種樣態之小型低功率基地臺之佈建，由原本填補大型基地臺網路範圍無法涵蓋到區域，轉變成組合關係，以達成5G 商轉服務的三大面向－高速度、大連接以及低延遲。多種樣態暨大量的小型低功率基地臺佈建，將與民眾更為貼近，若未處理民眾對基地臺電磁波之疑慮，恐引起另一波抗爭。

有關電磁波與健康議題之澄清，對於相關電信監理業務作業的推動以及電信業者之基地臺建置，實屬相關。冀期透過了解各國或國際組織對於電磁場(波)之健康風險議題最新研究資料，作為未來與民眾進行電磁波健康風險溝通之實證基礎；更可滿足高速行動寬頻服務，享受未來5G 行動網路、物聯網等需求，促進國家經濟發展。

第二節 研究目的

本計畫為國家通訊傳播委員會委辦之「基地臺電磁波安全研究之文獻回顧與探討委託研究採購案計畫書」，目的在於提升國人對於電磁場(波)之認識、加強風險溝通及提供相關諮詢資料。由於科技之快速進步與新興通訊技術之大量應用，生活環境中存在著各種不同頻率之電磁場，致使人們暴露在各式電磁場之機會亦隨之增加，因此有關電磁場環境對人體之健康會造成何種影響？已愈來愈受到一般大眾的關注。有鑑於此，本計畫希望藉由相關資料的搜集，編譯近期之國際健康風險議題報告，以提供國人或關心此議題之團體諮詢與服務。

第三節 問題陳述與文獻回顧

現代科技應用電磁場相關技術於電力、通訊、醫療與科學研究等各方面，均帶給人們許多的便利，同時也改變了現代人類的的生活方式；但民眾對於電磁波之健康效應，因認知較少且易受坊間報章媒體之誤導，對此一議題均持有很深的疑慮。雖然過去的研究廣泛探討了「基地臺電磁波安全研究之文獻回顧與探討」的問題，特別是在流行病學研究指出一些特定頻率及功率的電磁場可能與某類疾病有些關連，然而這些研究並未獲得最終之科學證實。

有鑑於此，本計畫之主旨為：透過廣泛地資料搜集，針對整理三年內或國際組織（如世界衛生組織 WHO）之基地臺（含手機）電磁波安全論述之研究文獻、最新法規（或限制標準）以及相關流行病學研究之近況進行彙整，並翻譯各重要國家或國際組織對於電磁場(波)之健康風險議題最新資料，提供貴會及社會大眾對「基地臺電磁波安全研究之文獻回顧與探討」之參考，期望彼此對此議題皆有一較正確且完整的認識。

依目前現有的證據顯示，使用行動電話或暴露於基地臺所發出之電磁波，並未能導致腦癌或其他任何健康效應。縱有長期（十年以上）使用手機之流行病學研究數據（Interphone Study），顯示有些關聯性（如 Glioma, Acoustic Neuroma），但仍十分微弱且不可靠，以致於無法達成：長期使用手機會有可能產生健康風險的結論。

自1990年代初期，電磁波是否會產生不良健康效應之疑問，已經有許多科學家或衛生機構參與研究。為回應民眾之關切，政府與工業界也曾大量經費支助有關動物或人體的研究，至今都已有相當數量的研究報告。然而，絕大部分的研究報告都認為：至今之證據仍無法證實，使用手機或暴露基地臺所產生之電磁波，會導致腦癌或其他健康效應。雖然研究結果並未能呈現一致的結論；大致而言，流行病學研究的結果傾向無關聯性，但也有少數零星的研究數據呈現：長期使用手機與部份腦瘤有微弱的關聯性。但多數國際衛生機構均尚未針對這項發現，表達正面的態度。

雖然並未獲得最終之科學證實電磁波有害人體健康，但民眾對電磁波之健康效應仍存有疑慮，電磁波的問題已成為一個超越科學範圍，而牽涉至經濟，甚至已是政治上的議題；因此世界各國以及科學界對於進一步釐清此議題截至目前有以下之評估與建議：

歐美各先進國家，進行有關「電磁場之健康效應」的相關研究已有三十多年的歷史；1979年，美國 Wertheimer 及 Leeper 兩位學者共同發表第一篇有關於輸電線電頻磁場（Power-frequency Magnetic Field）暴露與疾病之流行病學研究論文，其結論為：較高磁場暴露會產生較高的致癌風險。1996年，聯合國世界衛生組織（WHO），即開始特別為「電磁場與人體健康效應」之議題，提出長期跨國際之大型研究「國際電磁波計畫」(International EMF project)，全世界有54個國家、8個國際研究組織共同參與；此計畫提供各界有關風險認知、風險溝通、風險管理的資訊，是目前全球最完整、客觀且具科學根據的參考資料來源。聯合國世界衛生組織（WHO）於2006年間，針對關於「電磁場與人體健康效應」提出較完整之解釋與結論。WHO 對於電磁波議題大概每2~3年會發表一份正式報告，從2006年的304號報告中提到，沒有可靠的科學證據顯示，基地臺和無線網路產生的微弱射頻訊號會導致不良的健康影響。緊接著2007年322號報告中也指出，極低頻率磁場的暴露與兒童白血病相關證據薄弱，因此降低暴露的健康效益不明確。2007年歐洲新興與新認定健康風險科學委員會發現，暴露在低於 ICNIRP 1998年之規範限值的射頻能量，並未有一致的證據能顯示有健康效應。其現有的研究數據與評估仍非常有限，尤其缺乏長期、低量暴露的數據。同年（2007），瑞典輻射防護局對於成年人短期使用手機的觀察，並未發現與罹患腦、頭部腫瘤風險有所關聯，至於其他則尚未有結論；但也特別關切罹患聽神經瘤，是否會與長期使用手機有所關聯。再者，以色列交通、海洋、自然資源部，電磁場健康效應專家小組亦於2007年至目前之報告指出，暴露於由手機或基地臺發出之射頻信號所在之處，亦未發現有不良之短、長期性的健康效應。

2011年5月國際衛生組織(WHO)轄下之國際癌症研究署(IARC)發表一聲明(208號文件)，之中提及使用手機與增加罹患神經膠質瘤之風險，並將射頻電磁場歸類為人類可能致癌物（2B），該結論確實引起全世界關注，因為這也代表射頻暴露會引發長期健康效應的可能性。但在其文件中結果也指出，整體上有限度的評估重度使用行動電話者與神經膠質瘤與聽神經瘤的關係，但對其他癌症而言，下此定論並不恰當；必須持續嚴密關注行動電話與癌症風險之關聯性。以近期2014年 WHO 所發表的第193號報告中指出，統計至2014年末，估計全世界約有69億行動電話用戶。過去二十幾年已進行了相當多的研究，以評估使用行動電話是否會有潛在的健康風險。迄今為止，尚未證實使用行動電話會對健康造成不良效應。而且，在行動電話越來越普及的同時，因電磁波導致罹癌的比例並沒有明顯的增加。

近期世界各國也對手機電磁波之相關議題也有相關評論；2018年8月由西班牙巴塞隆納全球衛生研究中心（ISGlobal）領導的研究提供了關於非游離輻射（non-ionizing radiation）與腦癌之間關係的最詳細分析。在兩個大型研究 INTERPHONE 及 GERoNiMo 中，取得2,054個腦腫瘤(glioma)、1,924個腦膜瘤(meningioma)患者，以及5,601個健康人士的數據。研究人員分析數據後，暫未發現兩者有顯著關聯，這是目前為止最大規模的腦腫瘤和職業性高頻 EMF 暴露研究。ICNIRP 於2018年9月對於近期動物致癌研究進行評估表示，在確定實驗結果與人體暴露指引的相關性時，需要仔細考慮潛在的限制；報告中亦提及美國國家衛生研究院轄屬的國家毒理學計劃（National Toxicology Program, NTP）於2018年所發表的報告，其內容為評估射頻照射對心臟神經鞘瘤的潛在影響的動物研究；ICNIRP 也對其結論進行評估，認為該實驗結果數據沒有提供可靠和可推廣的證據以及可用作修訂現行人體暴露指引的基礎。瑞典輻射安全局（SSM）之電磁場科學委員會於2018年11月的報告中表示，在近三年(2015年10月至2017年3月)所發布的研究報告中，暴露於射頻電磁場並沒有發現新的健康風險。

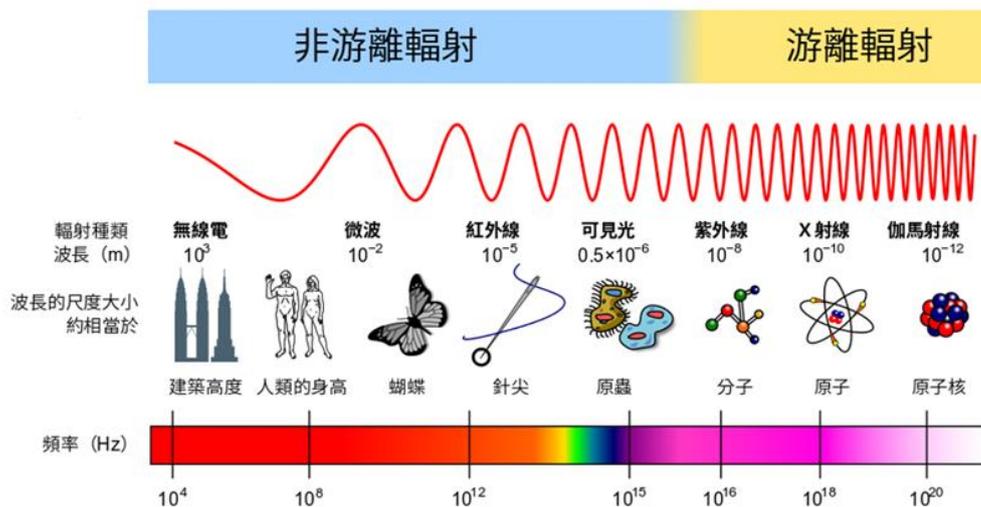
從以上綜整，再結合上述多位專家與衛生機構的文獻回顧顯示，暴露低於國際組織（IEEE, ICNIRP）的規範限值之射頻輻射，並未有清楚危害健康之證據。然而，科學證據之間確實存有一些差距；有鑑於此，本報告書針對近年來國內、外有關「電磁場與人體健康效應」之學術研究近況與報導，國際間（如 FCC, IEEE, ICNIRP, NRPB, WHO 等）有關電磁場健康效應之最新法規（或限制標準）或建議值進行搜集，且做有系統地加以說明與整理。在面對未來5G 行動通訊的迅速普及已及相關物聯網(IoT)的生活應用，祈使社會大眾能對電磁場健康效應之議題，以及其相關流行病學研究，國際間之法規與管制作法，能更有一正確且完整的認識，藉此降低民眾因誤解而產生衝突的事件發生率。

第二章 電磁波背景知識

第一節 游離輻射與非游離輻射

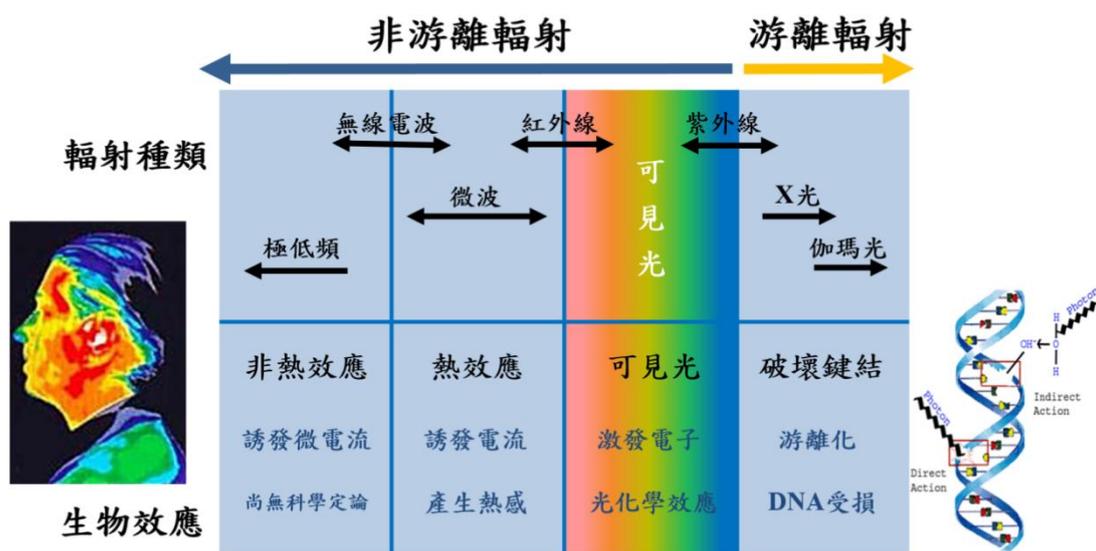
在整個電磁頻譜中(如圖一)，依據能量的不同可分為游離輻射與非游離輻射，而這兩者對生物體的效應也有所不同。對於游離輻射而言，它的能量較強，會使物質產生游離或激發作用，能破壞細胞分子。也就是當高能量的電磁波把能量傳給其他物質時，有可能撞出該物質內原子外圍的電子，使物質內充滿帶電離子，這種效應稱為「游離化」。也因為它頻率較高，具有穿透性，所以可用於醫療診斷上，透過穿透性的掃描，了解身體內病灶的所在與嚴重程度。此外，高能的光子或電子輻射更可用於腫瘤的治療。

對於非游離輻射而言，它的能量小於10電子伏特，頻率低於 3×10^{15} Hz，除了行動電話基地台外，還包括日常生活中使用的電器用品、可見光、紅外線、雷射、微波、廣播電台及電力線、高壓電塔等。這些設備所產生的電磁波是相對微弱的，與生物體之間的作用以熱效應及非熱效應為主，其效應雖不足以破壞細胞分子，但對生物體是否有危害，目前也尚無明確結論。



圖一、電磁頻譜之界定與應用

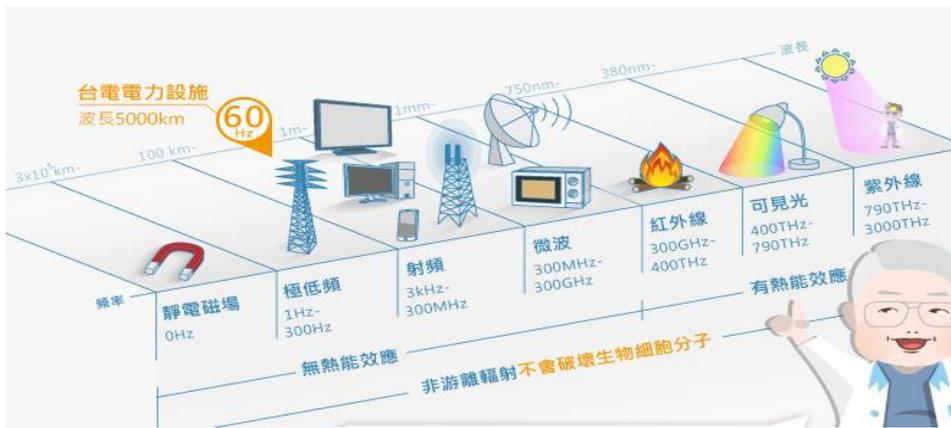
所謂輻射傷害是指游離輻射將能量傳遞到生物體產生游離作用，甚至可以打斷 DNA 雙股螺旋鍵結，當細胞在修復的過程中，若產生錯誤或無法修復，那麼就有可能產生癌症的機會。但就非游離輻射而言，則不具游離化能力，不會產生有害人體的自由化離子，但若暴露於大量且較高頻的非游離電磁波下，則會在生物體組織內誘發電流，產生灼熱感，就如同在大太陽光底下一般，只要不在短期內傳太多能量給人體，生理組織就能加以調控，所以在安全範圍下接受非游離電磁波暴露，並不會產生累積性的傷害（如圖二）。而我們經常使用的手機、基地台的頻率就是介於電視、電台與微波爐之間，是屬於非游離電磁波。



圖二、游離輻射與非游離輻射之生物效應

第二節 各項設備所產生之電磁波

環境中存在著許多產生電磁波的各项設備，大至通訊設備之基地台，小至家中無線設備，如 Wi-Fi 與行動電話等。此類所產生之電磁波皆為非游離輻射。其輻射波長長、能量低，當中能量相對較高的紅外線、可見光與紫外線頂多引起生物的熱效應，能量並不足以破壞生物的細胞分子而發生生物效應或突變（如圖三）。



圖三、各項設備所產生之電磁波示意圖

因此能量低於紅外線的微波、射頻與極低頻為生活常見電磁波的射源。其電磁波之產生來自基地台、家用電器、3C 產品等。然其電磁波同樣不會產生生物效應，甚至能量低至連熱效應也不會產生。

對於電磁波暴露規範的訂定，多數國家是依循國際非游離輻射防護委員會（ICNIRP）於1998年所制訂的，而且世界衛生組織（WHO）也支持此國際暴露規範建議值，同時也是世界多數先進國家歐、美、日等國所採用。環保署於民國101年11月30日公佈新指引（環空字1010108068號），即是採用此國際暴露規範建議值。以目前行動電話常用的頻段而言，其上限值為 1.0 mW/cm^2 。而家庭中常用的 WiFi 無線網路分享器之上限值亦為 1.0 mW/cm^2 ，皆遠低於其上限值。這些電磁波暴露大小皆可使用專業的儀器設備（如功率密度儀）進行量測。

第三章 文獻蒐集與評析

本研究經邀請國內相關領域之學者專家，特別針對近年來國內、外有關「電磁場與人體健康效應」之學術研究方向、相關文獻探討、基地臺鄰近地區相關數據統計、最新法規(或限制標準)，以及相關流行病學研究之近況進行資料搜集；並將該等國家(或國際組織)因應之對策與本國相關文獻法規進行整合，使社會大眾能對「電磁場健康效應」之議題，能有一較正確且完整的認識。

第一節 文獻蒐集現況

關於資料蒐集方面，截至2019年8月之文獻資料資料蒐集情況如下：

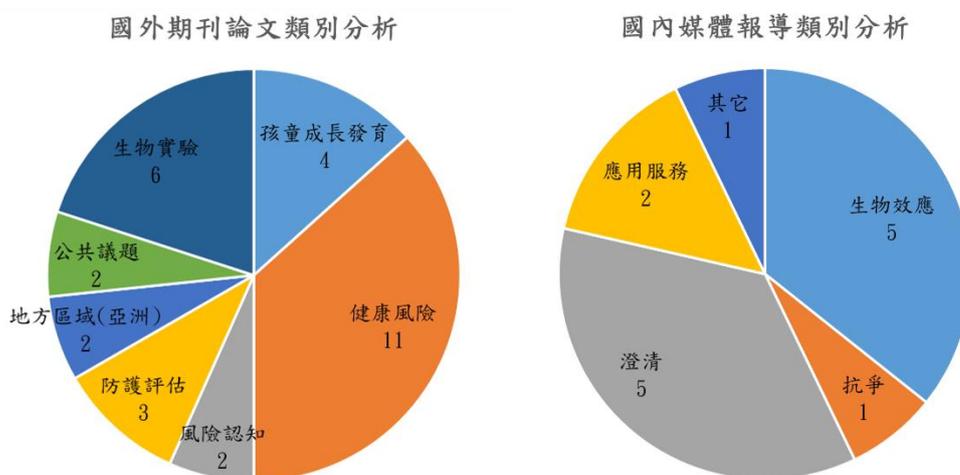
一、蒐集之國外期刊論文共30篇(2016年至2019年)，包含正面與負面結論之研究文獻，資料選擇方向主要分孩童成長發育、健康風險、風險認知、防護評估、地方區域(亞洲)、公共議題與生物實驗七種類別(如圖四左)。

(一) 蒐集分析並比較國際組織、歐美及亞太地區主要國家(至少包括但不限：美國、歐盟、英國、日本、韓國)，有關基地臺(含手機)電磁波安全論述之研究文獻，含原文及中文重點摘譯。

(二) 針對前項每篇研究文獻予以合理的評析。

(三) 針對國人、政府及業者對基地臺(含手機)電磁波安全提出剖析結果與建議。

二、蒐集之國外媒體報導2則與國內媒體報導14則(2018年至2019年)，媒體報導分為生物效應、抗爭、澄清、應用服務與其它五種類別(如圖四右)。



圖四、蒐集資料類別分析圓餅圖

第二節 國外文獻重點摘譯與評析

一、孩童成長發育類

(一) 暴露澳大利亞校園中 Wi-Fi 射頻電磁場之研究¹

Karipidis K, Henderson S, Wijayasinghe D, et al. (2017). Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields from Wi-Fi in Australian Schools. *Radiat Prot Dosimetry*. 175(4):432-439

文獻摘要原文：

The increasing use of Wi-Fi in schools and other places has given rise to public concern that the radiofrequency (RF) electromagnetic fields from Wi-Fi have the potential to adversely affect children. The current study measured typical and peak RF levels from Wi-Fi and other sources in 23 schools in Australia. All of the RF measurements were much lower than the reference levels recommended by international guidelines for protection against established health effects. The typical and peak RF levels from Wi-Fi in locations occupied by children in the classroom were of the order of 10^{-4} and $10^{-2}\%$ of the exposure guidelines, respectively. Typical RF levels in the classroom were similar between Wi-Fi and radio but higher than other sources. In the schoolyard typical RF levels were higher for radio, TV and mobile phone base stations compared to Wi-Fi. The results of this study showed that the typical RF exposure of children from Wi-Fi at school is very low and comparable or lower to other sources in the environment.

重點摘譯：

校園與其他場所增加 Wi-Fi 使用的同時，對於其射頻電磁場可能危害孩童健康的公共議題也隨之擴大。目前針對澳大利亞的23間學校進行 Wi-Fi 及其他射源中典型與高峰射頻程度之測量。所有射頻的測量結果皆遠低於國際指南可能危害人體健康之參考值。根據暴露指南的規定，孩童教室中 Wi-Fi 典型及高峰射頻的程度分別為 10^{-4} 與 $10^{-2}\%$ 。教室中 Wi-Fi 與無線電的典型射頻程度是相似的，且都高於其他射源所產生之程度。然而，在校園中無線電、電視與行動電話之基地台的典型射頻程度卻是遠高於 Wi-Fi 所產生。因此，此研究結果顯示孩童於校園中所暴露之 Wi-Fi 的典型射頻是遠低於環境中其他射源的程度。

文獻評析：

本文主要探討 Wi-Fi 的射頻 (RF) 電磁場是否有可能對兒童產生不利影響。其量測數值結果顯示遠低於限制值的萬分之一 (Wi-Fi 限制值為 1.0 mW/cm^2)，這也符合電磁波的物理現象，其曝露大小會隨距離平方呈反比衰減；且 Wi-Fi 大多屬 2.4 或 5 GHz 的頻率區段範圍，目前沒有確切證據顯示此類非游離輻射對健康有害*。

* 國際非游離輻射防護委員會 (ICNIRP)、無線區域網路 (Wi-Fi)
<http://www.icnirp.org/en/applications/wi-fi/index.html>

(二) 電磁場、脈衝射頻輻射與遺傳學：無線技術是如何影響孩童之發展²

Sage C, Burgio E. (2018). Electromagnetic Fields, Pulsed Radiofrequency Radiation, and Epigenetics: How Wireless Technologies May Affect Childhood Development. *Child Dev.* 89(1):129-136

文獻摘要原文：

Mobile phones and other wireless devices that produce electromagnetic fields (EMF) and pulsed radiofrequency radiation (RFR) are widely documented to cause potentially harmful health impacts that can be detrimental to young people. New epigenetic studies are profiled in this review to account for some neurodevelopmental and neurobehavioral changes due to exposure to wireless technologies. Symptoms of retarded memory, learning, cognition, attention, and behavioral problems have been reported in numerous studies and are similarly manifested in autism and attention deficit hyperactivity disorders, as a result of EMF and RFR exposures where both epigenetic drivers and genetic (DNA) damage are likely contributors. Technology benefits can be realized by adopting wired devices for education to avoid health risk and promote academic achievement.

重點摘譯：

產生電磁場 (EMF) 和脈衝射頻輻射 (RFR) 的行動電話與其他無線設備被廣泛使用，且可能會對年輕人造成潛在不良的健康影響。本論述探討無線技術的電磁波暴露對一些神經發育與神經行為之改變。在許多研究中已報導了記憶遲緩、學習、認知、注意力和行為問題之症狀，且同樣表現於自閉症與注意力缺損之毛病上。其可能為遺傳因子與基因受到電磁場及脈衝射頻輻射影響而受損之結果。藉由教育使用有線設備技術效益以避免健康的風險。

文獻評析：

本文提及電磁場 (EMF) 和脈衝射頻輻射 (RFR) 對一些神經發育與神經行為產生改變，此一論述為該作者引用部分文獻所進行之推論，其所進行之動物實驗之再現性有待驗證，且對於遺傳因子與基因的改變是否與電磁場和脈衝射頻輻射暴露之單一因子有關，並無法提出關聯性之因果關係，故此文獻之論述有待商榷。

(三) 行動電話對孩童與青少年的影響³

Hardell L. (2018). Effects of Mobile Phones on Children's and Adolescents' Health: A Commentary. *Child Dev.* 89(1):137-140

文獻摘要原文：

The use of digital technology has grown rapidly during the last couple of decades. During use, mobile phones and cordless phones emit radiofrequency (RF) radiation. No previous generation has been exposed during childhood and adolescence to this kind of radiation. The brain is the main target organ for RF emissions from the handheld wireless phone. An evaluation of the scientific evidence on the brain tumor risk was made in May 2011 by the International Agency for Research on Cancer at World Health Organization. The scientific panel reached the conclusion that RF radiation from devices that emit nonionizing RF radiation in the frequency range 30 kHz-300 GHz is a Group 2B, that is, a "possible" human carcinogen. With respect to health implications of digital (wireless) technologies, it is of importance that neurological diseases, physiological addiction, cognition, sleep, and behavioral problems are considered in addition to cancer. Well-being needs to be carefully evaluated as an effect of changed behavior in children and adolescents through their interactions with modern digital technologies.

重點摘譯：

數位技術的使用在過去幾十年來已快速成長。行動電話與無線電話的使用過程會發射射頻輻射。上一世代的人們於孩童與青春期中並沒有接受到這類的輻射。腦部是接收到手持無線電話所發出之射頻的主要目標器官。於2011年5月，世界衛生組織的國際癌症研究機構對腦腫瘤之風險進行了科學證據的評估。科學小組得出設備於30 kHz 至300 GHz 頻率範圍內所發射的非游離射頻輻射為一2B類組，其「可能」為人類的致癌物。有關數位（無線）技術對健康的影響，除癌症外，神經學疾病、生理成癮、認知、睡眠和行為問題的考慮也是很重要的。孩童及青少年與現代數位技術的互動需謹慎評估以避免造成改變行為的影響。

文獻評析：

本文提及2011年5月 IARC 將手機電磁波列為-2B 類組，其「可能」為人類的致癌物。可是2011年6月及2014年10月 WHO 193號文件的結論為：過去二十幾年已進行了相當多的研究，以評估使用行動電話是否有潛在的健康風險。迄今為止，尚未證實使用行動電話會對健康造成不良效應。再者，各國調查也發現腦癌病發數並無隨手機的使用時間增加而增加，所以手機電磁波是否為2B 等級的致癌因子，仍受到各國的質疑。此外，有關神經學疾病、生理成癮、認知以及睡眠和行為問題也非單一接受非游離輻射曝露所產生的影響。

(四) 行動電話基地台於學校鄰近區域之設置：學生認知健康的影響⁴

Sultan AM, Qasem A, Waseem MH. (2018). Mobile Phone Base Station Tower Settings Adjacent to School Buildings: Impact on Students' Cognitive Health. *Am J Mens Health*. 13(1):1557988318816914

文獻摘要原文：

The use of mobile phones has remarkably increased and become a basic need of daily life. Increasing subscriptions of mobile phones boost the installation of mobile phone base station towers (MPBSTs) in crowded commercial and residential areas including near school buildings. This study investigated the impact of exposure to radiofrequency electromagnetic field (RF-EMF) radiation generated by MPBSTs on cognitive functions. Two hundred and seventeen volunteer male students aged between 13 and 16 registered from two different intermediate schools: 124 students were from School 1 and 93 students were from School 2. The MPBSTs were located within 200 m from the school buildings. In School 1, RF-EMF was $2.010 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ with a frequency of 925 MHz and in School 2, RF-EMF was $10.021 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ with a frequency of 925 MHz. Students were exposed to EMFR for 6 hr a day, 5 days a week for a total period of 2 years. The Narda Safety Test Solution device SRM-3006 was used to measure RF-EMF in both schools, and cognitive functions tasks were measured by the Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB). Significant impairment in Motor Screening Task (MOT; $p = .03$) and Spatial Working Memory (SWM) task ($p = .04$) was identified among the group of students who were exposed to high RF-EMF produced by MPBSTs. High exposure to RF-EMF produced by MPBSTs was associated with delayed fine and gross motor skills, spatial working memory, and attention in school adolescents compared to students who were exposed to low RF-EMF.

重點摘譯：

日常生活中行動電話之使用有著明顯的增加且已成為一個基本的需求。行動電話的日益增加也促進了行動電話基地台（MPBSTs）於擁擠的商業區及住宅區，甚至學校鄰近區域的設置。研究探討在認知功能上受到 MPBSTs 所產生之射頻電磁場之暴露所造成的影響。共217名分別來自兩間不同中學學校的已註冊之志願受試男學生，其年齡落在13至16歲：124名學生來自學校1以及93名學生來自學校2。MPBSTs位於距離學校200公尺的範圍內。學校1之RF-EMF為 $2.010 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 、

頻率為925 MHz；學校2的 RF-EMF 為 $10.021 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 、頻率為925 MHz。學生一周有五天且一天接受 EMFR 六小時的暴露，總共為期兩年之時間。兩間學校皆使用 Narda 安全測試之設備 SRM-3006以測量 RF-EMF，同時藉由 Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB) 測量認知上的功能性。受暴於 MPBSTs 產生之高 RF-EMF 的學生群體間，在動作檢查作業(MOT; $p=.03$) 與空間工作記憶 (SWM) 作業 ($p=.04$) 是有明顯地受損。相較於低 RF-EMF 暴露的學生而言，學校中青少年遲緩的精細及粗大動作技能、空間工作記憶力及注意力與 MPBSTs 所產生之高 RF-EMF 有關。

文獻評析：

本文觀察兩年經過行動基地台連續暴露環境中(一週五天，一天6小時)的影響，提出基地台將可能對青少年產生在運動行為、空間工作記憶和注意力會有相當的影響。然而這些青少年僅上課時間接受此基地台暴露，在課後所使用任何射頻設備(如手機、Wi-Fi 等)就無法併入一起評估，因此倘若僅用此基地台的暴露值就下此定論可能有失其公平性，且此文獻也有提出此研究的限制性。

二、健康風險類

(一) 探討不同環境條件與防護衣下暴露射頻電磁場對人體溫度的影響⁵

Moore SM, McIntosh RL, Iskra S, et al. (2017). Effect of Adverse Environmental Conditions and Protective Clothing on Temperature Rise in A Human Body Exposed to Radiofrequency Electromagnetic Fields. *Bioelectromagnetics*. 38(5):356-3

文獻摘要原文：

This study considers the computationally determined thermal profile of a finely discretized, heterogeneous human body model, simulating a radiofrequency electromagnetic field (RF-EMF) worker wearing protective clothing subject to RF-EMF exposure, and subject to various environmental conditions including high ambient temperature and high humidity, with full thermoregulatory mechanisms in place. How the human body responds in various scenarios was investigated, and the information was used to consider safety limits in current international RF-EMF safety guidelines and standards. It was found that different environmental conditions had minimal impact on the magnitude of the thermal response due to RF-EMF exposure, and that the current safety factor of 10 applied in international RF-EMF safety guidelines and standards for RF-EMF workers is generally conservative, though it is only narrowly so when workers are subjected to the most adverse environmental conditions.

重點摘譯：

本研究利用合成的人體模型並考慮具有溫度調節機制下，模擬穿著防護衣暴露於射頻電磁場之工作者，同時計算處於高溫與高濕度之不同環境條件的熱分佈，探討在不同情況下人體的反應，並考慮將其資訊納入國際射頻電磁場指南的安全限制與標準。研究結果顯示，在不同環境的條件下受到射頻電磁場暴露所引起的熱反應振幅較小。射頻電磁場的工作者於當前國際安全指南下的係數為10且較為保守。因此儘管工作者受到極不利的環境條件時，其影響也較不明顯。

文獻評析：

本文提及在不同環境的條件下受到射頻電磁場暴露所引起的熱反應振幅是非常微小的；就原理上而言，若暴露於大量且較高頻的非游離電磁波下，是會在生物體組織內誘發微電流，進而產生灼熱感，就如同在大太陽光底下一般，只要不在短期內傳太多能量給人體，生理組織就能加以調控，所以在安全範圍下接受非游離電磁波暴露，並不會產生累積性的傷害。

(二) 手機電磁輻射對 SH-SY5Y 細胞澱粉樣前導蛋白與 α 型突觸核蛋白的影響⁶

Stefi AL, Margaritis LH, Skouroliakou AS, et al. (2019). Mobile Phone Electromagnetic Radiation Affects Amyloid Precursor Protein and α -Synuclein Metabolism in SH-SY5Y Cells. *Pathophysiology*. pii: S0928-4680(18)30352-3

文獻摘要原文：

In this study, the effects of low-level, GSM emitted ElectroMagnetic Field (EMF) on Amyloid Precursor Protein (APP) and alpha-synuclein (α -syn) in human neuroblastoma cells was investigated. Our data indicated alterations on APP processing and cellular topology, following EMF exposure ($\mathcal{E} = 10.51$ V/m, SAR = 0.23 W/kg, exposure time: 3 times, for 10 minutes, for 2 days). Furthermore, changes in monomeric α -syn accumulation and multimerization, as well as induction of oxidative stress and cell death, were documented. The results presented here require further investigation to determine potential links of EMF with the molecular pathogenic mechanisms in Alzheimer's and Parkinson's Diseases.

重點摘譯：

本研究探討全球行動通訊系統發射低程度之電磁場對人體神經母細胞瘤中澱粉樣前導蛋白與 α 型突觸核蛋白之影響。由數據顯示，在電磁場的暴露下澱粉樣前導蛋白之處理與細胞結構發生了改變 ($\mathcal{E} = 10.51$ V/m，電磁波能量比吸收率 = 0.23 W/kg，暴露次數：3次、每10分鐘一次並連續執行2天)。此外，單體 α 型突觸核蛋白的堆積與多聚化的改變，以及細胞的氧化與死亡也將其記錄下來。此結果仍需要更進一步的調查，以確定電磁場與阿茲海默症與帕金森氏症之致病機制的潛在關係。

文獻評析：

本文提及由數據結果顯示，在電磁場的暴露下澱粉樣前導蛋白之處理與細胞結構發生了改變；此實驗設計為細胞體外 (in-vitro) 實驗，易受外在因素影響，且細胞在體內其生長與活動之機制亦與體外狀況不同；此外，其細胞變異直接推論與某種疾病之致病機轉有所關聯實在太過牽強，此應更嚴謹之實驗設計與大量資料之研究才可確認。

(三) 行動電話之射頻電磁場對腦部功能的急性影響⁷

Zhang J, Sumich A, Wang GY. (2017). Acute Effects of Radiofrequency Electromagnetic Field Emitted by Mobile Phone on Brain Function. *Bioelectromagnetics*. 38(5):329-338

文獻摘要原文：

Due to its attributes, characteristics, and technological resources, the mobile phone (MP) has become one of the most commonly used communication devices. Historically, ample evidence has ruled out the substantial short-term impact of radiofrequency electromagnetic field (RF-EMF) emitted by MP on human cognitive performance. However, more recent evidence suggests potential harmful effects associated with MP EMF exposure. The aim of this review is to readdress the question of whether the effect of MP EMF exposure on brain function should be reopened. We strengthen our argument focusing on recent neuroimaging and electro-encephalography studies, in order to present a more specific analysis of effects of MP EMF exposure on neurocognitive function. Several studies indicate an increase in cortical excitability and/or efficiency with EMF exposure, which appears to be more prominent in fronto-temporal regions and has been associated with faster reaction time. Cortical excitability might also underpin disruption to sleep. However, several inconsistent findings exist, and conclusions regarding adverse effects of EMF exposure are currently limited. It also should be noted that the crucial scientific question of the effect of longer term MP EMF exposure on brain function remains unanswered and essentially unaddressed.

重點摘譯：

由於行動電話之性質、特性與技術資源的關係，而成為常見的通訊設備之一。從過去到現在，已有充分的證據可排除經由行動電話所發射之射頻電磁場對人體的認知表現有實質性之短期影響。然而，近期卻有證據表示潛在的不良影響可能與行動電話電磁場之暴露有關。本論述之目的在於重新審視行動電話電磁場之暴露可能會對腦部功能有所影響。我們加強了最近有關神經學造影與腦電圖研究的論點，為了行動電話電磁場之暴露對神經認知功能的影響有更具體的分析。一些研究指出隨著電磁場暴露的增加，皮質的效率可能也會增加。其中以額顳區最為顯

著，且有較快的反應時間。刺激皮質的行為可能也會強化睡眠的中斷。然而，也存在著與之不同理解的發現，但目前針對電磁場將造成不利影響之結論仍是有限的。長期的行動電話電磁場之暴露對大腦功能的關鍵性科學問題，仍然是沒有辦法回答與解決的。

文獻評析：

本文提及行動電話電磁場之暴露可能會對腦部功能有所影響。神經學造影與腦電圖研究對於腦功能或疾病的檢測確實為目前臨床最普遍的檢查流程，其中功能性磁共振造影（fMRI）以及正子電腦斷層（PET）之功能性影像用來檢視腦部血流及活化區域，腦電圖（EEG）則可觀察及測量來自大腦中神經元的離子電流產生的電壓波動。該文章引用之16篇相關文獻中，大部份文獻結果呈現無明顯影響，少數文獻結果表示在 EEG 上發現有 alpha 波減少的現象。對於 EEG 的結果而言，EEG 本身所量測之結果極易受到干擾，因此臨床上通常需配合其它檢查進行佐證，因此本論文所提之結論亦須更多之研究才得以確認。

(四) 評估 Wi-Fi 路由器與行動電話模擬器所發射之射頻輻射對李斯特氏菌和大腸桿菌的抗菌敏感性之影響⁸

Taheri M, Mortazavi SMJ, Moradi M, et al. (2017). Evaluation of The Effect of Radiofrequency Radiation Emitted from Wi-Fi Router and Mobile Phone Simulator on The Antibacterial Susceptibility of Pathogenic Bacteria *Listeria Monocytogenes* and *Escherichia Coli*. *Dose Response*. 15(1):1559325816688527

文獻摘要原文：

Mobile phones and Wi-Fi radiofrequency radiation are among the main sources of the exposure of the general population to radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF). Previous studies have shown that exposure of microorganisms to RF-EMFs can be associated with a wide spectrum of changes ranged from the modified bacterial growth to the alterations of the pattern of antibiotic resistance. Our laboratory at the nonionizing department of the Ionizing and Non-ionizing Radiation Protection Research Center has performed experiments on the health effects of exposure to animal models and humans to different sources of electromagnetic fields such as cellular phones, mobile base stations, mobile phone jammers, laptop computers, radars, dentistry cavitrons, magnetic resonance imaging, and Helmholtz coils. On the other hand, we have previously studied different aspects of the challenging issue of the ionizing or nonionizing radiation-induced alterations in the susceptibility of microorganisms to antibiotics. In this study, we assessed if the exposure to 900 MHz GSM mobile phone radiation and 2.4 GHz radiofrequency radiation emitted from common Wi-Fi routers alters the susceptibility of microorganisms to different antibiotics. The pure cultures of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* were exposed to RF-EMFs generated either by a GSM 900 MHz mobile phone simulator and a common 2.4 GHz Wi-Fi router. It is also shown that exposure to RF-EMFs within a narrow level of irradiation (an exposure window) makes microorganisms resistant to antibiotics. This adaptive phenomenon and its potential threats to human health should be further investigated in future experiments. Altogether, the findings of this study showed that exposure to Wi-Fi and RF simulator radiation can significantly alter the inhibition zone diameters and growth rate for *L. monocytogenes* and *E. coli*. These findings may have implications for the management of serious infectious diseases.

重點摘譯：

一般大眾暴露於射頻電磁場中所接收的輻射主要來自於行動電話與 Wi-Fi。先前的研究顯示微生物暴露於射頻電磁場中將導致從細菌生長之變化至抗生素抗性改變的廣泛可能。我們的游離和非游離輻射防護研究中心之非游離實驗室進行了關於動物模型和人類暴露於不同電磁場射源的健康影響實驗。例如手機、行動基地站、手機干擾器、筆記型電腦、雷達、洗牙機、磁振造影和亥姆霍茲線圈。另一方面，我們先前已經研究了游離或非游離輻射導致微生物對抗生素敏感性變化的挑戰性議題。本研究中，我們評估微生物受到從 GSM 行動電話所發出的900 MHz 射線與一般 Wi-Fi 路由器所發出的2.4 GHz 射頻輻射之暴露後，是否會改變其對不同抗生素的敏感性。結果顯示微生物於窄的輻射程度（暴露窗口）受到射頻電磁場之暴露後對抗生素產生了抗性。此適應性的現象對人類健康所潛在的威脅應於未來進一步研究。總而言之，研究的結果顯示暴露於 Wi-Fi 和射頻模擬器之輻射明顯改變了李斯特氏菌和大腸桿菌的抑制區直徑與生長速率。這些發現可能會對嚴重傳染病的管理產生影響。

文獻評析：

本文提及微生物受到射頻電磁場之暴露後對抗生素產生了抗性。此實驗結果雖得知某些菌株對 EMF 有不同的反應，但諸如哪種細胞機制產生變化？哪些因素與抗菌藥物的改變有關？通過活化一些特定系統，如離子通道、通過膜、DNA 修復系統改變、細胞膜中的離子外排泵以及分子相互作用等，都是未知數。因此，此結論亦須更嚴謹的研究以澄清這些不確定性問題。

(五) 關於射頻電磁場與不明病因之癌症評論：一項生態研究⁹

Mortazavi SAR, Mortazavi G, Mortazavi SMJ. (2017). Comments on Radiofrequency Electromagnetic Fields and Some Cancers of Unknown Etiology: An Ecological Study. *Sci Total Environ.* 609

文獻摘要原文：

This correspondence refers to the Science of the Total Environment article by Gonzalez-Rubio et al. entitled "Radiofrequency electromagnetic fields and some cancers of unknown etiology: An ecological study". Authors of this paper have presented the findings of their preliminary epidemiological study which combined epidemiology, statistics and geographical information systems (GIS). Gonzalez-Rubio et al. have analyzed the possible link between exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields (RF-EMF) in the city of Albacete, Spain and the incidence of cancers such as lymphomas, and brain tumors. The shortcomings of this study are discussed.

重點摘譯：

本文節錄 Gonzalez-Rubio 等人撰寫之「全面環境科學」中一文。標題為「射頻電磁場和一些不明病因的癌症：一項生態學研究」。本文作者介紹了他們初步的流行病學之研究結果，其研究結合了流行病學、統計學與地理信息系統（GIS）。Gonzalez-Rubio 等人分析了暴露於射頻電磁場（RF-EMF）的西班牙阿爾巴塞特之城市，淋巴瘤與腦腫瘤等癌症的發病率是否與其存在著聯繫。同時也討論本研究中有不足的東西。

文獻評析：

本文提及暴露於射頻電磁場（RF-EMF）中對於淋巴瘤與腦腫瘤等癌症的發病率是否與其存在著聯繫。本文引用之文獻其設計類型為一種流行病學研究，其中包括地理人口劃分、平均暴露量以及疾病在不同地區（微環境）的頻率等，這些調查在族群選擇上及樣本數控制上並非得宜；美國國家科學研究院在1996年報告中指出：「科學不能證明某物質（如電磁波）不致癌，也就是：在極多研究後，電磁波並不會產生類似其它已知致癌物（1A）所產生的證據。」因為不可能證明虛無假設，所以不可能證明某物質絕對安全。

(六) 受到極低頻率與射頻電磁場暴露之健康風險與提供訊息之影響¹⁰

Gallastegi M, Jiménez-Zabala A, Molinuevo A, et al. (2019). Exposure and Health Risks Perception of Extremely Low Frequency and Radiofrequency Electromagnetic Fields and The Effect of Providing Information. *Environ Res.* 169:501-509

文獻摘要原文：

Given that regardless of actual exposure levels, high-risk perceptions of electromagnetic fields of non-ionizing radiation (EMF-NIR) may cause health effects, it is important to understand the mechanisms behind perceptions in the general population. The aims of this study were to assess perceptions of both exposure and health-risk among mothers of the INMA (Environment and childhood)-Gipuzkoa child cohort; to explore possible determinants that explain such perceptions; and to evaluate whether providing information on exposure levels has any effect on perceptions. Overall, 387 mothers completed a questionnaire composed of four questions on perceived exposure and perceived health-risk of exposure to extremely low frequency (ELF) and radiofrequency (RF) fields answered on a Likert-type scale from 0 to 10. Later, measurements of ELF and RF fields were conducted in the houses of a subsample of 104 participants. All measured levels were far below the levels established by the European Council recommendation. This was explained in the individual reports sent to the families. After reading the results, mothers completed the aforementioned questionnaire a second time, plus two additional questions regarding the role of public health bodies in risk communication.

The association between perceived and measured levels as categorical variables was assessed with a chisquare test. Multiple linear regressions were conducted for each of the questions related to perceived exposure and health-risk perceptions. Wilcoxon signed-rank test was conducted to assess the effect of receiving information.

Both exposure and health risk were perceived to be very high for both ELF and RF fields, with mean and medians of 7 on a 10-point scale. Reporting higher perception levels was not associated with higher levels of exposure measured at home. Variables that were repeatedly associated with higher perceptions included: manual social class, not having the feeling of living in a good neighborhood, difficulty getting by financially, not having a television antenna within 600 m, being younger and having fewer devices

at home. Providing information on EMF-NIR exposure levels at home did not alter health-risk perceptions, but mean perceived RF exposure decreased significantly (by 0.7 points). Most of the participants claimed to have received no or insufficient information regarding exposure and health-risks of EMF-NIR from public bodies and considered it very important that they should.

重點摘譯：

無論實際的暴露程度，對普遍大眾而言非游離輻射之電磁場（EMF-NIR）將導致健康影響的高風險認知，了解其背後之機制是很重要的。本研究的目的為評估 INMA（環境與孩童）中 Gipuzkoa 孩童的母親們對暴露與健康風險的認知；探索可能的原因並解釋這些認知；以及評估提供暴露的程度資訊是否於認知上有任何的影響。總而言之，387位母親完成包含四個關於暴露認知及暴露於極低頻率（ELF）與射頻（RF）場的健康風險認知之問題的調查問卷，以0至10分之 Likert-type 分數回答。之後，進行其中104位參與者家中 ELF 與 RF 場的測量。所有的測量程度都遠低於歐洲政務會所建議的規定程度。個別報告的解釋分別送至其家庭。閱讀其結果之後，母親們再次完成上述的調查問卷，加上兩個額外關於公共衛生機構的風險溝通之問題。利用卡方檢定評估認知與測量值之間的關聯性。針對每個問題對暴露認知與健康風險認知的關係進行多線性回歸處理。利用成對樣本中位數差異檢定評估所接收之資訊的影響。對 ELF 及 RF 場的暴露與健康風險認知感覺是很高的，其平均值與中位數為7分。報告中高認知程度與家裡所測量到的高暴露程度無關。與高認知有重複相關的變數包括勞動社會階層、沒有生活在良好的區域、經濟困難、在600公尺以內沒有電視天線、年輕以及家中設備較少。提供家中 EMF-NIR 暴露程度的資訊並未改變對健康風險的認知，但對平均 RF 暴露的認知是有明顯降低的（降低0.7分）。大部分的參與者聲稱未接收或接收較少關於公共機構提出之 EMF-NIR 暴露與健康風險的訊息，並認為它們應該是重要的。

文獻評析：

本篇研究發現對於射頻電磁場與健康防護認知的關係，與社會階級具有高度相關性，故建議公共機構共同努力提供有關 EMF-NIR 暴露和健康防護的全面信息宣導。近十年台灣政府機構(如國家通訊傳播委員會、行政院環境保護署、衛生福利部國民健康署等)已在各地方區域進行電磁場教育訓練與宣導，並進行電磁場環境檢測，發現透過正確教導游離輻射與非游離輻射的區分，實質是可消除民眾對於電磁場的恐懼與疑慮。

(七) 3G 行動電話於夜間暴露電磁場對健康與睡眠腦電圖結構之影響¹¹

Lowden A, Nagai R, Åkerstedt T, et al. (2019). Effects of Evening Exposure to Electromagnetic Fields Emitted by 3G Mobile Phones on Health and Night Sleep EEG Architecture. *J Sleep Res.* e12813

文獻摘要原文：

Studies on sleep after exposure to radiofrequency electromagnetic fields have shown mixed results. We investigated the effects of double-blind radiofrequency exposure to 1,930-1,990 MHz, UMTS 3G signalling standard, time-averaged 10 g specific absorption rate of 1.6 W kg⁻¹ on self-evaluated sleepiness and objective electroencephalogram architecture during sleep. Eighteen subjects aged 18-19 years underwent 3.0 hr of controlled exposure on two consecutive days 19:45-23:00 hours (including 15-min break); active or sham prior to sleep, followed by full-night 7.5 hr polysomnographic recordings in a sleep laboratory. In a cross-over design, the procedure was repeated a week later with the second condition. The results for sleep electroencephalogram architecture showed no change after radiofrequency exposure in sleep stages compared with sham, but power spectrum analyses showed a reduction of activity within the slow spindle range (11.0-12.75 Hz). No differences were found for self-evaluated health symptoms, performance on the Stroop colour word test during exposure or for sleep quality. These results confirm previous findings that radiofrequency post-exposure in the evening has very little influence on electroencephalogram architecture but possible on spindle range activity.

重點摘譯：

受到射頻電磁場之暴露後之睡眠顯示著錯綜的研究結果。於睡眠期間，我們研究雙盲射頻暴露對自我評估嗜睡及客觀性的腦電圖結構之影響。其射頻為1,930至1,990 MHz，UMTS 3G 信號標準，時間平均後10克的特定吸收率為1.6 W kg⁻¹。18名受測者年齡為18至19歲，且連續兩天於晚上19:45至23:00(包含15分鐘的休息)承受經控制的3小時暴露；實驗組或對照組之睡眠；其次於睡眠實驗室進行7.5小時的多項生理睡眠監測。於交叉設計中，於一周後重複此過程。針對睡眠腦電圖

結構的結果顯示相較於假性睡眠而言，受到射頻暴露後的睡眠階段是沒有改變的，但是能譜的分析顯示於主軸範圍（11.0-12.75 Hz）內的活性是減少的。針對自我健康的評估或是睡眠品質時，於暴露期間執行斯特魯普的顏色與文字實驗發現其結果並無明顯差異。這些結果應證了先前的發現，即於夜間受到射頻之暴露對於腦電圖的結構影響不大，但是可能會影響至主軸範圍的活性。

文獻評析：

本文主要探討 UMTS 3G 信號對於嗜睡及客觀性的腦電圖結構之影響，結果顯示夜間受到射頻暴露對於腦電圖的結構影響不大，而僅使用腦電圖在主軸範圍（11.0-12.75 Hz）作為活性是否影響為依據，實驗設計實過簡化。且目前此文獻僅針對嗜睡狀況做相關探討，但對應到群體人類睡眠狀態，如淺眠或者生活作息不正常等狀態，並未擴大探討研究。因此上述結論是無法斷定射頻暴露對睡眠會產生直接影響。

(八) 暴露於行動塔輻射之群眾中抗氧化酶系統的表型與基因型特徵¹²

Gulati S, Yadav A, Kumar N, Priya K, Aggarwal NK, Gupta R. (2018). Phenotypic and Genotypic Characterization of Antioxidant Enzyme System in Human Population Exposed to Radiation from Mobile Towers. *Mol Cell Biochem.* 440(1-2):1-9.

文獻摘要原文：

In the present era, cellular phones have changed the life style of human beings completely and have become an essential part of their lives. The number of cell phones and cell towers are increasing in spite of their disadvantages. These cell towers transmit radiation continuously without any interruption, so people living within 100s of meters from the tower receive 10,000 to 10,000,000 times stronger signal than required for mobile communication. In the present study, we have examined superoxide dismutase (SOD) enzyme activity, catalase (CAT) enzyme activity, lipid peroxidation assay, and effect of functional polymorphism of SOD and CAT antioxidant genes against mobile tower-induced oxidative stress in human population. From our results, we have found a significantly lower mean value of manganese superoxide dismutase (MnSOD) enzyme activity, catalase (CAT) enzyme activity, and a high value of lipid peroxidation assay in exposed as compared to control subjects. Polymorphisms in antioxidant MnSOD and CAT genes significantly contributed to its phenotype. In the current study, a significant association of genetic polymorphism of antioxidant genes with genetic damage has been observed in human population exposed to radiations emitted from mobile towers.

重點摘譯：

於現今的時代中，手機已經完全改變了人類的生活方式，並成為他們生活中不可或缺的一部分。儘管厭惡其缺點，手機和行動基地台的數量仍在增加。這些行動基地台沒有中斷地持續傳輸電磁波，因此生活於距離行動基地台100米範圍內的人們比較行動通訊所需之信號強度強上10,000到10,000,000倍。於研究中，我們研究了超氧化物歧化酶（SOD）的活性、過氧化氫酶（CAT）的活性、脂質過氧化檢測，以及行動基地台導致氧化應激對民眾之SOD與CAT功能性多態的抗氧化

基因之影響。根據結果，於暴露下與對照組比較後發現有一個顯著且較低的錳超氧化物歧化酶 (MnSOD) 活性平均值、過氧化氫酶 (CAT) 活性平均值，以及較高的脂質過氧化檢測值。抗氧化 MnSOD 與 CAT 基因多態性明顯貢獻其表現。於目前的研究中，暴露於行動基地台所發出之輻射的民眾中可發現其抗氧化基因的遺傳多型性與遺傳損傷有顯著關係存在。

文獻評析：

本文所提出暴露於行動基地台所發出之輻射的民眾中可發現其抗氧化基因的遺傳多型性與遺傳損傷有顯著關係存在。酶是一種生物催化劑，生物體內含有千百種酶，它們支配著生物的新陳代謝、營養和能量轉換等許多催化過程，與生命過程關係密切的反應大多是酶催化反應。人體內存在大量酶，結構複雜，種類繁多，到目前為止，已發現3000種以上（即多樣性）。文章所提體內酶活性之變化絕非單純電磁暴露所影響，體內細胞活動的機制相對複雜，且將其三種生物酶平均值的變化即評定與遺傳損傷有關似乎太過於牽強。

(九) 經行動基地台電磁場暴露後影響健康之量化數據研究的重要性¹³

Mortazavi SMJ, Balas VE, Zamani A, Zamani A, Mortazavi SAR, Haghani M, Jaberi O, Soleimani A. (2018). The Importance of Quantification of Data in Studies on the Health Effects of Exposure to Electromagnetic Fields Generated by Mobile Base Stations. *Soft Computing Applications, Advances in Intelligent Systems and Computing*. 633

文獻摘要原文：

This study aimed at developing simple methods for quantification of the data in studies on the health effects of exposure to electromagnetic fields of mobile base stations to prevent different interpretations of the findings. We have previously conducted a cross-sectional study on people living in 10 different districts of Shiraz city. Based on how frequent the symptoms were (always/usually/occasionally/never), a score was determined for each self-reported symptom and the total score for each individual was calculated. In the next stage, instead of reporting the effect of RF-EMF exposure on the occurrence of each symptom, the impact of exposures on the human health were assessed by evaluation of the total scores. Moreover, principal component analysis (PCA) was used for assessing the factors with greatest correlation. We found that exposure to RF-EMF emitted by mobile base stations significantly affected the residents' health. Furthermore, the distance between the mobile phone base stations and the homes had a significant effect on the residents' health. The frequency of self-reported symptoms of myalgia, palpitation, early fatigue, nervousness and low back pain decreased with increasing the distance from mobile phone base stations.

重點摘譯：

本研究目的為針對研究暴露於行動基地台電磁場的健康影響發展出簡單之數據量化方法，以防止對研究結果做不同解釋。我們先前針對居住於 Shiraz 城市中10個不同地區的人們進行交叉研究。根據症狀的頻率為（總是/通常/偶爾/從不），決定每個自我報告症狀的分數，並計算每個個體的總分數。在下一階段，並非在於報告射頻電磁場（RF-EMF）暴露對每個症狀發生的影響，而是藉由計算總分的

方式來評估暴露對人類健康的影響。另外，主成分分析（PCA）用於評估最大相關性的因素。我們發現行動基地台所發射的射頻電磁場之暴露會明顯對居民的健康產生影響。此外，行動基地台與住家間的距離對居民健康也有顯著性的影響。自我報告中，肌肉痛、心悸、早期疲勞、緊張與腰痛症狀的頻率隨著與行動基地台之距離增加而減少。

文獻評析：

本文所提出行動基地台所發射的射頻電磁場之暴露會明顯對居民的健康產生影響；此研究其設計類型為一統計調查分析研究，所提之影響包括肌肉痛、心悸、疲勞、耳鳴、注意力問題及神經質等，這些調查項目太過於主觀且缺乏量化之數據，因此此結論之論述並非得宜。

(十) 藉由生物組織靠近毫米波之5G 無線設備的射頻能量吸收¹⁴

Davide C, Bjorn T, Christer T, Quirino B. (2018). RF Energy Absorption by Biological Tissues in Close Proximity to Millimeter-Wave 5G Wireless Equipment. *EEE Access*. 6:4974-4981.

文獻摘要原文：

In this paper, mechanisms of RF energy absorption by body tissue in close proximity to wireless equipment, are studied using numerical simulations at frequencies above 24 GHz. It is shown that at millimeter-wave (mmW) frequencies, of relevance for 5G mobile communications, and for realistic source to body separation distances, the contribution from the reactive near-field to the energy deposition in the tissue is small. Furthermore, the interaction between the source and the exposed body is modest. The results suggest that the effects of the near-field body interactions are small when evaluating electromagnetic field compliance at mmW frequencies.

重點摘譯：

文獻中使用超過24 GHz 的模擬頻率，並藉由身體組織靠近其無線設備，以探討射頻能量的吸收機制。在5G 相關之行動通訊的毫米波 (mmW) 頻率顯示實際射源至組織的距離中，其近場對組織的能量吸收貢獻較小。此外，射源與受暴露組織之間的相互作用是可接受的。結果指出，在評估 mmW 頻率中的電磁場之順應性時，其近場與組織的相互作用影響較小。

文獻評析：

在移動通信網絡5G 的頻率上研究能量吸收機制和近場體-天線相互作用是重要議題。目前已知在較低的頻率 (例如2 GHz) 和較短的間隔距離，能量沉積是主要造成近場的影響；且搭配天線設計，間隔距離和工作頻率增加而減小。在短距離下，表面皮膚將吸收來自天線的電磁場能量，因此在靠近身體的裝置(如手機)，在考慮其累積能量的評估較有意義；當頻率增加到移動式通信 (24 GHz 至100 GHz)，其近場體相互作用的影響可以忽略不計。在近期多數研究報告中皆表明，目前尚未有證據顯示電磁場對生物產生確定性傷害。若民眾對於電磁場仍有疑慮時，可建議在行動電話的使用上注意：1.行動電話應該用於緊急需要之時，並盡量縮短通話時間或以簡訊代替；2.行動電話應盡量避免長時間上網或玩線上遊戲；3.訊號不良時，應盡量避免使用行動電話；4.睡前應關機，睡覺時也應避免將未關機之行動電話放置於鄰近頭部之位置；5.在家或在辦公室時應儘量使用有線電話。

(十一) 藉由增強抗氧化作用使氧化鈰奈米粒子緩解射頻輻射暨改善睪固酮之合成與睪丸間質中週期基因的表現¹⁵

Qin F, Shen T, Cao H, Qian J, Zou D, Ye M, Pei H. (2019). CeO₂NPs Relieve Radiofrequency Radiation, Improve Testosterone Synthesis, and Clock Gene Expression in Leydig Cells by Enhancing Antioxidation. *Int J Nanomedicine*. 14:4601-4611.

文獻摘要原文：

Introduction: The ratio of Ce³⁺/Ce⁴⁺ in their structure confers unique functions on cerium oxide nanoparticles (CeO₂NPs) containing rare earth elements in scavenging free radicals and protecting against oxidative damage. The potential of CeO₂NPs to protect testosterone synthesis in primary mouse Leydig cells during exposure to 1,800 MHz radiofrequency (RF) radiation was examined in vitro.

Methods: Leydig cells were treated with different concentrations of CeO₂NPs to identify the optimum concentration for cell proliferation. The cells were pretreated with the optimum dose of CeO₂NPs for 24 hrs and then exposed to 1,800 MHz RF at a power density of 200.27 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (specific absorption rate (SAR), 0.116 W/kg) for 1 hr, 2 hrs, or 4 hrs. The medium was used to measure the testosterone concentration. The cells were collected to determine the antioxidant indices (catalase [CAT], malondialdehyde [MDA], and total antioxidant capacity [T-AOC]), and the mRNA expression of the testosterone synthase genes (Star, Cyp11a1, and Hsd-3 β) and clock genes (Clock, Bmal1, and Ror α).

Results: Our preliminary result showed that 128 $\mu\text{g}/\text{mL}$ CeO₂NPs was the optimum dose for cell proliferation. Cells exposed to RF alone showed reduced levels of testosterone, T-AOC, and CAT activities, increased MDA content, and the downregulated genes expression of Star, Cyp11a1, Hsd-3 β , Clock, Bmal1, and Ror α . Pretreatment of the cells with 128 $\mu\text{g}/\text{mL}$ CeO₂NPs for 24 hrs followed by RF exposure significantly increased testosterone synthesis, upregulated the expression of the testosterone synthase and clock genes, and increased the resistance to oxidative damage in Leydig cells compared with those in cells exposed to RF alone.

Conclusion: Exposure to 1,800 MHz RF had adverse effects on testosterone synthesis, antioxidant levels, and clock gene expression in primary Leydig cells. Pretreatment

with CeO₂NPs prevented the adverse effects on testosterone synthesis induced by RF exposure by regulating their antioxidant capacity and clock gene expression in vitro. Further studies of the mechanism underlying the protective function of CeO₂NPs against RF in the male reproductive system are required.

重點摘譯：

介紹：稀土元素的二氧化鈰奈米粒子(CeO₂NPs)之結構中，Ce³⁺/Ce⁴⁺的比例有著獨特清除自由基與防止氧化受損的功能。當暴露在1800 MHz 之射頻輻射 (RF) 並同時進行體外偵測時，發現 CeO₂NPs 有保護大鼠的初級睪丸間質細胞進行睪固酮合成之潛能。

方法：利用不同濃度 CeO₂NPs 處理睪丸間質細胞以確定細胞增殖的最佳濃度。將細胞以最佳 CeO₂NPs 濃度預先處理24小時，其後於功率密度200.27 μW/cm²下暴露1800 MHz 之射頻輻射 (特定吸收率 (SAR) 為0.116 W/kg) 達1小時、2小時或4小時。以該培養基測量睪固酮之濃度。將細胞收集並檢測其抗氧化之指數 (過氧化氫酶[CAT]、丙二醛[MDA]和總抗氧化能力[T-AOC])，以及睪固酮合成酶基因 (Star、Cyp11a1及 Hsd-3 β) 與週期基因 (Clock、Bmal1及 Ror α) 的 mRNA 表現。

結果：我們最初的結果顯示 CeO₂NPs 最佳的細胞增殖濃度為128 μg/mL。細胞單獨暴露於 RF 時顯示睪固酮、T-AOC 以及 CAT 之活性有減少的現象，且 MDA 的含量，Star、Cyp11a1、Hsd-3 β、Clock、Bmal1及 Ror α 之負調控基因的表現是增加的。則經濃度128 μg/mL 之 CeO₂NPs 預先處理24小時處理的細胞，其後接受 RF 之暴露發現其睪固酮合成、正調控的睪固酮合成酶及週期基因是有明顯增加的，且相較那些單獨暴露於 RF 的細胞而言，其睪丸間質細胞之抵抗氧化損傷的能力也是有改善增強的。

結論：初級睪丸間質細胞受到1800 MHz 之 RF 暴露對其睪固酮之合成、抗氧化程度與週期基因的表現有著不良的影響。經 CeO₂NPs 預先處理後，可藉由調控體外抗氧化能力與週期基因的表現，以預防 RF 暴露所引起之睪固酮合成的不良影響。CeO₂NPs 能使雄性生殖系統有著對 RF 的保護機制在未來仍是需要了解的。

文獻評析：

本文提出使用二氧化鈰奈米粒子 (CeO₂NPs) 可保護大鼠的初級睪丸間質細胞。但在目前多數研究中並無法直接證明電磁場對生物體的傷害，甚者 CeO₂NPs 對雄性生殖系統產生保護機制原理為何，仍是這篇文獻無法佐證之處。

三、風險認知類

(一) 射頻電磁場之暴露與風險認知：試驗型研究¹⁶

Berihun M. Zeleke, Chhavi RB, et al. (2019). Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure and Risk Perception: A Pilot Experimental Study. *Environmental Research*. 170: 493-499

文獻摘要原文：

Background: Exposure to far-field radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF) has raised public concerns in recent decades. However, it is not known if individuals' perception towards the health risks of RF-EMF is dependent on their knowledge of the objectively measured personal RF-EMF exposure levels.

Objectives: This pilot study aimed to demonstrate the feasibility of objectively measuring personal RF-EMF exposure from mobile phone base stations (MPBS) and to determine if the risk perception of people to the potential health risk of exposure to RF-EMF from MPBS is dependent on their knowledge of personal RF-EMF exposure levels.

Design: An experimental study was conducted in 383 adults, recruited in Melbourne, Australia. Participants were randomized to one of the three groups: 1) basic information group who were provided with basic information about RF-EMF to read prior to completing a risk perception assessment questionnaire; 2) precautionary group who were provided with an information pack which included precautionary messages; and 3) personal exposure measurement group who were provided with a summary of their quantitative RF-EMF exposure from MPBS. The same basic information about RF-EMF was also given to the precautionary and personal exposure measurement groups.

Results: Participants had a mean (\pm SD) age of 36.9 ± 12.5 years; 66.7% were women. Overall, 44.1% had noticed an MPBS in their neighbourhood. The mean (SD) values (from 1 to 7) for risk perceptions to RF-EMF from MPBS were 4.02 (1.67) for basic information, 3.82 (1.62) for precautionary messages, and 3.97 (1.72) for the personal exposure measurement groups. These differences were not statistically significant. Nevertheless, the personal exposure measurement group were more confident that they could protect themselves from RF-EMF than the precautionary or basic information groups.

Conclusion: Our findings suggest that providing people with personal RF-EMF exposure measurements may not affect their perceived risk from MPBS, but increase their confidence in protecting themselves.

重點摘譯：

研究背景：近十幾年來，暴露於射頻電磁場之遠磁場中一直是受到關注的公共議題。然而，對於射頻電磁場的風險認知是否取決於其個人暴露程度的客觀測量，仍是不為人知的。

研究目的：此試驗性研究目的為證明客觀測量由行動基地台所產生之個人射頻電磁場之暴露程度的可行性，並確定人們對暴露於行動基地台之射頻電磁場中所潛在的健康風險認知是否取決於其個人暴露程度上的了解。

研究設計：於澳大利亞墨爾本徵募383位成人進行一項實驗性研究。受測者隨機分配至下列三組中的一組：（1）基本訊息組，預先提供受測者射頻電磁場之基本訊息與閱讀完成一風險認知的評估問卷；（2）預防組，提供受測者預防性的訊息內容；以及（3）個人暴露之測試組，提供受測者於行動電話基地台之射頻電磁場所暴露的定量結果。同樣地，射頻電磁場之基本訊息也會提供給預防組與個人暴露之測試組。

研究結果：受測者的平均（±標準差）年齡為36.9±12.5歲；其中66.7%為女性。總體而言，有44.1%的受測者注意到他們的附近是有座行動電話基地台。基本訊息組對行動電話基地台之射頻電磁場風險認知（1至7分）的平均值（標準差）為4.02（1.67）分、預防組為3.82（1.62）分，以及個人暴露之測試組為3.97（1.72）分。在統計學上無明顯的差異性。反之相較於基本訊息組與預防組而言，個人暴露之測試組確信於射頻電磁場的環境中，他們更能保護好自己。

結論：我們的研究結果顯示，提供人們射頻電磁場的暴露測量值或許不會影響他們對行動基地台的風險認知，但卻能增加他們自我保護的信心。

文獻評析：

本文主要探討人們對暴露於行動基地台之射頻電磁場中所潛在的健康風險認知是否取決於其個人暴露程度上的了解。從研究結果中發現提供人們射頻電磁場的暴露測量值或許不會影響他們對行動基地台的風險認知，但卻能增加他們自我保護的信心。近十年台灣政府機構(如國家通訊傳播委員會、行政院環境保護署、衛生福利部國民健康署等)為了宣導正確觀念，請許多專家學者到各縣市各鄉鎮進行教育與溝通，並且也對於有疑慮的民眾進行實地環境檢測，至今經驗回饋，確實有消除民眾對於電磁場的慌恐，並增進民眾的信心。

(二) 阿爾巴賽特之個人暴露於環境射頻電磁場的描述與風險認知的評估¹⁷

Ramirez-Vazquez R, Gonzalez-Rubio J, Arribas E, et al. (2019). Characterisation of Personal Exposure to Environmental Radiofrequency Electromagnetic Fields in Albacete (Spain) and Assessment of Risk Perception. *Environmental Research*. 172:109-116

文獻摘要原文：

In the last decades, exposure to radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF) has substantially increased as new wireless technologies have been introduced. Society has become more concerned about the possible effects of RF-EMF on human health in parallel to the increase in their exposure. The appearance of personal exposimeters opens up wide-ranging research possibilities. Despite studies having characterised personal exposure to RF-EMF, part of the population is still worried, to the extent that psychogenic diseases (“nocebo” effect) appear, and patients suffer. It could be interesting to share personal exposure results with the population to better understand and promote public health.

The main objective was to characterise personal exposure to environmental RF-EMF in Albacete (166,000 inhabitants, SE Spain), and assess the effect of sharing the results of the study on participants’ risk perception.

Measurements were taken by a personal Satimo EME SPY 140 exposimeter, which was programmed every 10 seconds for 24 h. To measure personal exposure to RF-EMF, we worked with 75 volunteers. Their personal exposure, 14 microenvironments in the city, e.g., home, outdoors, work, etc., and possible time differences were analysed. After participating in the study, 35 participants completed a questionnaire about their RF-EMF risk perception, which was also answered by a control sample to compare the results (N=36).

The total average exposure of 14 bands was 37.7 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, and individual ranges fell between 0.2 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, recorded in TV4&5, and a maximum of 264.7 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ in DECT. For Friday, we recorded a mean of 53.9 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ as opposed to 23.4 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ obtained on Saturday. The recorded night-time value was 27.5 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ versus 43.8 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ recorded in the daytime. The mean personal exposure value also showed differences between weekdays and weekend days, with 39.7 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ and 26.9 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, respectively. The

main source that contributed to the mean total personal exposure was enhanced cordless telecommunications (DECT) with 50.2%, followed by mobile phones with 18.4% and mobile stations with 11.0% (GSM, DCS and UMTS), while WiFi signals gave 12.5%. In the analysed microenvironments, the mean exposure of homes and workplaces was $34.3 \mu\text{W}/\text{m}^2$ and $55.2 \mu\text{W}/\text{m}^2$, respectively. Outdoors, the mean value was $34.2 \mu\text{W}/\text{m}^2$ and the main sources were DECT, WiFi and mobile phone stations, depending on the place.

The risk perception analysis found that 54% of the participants perceived that RF-EMF were less dangerous than before participating in the study, while 43% reported no change in their perceptions. Only 9% of the volunteers who received information about their measurements after the study assessed the possible RF-EMF risk with a value over or equal to 4 (on a scale from 1 to 5) versus 39% of the non-participant controls.

We conclude that personal exposure to RF-EMF fell well below the limits recommended by ICNIRP and showed wide temporal and spatial variability. The main exposure sources were DECT, followed by mobile phones and WiFi. Sharing exposure results with participants lowered their risk perception.

重點摘譯：

過去十幾年來，隨著新的無線技術之引進，其射頻電磁場之暴露也有明顯的增加。在暴露增加的同時，社會也開始關注其射頻電磁場對人體健康的影響。暴露測量儀的出現開啟了廣泛研究的可能性。儘管研究顯示個人暴露於射頻電磁場，但仍有一部分的人們擔心會涉及至心理疾病的出現（安慰劑效應）並影響至患者。有趣的是與人群分享個人暴露的結果可能對公共衛生上會有更好的了解與推動。

本研究主要目的為在阿爾巴賽特（166,000位居民，SE 西班牙）這城市中進行客觀性地描述射頻電磁場環境中之個人暴露風險，並評估此研究中受測者風險認知的分享結果之影響。

研究過程中使用隨身型 Satimo EME SPY 140之暴露測量儀進行每10秒一次的計測並持續24小時。為了測量射頻電磁場之個人暴露的程度，我們與75位自願者合作。在城市中的14個微環境中，如家中、戶外、工作場所等，以及可能有時差的地方都將分析。於研究參與後，其中35位受測者完成有關射頻電磁場風險認知的相關問卷調查，並通過控制樣本回答以比較結果（N=36）。

14區的總平均暴露為 $37.7 \mu\text{W}/\text{m}^2$ ，以及紀錄於 TV4&5中的個體範圍介於 $0.2 \mu\text{W}/\text{m}^2$ 之間，且 DECT 中最大值為 $264.7 \mu\text{W}/\text{m}^2$ 。於星期五中，我們記錄到一平均值為 $53.9 \mu\text{W}/\text{m}^2$ ，相反的星期六為 $23.4 \mu\text{W}/\text{m}^2$ 。夜間的記錄值為 $27.5 \mu\text{W}/\text{m}^2$ ，而白天為 $43.8 \mu\text{W}/\text{m}^2$ 。平均的個人暴露值於工作日與周末時間也顯示有所差異，分別為 $39.7 \mu\text{W}/\text{m}^2$ 和 $26.9 \mu\text{W}/\text{m}^2$ 。平均總個人暴露之主要來源為數位增強無線通訊（DECT）約占50.2%，其次為行動電話佔18.4%，以及行動基地台佔11.0%（GSM、DCS 與 UMTS），而 Wi-Fi 信號佔12.5%。於分析的微環境中，家中與工作場所的平均暴露分別為 $34.3 \mu\text{W}/\text{m}^2$ 及 $55.2 \mu\text{W}/\text{m}^2$ ，於戶外的平均值為 $34.2 \mu\text{W}/\text{m}^2$ ，且主要來源來自 DECT、Wi-Fi 及行動電話基地台等。

風險認知的分析研究中，有54%的受測者相較參與本研究前，認為有較少的射頻電磁場之危險。然而有43%表示於認知上是沒有太大的改變。只有9%的受測者在研究結束後接收了有關的測量資訊，評估超過或相當4的（於1至5的值）可能之射頻電磁場風險，並比較於39%的非參與控制組。

我們得出射頻電磁場的個人暴露是遠低於 ICNIRP 的最低建議值，並顯示出廣泛地時間與空間的變異性。主要的暴露來源為 DECT，其次為行動電話與 Wi-Fi。同時分享暴露結果於受測者也降低了他們的風險認知。

文獻評析：

本文主要量測個人射頻電磁場於不同時間、場域的暴露值，並分析個人所接受來源。研究發現個人暴露值於時間點（平日與假日）、場域點（家庭與工作場所）皆有所差異，綜合來看以數位增強無線通訊、行動電話與 Wi-Fi 為主要暴露來源，但總暴露值皆低於國際非游離輻射防護委員會（ICNIRP）的規範。由於此文獻量測到的功率密度數值非常小，因此是使用較小的單位($\mu\text{W}/\text{m}^2$)作為整篇文章的基礎，相較大部份國家所使用的單位及 ICNIRP 所建議的功率密度單位為 mW/cm^2 ，兩者單位差異為到 10^7 的倍數，本研究所使用的單位過小，容易造成一般民眾混淆與擔心，這研究的結論還是再次強調其暴露量是遠低於 ICNIRP 的規範

四、防護評估類

(一) 探討行動電話基地台射頻輻射之評估方法¹⁸

Buckus R, Strukčinskienė B, Raistenskis J, et al. (2017). A Technical Approach to the Evaluation of Radiofrequency Radiation Emissions from Mobile Telephony Base Stations. *Int J Environ Res Public Health*. 14(3). pii: E244

文獻摘要原文：

During the last two decades, the number of macrocell mobile telephony base station antennas emitting radiofrequency (RF) electromagnetic radiation (EMR) in residential areas has increased significantly, and therefore much more attention is being paid to RF EMR and its effects on human health. Scientific field measurements of public exposure to RF EMR (specifically to radio frequency radiation) from macrocell mobile telephony base station antennas and RF electromagnetic field (EMF) intensity parameters in the environment are discussed in this article. The research methodology is applied according to the requirements of safety norms and Lithuanian Standards in English (LSTEN). The article presents and analyses RF EMFs generated by mobile telephony base station antennas in areas accessible to the general public. Measurements of the RF electric field strength and RF EMF power density were conducted in the near- and far-fields of the mobile telephony base station antenna. Broadband and frequency-selective measurements were performed outside (on the roof and on the ground) and in a residential area. The tests performed on the roof in front of the mobile telephony base station antennas in the near-field revealed the presence of a dynamic energy interaction within the antenna electric field, which changes rapidly with distance. The RF EMF power density values on the ground at distances of 50, 100, 200, 300, 400, and 500 m from the base station are very low and are scattered within intervals of 0.002 to 0.05 $\mu\text{W}/\text{m}^2$. The results were compared with international exposure guidelines (ICNIRP).

重點摘譯：

於過去20年中，隨著住宅區行動電話基地台天線發射之射頻電磁輻射的明顯增加，射頻電磁輻射對於人類健康的影響也受到愈來愈多的關注，本文也討論到行動電話基地台天線之公共暴露（特別是射頻輻射）暨科學性之區域測量值與在環境中射頻電磁場之強度參數。同時此一研究方法根據英國的立陶宛標準（LSTEN）與其安全規範下所使用。本文也介紹與分析於一公共區域中經行動電話基地台天線

所產生之射頻電磁場，與其近場與遠場之射頻電磁場強度與射頻電磁場能量密度的測量值。於室外（屋頂及地面上）與住宅區中進行寬頻和頻率選擇的檢測。在行動電話基地台天線之近磁場前方屋頂上進行檢測顯示，其存在著動態的能量相互作用，並隨著距離上的不同有著快速變化。然而距離基地台50、100、200、300、400及500公尺之地面上射頻電磁場能量密度是非常低的，且分布於0.002至0.05 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ 之間。最後將研究結果與國際暴露指南進行比較。

文獻評析：

本研究結果主要整理出五個結論：1. 在近場（最遠30米的距離），天線輻射的射頻電場強度值在7到195 V/m之間變化。在近場中，超出了射頻電磁場強度參數允許的規範（ICNIRP 指南）。2. 通過移動型天線發射到環境中的高效輻射功率的射頻電磁場功率密度值達到500m的距離，達到允許水平（ $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ）的約0.01%-10%。3. 方向移動型天線的高效輻射功率在高度為30 m的天線具有較小的射頻電磁場功率密度值，達到允許水平的約0.01%-0.04%（ $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ）。4. 在高度50公尺，半徑距離為14公尺的移動型天線的射頻電磁場功率密度值達到 $0.98 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，在距離更遠（100米或更遠）時顯著降低，僅為0.005%-0.01%（與ICNIRP 建議值比較）。5. 距離移動型天線50-200公尺的地面上的射頻電磁場功率密度值非常小，從0.01到 $0.98 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 變化，比允許水平低10到100倍（ $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ）。目前在台灣現行法規中，「行動通信網路業務基地臺設置使用管理辦法」第14條規範：室外基地臺天線之設置高度及方向，按基地臺發射機最大射頻輸出功率區分，應確保其水平方向正前方於下列距離內不得有高於天線之合法建築物：一、大於七點九四瓦特者：十五公尺。二、微型基地臺：八公尺。基地臺天線輸入端之射頻功率大於二瓦特者，其為室外電波涵蓋所設置之天線不得架設於室內。因此綜合來看，台灣所設立的標準已是相對嚴謹，其規範理應更能確保民眾的使用安全無虞。

(二) 射頻電磁場在室內暴露之評估論述¹⁹

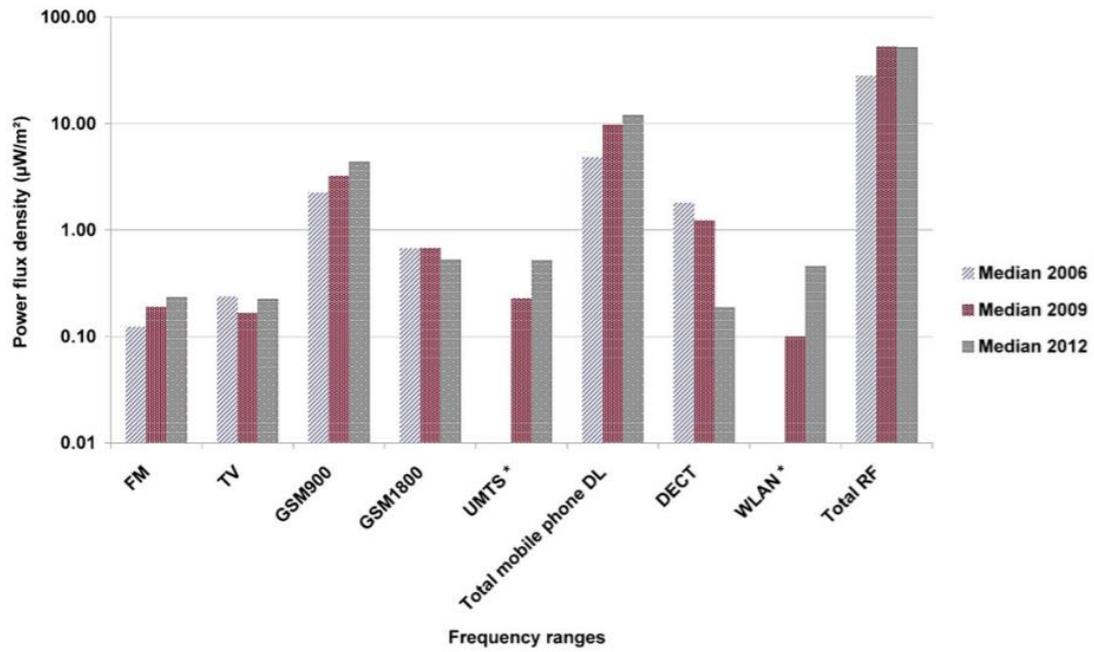
Emma C, Marta B, Serena F, et al. (2019). Radio Frequency Electromagnetic Fields Exposure Assessment in Indoor Environments: A Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 16(6):955

文獻摘要原文：

Exposure to radiofrequency (RF) electromagnetic fields (EMFs) in indoor environments depends on both outdoor sources such as radio, television and mobile phone antennas and indoor sources, such as mobile phones and wireless communications applications. Establishing the levels of exposure could be challenging due to differences in the approaches used in different studies. The goal of this study is to present an overview of the last ten years' research efforts about RF EMF exposure in indoor environments, considering different RF-EMF sources found to cause exposure in indoor environments, different indoor environments and different approaches used to assess the exposure. The highest maximum mean levels of the exposure considering the whole RF-EMF frequency band was found in offices (1.14 V/m) and in public transports (0.97 V/m), while the lowest levels of exposure were observed in homes and apartments, with mean values in the range 0.13–0.43 V/m. The contribution of different RF-EMF sources to the total level of exposure was found to show slightly different patterns among the indoor environments, but this finding has to be considered as a time-dependent picture of the continuous evolving exposure to RF-EMF.

重點摘譯：

室內中受到射頻 (RF) 電磁場 (EMFs) 的暴露取決於室外的多種射源，如無線電、電視與行動電話天線等，以及室內多種射源，如行動電話與無線通訊之應用等。不同研究中使用的方法也不同，因此在評估暴露的程度時也具有相當的挑戰性。本研究目的為概述過去十年於室內環境受到射頻電磁場之研究工作，並考慮室內環境中不同之射源或不同之室內環境所導致的暴露，與其不同暴露下所使用的評估方法。在辦公室中及公共運輸上發現有最高之平均水平射頻電磁場頻段，分別為1.14 V/m及0.97 V/m，然而在家與公寓中則具有最低之水平暴露，其平均值範圍為0.13 - 0.43 V/m。在室內環境中不同射頻電磁場射源對於整體暴露水平之貢獻呈現略微不同的模式，而此發現也被認為是射頻電磁場在連續暴露下的一種時間依賴圖形（如圖五）。



圖五、不同射頻來源在不同時間上的貢獻表現之時間依賴圖形

文獻評析：

在過去十年的統計，環境所產生射頻電磁場取決於室外多種來源，但在總和來看並無太大差距（如圖五），代表民眾對無線通訊設備的需求性高，但仍皆低於國際非游離輻射防護委員會（ICNIRP）的規範。

(三) 從電磁場暴露中對日本生物電磁學之研究進行人為防護²⁰

Masao T. (2016). Bioelectromagnetics Researches in Japan for Human Protection from Electromagnetic Field Exposures. *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*. 11(6):683-695

文獻摘要原文：

Research works on bioelectromagnetics in Japan are reviewed with a focus on the efforts devoted to the issue of human protection from electromagnetic field (EMF) exposures. History of this issue in Japan is briefly reviewed first for all EMF spectra. Then research works on radiofrequency (RF) EMF are summarized in more detail. The RF studies reviewed are mainly conducted in the framework of research program by the Ministry of Internal Affairs and Communications (MIC) started in 1997. Because of this program, collaborations between biology/medicine and engineering have been promoted. The results consistently show no evidence against the safety of RF-EMF within the exposure levels of internationally accepted guidelines.

重點摘譯：

探討從電磁場暴露中進行人為防護之議題一直是日本生物電磁學研究的努力重點。所有的電磁場波譜最先於過去日本之議題中探討，然後總結了更多更詳細之射頻電磁場的研究工作。此射頻研究主要於1997年總務省（MIC）中的研究計劃開始著手進行，而這個計畫促進了生物學/醫學及工程學之間的合作。結果始終沒有證據顯示於國際公認指南暴露程度中之射頻電磁場本身的安全性。

文獻評析：

日本許多研究團隊表明 RF-EMF 在國際公認指南的暴露水平內沒有危害，亦建議生物學/醫學和工程學的合作仔細進行實驗，以提高實驗的可靠性方式，評估是否存在健康影響。也說明射頻電磁場能量的應用蓬勃發展，對於暴露的潛在健康影響仍然存在許多疑慮，應繼續進行調查，以確定 EMF 的安全使用，以建立一個技術協調發展的健康社會。

五、地方區域類（亞洲）

（一）從射頻電磁場之個人劑量評估中研究韓國孩童與家長的身體遮蔽效應²¹

Jonghyuk C, Jung-Hwan H, Hyungrul L, et al. (2018). Assessment of Radio Frequency Electromagnetic Field Exposure from Personal Measurements Considering The Body Shadowing Effect in Korean Children and Parents. *Science of The Total Environment*. 627:1544-1551

文獻摘要原文：

We aimed to assess the personal radio frequency electromagnetic field (RF-EMF) exposure levels of children and adults through their activities, with consideration to the body shadowing effect. We recruited 50 child-adult pairs, living in Seoul, Cheonan, and Ulsan, South Korea. RF-EMF measurements were performed between September and December 2016, using a portable exposure meter tailored to capture 14 Korean radio frequency (RF) bands ranging from 87.5 to 5875 MHz. The participants carried the device for 48 h and kept a time activity diary using a smart phone application in flight mode. To enhance accuracy of the exposure assessment, the body shadowing effect was compensated during the statistical analysis with the measured RF-EMF exposure. The compensation was conducted using the hybrid model that represents the decrease of the exposure level due to the body shadowing effect. A generalized linear mixed model was used to compare the RF-EMF exposure levels by subjects and activities. The arithmetic (geometric) means of the total power density were 174.9 (36.6) $\mu\text{W}/\text{m}^2$ for all participants, 226.9 (44.6) for fathers, 245.4 (44.8) for mothers, and 116.2 (30.1) for children. By compensating for the body shadowing effect, the total RF-EMF exposure increased marginally, approximately 1.4 times. Each frequency band contribution to total RF-EMF exposure consisted of 76.7%, 2.4%, 9.9%, 5.0%, 3.3%, and 2.6% for downlink, uplink, WiFi, FM Radio, TV, and WiBro bands, respectively. Among the three regions, total RF-EMF exposure was highest in Seoul, and among the activities, it was highest in the metro, followed by foot/bicycle, bus/car, and outside. The contribution of base-station exposure to total RF-EMF exposure was the highest both in parents and children. Total and base-station RF-EMF exposure levels in Korea were higher than those reported in European countries.

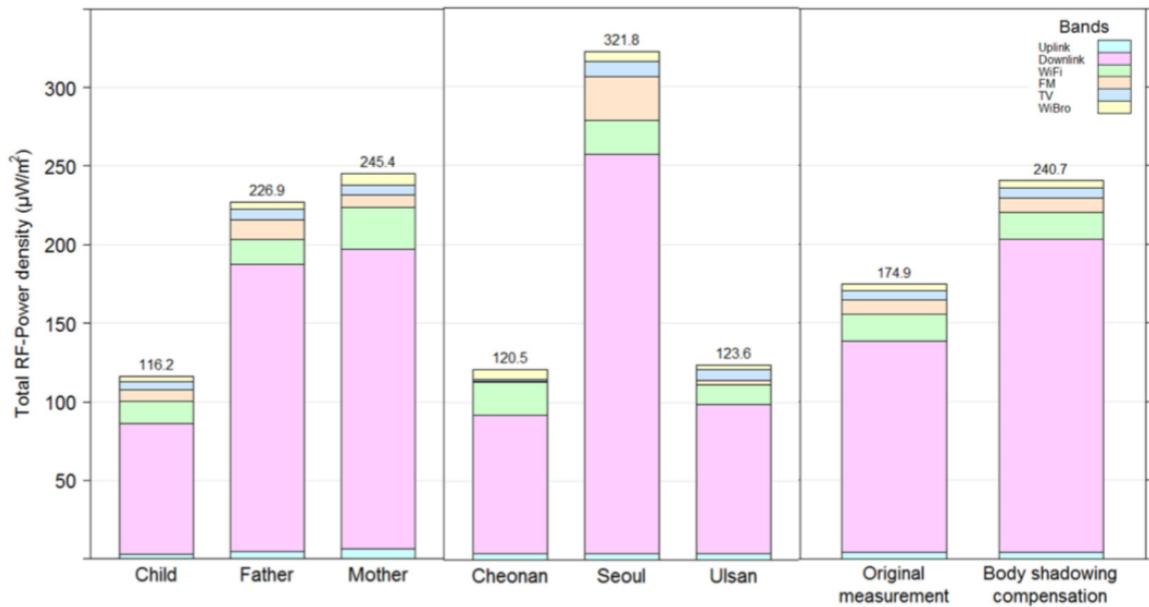
重點摘譯：

我們的目的為透過孩童與成人的行為以評估射頻電磁場之暴露程度，並研究其身體之遮蔽效應。我們共招募了50對孩童與成人之組合，分別來自韓國首爾、天安、與蔚山。於2016年的9月至12月期間使用移動式暴露測量儀進行射頻電磁場的測量，並捕獲14個韓國的射頻頻段，其範圍落在87.5至5875 MHz。受測者攜帶其設備48小時，同時使用飛航模式的智慧型手機並隨時保持其紀錄。為了提升暴露評估的準確性，於測量射頻電磁場之暴露期間利用其統計分析來補償身體遮蔽之效應。其使用減少暴露程度之混和模型作為身體遮蔽效應的補償。藉由廣義地線性混和模型進行受測者與行為暴露程度之比較。所有受測者之總功率密度的算術（幾何）平均值為174.9 (36.6) $\mu\text{W}/\text{m}^2$ 。其中父親為226.9 (44.6)，母親為245.4 (44.8)，以及孩童為116.2 (30.1)。藉由身體遮蔽效應的補償後，總射頻電磁場暴露略微提升約1.4倍。下行鏈路、上行鏈路、Wi-Fi、FM 無線電、電視以及WiBro 之頻段對總射頻電磁場暴露之貢獻分別為76.7%、2.4%、9.9%、5.0%、3.3%與2.6%。於三個地區中，首爾的總射頻電磁場的暴露最高。於行為中其地鐵總暴露最高，其次為腳/自行車、公車/汽車以及室外。基地台的暴露對總射頻電磁場之貢獻，在家長與孩童身上看來也是很高的。最後於韓國國內總射頻電磁場與基地台之暴露相較於其他歐洲城市所報導的程度都來的高上許多。

補充說明：

其中天安：120.5 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ 相當於0.21 V/m；首爾：321.8 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ 相當於0.35 V/m；蔚山：123.6 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ 相當於0.22 V/m。其中地下鐵有最高射頻的暴露量4725.9 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ 相當於1.33 V/m；室內最低射頻的暴露量79 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ 相當於0.17 V/m（如圖六）。

比較於歐洲商業區與住家區的暴露範圍0.09到0.41 V/m，韓國其暴露範圍高達0.17到1.33 V/m，約高1.8至3.2倍。



圖六、韓國區域於不同年齡與區域受射頻暴露之長條圖

文獻評析：

韓國對於無線通訊系統的使用是相當普及之國家，在最發達區域（首爾）是一般區域的1.7倍以上，分析後發現公共建設（如地下鐵）相較一般室內有較高的射頻電磁場暴露；與歐洲國家相較也較高1.8-3.2倍。由於本文量測到的功率密度數值非常小，因此使用 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ 作單位表示，相較 ICNIRP 標準的功率密度單位為 mW/cm^2 ，兩者差距達到 10^7 的倍數；同理在台灣的規範也是依循 ICNIRP 的標準，因此未來民眾在疑慮 EMF 暴露值過高時，必須要記得注意用的是何種單位，以免產生不必要的混淆與誤會。

(二) 台灣原發性惡性腦瘤發病率之趨勢及與合併症之相關性：人口研究²²

Lin YJ, Chiu HY, Chiou MJ, et al. (2017). Trends in The Incidence of Primary Malignant Brain Tumors in Taiwan and Correlation with Comorbidities A Population-Based Study. *Clin Neurol Neurosurg.* 159:72-82

文獻摘要原文：

Objective: Primary malignant brain tumors are relatively uncommon, and their incidence and survival rates have seldom been reported.

Patients and Methods: We identified all patients with malignant brain tumors in Taiwan between 1997 and 2012 using the National Health Insurance database. We estimated the stratified incidence of malignant brain tumors by age and sex. We estimated the median 1-, 2-, and 5-year survival, taking comorbidities into account. Trends for incidence and survival were analyzed using Joinpoint regression. The incidence in different geographic areas was also evaluated.

Results: A total of 7746 men and 5846 women were identified. The incidence of malignant brain tumor was 3.34 (95% CI, 3.09-3.59) per 100,000 person-years in 1997 and 3.82 (95% CI, 3.56-4.08) per 100,000 person-years in 2012. The average annual percentage change (APC) of the standardized incidence over this period was 0.1 (95% CI, -1.9 to 2.2), suggesting a relatively stable incidence. However, the incidence significantly decreased between 1999 and 2012, with an APC of -1.8 [95% CI, -2.5 to -1.0]. One- and 5-year survival was 53.8% (50.0%-57.5%) and 27.5% (24.1%-30.9%) in 1997 and 67.6% (64.3%-70.7%) and 32.8% (29.6%-35.9%) in 2012. The average APC was 1.1 (95% CI, 0.7-1.5) for 1-year survival and 0.2 (95% CI, -1.0-1.4) for 5-year survival. The trend of improvement in the survival rate was seen for short-term but not long-term survival, especially in the group with more comorbidities.

Conclusions: A slightly decreased trend in incidence of primary malignant brain tumors was observed in Taiwanese general population since 1999. Over the past 15 years, the short-term survival of malignant brain tumors has improved, especially in adults.

重點摘譯：

目的：原發性腦腫瘤是相對不常見的疾病，同時也很少有其發病率與存活率報導出現。

受測者與研究方法：使用台灣於1997年至2012年間之國民健康保險資料庫中確定已患有惡性腦腫瘤的患者，並根據年齡和性別評估惡性腦腫瘤的分層發病率。同時也考慮並評估合併症之中位數一年、二年及五年的存活率。使用 Joinpoint 回歸分析發病率和存活率之趨勢。也進而評估不同地區的發病率。

研究結果：已確定共有7746名男性和5846名女性。1997年惡性腦腫瘤的發病率為3.34/100,000人年（95%信賴區間為3.09至3.59）；2012年惡性腦腫瘤的發病率為3.82/100,000人年（95%信賴區間為3.56至4.08）。其標準化之發病率的年平均百分比變化（APC）為0.1（95%信賴區間為-1.9至2.2），意旨有相對穩定的發病率。然而，於1999年至2012年間的發病率有明顯下降，其 APC 為-1.8（95%信賴區間為-2.5至-1.0）。1997年，一年和五年的生存率分別為53.8%（50.0%至57.5%）和27.5%（24.1%至30.9%）；2012年則分別為67.6%（64.3%至70.7%）和32.8%（29.6%至35.9%）。一年生存率的平均 APC 為1.1（95%信賴區間為0.7至1.5）；五年生存率之平均 APC 為0.2（95%信賴區間為-1.0至1.4）。存活率的提升趨勢發現在短期存活，而非長期存活的部分，尤其在患有較多合併症的群組中有明顯的表現。

結論：從1999年以來，在台灣一般大眾中可觀察到原發性惡性腦腫瘤的發病率略有下降趨勢。然而在過去15年中，短期存活率的惡性腦腫瘤卻有所提高，尤其發生在成人身上較為明顯。

文獻評析：

台灣對於無線通訊系統的使用是相當普及與發達之國家，可自1999年起，在台灣一般大眾中可觀察到原發性惡性腦腫瘤的發病率略有下降趨勢。然而於在近15年中，短期存活率的惡性腦腫瘤卻有所提高。這也表示在無線通訊與醫療技術的同步發展下，罹患原發性惡性腦腫瘤比率並沒有隨行動通訊的普及而有所上升，也說明射頻電磁場暴露與原發性惡性腦腫瘤的致病機制沒有直接關聯。

六、公共議題類

(一) 5G 無線電信的發展：公共衛生和環境影響²³

Cindy L. (2018). 5G Wireless Telecommunications Expansion: Public Health and Environmental Implications. *Environmental Research*. 165:484-495.

文獻摘要原文：

The popularity, widespread use and increasing dependency on wireless technologies has spawned a telecommunications industrial revolution with increasing public exposure to broader and higher frequencies of the electromagnetic spectrum to transmit data through a variety of devices and infrastructure. On the horizon, a new generation of even shorter high frequency 5G wavelengths is being proposed to power the Internet of Things (IoT). The IoT promises us convenient and easy lifestyles with a massive 5G interconnected telecommunications network, however, the expansion of broadband with shorter wavelength radiofrequency radiation highlights the concern that health and safety issues remain unknown. Controversy continues with regards to harm from current 2G, 3G and 4G wireless technologies. 5G technologies are far less studied for human or environmental effects.

It is argued that the addition of this added high frequency 5G radiation to an already complex mix of lower frequencies, will contribute to a negative public health outcome both from both physical and mental health perspectives.

Radiofrequency radiation (RF) is increasingly being recognized as a new form of environmental pollution. Like other common toxic exposures, the effects of radiofrequency electromagnetic radiation (RF EMR) will be problematic if not impossible to sort out epidemiologically as there no longer remains an unexposed control group. This is especially important considering these effects are likely magnified by synergistic toxic exposures and other common health risk behaviors. Effects can also be non-linear. Because this is the first generation to have cradle-to-grave lifespan exposure to this level of man-made microwave (RF EMR) radiofrequencies, it will be years or decades before the true health consequences are known. Precaution in the roll out of this new technology is strongly indicated.

This article will review relevant electromagnetic frequencies, exposure standards and current scientific literature on the health implications of 2G, 3G, 4G exposure, including

some of the available literature on 5G frequencies. The question of what constitutes a public health issue will be raised, as well as the need for a precautionary approach in advancing new wireless technologies.

重點摘譯：

民眾普遍的使用與對無線技術的依賴性增加造就了一場電信的工業革命，使民眾透過各種設備及基礎設施來傳輸數據，增加了更為廣泛與高頻率電磁頻譜的暴露。以推動物聯網（IoT）為目標之新一代更短且高頻的5G 波長即將來臨。物聯網透過大規模的5G 互聯電信網絡對我們提供了方便且輕鬆的生活方式。然而，擴展更短波長的射頻輻射突顯仍舊未知的健康和 safety 議題。目前2G、3G 及4G 之無線技術的危害爭議仍是持續進行中，5G 技術對人類或環境影響的研究較少。

有其爭議表示，將高頻5G 的輻射加入複雜且低頻率組合中，將身理與心理的健康造成負面的公共衛生結果。

射頻輻射（RF）愈來愈被認為是一種新的環境污染形式。像其他常見的毒性暴露一樣，假如無不可能於流行病學上做分類，在沒有未受暴露的對照組下，射頻電磁輻射（RF EMR）的影響也將是一個問題。這些影響可能通過協同毒性暴露與其他常見的健康風險行為加以放大，因此也是特別重要。影響也可以是非線性的，因為從搖籃到墳墓的壽命最初受到的人造微波（RF EMR）射頻，需要幾年或幾十年的時間才會知道真正的健康後果，因此強烈建議推出這項新技術的預防措施。

本文回顧有關2G、3G、4G 暴露對健康之影響的電磁頻率、暴露標準與目前科學文獻，其中包括一些有關5G 頻率的文獻。什麼樣的問題構成了公共衛生之議題也將被產生，以及於最新無線技術之預防方法也是有著相對的必要性。

文獻評析：

本文提出面對5G 射頻電磁輻射（RF EMR）的影響應被重視且最新無線技術之預防方法也是有著相對的必要性。世界衛生組織（WHO）認為預警原則的目的在引入科技之前，預測和回應可能的威脅；在引入科技之後，針對民眾的顧慮將未定的健康風險減到最小。WHO 文件報告「保護公共衛生的預警架構」中，承認預警原則相當受爭議，因為缺乏明確定義，在全是預警原則的定義時，會有混淆。隨著科技的進步，（RF EMR）外觀就如同家中的 Wi-Fi 無線分享器一般，裝置於電影院、購物中心等人潮聚集的地方，能夠更有效的改善室內的行動通信品質，小細胞基地臺密集建設的優點使得每個基地臺的涵蓋範圍較小，基地臺所發射出的電磁波強度會較弱，因此無須過度擔心。

(二) Wi-Fi 是對人類健康的一個重大威脅²⁴

Pall ML. (2018). Wi-Fi is an Important Threat to Human Health. *Environ Res.* 164:405-416.

文獻摘要原文：

Repeated Wi-Fi studies show that Wi-Fi causes oxidative stress, sperm/testicular damage, neuropsychiatric effects including EEG changes, apoptosis, cellular DNA damage, endocrine changes, and calcium overload. Each of these effects are also caused by exposures to other microwave frequency EMFs, with each such effect being documented in from 10 to 16 reviews. Therefore, each of these seven EMF effects are established effects of Wi-Fi and of other microwave frequency EMFs. Each of these seven is also produced by downstream effects of the main action of such EMFs, voltage-gated calcium channel (VGCC) activation. While VGCC activation via EMF interaction with the VGCC voltage sensor seems to be the predominant mechanism of action of EMFs, other mechanisms appear to have minor roles. Minor roles include activation of other voltage-gated ion channels, calcium cyclotron resonance and the geomagnetic magnetoreception mechanism. Five properties of non-thermal EMF effects are discussed. These are that pulsed EMFs are, in most cases, more active than are non-pulsed EMFs; artificial EMFs are polarized and such polarized EMFs are much more active than non-polarized EMFs; dose-response curves are non-linear and non-monotone; EMF effects are often cumulative; and EMFs may impact young people more than adults. These general findings and data presented earlier on Wi-Fi effects were used to assess the Foster and Moulder (F&M) review of Wi-Fi. The F&M study claimed that there were seven important studies of Wi-Fi that each showed no effect. However, none of these were Wi-Fi studies, with each differing from genuine Wi-Fi in three distinct ways. F&M could, at most conclude that there was no statistically significant evidence of an effect. The tiny numbers studied in each of these seven F&M-linked studies show that each of them lack power to make any substantive conclusions. In conclusion, there are seven repeatedly found Wi-Fi effects which have also been shown to be caused by other similar EMF exposures. Each of the seven should be considered, therefore, as established effects of Wi-Fi.

重點摘譯：

重複性的相關研究顯示 Wi-Fi 會導致氧化反應、精子/睪丸的受損、神經性的精神反應，其中包含腦電圖的改變、細胞凋亡、細胞 DNA 的受損、內分泌的變化與鈣的過度負荷。這些效應同樣受暴於其他微波頻率的 EMFs 導致而引起，且被記錄於10至16篇的評論中。因此，這七種 EMF 效應於 Wi-Fi 和其它微波頻率之 EMFs 中也是普遍的效應。主要藉由 EMFs 的下游效應使電壓門控鈣通道(VGCC)活化，而產生七種中的每一種效應。雖然 EMFs 與 VGCC 電壓感應器作用使 VGCC 活化看似為主要機制，但是其他機制似乎也有著次要的任務，包含其他電壓門控離子通道、鈣的迴旋共振和地磁的磁感應機制。討論五種 EMFs 的非熱效應。大部分的情況下，脈衝式的 EMFs 會比非脈衝式的 EMFs 要來的活躍；人工 EMFs 為偏極性的，而偏極性的 EMFs 也會比非偏極性的 EMFs 要來的活躍；劑量活性曲線是非線性且非單一調性的；EMFs 效應通常是累積的；年輕人會比成年人更容易受到 EMFs 的影響。這些 Wi-Fi 的早期發現與資料介紹被用以評估 Foster 和 Moulder (F&M) 對 Wi-Fi 的評論。F&M 的研究表示七項關於 Wi-Fi 的重要研究中，於每一項皆顯示沒有任何效應產生。然而，這些並不是的 Wi-Fi 研究且每一種於三個不同方式中都與真正的 Wi-Fi 不一樣。F&M 最多只能得出這些效應於統計上沒有顯著證據的結論。F&M 七項相關的 Wi-Fi 研究顯示皆缺乏得出實質結論的能力。總結，有七種重複性發現的 Wi-Fi 效應也被顯示受暴於其他較小的 EMFs 所導致引起。因此，應該將七種的每一種效應視為是 Wi-Fi 的普遍效應。

文獻評析：

目前文獻中統計對於 Wi-Fi 所產生的射頻電磁場主要可能造成氧化反應、精子/睪丸的受損、腦電圖的改變、細胞凋亡、細胞 DNA 的受損、內分泌的變化與鈣的過度負荷，其中因近距離接觸而可能造成活化（精子/睪丸的受損、腦電圖的改變），或者因電壓門控鈣通道（VGCC）受到活化，進而產生的結果。然而這些文獻僅侷限於細胞或大鼠實驗，在實驗設計的合理性與再現性上目前仍是受到質疑的，因此並無法直接推論 WiFi 所產生的射頻電磁場對人體有直接傷害。

七、生物實驗類

(一) 測量於斑馬魚 *D. rerio* 胚胎內100 MHz 電磁場輻射之發育影響：一項多學科的研究²⁵

Piccinetti CC, De Leo A, Cosoli G, Scalise L, Randazzo B, Cerri G, Olivotto I. (2018). Measurement of The 100-MHz EMF Radiation in Vivo Effects on Zebrafish *D. Rerio* Embryonic Development: A Multidisciplinary Study. *Ecotoxicol Environ Saf.* 154:268-279.

文獻摘要原文：

The augmented exposure of both environment and human being to electromagnetic waves and the concomitant lack of an unequivocal knowledge about biological consequences of these radiations, raised public interest on electromagnetic pollution. In this context, the present study aims to evaluate the biological effects on zebrafish (ZF) embryos of 100MHz radiofrequency electromagnetic field (RF-EMF) exposure through a multidisciplinary protocol.

Because of the shared synteny between human and ZF genomes that validated its use in biomedical research, toxicology and developmental biology studies, ZF was here selected as experimental model and a measurement protocol and biological analyses have been set up to clearly discriminate between RF-EMF biological and thermal effects.

The results showed that a 100 MHz EMF was able to affect ZF embryonic development, from 24 to 72 h post fertilization (hpf) in all the analyzed pathways. Particularly, at the 48 hpf stage, a reduced growth, an increased transcription of oxidative stress genes, the onset of apoptotic/autophagic processes and a modification in cholesterol metabolism were detected. ZF embryos faced stress induced by EMF radiation by triggering detoxification mechanisms and at 72 hpf they partially recovered from stress reaching the hatching time in a comparable way respect to the control group.

Data here obtained showed unequivocally the in vivo effects of RF-EMF on an animal model, excluding thermal outcomes and thus represents the starting point for more comprehensive studies on dose response effects of electromagnetic fields radiations consequences.

重點摘譯：

電磁波對環境與人類的暴露增加，伴隨著這些輻射所帶來尚未明確之生物後果，以引起了民眾對電磁污染的興趣。在此情況下，本研究目的為透過跨學科協議評估受到100 MHz 射頻電磁場 (RF-EMF) 暴露的斑馬魚 (ZF) 胚胎之生物性影響。

由於在生物醫學之研究、毒理學和發育生物學之研究中的應用證實了人類與 ZF 基因組的共線性，於此選擇 ZF 為實驗模型。同時，建立測量方法與生物分析以明確區分 RF-EMF 之生物學影響與熱效應。

結果顯示，於所有分析的途徑中，100 MHz EMF 能夠影響受精後24至72小時(hpf)之 ZF 胚胎的發育。特別於48 hpf 時，偵測到生長減少、氧化應激基因的轉錄增加、細胞凋亡/自噬過程的開始與膽固醇代謝的改變。ZF 胚胎藉由 EMF 之輻射誘導，以觸發解毒機制使其受到刺激，並於72 hpf 時，與對照組比較發現其受到刺激至達到孵化時間中有部分的恢復。

這裡獲得的數據明確顯示了 RF-EMF 於動物模型上的體內影響，不包含熱效應結果。因此，也代表著其為電磁場劑量效應之後果於多方面的研究佇立了一個新的開端。

文獻評析：

本文所提出之斑馬魚 (Zebrafish, *Danio rerio*) 近年來已發展為一研究脊椎動物胚胎發育的重要模式動物，其優點包括：具有光週期誘發產卵、體外受精、胚胎透明、胚胎發育期短(2-3 天)、器官形成的過程易於觀察、性成熟期短(3 個月)、可以物理及化學方法產生變種魚、可用分子生物學方法改變特定基因的表現及產生基因轉殖魚等特性。文章中亦提及暴露於100 MHz EMF 的胚胎觀察到發育遲緩，但未呈現組織損傷的證據；此外，此研究沒有提供可靠和可推廣的證據，加上所使用之曝露頻率及現況模擬亦跟手機電磁暴露有所差距，此結論並無法提供可用作修訂現行人體曝露指引之基礎。

(二) 生物醫學中電磁場的非熱效應²⁶

Wlodzimierz K. (2017). Non-Thermal Effects of Electromagnetic Fields in Biology and Medicine. *IFMBE Proceedings* (65).

文獻摘要原文：

I discuss several aspects of non-thermal effects of electromagnetic fields while showing results of experiments demonstrating how EMFs influence growth of corn seedlings and growing of cress seeds. Not only EMFs of selected frequencies but also broadband electromagnetic noise affects living organisms Hypersensitivity to EMFs should be a matter of special concern.

重點摘譯：

我討論幾個電磁場之非熱效應的部分，同時顯示出實驗結果，並證明電磁場（EMFs）是如何影響玉米幼苗和水芹種子的生長。不僅特定頻率的電磁場，就連寬頻之電磁波都會影響生物對電磁場的高度敏感，因此應該將此視為一個特別關注的議題。

文獻評析：

本文所提出電磁場（EMFs）是如何影響玉米幼苗和水芹種子的生長。多年前荷蘭、丹麥也曾進行相關實驗與研究，其測試過程中諸多環境變數是否已獲得充分之掌握，並無法確知，例如該植物之光照時間、每日澆水的次數、周圍溫度的控制等，皆可能成為影響植物存活的必要因子。因此，就簡易的實驗設計與結果而言，的確無法證實電磁場與植物生長被抑制有直接關聯。此實驗並無法呈現再現性且無理論根據；再者，太陽光亦屬電磁波，植物沒有光照反而抑制其生長。

(三) 電磁輻射和蜱蟲的行為反應：一個實驗測試²⁷

Vargová B, Majláth I, Kurimský J, Cimbala R, Kostelec M, Tryjanowski P, Jankowiak Ł, Raši T, Majláthová V. (2018). Electromagnetic Radiation and Behavioural Response of Ticks: An Experimental Test. *Exp Appl Acarol.* 75(1):85-95.

文獻摘要原文：

Factors associated with the increased usage of electronic devices, wireless technologies and mobile phones nowadays are present in increasing amounts in our environment. All living organisms are constantly affected by electromagnetic radiation which causes serious environmental pollution. The distribution and density of ticks in natural habitats is influenced by a complex of abiotic and biotic factors. Exposure to radio-frequency electromagnetic field (RF-EMF) constitutes a potential cause altering the presence and distribution of ticks in the environment. Our main objective was to determine the affinity of *Dermacentor reticulatus* ticks towards RF-EMF exposure. Originally designed and constructed radiation-shielded tube (RST) test was used to test the affinity of ticks under controlled laboratory conditions. All test were performed in an electromagnetic compatibility laboratory in an anechoic chamber. Ticks were irradiated using a Double-Ridged Waveguide Horn Antenna to RF-EMF at 900 and 5000 MHz, 0 MHz was used as control. The RF-EMF exposure to 900 MHz induced a higher concentration of ticks on irradiated arm of RST as opposed to the RF-EMF at 5000 MHz, which caused an escape of ticks to the shielded arm. This study represents the first experimental evidence of RF-EMF preference in *D. reticulatus*. The projection of obtained results to the natural environment could help assess the risk of tick borne diseases and could be a tool of preventive medicine.

重點摘譯：

現今於我們生活環境中所使用的電子設備、無線技術和行動電話數量增加與使用普及性是有所相關的。所有生物都不斷受到電磁輻射的影響，這也將導致嚴重的環境污染。自然棲息地中蜱蟲的分佈與密度受到複雜的非生物及生物因素所影響。暴露於射頻電磁場（RF-EMF）成為改變環境中蜱蟲的生存和分佈之潛在原因。

我們主要的目標是確定網紋革蜚對射頻電磁場之暴露的適應力。最初的設計和組成的輻射屏蔽管（RST）被用於測試受控實驗條件下蜚蟲的適應力。所有測試都在無聲室中的電磁相容性實驗室中進行。使用雙脊波導喇叭天線對蜚蟲分別照射900和5000 MHz 的射頻電磁場，而0 MHz 作為對照組。暴露於900 MHz 之射頻電磁場時，輻射屏蔽管的照射臂上引起了更高濃度的蜚蟲，相對的於5000 MHz 下的射頻電磁場則導致蜚蟲逃脫到屏蔽臂處。本研究顯示了網紋革蜚對射頻電磁場的第一個偏好性之實驗證據。這獲得的結果於自然環境中可以幫助評估蜚傳染疾病風險，也可成為一個預防醫學的工具。

文獻評析：

本文所提出暴露於射頻電磁場（RF-EMF）成為改變環境中蜚蟲的生存和分佈之潛在原因。自然棲息地中生物的分佈與密度會受到複雜的非生物及生物因素所影響，這絕對是一個非常複雜的綜合性多變項的統計分析，應很難證明為單一因素（電磁波暴露）所造成。

(四) 經低強度微波暴露活化大鼠腦部內質網之變化²⁸

Kumar R, Deshmukh PS, Sharma S, Banerjee B. (2019). Activation of Endoplasmic Reticulum Stress in Rat Brain Following Low-Intensity Microwave Exposure. *Environ Sci Pollut Res Int.* 26(9):9314-9321.

文獻摘要原文：

The present study was designed to explore the effects of low-intensity microwave radiation on endoplasmic reticulum stress and unfolded protein response. Experiments were performed on male Wistar rats exposed to microwave radiation for 30 days at 900 MHz, 1800 MHz, and 2450 MHz frequencies on four groups of animal: sham-exposed group, 900 MHz exposed (SAR 5.84×10^{-4} W/kg), 1800 MHz exposed (SAR 5.94×10^{-4} W/kg), and 2450 MHz exposed (SAR 6.7×10^{-4} W/kg) groups. Expressions of mRNA were estimated at the end of exposure in rat brain by real-time quantitative PCR. Microwave exposure at 900, 1800, and 2450 MHz with respective SAR values as mentioned above significantly (<0.05) altered mRNA expression of transcription factors ATF4, CHOP, and XBP1 in accordance with increasing microwave frequency. The result of the present study reveals that low-intensity microwave exposure at frequencies 900, 1800, and 2450 MHz induces endoplasmic reticulum stress and unfolded protein response.

重點摘譯：

本研究探討低強度微波輻射對內質網壓力之變化與未折疊蛋白質的反應之影響。實驗將雄性 Wistar 大鼠持續30天暴露於900 MHz、1800 MHz 與2450 MHz 之微波，共四組動物組：假性暴露組，暴露於900 MHz 組 (SAR 為 5.84×10^{-4} W/kg)、暴露於1800 MHz 組 (SAR 為 5.94×10^{-4} W/kg) 與暴露於2450 MHz 組 (SAR 為 6.7×10^{-4} W/kg)。利用即時定量之 PCR 於大鼠暴露結束時評估 mRNA 的結果。隨著微波頻率的增加，於900、1800和2450 MHz 的微波暴露與上述各自之 SAR 值具有顯著性 (<0.05)，同時也改變了 mRNA 轉錄因子 ATF4，CHOP 和 XBP1 的表現。本研究結果顯示，頻率為900、1800和2450 MHz 的低強度微波輻射會導致內質網壓力之變化和未折疊蛋白質的反應。

文獻評析：

本文所提出低強度微波輻射對內質網壓力之變化與未折疊蛋白質的反應之影響。細胞內鈣離子濃度，受細胞外刺激而變動，對細胞增殖、細胞死亡、肌肉收縮、免疫反應等各種生命現象，扮演重要角色。細胞內小胞器－內質網（endoplasmic reticulum）作為鈣離子儲存庫，相較於「細胞質液（cytosol）」，其約有一萬倍的鈣離子濃度。另外內質網存在許多酵素或分子伴護蛋白（molecular chaperones）能與鈣離子結合，當內質網無法維持鈣離子濃度，則機能顯著下降，最終可能造成細胞死亡。上述這些細胞的分子層面的變化似乎並未在其他文獻中被證實，且文中並無明顯提出此變化對人體相關疾病之關聯與影響。

(五) 經基地收發機站 (BTS) 天線模型之射頻暴露後維他命 C 改善大鼠被動性迴避學習力與記憶力²⁹

Gholamali J, Fatemeh S, Mansour A. (2018). Vitamin C Improves Passive Avoidance Learning and Memory in Rats Exposed to Radiofrequency Waves Generated by a Base Transceiver Station (BTS) Antenna Model. *ZahedanJ Res Med Sci.* 20(11):e80229.

文獻摘要原文：

Background: Hazardous health effects of the exposure to radiofrequency waves (RFWs) have become of great public concern and impaired memory has been reported following the exposure to electromagnetic radiations.

Objectives: As the deleterious effects of the RFW on passive avoidance learning and memory had already been reported, the aim of this study was to evaluate the prophylactic effect of vitamin C on this activity.

Methods: 20 male Sprague-Dawley rats (230 ± 20 g) were divided randomly into four groups as: control, control-exposed (exposed to 900 MHz RFW), control treatment (without exposure to RFW receiving 250 mg/kg of body weight/day L-ascorbic acid by gavage), and treatment (exposed to 900 MHz RFW receiving the abovementioned dose of vitamin C) groups. The exposure was performed for 30 consecutive days (4 h/day). Learning and memory were evaluated in the last day by the shuttle box and expressed as the period of remaining within the light area; this time was called “light time” .

Results: The exposure to RFW significantly decreased the duration of light time in the control-exposed group compared to the other three groups ($P < 0.05$). In the fourth group, vitamin C significantly increased the light time compared to the control-exposed group ($P < 0.05$). No significant difference was observed between control, control treatment, and treatment groups.

Conclusions: Exposure to RFW significantly altered the passive avoidance behavior. Vitamin C probably due to its antioxidant effects has facilitative results on the acquisition and retrieval activities of passive avoidance learning and memory in rats.

重點摘譯：

背景：暴露於射頻波（RFWs）以危害健康的影響已受到大眾之關注，以及受暴電磁輻射後使記憶受損也已有報告出來。

目的：像是 RFW 對被動型躲避學習力與記憶力的有害影響已被報導過，本研究目的為評估維他命 C 對其之預防效應。

方法：20 隻雄性 Sprague-Dawley 大鼠（ 230 ± 20 g）隨機分成 4 組：對照組、對照暴露組（暴露於 900 MHz 的 RFW）、對照治療組（尚未受到暴露且每天接受依其體重灌食 250 mg/kg 的維他命 C）、治療組（暴露於 900 MHz 的 RFW 且接受依上述維他命 C 之劑量），連續執行暴露 30 天（4 小時/天）。於最後一天藉由穿梭箱以評估學習力與記憶力，並表現停留於光亮區域的期間；此時間稱之為光亮時間。

結果：對照暴露組相較於其他三組而言，暴露於 RFW 是有明顯的降低其光亮時間的長度（ $P < 0.05$ ）。在 4 組中，相較對照暴露組而言，維他命 C 是有明顯增加其光亮時間（ $P < 0.05$ ）。於對照組、對照治療組與治療組之間沒有觀察到顯著性的差異存在。

結論：暴露於 RFW 明顯的改變了被動型躲避之行為。維他命 C 可能因為其具抗氧化能力之影響，使大鼠於被動性躲避學習力與記憶力上有獲取與恢復的結果產生。

文獻評析：

本文使用大鼠實驗研究維他命 C 是否可以改善大鼠學習力與記憶力的可能性，結論表示維他命 C 可能因具抗氧化能力而使大鼠在學習力與記憶力上有所改善。雖然部分研究證實抗氧化物與學習力與記憶力有所關連，但對於手機射頻電磁波而言，其能量並不足以破壞或影響大腦運作與發展，此文獻結論亦無法佐證射頻電磁波與健康危害之具體關聯，更遑論可證明其射頻暴露後維他命 C 可改善大鼠被動性迴避學習力與記憶力。

(六) 對國家毒物學計畫研究中有效降低不良健康風險的手機射頻輻射數據以評估人類健康風險作毫無根據批評之評論³⁰

Melnick RL. (2019). Commentary on The Utility of The National Toxicology Program Study on Cell Phone Radiofrequency Radiation Data for Assessing Human Health Risks Despite Unfounded Criticisms Aimed at Minimizing The Findings of Adverse Health Effects. *Environ Res.* 168:1-6.

文獻摘要原文：

The National Toxicology Program (NTP) conducted two-year studies of cell phone radiation in rats and mice exposed to CDMA- or GSM-modulated radiofrequency radiation (RFR) at exposure intensities in the brain of rats that were similar to or only slightly higher than potential, localized human exposures from cell phones held next to the head. This study was designed to test the (null) hypothesis that cell phone radiation at non-thermal exposure intensities could not cause adverse health effects, and to provide dose-response data for any detected toxic or carcinogenic effects. Partial findings released from that study showed significantly increased incidences and/or trends for gliomas and glial cell hyperplasias in the brain and schwannomas and Schwann cell hyperplasias in the heart of exposed male rats. These results, as well as the findings of significantly increased DNA damage (strand breaks) in the brains of exposed rats and mice, reduced pup birth weights when pregnant dams were exposed to GSM- or CDMA-modulated RFR, and the induction of cardiomyopathy of the right ventricle in male and female rats clearly demonstrate that the null hypothesis has been disproved. The NTP findings are most important because the International Agency for Research on Cancer (IARC) classified RFR as a “possible human carcinogen” based largely on increased risks of gliomas and acoustic neuromas (which are Schwann cell tumors on the acoustic nerve) among long term users of cell phones. The concordance between rats and humans in cell type affected by RFR strengthens the animal-to-human association. This commentary addresses several unfounded criticisms about the design and results of the NTP study that have been promoted to minimize the utility of the experimental data on RFR for assessing human health risks. In contrast to those criticisms, an expert peer review panel recently concluded that the NTP studies were well designed, and that the results demonstrated that both GSM- and CDMA-modulated RFR were carcinogenic to the heart (schwannomas) and brain (gliomas) of male rats.

重點摘譯：

國家毒物計畫 (NTP) 進行兩年大鼠與小鼠的腦接受相似或略高於手機靠近人體頭部位置上之暴露強度的 CDMA 或 GSM 調控射頻輻射 (RFR) 之手機輻射研究。本研究設計去測試手機於非熱效應之暴露強度上不會造成不良健康影響之虛無假設，且對任何檢測到毒性或致癌之效應，進而提供劑量反應之數據。研究的部分發現受暴露之雄性大鼠腦中神經膠質瘤與神經膠細胞之增生，以及心臟中神經鞘瘤與許旺細胞之增生其發生率皆有顯著的增加或有形成之趨勢。這些研究也發現受暴露的大鼠與小鼠腦部 DNA (單/雙股斷裂) 受損有明顯的增加；當受孕的大鼠暴露於 GSM 或 CDMA 調控射頻輻射時，其新生幼鼠的體重將會減少；將導致雄性大鼠與雌性大鼠罹患右心室之心臟疾病也都被清楚證實，即虛無假設被反駁。NTP 的發現是很重要的，因為國際癌症研究機構 (IARC) 主要基於長時間使用手機者有增加罹患神經膠質瘤與聽神經瘤 (如聽神經之許旺細胞瘤) 的風險可能，因此將 RFR 分類為「可能致癌物」。藉由 RFR 對大鼠與人類之間的細胞種類影響，進而加強了動物與人類的關聯性。本評論針對 NTP 研究設計與提供有效降低之 RFR 實驗數據以評估人體健康風險之結果提出幾個毫無證據的批評。在不同於這些批評中，專家兼評論小組近期得出 NTP 的研究有很好的設計，且結果顯示 GSM 或 CDMA 調控射頻輻射針對雄性大鼠的心臟 (神經鞘瘤) 與腦部 (神經膠質瘤) 有致癌的影響。

文獻評析：

2011年，IARC 國際科學專家工作小組根據人類和實驗動物致癌性的有限證據將射頻電磁波列為可能的人類致癌物，在過去研究上，常因為過低重複性或陽性對照組的實驗限制射頻電磁場與致癌的關聯性。近年有些可重複性實驗結果出現，如：在50 V/m下，暴露於 GSM 發送之射頻電磁場的雄性 Sprague-Dawley 大鼠，其心臟神經鞘瘤顯著增加。在該暴露組中，心臟許旺細胞增生的發生率也增加。神經鞘瘤和前腫瘤許旺細胞增生的聯合發生率非常顯著 ($p = 0.01$)，這些發現與 NTP 研究的結果一致。射頻電磁場的發展上，因手機的廣泛使用 (全球約50億)，提出癌症風險雖小幅的增加，也可能對健康產生嚴重影響。但在2018年 ICNIRP 報告已明確說明：「目前這兩項大型動物研究中心 (美國 NTP 團隊和義大利 Ramazzini 研究團隊的研究成果仍存在許多實驗的盲點，除了缺乏盲測的實驗設計外，NTP 團隊結果更顯示實驗組大鼠生命週期反而較為長壽的相反結果，實在難以解釋生命週期與腫瘤產生之間的因果關聯。」

八、文獻綜合評論

類別	文獻出處	文獻評論	正反面
孩童成長發育類	<p>Karipidis K, Henderson S, Wijayasinghe D, et al. (2017). Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields from Wi-Fi in Australian Schools. <i>Radiat Prot Dosimetry</i>. 175(4):432-439</p>	<p>本文主要探討 Wi-Fi 的射頻 (RF) 電磁場是否有可能對兒童產生不利影響。其量測數值結果顯示遠低於限制值的萬分之一 (Wi-Fi 限制值為 1.0 mW/cm²)，這也符合電磁波的物理現象，其曝露大小會隨距離平方呈反比衰減；且 Wi-Fi 大多屬 2.4 或 5 GHz 的頻率區段範圍，目前沒有確切證據顯示此類非游離輻射對健康有害。</p>	正面
	<p>Sage C, Burgio E. (2018). Electromagnetic Fields, Pulsed Radiofrequency Radiation, and Epigenetics: How Wireless Technologies May Affect Childhood Development. <i>Child Dev</i>. 89(1):129-136</p>	<p>本文提及電磁場 (EMF) 和脈衝射頻輻射 (RFR) 對一些神經發育與神經行為產生改變，此一論述為該作者引用部分文獻所進行之推論，其所進行之動物實驗之再現性有待驗證，且對於遺傳因子與基因的改變是否與電磁場和脈衝射頻輻射暴露之單一因子有關，並無法提出關聯性之因果關係，故此文獻之論述有待商確。</p>	中立
	<p>Hardell L. (2018). Effects of Mobile Phones on Children's and Adolescents' Health: A Commentary. <i>Child Dev</i>. 89(1):137-140</p>	<p>本文提及設備於 30 kHz 至 300 GHz 頻率範圍內所發射的非游離射頻輻射為一 2B 類組，其「可能」為人類的致癌物。其實很多人誤解致癌因子分級的意義，以為級別越高致癌率越高，其實不然；除一級致癌因子已被確定與癌症有其因果關係，其它包括二、三、四級致癌因子目前都沒有充分證據證明該物質會致癌。此外，有關神經學疾病、生理成癮、認知以及睡眠和行為問題也非單一接受非游離輻射曝露所產生的影響。</p>	中立

	<p>Sultan AM, Qasem A, Waseem MH. (2018). Mobile Phone Base Station Tower Settings Adjacent to School Buildings: Impact on Students' Cognitive Health. <i>Am J Mens Health</i>. 13(1):1557988318816914</p>	<p>本文觀察兩年經過行動基地台連續暴露環境中（一週五天，一天6小時）的影響，提出基地台將可能對青少年產生在運動行為、空間工作記憶和注意力會有相當的影響。然而這些青少年僅上課時間接受此基地台暴露，在課後所使用任何射頻設備（如手機、Wi-Fi 等）就無法併入一起評估，因此倘若僅用此基地台的暴露值就下此定論可能有失其公平性，且此文獻也有提出此研究的限制性。</p>	反面
健康 風 險 類	<p>Moore SM, McIntosh RL, Iskra S, et al. (2017). Effect of Adverse Environmental Conditions and Protective Clothing on Temperature Rise in A Human Body Exposed to Radiofrequency Electromagnetic Fields. <i>Bioelectromagnetics</i>. 38(5):356-3</p>	<p>本文提及在不同環境的條件下受到射頻電磁場暴露所引起的熱反應振幅是非常微小的；就原理上而言，若暴露於大量且較高頻的非游離電磁波下，是會在生物體組織內誘發微電流，進而產生灼熱感，就如同在大太陽光底下一般，只要不在短期內傳太多能量給人體，生理組織就能加以調控，所以在安全範圍下接受非游離電磁波暴露，並不會產生累積性的傷害。</p>	正面
	<p>Stefi AL, Margaritis LH, Skouroliakou AS, et al. (2019). Mobile Phone Electromagnetic Radiation Affects Amyloid Precursor Protein and α-Synuclein Metabolism in SH-SY5Y Cells. <i>Pathophysiology</i>. pii: S0928-4680(18)30352-3</p>	<p>本文提及由數據結果顯示，在電磁場的暴露下澱粉樣前導蛋白之處理與細胞結構發生了改變；此實驗設計為細胞體外（in-vitro）實驗，易受外在因素影響，且細胞在體內其生長與活動之機制亦與體外狀況不同；此外，其細胞變異直接推論與某種疾病之致病機轉有所關聯實在太過牽強，此應更嚴謹之實驗設計與大量資料之研究才可確認。</p>	中立

<p>Zhang J, Sumich A, Wang GY. (2017). Acute Effects of Radiofrequency Electromagnetic Field Emitted by Mobile Phone on Brain Function. <i>Bioelectromagnetics</i>. 38(5):329-338</p>	<p>本文提及行動電話電磁場之暴露可能會對腦部功能有所影響。神經學造影與腦電圖研究對於腦功能或疾病的檢測確實為目前臨床最普遍的檢查流程，其中功能性磁振造影（fMRI）以及正子電腦斷層（PET）之功能性影像用來檢視腦部血流及活化區域，腦電圖（EEG）則可觀察及測量來自大腦中神經元的離子電流產生的電壓波動。該文章引用之16篇相關文獻中，大部份文獻結果呈現無明顯影響，少數文獻結果表示在 EEG 上發現有 alpha 波減少的現象。對於 EEG 的結果而言，EEG 本身所量測之結果極易受到干擾，因此臨床上通常需配合其他檢查進行佐證，因此本論文所提之結論亦須更多之研究才得以確認。</p>	<p>中立</p>
<p>Taheri M, Mortazavi SMJ, Moradi M, et al. (2017). Evaluation of The Effect of Radiofrequency Radiation Emitted from Wi-Fi Router and Mobile Phone Simulator on The Antibacterial Susceptibility of Pathogenic Bacteria <i>Listeria Monocytogenes</i> and <i>Escherichia Coli</i>. <i>Dose Response</i>. 15(1):1559325816688527</p>	<p>本文提及微生物受到射頻電磁場之暴露後對抗生素產生了抗性。此實驗結果雖得知某些菌株對 EMF 有不同的反應，但諸如哪種細胞機制產生變化？哪些因素與抗菌藥物的改變有關？通過活化一些特定系統，如離子通道、通過膜、DNA 修復系統改變、細胞膜中的離子外排泵以及分子相互作用等，都是未知數。因此，此結論亦須更嚴謹的研究以澄清這些不確定性問題。</p>	<p>反面</p>

	<p>Mortazavi SAR, Mortazavi G, Mortazavi SMJ. (2017). Comments on Radiofrequency Electromagnetic Fields and Some Cancers of Unknown Etiology: An Ecological Study. <i>Sci Total Environ.</i> 609</p>	<p>本文提及暴露於射頻電磁場(RF-EMF)中對於淋巴瘤與腦腫瘤等癌症的發病率是否與其存在著聯繫。本文引用之文獻其設計類型為一種流行病學研究，其中包括地理人口劃分、平均暴露量以及疾病在不同地區(微環境)的頻率等，這些調查在族群選擇上及樣本數控制上並非得宜；美國國家科學研究院在1996年報告中指出：「科學不能證明某物質(如電磁波)不致癌，也就是：在極多研究後，電磁波並不會產生類似其它已知致癌物(1A)所產生的證據。」因為不可能證明虛無假設，所以不可能證明某物質絕對安全。</p>	<p>中立</p>
	<p>Gallastegi M, Jiménez-Zabala A, Molinuevo A, et al. (2019). Exposure and Health Risks Perception of Extremely Low Frequency and Radiofrequency Electromagnetic Fields and The Effect of Providing Information. <i>Environ Res.</i> 169:501-509</p>	<p>本篇研究發現對於射頻電磁場與健康防護認知的關係，與社會階級具有高度相關性，故建議公共機構共同努力提供有關EMF-NIR 暴露和健康防護的全面信息宣導。近十年台灣政府機構(如國家通訊傳播委員會、行政院環境保護署、衛生福利部國民健康署等)已在各地方區域進行電磁場教育訓練與宣導，並進行電磁場環境檢測，發現透過正確教導游離輻射與非游離輻射的區分，實質是可消除民眾對於電磁場的恐懼與疑慮。</p>	<p>正面</p>

	<p>Lowden A, Nagai R, Åkerstedt T, et al. (2019). Effects of Evening Exposure to Electromagnetic Fields Emitted by 3G Mobile Phones on Health and Night Sleep EEG Architecture. <i>J Sleep Res.</i> e12813</p>	<p>本文主要探討 UMTS 3G 信號對於嗜睡及客觀性的腦電圖結構之影響，結果顯示夜間受到射頻暴露對於腦電圖的結構影響不大，而僅使用腦電圖在主軸範圍（11.0-12.75 Hz）作為活性是否影響作為依據，實驗設計實過簡化。且目前此文獻僅針對嗜睡狀況做相關探討，但對應到群體人類睡眠狀態，如淺眠或者生活作息不正常等狀態，並未擴大探討研究。因此上述結論是無法斷定射頻暴露對睡眠會產生直接影響。</p>	<p>正面</p>
	<p>Gulati S, Yadav A, Kumar N, Priya K, Aggarwal NK, Gupta R. (2018). Phenotypic and Genotypic Characterization of Antioxidant Enzyme System in Human Population Exposed to Radiation from Mobile Towers. <i>Mol Cell Biochem.</i> 440(1-2):1-9</p>	<p>本文所提出暴露於行動基地台所發出之輻射的民眾中可發現其抗氧化基因的遺傳多型性與遺傳損傷有顯著關係存在。酶是一種生物催化劑，生物體內含有千百種酶，它們支配著生物的新陳代謝、營養和能量轉換等許多催化過程，與生命過程關係密切的反應大多是酶催化反應。人體內存在大量酶，結構複雜，種類繁多，到目前為止，已發現3000種以上（即多樣性）。文章所提體內酶活性之變化絕非單純電磁暴露所影響，體內細胞活動的機制相對複雜，且將其三種生物酶平均值的變化即評定與遺傳損傷有關似乎太過於牽強。</p>	<p>反面</p>

	<p>Mortazavi SMJ, Balas VE, Zamani A, Zamani A, Mortazavi SAR, Haghani M, Jaberi O, Soleimani A. (2018). The Importance of Quantification of Data in Studies on the Health Effects of Exposure to Electromagnetic Fields Generated by Mobile Base Stations. <i>Soft Computing Applications, Advances in Intelligent Systems and Computing</i>. 633</p>	<p>本文所提出行動基地台所發射的射頻電磁場之暴露會明顯對居民的健康產生影響；此研究其設計類型為一統計調查分析研究，所提之影響包括肌肉痛、心悸、疲勞、耳鳴、注意力問題及神經質等，這些調查項目太過於主觀且缺乏量化之數據，因此此結論之論述並非得宜。</p>	<p>反面</p>
	<p>Davide C, Bjorn T, Christer T, Quirino B. (2018). RF Energy Absorption by Biological Tissues in Close Proximity to Millimeter-Wave 5G Wireless Equipment. <i>EEE Access</i>. 6:4974-4981</p>	<p>在移動通信網絡5G 的頻率上研究能量吸收機制和近場體-天線相互作用是重要議題。目前已知在較低的頻率（例如2 GHz）和較短的時間距離，能量沉積是主要造成近場的影響；且搭配天線設計，時間距離和工作頻率增加而減小。在短距離下，表面皮膚將吸收來自天線的電磁場能量，因此在靠近身體的裝置（如手機），在考慮其累積能量的評估較有意義；當頻率增加到移動式通信（24 GHz 至100 GHz），其近場體相互作用的影響可以忽略不計。在近期多數研究報告中皆表明，目前尚未有證據顯示電磁場對生物產生確定性傷害。</p>	<p>正面</p>

	<p>Qin F, Shen T, Cao H, Qian J, Zou D, Ye M, Pei H. (2019). CeO₂NPs Relieve Radiofrequency Radiation, Improve Testosterone Synthesis, and Clock Gene Expression in Leydig Cells by Enhancing Antioxidation. <i>Int J Nanomedicine</i>. 14:4601-4611</p>	<p>本文提出使用二氧化鈰奈米粒子 (CeO₂NPs) 可保護大鼠的初級睪丸間質細胞。但在目前多數研究中並無法直接證明電磁場對生物體的傷害，甚者 CeO₂NPs 對雄性生殖系統產生保護機制原理為何，仍是這篇文獻無法佐證之處。</p>	反面
<p>風險 認 知 類</p>	<p>Berihun M. Zeleke, Chhavi RB, et al. (2019). Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure and Risk Perception: A Pilot Experimental Study. <i>Environmental Research</i>. 170:493-499</p>	<p>本文主要探討人們對暴露於行動基地台之射頻電磁場中所潛在的健康風險認知是否取決於其個人暴露程度上的了解。從研究結果中發現提供人們射頻電磁場的暴露測量值或許不會影響他們對行動基地台的風險認知，但卻能增加他們自我保護的信心。近十年台灣政府機構(如國家通訊傳播委員會、行政院環境保護署、衛生福利部國民健康署等)為了宣導正確觀念，請許多專家學者到各縣市各鄉鎮進行教育與溝通，並且也對於有疑慮的民眾進行實地環境檢測，至今的經驗回饋統計，確實有消除民眾對於電磁場的惶恐，並增進民眾的信心。</p>	正面

	<p>Ramirez-Vazquez R, Gonzalez-Rubio J, Arribas E, et al. (2019). Characterisation of Personal Exposure to Environmental Radiofrequency Electromagnetic Fields in Albacete (Spain) and Assessment of Risk Perception. <i>Environmental Research</i>. 172:109-116</p>	<p>本文主要量測個人射頻電磁場於不同時間、場域的暴露值，並分析個人所接受來源。研究發現個人暴露值於時間點（平日與假日）、場域點（家庭與工作場所）皆有所差異，綜合來看以數位增強無線通訊、行動電話與 Wi-Fi 為主要暴露來源，但總暴露值皆低於國際非游離輻射防護委員會（ICNIRP）的規範。由於此文獻量測到的功率密度數值非常小，因此是使用較小的單位($\mu\text{W}/\text{m}^2$)作為整篇文章的基礎，相較大部份國家所使用的單位及 ICNIRP 所建議的功率密度單位為 mW/cm^2，兩者單位差異為到10^7的倍數，本研究所使用的單位過小，容易造成一般民眾混淆與擔心，這研究的結論還是再次強調其暴露量是遠低於 ICNIRP 的規範。</p>	正面
防護評估類	<p>Buckus R, Strukčinskienė B, Raistenskis J, et al. (2017). A Technical Approach to the Evaluation of Radiofrequency Radiation Emissions from Mobile Telephony Base Stations. <i>Int J Environ Res Public Health</i>. 14(3). pii: E244</p>	<p>本研究主要針對行動電話基地台天線之近場至遠場距離進行量測並與國際暴露指南比較，結果顯示其功率密度均遠小於 ICNIRP 建議值。目前在台灣現行法規中，「行動通信網路業務基地臺設置使用管理辦法」第14條規範：室外基地臺天線之設置高度及方向，按基地臺發射機最大射頻輸出功率區分，應確保其水平方向正前方於下列距離內不得有高於天線之合法建築物：一、大於七點九四瓦特者：十五公尺。二、微型基地臺：八公尺。基地臺天線輸入端之射頻功率大於二瓦特者，其為室外電波涵蓋所設置之天線不得架設於室內。因此綜合來看，台灣所設立的標準已是相對嚴謹規範其使用，理應更能確保民眾的安全無虞。</p>	中立

	Emma C, Marta B, Serena F, et al. (2019). Radio Frequency Electromagnetic Fields Exposure Assessment in Indoor Environments: A Review. <i>Int. J. Environ. Res. Public Health</i> . 16(6):955	在過去十年的統計，環境所產生射頻電磁場取決於室外多種來源，但在總和來看並無太大差距，代表民眾對無線通訊設備的需求性高，但仍皆低於國際非游離輻射防護委員會（ICNIRP）的規範。	中立
	Masao T. (2016). Bioelectromagnetics Researches in Japan for Human Protection from Electromagnetic Field Exposures. <i>IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering</i> . 11(6):683-695	日本許多研究團隊表明 RF-EMF 在國際公認指南的暴露水平內沒有危害，亦建議生物學/醫學和工程學的合作仔細進行實驗，以提高實驗的可靠性方式，評估是否存在健康影響。也說明射頻電磁場能量的應用蓬勃發展，對於暴露的潛在健康影響仍然存在許多疑慮，應繼續進行調查，以確定 EMF 的安全使用，以建立一個技術協調發展的健康社會。	中立
地方區域類 (亞洲)	Jonghyuk C, Jung-Hwan H, Hyungrul L, et al. (2018). Assessment of Radio Frequency Electromagnetic Field Exposure from Personal Measurements Considering The Body Shadowing Effect in Korean Children and Parents. <i>Science of The Total Environment</i> . 627:1544-1551	韓國對於無線通訊系統的使用是相當普及之國家，在最發達區域（首爾）是一般區域的1.7倍以上，分析後發現公共建設（如地下鐵）相較一般室內有較高的射頻電磁場暴露；與歐洲國家相較也較高1.8-3.2倍。由於本文量測到的功率密度數值非常小，因此使用 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ 作單位表示，相較 ICNIRP 標準的功率密度單位為 mW/cm^2 ，兩者差距達到 10^7 的倍數；同理在台灣的規範也是依循 ICNIRP 的標準，因此未來民眾在疑慮 EMF 暴露值過高時，必須要記得注意用的是何種單位，以免產生不必要的混淆與誤會。	反面

	<p>Lin YJ, Chiu HY, Chiou MJ, et al. (2017). Trends in The Incidence of Primary Malignant Brain Tumors in Taiwan and Correlation with Comorbidities A Population-Based Study. <i>Clin Neurol Neurosurg.</i> 159:72-82</p>	<p>台灣對於無線通訊系統的使用是相當普及與發達之國家。自1999年起，研究統計數據觀察到原發性惡性腦腫瘤的發病率略有下降趨勢；然而在近15年中，惡性腦腫瘤的短期存活率是提高。這也表示在無線通訊與醫療技術的同步發展下，罹患原發性惡性腦腫瘤比率並沒有隨行動通訊的普及而有所上升，也說明射頻電磁場暴露與原發性惡性腦腫瘤的致病機制沒有直接關聯。</p>	<p>正面</p>
<p>公共議題類</p>	<p>Cindy L. (2018). 5G Wireless Telecommunications Expansion: Public Health and Environmental Implications. <i>Environmental Research.</i> 165:484-495</p>	<p>本文提出面對5G 射頻電磁輻射（RF EMR）的影響應被重視且最新無線技術之預防方法也是有著相對的必要性。世界衛生組織（WHO）認為預警原則的目的在引入科技之前，預測和回應可能的威脅；在引入科技之後，針對民眾的顧慮將未定的健康風險減到最小。WHO 文件報告「保護公共衛生的預警架構」中，承認預警原則相當受爭議，因為缺乏明確定義，在全是預警原則的定義時，會有混淆。隨著科技的進步，小細胞基地臺外觀就如同家中的 Wi-Fi 無線分享器一般，裝置於電影院、購物中心等人潮聚集的地方，能夠更有效的改善室內的行動通信品質，小細胞基地臺密集建設的優點使得每個基地臺的涵蓋範圍較小，基地臺所發射出的電磁波強度會較弱，因此無須過度擔心。</p>	<p>正面</p>

	<p>Pall ML. (2018). Wi-Fi is an Important Threat to Human Health. <i>Environ Res.</i> 164:405-416</p>	<p>目前文獻中統計對於 Wi-Fi 所產生的射頻電磁場主要可能造成氧化反應、精子/睪丸的受損、腦電圖的改變、細胞凋亡、細胞 DNA 的受損、內分泌的變化與鈣的過度負荷，其中因近距離接觸而可能造成活化（精子/睪丸的受損、腦電圖的改變），或者因電壓門控鈣通道（VGCC）受到活化，進而產生的結果。然而這些文獻僅侷限於細胞或大鼠實驗，在實驗設計的合理性與再現性上目前仍是受到質疑的，因此並無法直接推論 WiFi 所產生的射頻電磁場對人體有直接傷害。</p>	<p>反面</p>
<p>生物實驗類</p>	<p>Piccinetti CC, De Leo A, Cosoli G, Scalise L, Randazzo B, Cerri G, Olivotto I. (2018). Measurement of The 100-MHz EMF Radiation in Vivo Effects on Zebrafish D. Rerio Embryonic Development: A Multidisciplinary Study. <i>Ecotoxicol Environ Saf.</i> 154:268-279</p>	<p>本文所提出之斑馬魚（Zebrafish, <i>Danio rerio</i>）近年來已發展為一研究脊椎動物胚胎發育的重要模式動物，其優點包括：具有光週期誘發產卵、體外受精、胚胎透明、胚胎發育期短（2-3 天）、器官形成的過程易於觀察、性成熟期短（3 個月）、可以物理及化學方法產生變種魚、可用分子生物學方法改變特定基因的表現及產生基因轉殖魚等特性。文章中亦提及暴露於 100 MHz EMF 的胚胎觀察到發育遲緩，但未呈現組織損傷的證據；此外，此研究沒有提供可靠和可推廣的證據，加上所使用之曝露頻率及現況模擬亦跟手機電磁暴露有所差距，此結論並無法提供可用作修訂現行人體曝露指引之基礎。</p>	<p>反面</p>

	<p>Wlodzimierz K. (2017). Non-Thermal Effects of Electromagnetic Fields in Biology and Medicine. <i>IFMBE Proceedings</i>. 65</p>	<p>本文所提出電磁場(EMFs)是如何影響玉米幼苗和水芹種子的生長。多年前荷蘭、丹麥也曾進行相關實驗與研究，其測試過程中諸多環境變數是否已獲得充分之掌握，並無法確知，例如該植物之光照時間、每日澆水的次數、周圍溫度的控制等，皆可能成為影響植物存活的必要因子。因此，就簡易的實驗設計與結果而言，的確無法證實電磁場與植物生長被抑制有直接關聯。此實驗並無法呈現再現性且無理論根據；再者，太陽光亦屬電磁波，植物沒有光照反而抑制其生長。</p>	<p>正面</p>
	<p>Vargová B, Majláth I, Kurimský J, Cimbala R, Kosterec M, Tryjanowski P, Jankowiak Ł, Raši T, Majláthová V. (2018). Electromagnetic Radiation and Behavioural Response of Ticks: An Experimental Test. <i>Exp Appl Acarol</i>. 75(1):85-95</p>	<p>本文所提出暴露於射頻電磁場(RF-EMF)成為改變環境中蜱蟲的生存和分佈之潛在原因。自然棲息地中生物的分佈與密度會受到複雜的非生物及生物因素所影響，這絕對是一個非常複雜的綜合性多變項的統計分析，因此並非單一因素(電磁波暴露)所造成。</p>	<p>反面</p>

	<p>Kumar R, Deshmukh PS, Sharma S, Banerjee B. (2019). Activation of Endoplasmic Reticulum Stress in Rat Brain Following Low-Intensity Microwave Exposure. <i>Environ Sci Pollut Res Int.</i> 26(9):9314-9321</p>	<p>本文所提出低強度微波輻射對內質網壓力之變化與未折疊蛋白質的反應之影響。細胞內鈣離子濃度，受細胞外刺激而變動，對細胞增殖、細胞死亡、肌肉收縮、免疫反應等各種生命現象，扮演重要角色。細胞內小胞器 - 內質網 (endoplasmic reticulum) 作為鈣離子儲存庫，相較於「細胞質液 (cytosol)」，其約有一萬倍的鈣離子濃度。另外內質網存在許多酵素或分子伴護蛋白 (molecular chaperones) 能與鈣離子結合，當內質網無法維持鈣離子濃度，則機能顯著下降，最終可能造成細胞死亡。上述這些細胞的分子層面的變化似乎並未在其他文獻中被證實，且文中並無明顯提出此變化對人體相關疾病之關聯與影響。</p>	<p>反面</p>
	<p>Gholamali J, Fatemeh S, Mansour A. (2018). Vitamin C Improves Passive Avoidance Learning and Memory in Rats Exposed to Radiofrequency Waves Generated by a Base Transceiver Station (BTS) Antenna Model. <i>Zahedan J Res Med Sci.</i> 20(11):e80229</p>	<p>本文使用大鼠實驗研究維他命 C 是否可以改善大鼠學習力與記憶力的可能性，結論表示維他命 C 可能因具抗氧化能力而使大鼠在學習力與記憶力上有所改善。雖然部分研究證實抗氧化物與學習力與記憶力有所關連，但對於手機射頻電磁波而言，其能量並不足以破壞或影響大腦運作與發展，此文獻結論亦無法佐證射頻電磁波與健康危害之具體關聯，更遑論可證明其射頻暴露後維他命 C 可改善大鼠被動性迴避學習力與記憶力。</p>	<p>反面</p>

	<p>Melnick RL. (2019). Commentary on The Utility of The National Toxicology Program Study on Cell Phone Radiofrequency Radiation Data for Assessing Human Health Risks Despite Unfounded Criticisms Aimed at Minimizing The Findings of Adverse Health Effects. <i>Environ Res.</i> 168:1-6</p>	<p>2011年，IARC 國際科學專家工作小組根據人類和實驗動物致癌性的有限證據將射頻電磁波列為可能的人類致癌物，在過去研究上，常因為過低重複性或陽性對照組的實驗限制射頻電磁場與致癌的關聯性。近年有些可重複性實驗結果出現，如：在50 V/m 下，暴露於 GSM 發送之射頻電磁場的雄性 Sprague-Dawley 大鼠，其心臟神經鞘瘤顯著增加。在該暴露組中，心臟許旺細胞增生的發生率也增加。神經鞘瘤和前腫瘤許旺細胞增生的聯合發生率非常顯著（$p = 0.01$），這些發現與 NTP 研究的結果一致。射頻電磁場的發展上，因手機的廣泛使用（全球約50億），提出癌症風險雖小幅的增加，也可能對健康產生嚴重影響。但在2018年 ICNIRP 報告已明確說明：「目前這兩項大型動物研究中心（美國 NTP 團隊和義大利 Ramazzini 研究團隊）的研究成果仍存在許多實驗的盲點，除了缺乏盲測的實驗設計外，NTP 團隊結果更顯示實驗組大鼠生命週期反而較為長壽的相反結果，實在難以解釋生命週期與腫瘤產生之間的因果關聯。」</p>	<p>反 面</p>
--	--	--	----------------

第三節 國內外媒體報導

一、國外媒體報導

(一) EMF Dangers-The BIG Cover-Up And What You Can Do About It.³¹ (2019.04)

重點摘譯：

此報導指出電磁場的危險性，且其危險性也經政府、企業與研究合作，受到全面性的隱瞞。同時處在這個環境下的我們又可以做什麼來保護自己的闡述。指出政府與企業為了金錢與利益之關係掩蓋其電磁場之危險，忽視電磁場對生物學上的影響；於研究上利用許多方法來扭曲真實的研究真相。因此，作者提醒電磁波的危險是真實的，並且可以藉由環境衛生信託、安全技術、電影「曼哈頓鄰居」與專業地受訓人員和專家等方法，以減少或避免受到電磁波暴露的危險。以此分享此訊息給每個人。

(二) Wireless Devices and Health Concerns.³² (2018.08)

重點摘譯：

此報導指出於無線設備與健康的議題上，雖然聯邦政府沒有制定射頻 (RF) 能源安全程度之國家標準，但許多聯邦機構已表達此一重要議題。除了聯邦通訊委員會，聯邦健康與安全機構，如環境保護局 (EPA)、食品和藥物管理局 (FDA)、國家職業安全和健康研究所 (NIOSH) 和職業安全與健康管理局 (OSHA) 一直積極參與監測及調查射頻暴露的相關議題。同時在美國銷售的所有無線設備都要經過正式的 FCC 審核過程，以確保設備在最高功率運作下不會超過最大之合法的 SAR 程度。到目前為止，根據美國食品和藥物管理局 (FDA)、世界衛生組織 (WHO) 以及其他組織表示，科學證據仍無法有效地將行動設備之射頻能量的暴露與任何已知的健康問題有所聯繫。儘管如此，評估使用無線設備有潛在風險性的人也認為：更多及更長時間的研究應該去探討是否有比目前使用上還要好的射頻安全標準。因此仍有一些消費者對科學和/或 FCC 射頻暴露指南下之分析保持著懷疑的態度，並建議能採取增加射源距離等措施，使未來更進一步的減少射頻能量之暴露。

二、國內媒體報導

生物效應類

(一) ASPIRE 2019大會上將提出的一項研究報告，顯示 Wi-Fi 路由器電磁波對精子有害影響的確鑿證據³³。(2019.03)

重點節錄：

其研究提供一確切證據，顯示來自 Wi-Fi 裝置的電磁波能對人類精子產生有害影響。此研究結果增加了人們的擔憂，且於手機和其他依賴 Wi-Fi 連接的裝置迅速普及的同時，卻造成了已發展國家的生育率不斷下降。因此日本首次研究測試用 Wi-Fi 防護墊來保護精子免於電磁波影響，並於香港召開的亞太區生殖倡議大會 (ASPIRE 2019) 上報告該研究結果。結果顯示，攜帶型 Wi-Fi 路由器的電磁波降低人類精子的活動率並增加精子的死亡率。儘管聽說電磁波是安全的，但 Wi-Fi 裝置導致的電磁波瀰漫可能是生育率不斷下降的致病因素。其研究也顯示，Wi-Fi 防護墊能在相對短時間內提供部分保護，免於電磁波的有害影響。

(二) 手機電磁波傷腦研究：盡量遠離頭部³⁴。(2018.07)

重點節錄：

智慧手機的電磁波也會影響青少年的記憶能力！於瑞士熱帶與公共醫學中心針對700名青少年的研究顯示，若使用智慧型手機超過1年，手機電磁波將會降低短期視覺記憶的結果。

(三) 手機電磁波影響心臟節律器？食藥署：建議保持這個距離³⁵。(2019.03)

重點節錄：

心臟節律器是一種植入式醫電器材，本身具有電磁波防範措施，且上市前都需經過查驗登記審查核可，所以只要不是過強的電磁波，應不致使心臟節律器發生功能異常，發生機率不高。但因近距離使用手機撥號、接聽或是連接網路時，會產生較強電磁波，仍有可能對心臟節律器造成電磁干擾，例如短暫停止運作或無法正確的運作，進而使病人短暫暴露於心搏過緩或心室纖維顫動等風險。

食藥署建議，裝有心臟節律器的民眾應將手機與身上裝置保持安全距離，建議保持在15到30公分以上的距離。另也不要將手機放在心臟節律器上方，例如上衣口袋或是夾克夾層。接聽電話時，也應以裝置位置的反側耳朵接聽較宜。

(四) 民眾用新筆電卻手指痛原因出在電磁波³⁶。(2018.09)

重點節錄：

報導指出環保署應該訂定家戶室內的電磁波安全標準，也就是長時間的暴露標準，目前環保署只訂定室外短時間的標準，環保署應該比照瑞士、奧地利等國家，有室內長時間標準，或類似德國的安全住宅標準，這樣，使用電腦、手機或暴露於基地台，都有限制標準可依循。雖然政府近年來極力宣導電磁波對人體的影響不大，但消費者仍有知的權利，不論電磁波對人體影響如何，電子產品都應該標示清楚，讓民眾可以有選擇的依據，並由人民自己決定，自己要使用怎樣的電磁波功率產品。

(五) 3C 世代手機成癮 20年後50萬人恐失明³⁷。(2019.05)

重點節錄：

世界衛生組織近日罕見發布指南，建議兩歲以下不要接觸電子螢幕。但幼童滑手機已成世代現象，國內甚至已有年僅五歲的孩子手機成癮。除了睡覺一半時間盯螢幕，人們幾乎每天花在網路上的時間遠遠超過電視。然而根據調查，國內高三學生高度近視者（近視度數逾五百度）達三成五，推估廿年後因黃斑部病變、青光眼、白內障、視網膜剝離等面臨失明風險人口，可能約五十至五十五萬。因此，世界各國紛提出幼兒手機使用規範，關注層級提高至國家領導人，法國總統馬克宏、中國大陸領導人習近平皆下令管理。

抗爭類

(一) 學校隔壁偷蓋基地台 彰化社頭居民拉布條抗議「無良」³⁸。(2019.04)

重點節錄：

其報導指出於彰化市社頭鄉舊社村今天有近百民居民聚集，抗議社石路上一戶民宅上的基地台用水塔外觀偽裝，在房子頂樓偷蓋基地台，至少有2家電信業者共用這座基地台，居民憂心電磁波影響健康，且該處距離舊社國小不到100公尺，小學生進進出出，根本同時在危害孩童健康。打算向 NCC 訴求拆遷基地台。居民也表示說，不是不能蓋基地台，而是請電信業者應在市區外找合適地點設置，但屋主未曾出面解釋且施工人員也對鄰居詢問不友善，實在不能接受。

澄清類

(一) 手機輻射有害全是謠言？研究顯示：電磁波與腦瘤無明確關係³⁹。(2018.08)

重點節錄：

西班牙的巴塞羅那全球衛生研究所 (ISGlobal) 主導了一項相關研究分析，想要從非游離輻射與腦癌之間找出關聯性，看看是否真的會受到電器影響而罹癌。儘管7年前世界衛生組織的國際癌症研究機構評估此一說法，並將電磁輻射列為「可能致癌」的原因之一。但其實並非已得到充足的證據證明，只是表明有這種可能性。其統計結果顯示，腦部大量暴露於高頻電磁輻射與原發性腦瘤並沒有相關性的跡象。即便如此，我們還是不能掉以輕心，雖然此次研究的數據規模較大，但真正長期處在大量高頻電磁輻射的調查對象只佔1 / 10，存在統計分類上的疑慮。

(二) 藍牙耳機有無害？ 分清輻射 減少憂慮⁴⁰。(2019.04)

重點節錄：

無線藍牙耳機愈來愈普及，但傳聞入耳式藍牙耳機令頭部組織暴露於更多射頻輻射之中，威脅健康，我們是否要敬而遠之？理大電機工程學系教授鄭家偉表示，「從電學測試角度而言，如果輻射超過每米1伏特便算高，與一輛電動車在無線充電時的輻射相近。由於入耳式設計接近腦部，憂慮的市民可改用有線耳機。」同時也表示著「未有確實研究結果，小量電磁輻射對人體影響亦沒有國際標準上限。所以，如果想保護自己免受影響，便可盡量減少接觸。」

(三) 5G 是否會導致癌症？ WHO：無須擔心⁴¹。(2019.07)

重點節錄：

世界衛生組織於2014年時曾暫時將手機歸類於「可能致癌」。但專家指出，5G 的頻率其實比為微波爐低，而且手機輻射屬於非游離輻射，並不會破壞人體 DNA。

(四) 使用5G 手機恐致癌？專家研究後這麼說⁴²。(2019.07)

重點節錄：

國外就有一位物理學博士 Bill Curry 發表一份研究，表示無線訊號將對人體產生影響。而在這幾年大家開始普遍使用 Wi-Fi 無線網路時，它也表示因為 Wi-Fi 網路在使用時，會釋出高頻電波，因此可能會嚴重危害人類的健康，甚至還有致癌的風險。但真的是所謂的高頻率就是對人體產生高危險性的影響嗎？許多專家認為，把電磁波和輻射字眼聯想在一起，那只會造成大家對新技術的恐慌，而拖延

了人們進入下一個時代的發展日程而已。且大部分的行動通訊網路、Wi-Fi 路由器、手機電磁波等，都算是「非游離輻射」所以還不足以改變細胞結構，所以簡單來說，大家根本不用怕，因為這遠遠比太陽光對人體所造成的輻射還要弱。

(五) 5G 基地台的輻射更致癌？讓我們用生物學觀點，重新審視「電磁波致癌論」的初始報告⁴³。(2019.07)

重點節錄：

因為不準確的報告與反對無線技術之理念，引發基地台致癌的傳言。無線電通信是否會產生危害人類健康的這個問題，其實可以追溯到 19 年前，一份由不嚴謹的物理學家 Curry 博士給出了一份不準確的報告，進而導致人們對於一項技術錯誤的認識，有時甚至會產生謠言和恐懼。其報告顯示「可能會對健康造成嚴重危害」並誤導無線電波是如何誘發腦癌這一致命的疾病。同時自身還屬於一個全國性的無線技術反對組織，使其報告很快廣泛流傳。

但缺乏生物學知識的 Curry 博士當時並沒有考慮到人類皮膚的保護機制。5G 基地台的輻射，是人體可以接受的能量範圍。電磁輻射生物學效應的相關研究人員表示，在一定範圍內，無線電波在更高頻率時不僅不會更危險，反而會更安全，即在較高的無線電頻率下，皮膚可以充當屏障，保護包括大腦在內的內部器官免受輻射。

應用服務類

(一) 電磁波恐慌，耽誤防災⁴⁴。(2019.05)

重點節錄：

我國已有「災防告警系統」，在短時間內傳送警訊到手機，內容包括大雷雨、地震、海嘯、颱風、公路封閉、水庫放水、土石流、傳染病、空襲警報、飛彈、疏散避難、電力中斷、爆炸等。因此「民眾害怕電磁波」之問題實在重傷國家經建與社會福祉。然而過去也有幾個例子若防救災預警時間提前一至三小時，便有機會將傷害降低。其手機與基地台的電磁波（強度不及光的萬分之一）並不傷人，從過去至今也並無證據顯示暴露於比國際標準所設定的限制值還小的射頻場，會產生包括癌症等任何有害健康的效應，一般媒體卻只報導反對者缺乏科學證據的說法。災情警訊救人是真的、實質的，但電磁波傷人只是假的、虛擬的。

(二) 東北亞最高！7年艱鉅工程 玉山北峰基地台啟用⁴⁵。(2019.08)

重點節錄：

國家通訊傳播委員會(NCC)正式啟用「玉山北峰防救災行動通信服務基地台」。此基站耗資4374萬，由台灣大哥大、中華電信、遠傳三大電信共構，基地台訊號涵蓋範圍15公里方圓，包括玉山北峰氣象站、玉山主峰、玉山東峰、八通關、觀高等地區，確保每年攻頂玉山近5萬人次的登山客與周邊偏遠地區民眾的對外聯繫。未來玉山北峰基地台將除可改善山區通訊品質，並可提供山友通訊、手機定位資訊，對於緊急救災將有相當大的幫助；遠傳執行副總饒仲華表示，遠傳電信非常重視偏遠山區通訊品質，全台選定183條步道進行通訊品質優化，目前已經完成149條，未來將持續改善偏鄉通訊品質，善盡社會責任。

其它

(一) 法國罕見案例 電磁波敏感可歸為職業意外⁴⁶。(2018.10)

重點節錄：

近年有些法國人宣稱對電磁波特別敏感而不適，官方無法證明電磁波與症狀的關聯，未承認此疾病。但法院近日認定一名對電磁波敏感的勞工感到不適可視為工作意外，屬罕見案例。一名於電信公司工作的男子，於2013年11月在工作場所感到不適，並主張與他對電磁波特別敏感有關，事涉保險給付，交由社會保險事務法院(Tass)審理。儘管法國官方目前並未承認電磁波過敏症，而聲稱自己受這種疾病影響的人有各種症狀，例如頭痛、出血、疲憊、失眠、無食慾、皮膚刺癢，甚至出現視力及聽力問題等，他們都認為這些症狀與電磁波有關。而法國國家醫學科學院(Academie nationale de medecine)認為，其描述的症狀與暴露在電磁波環境的關係從未經科學證明。既然電磁波過敏症未獲承認，這名勞工也就未被確診罹患這種疾病，但他的律師拉佛格(Francois Lafforgue)說，勞工健康風險預防機構曾於2011年及2012年兩度建議這名勞工應被調到「一個較少暴露於電磁波環境的職位」，可見有把當事人的症狀納入考量(最後法院之判決醫療保險單位支付1600歐元(約新台幣5萬7400元)給當事人，另支付2000歐元訴訟費)。生活中的電磁波來源很多，包括高壓電塔、手機、天線或收音機等。今年3月，法國食品、環境及職業衛生安全局(Anses)認為，自稱電磁波敏感症患者的症狀確實令他們感到痛苦，應非造假，但目前無法解釋病因，需要持續研究，同時研議改善保險補助。

第四章 評論與建議

國家的發展與行動通訊系統之進步有著密切的關係。相對也伴隨著電磁波安全疑慮與健康風險問題的產生，錯誤的觀念與認知也容易於民眾間以訛傳訛。因此讓民眾有著對電磁波將會危害人體健康的想法。

「長期暴露在電磁波下會得癌症嗎？」、「家用 Wi-Fi 與行動電話等常見之無線設備，安全嗎？」等議題產生。因此針對相關之健康議題，本團隊甚至將近十年間某些重要文獻再度檢視並探討結果，將分成正、反面兩方的論述，就正面論述方面，多數的文獻近年主要著重在大腦的研究並探討其影響性，就 EEG 訊號確實可能產生些微變化，增強健康成人的人類皮質神經效率和簡單的認知－運動過程可能性，或者腦部靠近天線端細胞葡萄糖代謝增加，但是對於產生生物確定效應而言，仍未有任何急性或長期暴露於射頻輻射有明確的致病機轉。因此也衍伸至各國家針對不同場域對於不同年齡層的群體，探討射頻產品對環境所累積造成的電磁波吸收率或者功率密度的量測，在近三年的文獻探討中(孩童成長發育類：3篇，健康風險類：8篇，風險認知類：2篇，生物實驗類：2篇)亦指出未有任何急性或長期暴露於射頻輻射有明確的致病機轉；針對亞洲區相關文獻，以韓國為例，其國內總射頻電磁場與基地台之暴露相較於其他歐洲城市所報導的程度都來的高上許多。在台灣而言，過去15年中調查結果顯示在可觀察到原發性之惡性腦腫瘤的發病率略有下降趨勢（亞洲地區類：2篇）。另外對於各式射頻電磁場射源，包括室內、外多種射源，結果也沒有證據顯示暴露於國際公認指南程度中之射頻電磁場有其安全性的問題（輻射防護評估類：3篇，公共議題類：1篇）。

在2018年 ICNIRP 報告中也提及：「科學文獻中提到的一個重要問題是射頻電磁場是否具有致癌性，因為目前還沒有經過驗證的機制可以預期射頻電磁場會致癌(ICNIRP 2009)，所以這問題主要通過體外、體內或是流行病學方法驗證。一般而言，體外研究已經測試了射頻電磁場暴露於大範圍細胞生長過程造成可能潛在間接致癌作用影響；在實驗動物模型研究中已經測試了癌症發病率本身是否受到射頻電磁場暴露的影響；以及流行病學研究測試了癌癥結果與使用射頻電磁場的設備使用模式之間的關聯。正如新興和新確定的健康風險科學委員會(SCENIHR 2015年報告)、荷蘭衛生委員會(HCN 2016年報告)和瑞典輻射安全局(SSM 2018年報告)的評論所述，目前沒有證據也沒有達成共識”電磁場是致癌的”。」

就反方立場而言，過去十年文獻多數針對行為學、認知或者睡眠障礙方面提出其可能影響，其導致原因主要是手機導致人類生活型態的改變，進而延伸造成上述的變化可能性，但倘若要直接對應手機所發送的射頻電磁波為造成主因，尚未有明確證據加以證實；舉例討論，行人或者開車民眾常因為要察看手機的訊息或者廣告內容導致一些交通或者意外事故，就統計面確實手機會造成人對周遭環境的專注力下降或者睡眠不足可能，這些行為學或者認知等的改變是人的因素為重？或者全然是射頻電磁波所致的？

除此之外，部分反方文獻也大多針對 miRNA 或男性生育能力去做探討，如：Avendano et al. (2012)⁴⁷ 提出29個供體正常精子樣本，在4小時內暴露於無線互聯網連接的筆記本電腦，顯示進行性精子活力顯著下降和精子 DNA 碎片增加。死亡精子水平在兩組之間沒有顯著差異。推論可能在睪丸附近的膝蓋上保持筆記型電腦無線連接到互聯網可能會導致男性生育能力下降。Tas et al. (2014)⁴⁸ 對14隻成年 Wistar Albino 大鼠進行研究，評估了副睪精子濃度，進行性精子活力、異常精子率、所有生殖器官重量和睪丸組織病理學。在精子活力和濃度方面沒有觀察到任何差異 ($p > 0.05$)。然而，在暴露組中發現形態正常的精子率更高 ($p < 0.05$)。儘管組織學檢查顯示兩組的曲細精管直徑相似，但在暴露組中發現白膜厚度和 Johnsen 睪丸活檢評分較低 ($p < 0.05$, $p < 0.0001$)。Atasoy et al. (2013)⁴⁹ 將10隻 Wistar 白化雄性大鼠進行研究。結果觀察到實驗組的睪丸中血清8-羥基-2'-脫氧鳥苷水平和8-羥基鳥苷染色顯著增加，表明由於暴露引起的 DNA 損傷 ($p < 0.05$)。還發現實驗組中過氧化氫酶和穀胱甘肽過氧化物酶活性水平降低，這可能是由於射頻對酶活性的影響 ($p < 0.05$)。Dasdag et al. (2015)⁵⁰ 將14隻 Wistar Albino 成年雄性大鼠分成兩組進行：對照 ($n = 7$) 和暴露 ($n = 7$)。暴露組中的大鼠每天（每週7天）暴露於900 MHz RF 輻射3小時，持續12個月（一年）。除了關閉發生器外，對照組的大鼠應用相同的程序。在最後一次暴露後，立即處死大鼠並取出它們的大腦，詳細研究了腦中的 rno-miR-9-5p、rno-miR-29a-3p、rno-miR-106b-5p、rno-miR-107和 rno-miR-125a-3p。結果顯示，900 MHz RF 輻射的長期暴露僅降低 rno-miR107 ($\text{adj}P^* = 0.045$) 值，其中全身 SAR 值為0.0369 W/kg。然而，其他 microRNA 未被900 MHz RF 輻射改變。該團隊也將這樣實驗模式複製到2.4 GHz Wi-Fi 暴露上(2015b)⁵¹，結果顯示，2.4 GHz Wi-Fi 輻射的長期暴露可以改變一些 miRNA 的表達，例如 miR-106b-5p ($\text{adj}p^* = 0.010$) 和 miR-107 ($\text{adj}p^* = 0.005$)。我們觀察到，miR-107表達是3.3倍，並且暴露組中 miR-106b-5p 表達比對照組低3.65倍。然而，腦中 miR-9-5p、miR-29a-3p 和 miR-125a-3p 水平未改變。發現2.4 GHz Wi-Fi 暴露可能較容易對源於某些 miRNA 表達改變的神經退行性

疾病造成影響。Akdag et al. (2016)⁵² 探討2.4 GHz 頻率射頻輻射的長期暴露是否會導致大腦、腎臟、肝臟、皮膚組織和大鼠睪丸組織等不同組織的 DNA 損傷。該研究對16隻成年雄性 Wistar-Albino 大鼠進行。實驗組 (n = 8) 的大鼠暴露於2.4 GHz 頻率輻射超過一年；對照組 (n = 8) 中的大鼠經受相同的實驗條件，除了關閉 Wi-Fi 發生器。發現實驗組大鼠腦、腎、肝和皮膚組織的 miDNA 值增加超過對照組。所有組織中 DNA 損傷的增加不顯著 (p>0.05)。然而，大鼠睪丸組織中 DNA 損傷的增加是顯著的 (p <0.01)。總之，長期暴露於2.4 GHz 射頻輻射 (Wi-Fi) 不會導致本研究所研究器官的 DNA 損傷，除了睪丸。這項研究的結果表明，睪丸是射頻輻射更敏感的器官。

這些文獻的結果大多指出射頻電磁波有可能會導致 miRNA 表達改變的神經退行性疾病造成影響或者在睪丸器官 (包含精子) 會是較敏感器官甚至改變生育可能性；但這些文獻皆是使用少量樣本或者大鼠做驗證，對於射頻電磁波會導致確定效應的影響仍有需多待證實的疑慮，且多數的文獻也是認為需要更多數樣本或者體內體外研究才足以證實此定論。

近年的文獻研究，在反面立場上，主要是美國國家毒理學計畫(NTP)發起一項研究項目，測試 GSM 和分碼多重進接(Code-Division Multiple Assess, CDMA) 在大量小鼠和大鼠整個生命週期的影響。同時，義大利的 Ramazzin 研究團隊對大鼠進行射頻電磁場基地台暴露的致癌性研究，這兩項研究都聲稱射頻電磁場暴露是致癌的。然而，在 ICNIRP 於2018年報告中針對這兩大研究案提出的結論：「雖然兩大團隊皆顯示在雄性大鼠中致癌機率顯著升高，但其結果彼此不一致，也與小鼠或者雌性大鼠結果不一致。在實驗過程中仍有存在許多實驗設計上的盲點，如接受射頻電磁場暴露的大鼠反而更長壽，在病理分析的實驗設計上也缺乏盲測對照，造成矛盾的統計分析。總體而言，這兩項研究的侷限性無法得出射頻電磁場導致致癌性的結論」。

因此因應 ICNIRP 國際規範引述「設備於30 kHz 至300 GHz 頻率範圍內所發射的非游離射頻輻射為一2B 類組，其『可能』為人類的致癌物」；二、三、四級致癌因子目前都沒有充分證據證明該物質會致癌，主要是交互參數參雜，都是會直接去影響物質是否會致癌的關鍵。因此也建議政府在公共建設上，應總體評估與模擬射頻電磁場所產生的累積能量，是否符合 ICNIRP 的規範值，以達到國家經濟發展與公共安全防範的雙贏局面；在人類健康建議上，建議可與衛生或者教育機構探討，針對兒童和孕婦在射頻電磁場使用的預防措施，以達到正確宣導與教育觀念，減少『可能』人類致癌物的暴露。

媒體報導的部分，二篇國外媒體報導仍傾向射頻電磁場式有潛在的風險，未來應持續研究以減少或避免受到電磁波暴露的危險。然國內媒體報導（生物效應類：4篇）皆持負面看法，認為電磁波是對身體健康有影響。其相關想法也造成多數抗爭行為出現，但是相較過去而言，其件數也明顯降低很多；無非是正確觀念的宣導與其相關應用服務讓民眾漸漸感受行動平台的重要性與必要性。

綜合上述結論，雖然 IARC 仍將射頻電磁場視為有潛在的風險，但根據生物效應的原理而言，若真要造成其健康傷害必須有一定程度之能量，即游離輻射。對於非游離輻射之射頻電磁場而言，其能量仍有好幾萬倍的差異，不足以直接對人體產生明顯傷害，但隨時間造成能量累積過程中，並包含人體的生理代謝機制或者修復機制，是否明確會導致生物效應，仍必須需要大量群體數據加以量化，這部分在全世界尚未有明確定論。因此本計畫建議將明確造成生物效應的游離輻射與仍無定論造成生物效應的非游離輻射之觀念方向作為電磁波議題之宣導開端。先將正確的輻射科學概念傳遞給社會大眾或不同領域的專家，再讓人們接受高速行動寬頻新應用，接受電磁波的存在與未來發展，這樣人們才能真正體會5G高速服務的重要性的和便利性。

註：30篇文獻原文印出篇幅過大且考量環保意識，爰以電子檔方式呈現及提供。

參考文獻

1. Karipidis K, Henderson S, Wijayasinghe D, et al. (2017). Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields From Wi-Fi in Australian Schools. *Radiat Prot Dosimetry*. 175(4):432-439
2. Sage C, Burgio E. (2018). Electromagnetic Fields, Pulsed Radiofrequency Radiation, and Epigenetics: How Wireless Technologies May Affect Childhood Development. *Child Dev*. 89(1):129-136
3. Hardell L. (2018). Effects of Mobile Phones on Children's and Adolescents' Health: A Commentary. *Child Dev*. 89(1):137-140
4. Sultan AM, Qasem A, Waseem MH. (2018). Mobile Phone Base Station Tower Settings Adjacent to School Buildings: Impact on Students' Cognitive Health. *Am J Mens Health*. 13(1):1557988318816914.
5. Moore SM, McIntosh RL, Iskra S, et al. (2017). Effect of Adverse Environmental Conditions and Protective Clothing on Temperature Rise in A Human Body Exposed to Radiofrequency Electromagnetic Fields. *Bioelectromagnetics*. 38(5):356-3
6. Stefi AL, Margaritis LH, Skouroliakou AS, et al. (2019). Mobile Phone Electromagnetic Radiation Affects Amyloid Precursor Protein and α -Synuclein Metabolism in SH-SY5Y Cells. *Pathophysiology*. pii: S0928-4680(18)30352-3
7. Zhang J, Sumich A, Wang GY. (2017). Acute Effects of Radiofrequency Electromagnetic Field Emitted by Mobile Phone on Brain Function. *Bioelectromagnetics*. 38(5):329-338
8. Taheri M, Mortazavi SMJ, Moradi M, et al. (2017). Evaluation of The Effect of Radiofrequency Radiation Emitted From Wi-Fi Router and Mobile Phone Simulator on The Antibacterial Susceptibility of Pathogenic Bacteria *Listeria Monocytogenes* and *Escherichia Coli*. *Dose Response*. 15(1). 1559325816688527
9. Mortazavi SAR, Mortazavi G, Mortazavi SMJ. (2017). Comments on Radiofrequency Electromagnetic Fields and Some Cancers of Unknown Etiology: An Ecological Study. *Sci Total Environ*. 609
10. Gallastegi M, Jiménez-Zabala A, Molinuevo A, et al. (2019). Exposure and Health Risks Perception of Extremely Low Frequency and Radiofrequency Electromagnetic Fields and The Effect of Providing Information. *Environ Res*. 169:501-509
11. Lowden A, Nagai R, Åkerstedt T, et al. (2019). Effects of Evening Exposure to Electromagnetic Fields Emitted by 3G Mobile Phones on Health and Night Sleep

EEG Architecture. *J Sleep Res.* e12813

12. Gulati S, Yadav A, Kumar N, Priya K, Aggarwal NK, Gupta R. (2018). Phenotypic and Genotypic Characterization of Antioxidant Enzyme System in Human Population Exposed to Radiation from Mobile Towers. *Mol Cell Biochem.* 440(1-2):1-9.
13. Mortazavi SMJ, Balas VE, Zamani A, Zamani A, Mortazavi SAR, Haghani M, Jaberi O, Soleimani A. (2018). The Importance of Quantification of Data in Studies on the Health Effects of Exposure to Electromagnetic Fields Generated by Mobile Base Stations. *Soft Computing Applications, Advances in Intelligent Systems and Computing.* 633
14. Davide C, Bjorn T, Christer T, Quirino B. (2018). RF Energy Absorption by Biological Tissues in Close Proximity to Millimeter-Wave 5G Wireless Equipment. *IEEE Access.* 6:4974-4981.
15. Qin F, Shen T, Cao H, Qian J, Zou D, Ye M, Pei H. (2019). CeO₂NPs Relieve Radiofrequency Radiation, Improve Testosterone Synthesis, and Clock Gene Expression in Leydig Cells by Enhancing Antioxidation. *Int J Nanomedicine.* 14:4601-4611.
16. Berihun M. Zeleke, Chhavi RB, et al. (2019). Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure and Risk Perception: A Pilot Experimental Study. *Environmental Research.* 170:493-499
17. Ramirez-Vazquez R, Gonzalez-Rubio J, Arribas E, et al. (2019). Characterisation of Personal Exposure to Environmental Radiofrequency Electromagnetic Fields in Albacete (Spain) and Assessment of Risk Perception. *Environmental Research.* 172:109-116
18. Buckus R, Strukčinskienė B, Raistenskis J, et al. (2017). A Technical Approach to the Evaluation of Radiofrequency Radiation Emissions from Mobile Telephony Base Stations. *Int J Environ Res Public Health.* 14(3). pii: E244
19. Emma C, Marta B, Serena F, et al. (2019). Radio Frequency Electromagnetic Fields Exposure Assessment in Indoor Environments: A Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 16(6):955
20. Masao T. (2016). Bioelectromagnetics Researches in Japan for Human Protection from Electromagnetic Field Exposures. *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering.* 11(6):683-695

21. Jonghyuk C, Jung-Hwan H, Hyungrul L, et al. (2018). Assessment of Radio Frequency Electromagnetic Field Exposure from Personal Measurements Considering The Body Shadowing Effect in Korean Children and Parents. *Science of The Total Environment*. 627:1544-1551
22. Lin YJ, Chiu HY, Chiou MJ, et al. (2017). Trends in The Incidence of Primary Malignant Brain Tumors in Taiwan and Correlation with Comorbidities A Population-Based Study. *Clin Neurol Neurosurg*. 159:72-8
23. Cindy L. (2018). 5G Wireless Telecommunications Expansion: Public Health and Environmental Implications. *Environmental Research*. 165:484-495
24. Pall ML. (2018). Wi-Fi is an Important Threat to Human Health. *Environ Res*. 164:405-416
25. Piccinetti CC, De Leo A, Cosoli G, Scalise L, Randazzo B, Cerri G, Olivotto I. (2018). Measurement of The 100 MHz EMF Radiation in Vivo Effects on Zebrafish D. Rerio Embryonic Development: A Multidisciplinary Study. *Ecotoxicol Environ Saf*. 154:268-279
26. Wlodzimierz K. (2017). Non-Thermal Effects of Electromagnetic Fields in Biology and Medicine. *IFMBE Proceedings*. 65
27. Vargová B, Majláth I, Kurimský J, Cimbala R, Kosterec M, Tryjanowski P, Jankowiak Ł, Raši T, Majláthová V. (2018). Electromagnetic Radiation and Behavioural Response of Ticks: An Experimental Test. *Exp Appl Acarol*. 75(1):85-95
28. Kumar R, Deshmukh PS, Sharma S, Banerjee B. (2019). Activation of Endoplasmic Reticulum Stress in Rat Brain Following Low-Intensity Microwave Exposure. *Environ Sci Pollut Res Int*. 26(9):9314-9321
29. Gholamali J, Fatemeh S, Mansour A. (2018). Vitamin C Improves Passive Avoidance Learning and Memory in Rats Exposed to Radiofrequency Waves Generated by a Base Transceiver Station (BTS) Antenna Model. *Zahedan J Res Med Sci*. 20(11):e80229
30. Melnick RL. (2019). Commentary on The Utility of The National Toxicology Program Study on Cell Phone Radiofrequency Radiation Data for Assessing Human Health Risks Despite Unfounded Criticisms Aimed at Minimizing The Findings of Adverse Health Effects. *Environ Res*. 168:1-6
31. EMF Dangers-The BIG Cover-Up And What You Can Do About It. (2019.04). [資料出處:<https://www.electricsense.com/14645/emf-dangers-cover-up>]
32. Wireless Devices and Health Concerns. (2018.08). [資料出處:<https://www.fcc.gov/consumers/guides/wireless-devices-and-health-concerns>]
33. ASPIRE 2019大會上將提出的一項研究報告，顯示 WiFi 路由器電磁波對精子有害影響的確鑿證據 (2019.03) [資料出處:今日亞洲新聞]
34. 手機電磁波傷腦 研究：盡量遠離頭部 (2018.07) [資料出處:台灣醒報]
35. 手機電磁波影響心臟節律器？食藥署：建議保持這個距離 (2019.03) [資料出處:今日亞洲新聞]

- 處:聯合報]
- 36.民眾用新筆電卻手指痛 原因出在電磁波 (2018.09) [資料出處:聯合報]
 - 37.3C 世代手機成癮 20年後50萬人恐失明 (2019.05) [資料出處:聯合報]
 - 38.學校隔壁偷蓋基地台 彰化社頭居民拉布條抗議「無良」 (2019.04) [資料出處:聯合報]
 - 39.手機輻射有害全是謠言? 研究顯示: 電磁波與腦瘤無明確關係 (2018.08) [資料出處:ETtoday 新聞雲]
 - 40.藍牙耳機有無害? 分清輻射 減少憂慮 (2019.04) [資料出處:明報]
 - 41.5G 是否會導致癌症? WHO: 無須擔心 (2019.07) [資料出處:台灣醒報]
 - 42.使用5G 手機恐致癌? 專家研究後這麼說 (2019.07) [資料出處:匯流新聞網]
 - 43.5G 基地台的輻射更致癌? 讓我們用生物學觀點, 重新審視「電磁波致癌論」的初始報告 (2019.07) [資料出處:科技報橘]
 - 44.電磁波恐慌, 耽誤防災 (2019.05) [資料出處:自由時報]
 - 45.東北亞最高! 7年艱鉅工程 玉山北峰基地台啟用 (2019.08) [資料出處:自由時報]
 - 46.法國罕見案例 電磁波敏感可歸為職業意外 (2018.10) [資料出處:中央通訊社]
 - 47.Avendano C, Mata A, Sanchez Sarmiento CA, Doncel GF (2012). Use of laptop computers connected to internet through Wi-Fi decreases human sperm motility and increases sperm DNA fragmentation. *Fertility and Sterility* 97: 39–45.
 - 48.Tas M, Dasdag S, Akdag MZ, Cirit U, Yegin K, Seker U, Ozmen MF, Eren LB (2014). Longterm effects of 900 MHz radiofrequency radiation emitted from mobile phone on testicular tissue and epididymal semen quality. *Electromagnetic Biology and Medicine* 33: 216–222.
 - 49.Atasoy HI, Gunal MY, Atasoy P, Elgun S, Bugdayci G. (2013). Immunohistopathologic demonstration of deleterious effects on growing rat testes of radiofrequency waves emitted from conventional Wi-Fi devices. *Journal of Pediatric Urology* 9: 223–229.
 - 50.Dasdag S, Akdag MZ, Erdal ME, Erdal N, Ay OI, Ay ME, Yilmaz SG, Tasdelen B, Yegin K. (2015a). Long-term and excessive use of 900 MHz radiofrequency radiation alter microRNA expression in brain. *International Journal of Radiation Biology* 91: 306–311.
 - 51.Dasdag S, Akdag MZ, Erdal ME, Erdal N, Ay OI, Ay ME, Yilmaz SG, Tasdelen B, Yegin K. (2015b). Effects of 2.4 GHz radiofrequency radiation emitted from Wi-Fi equipment on microRNA expression in brain tissue. *International Journal of Radiation Biology* 91: 555–561.
 - 52.Akdag MZ, Dasdag S, Canturk F, Karabulut D, Caner Y, Adalier N. (2016). Does prolonged radiofrequency radiation emitted from Wi-Fi devices induce DNA damage in various tissues of rats? *Journal of Chemical Neuroanatomy* 75(Pt B): 116–122.

附錄

附錄一 詞彙縮寫對照表

縮寫	原文	中譯
A		
APP	Amyloid Precursor Protein	前類澱粉蛋白質
APC	Annual Percentage Change	年百分比變化
ATF4	Activating Transcription Factor 4	轉錄因子
ASPIRE	Asia Pacific Initiative on Reproduction	亞太生殖醫學會
B		
BTS	Base Transceiver Station	基地台
C		
CANTAB	Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery	劍橋自動化神經心理測試
CAT	Catalase	過氧化氫酶
CI	Confidence Interval	信賴區間
CHOP	CCAAT/enhancer-Binding Protein Homologous Protein	轉錄因子
CDMA	Code Division Multiple Access	分碼多重進接
D		
DNA	Deoxyribonucleic Acid	去氧核糖核酸
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications	數位增強無線通訊
DCS	Distributed Control System	分佈式控制系統
E		
EMF	Electromagnetic Field	電磁場
ELF	Extremely Low Frequency	極低頻率
EEG	Electroencephalography	腦電圖
EMF-NIR	Electromagnetic Fields of Non-Ionizing Radiation	非游離輻射電磁場
EMR	Electromagnetic Radiation	電磁輻射
EPA	Environmental Protection Agency	環境保護局
F		
FCC	Federal Communications Commission	聯邦通訊委員會
fMRI	functional Magnetic Resonance Imaging	功能性核磁造影

FDA	Food and Drug Administration	食品藥物管理局
G		
GIS	Geographical Information Systems	地理信息系統
GSM	Global System for Mobile Communications	全球行動通訊系統
I		
IRPA	International Radiation Protection Association	國際輻射防護協會
IARC	International Agency for Research on Cancer	國際癌症研究署
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection	國際非游離輻射防護委員會
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	電機電子工程師學會
IoT	Internet of Things	物聯網
L		
LSTEN	Lithuanian Standards in English	英國立陶宛標準
M		
MPBST	Mobile Phone Base Station Tower	行動電話基地台
MOT	Motor Screening Task	動作檢查作業
MP	Mobile Phone	行動電話
MnSOD	Manganese Superoxide Dismutase	錳超氧化物歧化酶
mmW	millimeter-Wave	毫米波
MDA	Malondialdehyde	丙二醛
mRNA	messenger RNA	訊息核糖核酸
MIC	Ministry of Internal Affairs and Communications	日本總務省
N		
NRPB	National Research Program for Biopharmaceuticals	生技醫藥國家型科技計畫
NTP	National Toxicology Program	國家毒理學計劃
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health	國家職業安全衛生研究所
NCC	National Communications Commission	國家通訊傳播委員會
O		
OSHA	Occupational Safety and Health Administration	職業安全與健康管理局

P

PET	Positron Emission Tomography	正子斷層造影
PCA	Principal Component Analysis	主成分分析
PCR	Polymerase Chain Reaction	聚合酶連鎖反應

R

RF	Radiofrequency	射頻
RFR	Radiofrequency Radiation	射頻輻射
RF-EMF	Radiofrequency Electromagnetic Field	射頻電磁場
RST	Radiation-Shielded Tube	輻射屏蔽管
RFW	Radiofrequency Waves	射頻波

S

SWM	Spatial Working Memory	空間工作記憶
SOD	Superoxide Dismutase	超氧化物歧化酶
SD	Standard Deviation	標準差
SAR	Specific Absorption Rate	特定吸收率
SSM	Swedish Radiation Safety Authority	瑞典輻射安全局

T

T-AOC	Total Antioxidant Capacity	總抗氧化能力
-------	----------------------------	--------

U

UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	通用行動通訊系統
------	--	----------

V

VGCC	Voltage-Gated Calcium Channel	電壓門控鈣通道
------	-------------------------------	---------

W

WHO	World Health Organization	世界衛生組織
-----	---------------------------	--------

X

XBP1	X-box binding protein 1	轉錄因子
------	-------------------------	------

Z

ZF	Zebrafish	斑馬魚
----	-----------	-----

附錄二 WHO 報告(含 IARC 文件)

文件來源：衛福部國民健康署網站

(<https://www.hpa.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=576&pid=901>)

世界衛生組織193號報告

發表日期：2014年10月

電磁場與公共衛生：行動電話

重要事實

- 行動電話的使用非常普遍，估計全世界已有 69 億用戶。
- 國際癌症研究機構將行動電話造成的電磁場列為可能導致人類癌症的物質。
- 目前正在進行研究，以評估使用行動電話可能造成的長期影響。
- 世界衛生組織將於 2016 年就射頻電磁波之暴露作正式的健康風險評估。行動電話已成為現代通訊的重要一環。在許多國家，超過一半以上的人口都在使用行動電話，且市場正在迅速發展之中。2014年末，估計全世界約有69億行動電話用戶。在某些地區，行動電話是最可靠或是唯一可使用的通訊方式。鑑於行動電話使用者數量極大，對於任何潛在的公共衛生影響進行調查、了解和監測，是重要的。

行動電話通訊，是藉由蜂巢網路式之固定天線(稱為基地台)發射射頻電磁波。射頻電磁波也是電磁場(波)之一部分，但它與 X 射線或伽瑪射線等游離輻射是不同的，射頻電磁波不會破壞化學鍵，也不會對人體造成游離作用。

暴露程度

行動電話是低功率的射頻電磁波發射器，其使用之頻率為 450 至 2700 百萬赫(MHz)，峰值功率約為 0.1 至 2 瓦。只有行動電話打開時才會傳輸功率，當距離行動電話愈遠，其功率(也就是使用者暴露到的射頻電磁波)也會迅速衰減。因此，當使用者與行動電話保持 30 到 40 公分之距離時--例如發送簡訊、上網或使用「免持」裝置等，其射頻電磁波的暴露量會遠低於將行動電話緊靠耳邊之使用者。

通話時，除了使用「免持」裝置以保持行動電話遠離頭部和身體外，限制通話次數與時間，也會減少暴露量。在通訊良好的地區使用電話，也可以降低暴露量；因為通訊良好，讓電話傳輸所需要的功率減小。另外，使用市售裝置來降低射頻電磁波，並未被證實是有效的。

一般在醫院裡或飛機上，通常都禁止使用行動電話，因為射頻信號可能會對某些電子醫療裝置和導航系統造成干擾。

是否有任何健康影響？過去二十幾年已進行了相當多的研究，以評估使用行動電話是否會有潛在的健康風險。迄今為止，尚未證實使用行動電話會對健康造成不良效應。

短期影響

組織增熱--是射頻能量與人體相互作用的主要機制。行動電話所使用的頻率，其大部分之能量由皮膚或其他表面組織所吸收，也會致使大腦或身體其他器官產生些微的溫度升高。

有一些研究針對志願者調查射頻電磁波對腦電波活動、認知功能、睡眠、心率和血壓的影響。但迄今為止，尚未有一致研究證據能證明，暴露在低於產生組織增熱強度下之射頻電磁波，會有不良的健康效應。此外，研究結果也不支持一些自述症狀(如「電磁場過敏症」)與電磁場有因果關係。

相反的，研究結果清楚地表明，開車時使用行動電話(無論是手持或免持)，發生道路交通事故的危險會加大。在一些國家，開車時使用行動電話是被禁止或不鼓勵的。

長期影響

研究射頻電磁波潛在長期風險之流行病學研究，大都在調查使用行動電話與罹患腦瘤之間的相關性。由於許多癌症在交互作用誘發的多年後，仍未能被偵測出來，且行動電話是遲至 1990 年代初期才被廣泛使用；因此，目前的流行病學研究，都只能評估誘導期較短之癌症。然而，動物研究結果均顯示，長期暴露於射頻電磁波並沒有增加罹患癌症之風險。

一些大規模的跨國性流行病學研究已陸續完成或進行中，包括病例對照研究與追蹤成年人健康情形的前瞻性世代研究。迄今為止，流行病學研究結果並未提出一致證據，證明射頻電磁波之暴露與任何不良健康效應之因果關係。然而，這些研究有諸多的限制因素，以致於無法完全排除其中的關聯性。

國際癌症研究署(IARC)協調組成了一個 INTERPHONE 回溯性病例對照研究，其目的在探討成年人使用行動電話是否與罹患頭頸部癌症有關聯性。在彙總 13 個參與研究國家的資料並加以分析後，並未發現使用行動電話 10 年以上者，罹患神經膠質瘤或腦膜瘤的風險增加；有些微跡象顯示，累計使用時間最長之前 10% 使用者，其罹患神經膠質瘤的風險是增加的，然而，使用時間更長與風險增加之間，並無一致性的趨勢。研究人員的結論是：一些偏差和誤差，限制了研究結論的確定性，導致無法做成因果關係之解釋。

儘管 INTERPHONE 之研究結果未能確立罹患腦瘤的風險增加，但行動電話使用增加且又缺乏 15 年以上使用者的數據，使得進一步進行行動電話使用與腦瘤風險研究，有其必要性。特別是近年來，青少年使用行動電話大大普及，也使終生暴露的期間可能加長，世界衛生組織已積極促請對這個族群做更進一步的研究。一些調查兒童和青少年潛在健康影響之研究，已在進行中。

暴露限值之準則

行動電話使用者之射頻電磁波暴露限值，是以比吸收率(Specific Absorption Rate, SAR—人體每單位質量吸收的射頻能量)表示之。目前，除了正接受醫療診治的患者外，勞工和一般民眾的暴露準則(值)已由兩個國際機構[1,2]制訂完成。這些準則是基於對現有科學證據的詳細評估。

世界衛生組織之回應

為回應大眾與政府的關注，世界衛生組織於 1996 年展開了國際電磁場計劃，以評估電磁場所可能產生之不良健康效應的科學證據。世界衛生組織將於 2016 年就射頻電磁波之暴露作正式的健康風險評估；在此同時，國際癌症研究署(IARC)—世界衛生組織的一個專業機構，也預計於 2011 年 5 月，針對行動電話致癌的可能性進行分析。

世界衛生組織並透過其研究規劃，促進並確立射頻電磁波與健康研究列入優先研究事項，藉以填補這段知識的空缺。

世界衛生組織已編製公共資訊，並鼓勵科學家、政府、產業和公眾之間展開對話，以增進對行動電話潛在不良健康風險之認識。

1. 國際非游離輻射防護委員會：「限制暴露於時變電場、磁場、電磁場等的準則」聲明(up to 300 GHz) (2009 年)。

2. 電機電子工程師協會 2005 年 IEEE Std C95.1 (電機電子工程師協會「人體暴露於射頻電磁場的安全標準值」)。

WHO Media centre

Telephone: +41 22 791 2222

E-mail: mediainquiries@who.int

WHO193 號文件原文網址：

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/en/index.html>



IARC (國際癌症研究署)將射頻電磁場歸類列為人類可能致癌因子

2011 年 5 月 31 日，法國里昂一國際衛生組織轄下之國際癌症研究署，依據使用無線手機與增加罹患神經膠質瘤(一種惡性腦癌)之風險，已將射頻電磁場歸類為人類可能致癌物(歸類 2B)。

背景

過去幾年，對於暴露於無線通訊設備所發出之射頻電磁場，是否會引發可能之不良健康效應，已引起大眾日益關切。經估計全球現今已有 50 億支行動電話在使用著。

2011 年 5 月 24-31 日，一個由 14 個國家 31 位科學家所組成之工作小組，在法國里昂之 IARC 會議中，評估射頻電磁場暴露與潛在之致癌危害。該評估結果將發表於 IARC 專刊 102 冊，也是在針對太陽輻射(第 55 冊)、游離輻射(第 75、78 冊; X 射線，加馬射線，中子，放射核種)、非游離輻射(第 80 冊，極低頻電磁場)之物理性質後，所發表之第 5 份專刊。

IARC 專刊工作小組討論研商，這些射頻暴露會引發長期健康效應之可能性，特別是針對增加癌症之風險。此議題與大眾健康有關，由於行動電話使用人數日益大量增加，尤其是在青少年與兒童族群之中。

IARC 專刊之工作小組已經討論並評估過，下列有關射頻電磁場暴露之內容：

- 雷達與微波之職業暴露;
- 有關射頻信號傳輸、電視與無線通訊之環境暴露;
- 無線電話使用與個人暴露。

許多國際專家協助參與解決繁複之暴露數據、人類癌症研究、動物癌症研究，以及其他與癌症有關因子等分析工作。

結果

所有證據經過審嚴密的回顧之後，整體上在於有限度的評估無線電話使用者與神經膠質瘤和聽神經瘤的關係;但對其他癌症而言，定下此結論仍不恰當。而從上述職業與環境暴露而來之證據，也同樣被認為不恰當。此工作小組沒有量化該風險;但是，一項針對使用過行動電話者(至 2004 年止)之研究顯示，最重量級之重度行動電話使用者中(每天使用超過 30 分鐘且使用 10 年以上)，有增加 40%罹患神經膠質瘤的風險。

結論

依工作小組總主席，Jonathan Samet 博士指出：「從持續累積之證據足以支持將之歸類為 2B 的結論。該結論顯示有風險存在的可能，因此吾人必須持續嚴密關注行動電話與癌症風險之關連性。」

IARC 主任 Christopher Wild 表示：得知此公共衛生歸類與發現之潛在結果後，增加針對長期高度使用手機者之研究是很重要的。在尚未獲有該項資料之前，以務實方式使用免持裝置或簡訊

來減少暴露是重要的。

該工作小組已研讀過上百篇論文，其完整文獻目錄將會在專刊刊載發表。還有件事值得一提：數篇近期參與 Interphone Study 計畫之論文，在徵得同意刊登後，工作小組也會加以提供，並列入此次的評估。

一篇有關 IARC 工作小組，針對射頻電磁場與手機使用致癌危害之評估，其主要結論之精要報告將在七月一日於 The Lancet Oncology 期刊發表，近日內可上網查閱。

電磁場與公共衛生 暴露於極低頻電磁場

電力使用在日常生活中無可或缺。在電流傳輸過程中，電場及磁場存在於電力傳輸線及電器用品周圍。從 1970 年代末期起，有關極低頻率（ELF）電場及磁場（EMF）暴露的健康危害疑慮逐漸升高，至今科學界已成功地解決不少重要議題，並縮小未來研究的焦點。

世界衛生組織（WHO）於 1996 年建立國際電磁場計畫（International Electromagnetic Fields Project）以研究科技產品電磁場所引起的潛在健康風險。最近 WHO 的專案小組已經完成極低頻電磁場與健康之相關文獻回顧（WHO, 2007）。這份說明書以該專案小組之研究發現為依據，並更新 2002 年由 WHO 支助的國際癌症研究署（International Agency for Research on Cancer, IARC）與 2003 年國際非游離輻射防護委員會（International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP）所發表的極低頻電磁場健康效應文獻回顧。

極低頻電磁場的來源與其暴露下的住宅

電磁場存在於電流通過的地方，如電線、纜線、住宅配線以及電器用品中。電場因電荷產生，測量的單位是「伏特/公尺」（V/m），並可被一般的材質，如木頭或金屬等隔絕。磁場因電荷的流動（電流）產生，測量單位是「特士拉」（tesla, T），但一般以「毫特士拉」（millitesla, mT）或「微特士拉」（microtesla, μ T）表示，某些國家則採用「高斯」（gauss, G, $10,000\text{ G}=1\text{ T}$, $1\mu\text{T}=10\text{ mG}$ ），磁場可輕易穿透一般物質，很難屏障。無論電場或磁場，強度都和距離有關，距離發射源越遠，強度就越弱。

多數電力以每秒 50-60 次的頻率運轉，稱為「赫」（Hertz, Hz）。在某些電器設備周遭，磁場強度可以達到數百至數千毫高斯（mG）。位於電線下方的磁場強度大約為 200 mG，而電場強度可達每公尺數千伏特；不過住宅區的平均磁場強度遠低於這個數值，在歐洲大約是 0.7 mG，北美則為 1.1 mG。住家電場強度平均為每公尺數十伏特。

專案小組評估

2005 年 10 月，WHO 召集科學專家成立專案小組，評估暴露頻率範圍在 0 到 100,000 赫之極低頻率電場及磁場對健康的風險。IARC 於 2002 年主要回顧極低頻電磁場與癌症的關連性，而 WHO 的專案小組則針對數種健康效應進行回顧，並且更新與癌症相關之研究證據。其結論與建議發表於 2007 年 WHO 出版的「環境衛生標準專論」（WHO Environmental Health Criteria monograph）。

根據健康風險評估的標準程序，專案小組的結論是，目前一般大眾可能的電場暴露，並沒有實質的健康疑慮。因此本說明書的重點，主要是暴露於極低頻磁場的效應。

短期效應

目前已有足夠證據顯示，短時間暴露於高強度（遠高於 1000 mG 以上）之磁場會產生明確的生物物理反應。外來的極低頻率磁場會誘發體內電場及電流，若為高強度時會刺激神經與肌肉，並改變中樞神經系統中神經細胞的反應強度。

潛在之長期效應

兒童白血病是探討長期暴露於極低頻磁場的風險研究焦點。2002 年國際癌症研究署發表的專文，將極低頻率磁場歸類為「可能致癌物」（對於人類），表示目前對極低頻磁場導致人類癌症的證據有限，在動物實驗中也沒有足夠證據支持其致癌性（咖啡以及焊接煙均屬此類）。該分類是根據綜合分析流行病學研究，顯示暴露在平均磁場強度超過 3 至 4mG 之住宅者，兒童罹患白血病之危險性增加為兩倍。專案小組認為，其後的新研究，並未改變原本的致癌分類。然而，流行病學證據會因為研究方法的問題而削弱，例如潛在的抽樣誤差。另外，目前暴露於低劑量電磁場與癌症發展之生物物理學機制仍未有定論，因此，如果低劑量暴露會造成任何健康效應，可能是經由未知的生物機轉。除此之外，動物實驗結果多半未能證實兩者的相關，因此，綜合目前兒童白血病之證據，仍不足以支持因果關係。

兒童白血病是一種比較罕見的疾病，在 2000 年，估計全世界發生 49,000 個新案例，而住家平均磁場強度超過 3 mG 者很少見，據估計大約只有 1%至 4%的兒童居住於此種環境。若磁場暴露與兒童白血病具因果關係，根據 2000 年之數據，應有 100 至 2,400 個兒童白血病新案例可歸因於極低頻磁場暴露，亦即 0.2% 至 4.95%的發生率。從全球的觀點來看，如果極低頻磁場確實增加致病的風險，其對公共衛生的影響也很有限。

許多研究探討極低頻磁場對健康的其他可能危害，包括其他兒童癌症、成人癌症、憂鬱、自殺、心血管功能異常、生殖障礙、發展異常、免疫功能變化、神經行為效應，以及神經發展疾病。WHO 專案小組的結論是，這些可能危害之科學證據較兒童白血病之研究結果更為薄弱。以心血管疾病與乳癌為例，證據顯示磁場暴露不是導致這兩種疾病的原因。

國際暴露指引

國際上已確認短期暴露於高強度磁場的健康效應，有兩份國際暴露指引，分別由國際非游離輻射防護委員會於 1998 年與電機與電子工程師學會於 2002 年發表。目前，這兩個組織認為，長期、低劑量極低頻磁場暴露可能引起健康效應的科學證據，不足以支持降低其暴露建議值。

世界衛生組織指引

短期暴露於高強度電磁場造成之健康危害已經科學證實（ICNIRP, 2003），為保護勞工與一般大眾，政策制定者應採行國際暴露指引。在電磁場強度預期超過規範值處，電磁場保護計畫應包括暴露強度的測量。

至於長期效應，由於極低頻率磁場的暴露與兒童白血病相關的證據薄弱，因此降低暴露的健康效益不明確，有鑒於此，世界衛生組織建議：

- 政府與產業應監測科學進展並鼓勵相關研究，以降低極低頻電磁場暴露造成健康效應之科學證據的不確定性。經由極低頻電磁場風險評估，已經確認科學應補強的地方，可據以研擬新研究計畫。
- 鼓勵會員國邀集利益相關者建立有效且開放的溝通方案，以確保在資訊公開的情況下進行決策，包括規劃設置產生極低頻電磁場的設施時，改善與產業、地方政府與民眾的協調溝通。
- 在修建新設施和設計新儀器時（包括電器用品），可嘗試發展低成本降低暴露的方法。降低暴露的適宜方法因國情而異，但不該採行不合理低暴露規範的政策。

進一步讀物：

WHO- World Health Organization. Extremely low frequency fields. Environmental Health Criteria, Vol. 238. Geneva, World Health Organization, 2007.

IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. Lyon, IARC, 2002 (Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 80).

ICNIRP - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Exposure to static and low frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (0-100 kHz).

Bernhardt JH et al., eds. Oberschleissheim, International Commission on Non-ionizing Radiation Protection, 2003 (ICNIRP 13/2003).

ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (1998). Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 74 (4) 494-522.

IEEE Standards Coordinating Committee 28. IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electromagnetic fields, 0-3 kHz. New York, NY, IEEE - The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2002 (IEEE Std C95.6-2002).

聯絡方式

WHO Media centre

Telephone: +41 22 791 2222

E-mail: mediainquiries@who.int

WHO322 號報告原文網址：

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs322/en/index.html>

(本說明書由台大公衛學院健康風險及政策評估中心協助翻譯)

電磁波與公眾健康

基地台及無線科技

行動通訊已經普及於世界各地，這些無線技術須仰賴基地台(Base Station)或固定天線所組成的大規模網路，發射射頻(RF)訊號以進行通訊。目前全球基地台總數超過 140 萬台，而隨著第三代行動通訊(3G)技術的引進，基地台的數量也將顯著增加。

在住家、辦公室與許多公共場合(機場、學校、住宅與都會區)提供高速上網和服務的其他無線網路，如無線區域網路(WLAN)也越來越普遍。隨著基地台和無線區域網路的成長，民眾在射頻訊號的暴露值也隨之增加。根據最新的調查顯示，基地台之射頻訊號暴露值，為國際暴露值標準的 0.002% 到 2%，端賴天線的距離、周遭環境等多項因素而定，此暴露值低於或相當於廣播或電視電台的射頻訊號暴露值。

有人憂慮暴露在無線科技射頻訊號的電磁場強下，可能會對健康造成影響。本文件係以科學證據探討人體持續暴露在基地台與其他區域無線網路下，是否會對人體健康產生影響。

健康顧慮

基地台和無線區域網路可能使全身長期暴露在射頻領域下，是否對健康造成影響，這是一個常見的顧慮。但到目前為止，科學證據指出，射頻領域唯一的健康效應為體溫升高(大於攝氏一度)而且只有在特定工業用的射頻強度，如傳播射頻訊號加熱器(RF heaters)才會發生。基地台和無線網路的射頻訊號暴露值極低，人體上升的溫度根本微不足道，不會影響人體健康。

射頻訊號電磁場強度在發射源處最高，且會隨著距離迅速減少。民眾接近基地台天線之距離，必須有所限制，因為射頻訊號可能超過國際暴露值限制。根據最新調查顯示，在公共地區(包括學校和醫院)基地台和無線科技造成的射頻暴露值通常只有國際標準的數千分之一。

事實上，在基地台射頻訊號的暴露值與 FM 電台和電視一樣時，人體吸收 FM 電台和電視頻率(在 100 MHz 左右)的暴露值卻為基地台及無線通訊頻率(900 MHz 及 1800MHz)的 5 倍。這是因為 FM 電台和電視的頻率較低，波長較長，人體成為 FM 電台和電視台有效率的接收天線。再者，廣播和電視的運用已超過 50 年，至今沒有被證實對人體有負面的健康影響。

雖然大多數無線電廣播都使用類比訊號，現代無線通訊技術卻使用數位傳輸訊號。到目前為止，依科學文獻研究並未顯示以上二種射頻訊號會造成特定的健康危害。

癌症：媒體或部份零星報導指出，在行動電話基地台附近有多人罹患癌症，已引起大眾強烈關切。在此應予強調的是，就地理位置而言，癌症在任何人群的分佈都呈不均勻的現象。由於基地台分佈極廣，在基地台附近有多人罹患癌症很可能只是巧合。除此之外，報導的癌症

患者通常罹患多種不同癌症，彼此間並無共通特性，因此基地台及無線科技不太可能是癌症的共通成因。

癌症人口分佈的科學證據，需透過精心規劃執行的流行病學研究而取得。在過去 15 年間，學界曾發表檢討射頻發射器和癌症潛在關係的研究。這些研究並未證實，發射器產生的射頻訊號暴露會增加致癌風險。而長期的動物研究也未能證明暴露在射頻訊號的電磁場領域下會增加致癌風險，甚至在使用強度遠超過基地台和無線網路之國際暴露標準值的實驗下亦不會增加致癌風險。

其他影響：很少的研究調查是針對個人暴露在基地台射頻電磁場強下，對整體健康所產生的影響。這是因為很難區分影響變數是來自於基地台微弱訊號，還是來自環境中其他高強度射頻訊號。大多數研究都聚焦在手機使用者的射頻訊號暴露值上。人體與動物研究使受測者暴露在類似手機的射頻電磁場強度下，測試腦電波、認知功能和行為，結果並未發現負面健康效應。和一般大眾暴露在基地台和無線網路下的射頻暴露值相比，這些研究使用的射頻超過國際暴露標準值約 1,000 倍以上。另外，研究亦顯示，並未發現會影響睡眠或心血管功能的相關證據。

部分人士表示，如果他們暴露在基地台或其他電磁波裝置的射頻電磁場強下，會產生不特定的徵狀。根據 WHO 最近 296 號一份「電磁波超敏感症」"Electromagnetic Hypersensitivity" 概要說明書(Fact Sheet)，沒有證據顯示電磁場會導致這些徵狀。無論如何，了解並體諒這些民眾身體不適的症狀，是很重要的。

根據目前所有收集的研究證據顯示，基地台產生的射頻信號，不會對人體健康造成短或長期的負面影響。因無線網路設備所產生的射頻信號又低於基地台，可據此推論，該結果應適用於無線網路。

防護標準

國際非游離輻射防護委員會 (ICNIRP, 1998)和電機電子工程師學會(IEEE, 2005)之所以制訂國際暴露值標準，目的在於提供暴露在射頻電磁場強的有效規範，以防止已知的不良影響。

各國政府應採用國際標準保護民眾，避免暴露於過量的射頻訊號環境，並限制民眾接近暴露值可能超過標準的區域。

大眾對風險的認知

部分人士認為，射頻訊號暴露可能造成風險，甚至可能是嚴重危害。民眾恐懼的原因包括媒體宣布未經證實的科學研究，導致民眾的安全疑慮增高，以及感到可能有未知或未發現的危險，其他原因包括視覺的美觀、缺乏對基地台設置地點的掌控及設置過程參與無法提供意見。經驗指出，透過教育及有效溝通，民眾與其他相關人士在基地台設置前參與決策過程，可提升大眾信心與接受度。

結論

綜觀既有之國際暴露水準及至今收集的科學研究資料，沒有可靠的科學證據顯示，基地台和無線網路產生的微弱射頻訊號會導致人體負面的健康影響。

世界衛生組織方案

世界衛生組織透過國際電磁場專案，已建立監控電磁場科學文獻的機制，以便評估暴露在 0 到 300 GHz 電磁場下對健康的影響，提供潛在電磁場危險的建議，並確認適當的防治措施。在廣泛的國際討論後，該國際電磁場專案推廣研究來以填補知識不足之處。在過去 10 年間，各國政府和研究機構也相對提供 2 億 5 千萬美元的電磁場研究資金。

雖然並不認為暴露在基地台與其他區域無線網路射頻電磁場會對人體健康產生影響，世界衛生組織仍然推動研究更高強度的手機射頻暴露是否會對人體健康產生任何影響。

WHO 下屬的專業國際癌症研究機構 (IARC) 將於 2006 到 2007 年檢討射頻訊號電磁場的致癌風險，國際電磁波專案屆時將於 2007 到 2008 年整體評估射頻訊號電磁場強的健康風險。

參考資料

ICNIRP (1998) <http://www.icnirp.org/documents/emfgdl.pdf>

IEEE (2006) IEEE C95.1-2005 IEEE 人體射頻電磁場暴露值安全標準 (3 kHz 到 300 GHz) (於 2006 年度 4 月出版)

相關連結

[Basestations&wirelessnetworks:Exposures&healthconsequences](http://www.who.int/peh-emf/meetings/base_stations_june05/en/index.html) (http://www.who.int/peh-emf/meetings/base_stations_june05/en/index.html)

- [Factsheet:Electromagneticfieldsandpublichealth:ElectromagneticHypersensitivity](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs296/en/index.html) (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs296/en/index.html>)

- [WHOhandbookon"EstablishingaDialogueonRisksfromElectromagneticFields"](http://www.who.int/peh-emf/publications/risk_hand/en/index.html) (http://www.who.int/peh-emf/publications/risk_hand/en/index.html)

- [2006WHOResearchAgendaforRadioFrequencyFields\[pdf791kb\]](http://www.who.int/peh-emf/research/rf_research_agenda_2006.pdf) (http://www.who.int/peh-emf/research/rf_research_agenda_2006.pdf)

詳細資料請洽

世界衛生組織 媒體中心

電話 : +41 22 791 2222

電子郵件: mediainquiries@who.int

WHO304 號報告原文網址：

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs304/en/index.html>

電磁場與公共衛生

電磁場過敏症

隨著社會工業化和技術革命演進，電磁場來源的數量和多樣性已急遽增加。這些來源包括電腦、行動電話及其基地台等設備。雖然這些裝置使我們的生活更豐富、更安全和更便利，但是伴隨它們而來的，是對其所可能產生電磁場健康風險的關切。

近年來有些人，認為他們的許多健康問題與電磁場暴露有關。有些個案指出，在儘可能避免磁場暴露時，過敏反應會減輕，另外有些個案則受到嚴重影響，必須停止工作或改變其全部生活方式。這種對電磁場產生敏感反應的情形，一般稱為“電磁場過敏症”。

本報告描述關於這種狀況的已知知識，並提供資訊以幫助有此類症狀的人。提供的資訊以世衛組織電磁場過敏症工作坊（捷克布拉格，2004 年）、電磁場與非特異性健康症狀國際會議（COST244bis，1998 年）、歐盟報告（Bergqvist 和 Vogel，1997 年）以及近期文獻回顧為基礎。

什麼是電磁場過敏症？

電磁場過敏症的表徵是多重非特異性症狀，可歸因於電磁場暴露而使個人遭受痛苦。這些常見的症狀包括皮膚症狀（發紅、刺痛感和燒灼感）以及神經衰弱和其他不適症狀（疲乏、勞累、不專心、眩暈、噁心、心悸和消化障礙）。這些症狀的聚集並非任何已知症候群的一部分。

電磁場過敏症很像多種化學物質過敏症—另一種與化學物質低量環境暴露有關的病症。以上兩者的特點均為一系列非特異性症狀，缺乏明顯的毒理學或生理學基礎或獨立的驗證。對環境因素過敏的狀況一般稱為突發性環境不相容（Idiopathic Environmental Intolerance (IEI)），這個新名辭源自世衛組織國際化學品安全規劃 1996 年在柏林舉辦的工作坊。突發性環境不相容是一個描述詞，沒有涉及任何化學病因、免疫過敏症或電磁場易感性的含意。突發性環境不相容包括許多普遍對人們產生不適感覺，在醫學上不易解釋的相似而非特異性症狀。但是，鑒於電磁場過敏症這一術語已普遍使用，此處將繼續使用這一術語。

盛行率

一般人群中的電磁場過敏症盛行率已有非常廣泛的估計。一項職業醫學中心調查估計，電磁場過敏症為每百萬人口有幾人。但是另一項(病人)互助團體的調查，卻有高出甚多的估計值，而其中約 10% 電磁場過敏症的報告個案被認為是嚴重個案。

電磁場過敏症盛行率和症狀方面，也存在著相當大的地域差異。在瑞典、德國和丹麥報告的電磁場過敏症發生率比英國、奧地利和法國高。終端顯示螢幕(VDU)相關的症狀在北歐各國比較普遍，而且，它們比歐洲其他地方更常見到皮膚病症有關表徵。與電磁場過敏症個案所報告相類似的症狀，在一般人口中也是相當常見的。

關於電磁場過敏症個案的研究

已有若干研究正進行電磁場過敏症個體暴露於電磁場之探討，目的是在控制的實驗室條件下誘發症狀。

大多數研究指出，電磁場過敏症個體不能比非電磁場過敏症個體更準確地發現電磁場暴露。

精心控制和雙盲研究已顯示症狀與電磁場暴露無關。

有人表示，某些電磁場過敏症個體感受的症狀可由與電磁場無關的環境因素引起。例子包括 螢光燈的“閃爍”，強烈刺眼的光和視頻顯示單位的其他視覺問題，以及電腦工作站的人因 工程設計不佳。可起作用的其他因素包括工作場所或生活環境的室內空氣品質或壓力。

還有一些研究指出，這些症狀可能由已存在的精神病症以及因擔憂電磁場健康效應而引起，而不是電磁場暴露本身引起。

結論

電磁場過敏症的特點是因個案而異的多種非特異性症狀。這些症狀當然是真實的，並且其嚴重程度可有很大差別。無論其原因如何，電磁場過敏症對受影響的個體而言，足以導致失能。電磁場過敏症沒有明確的診斷標準，也沒有科學根據將電磁場過敏症症狀與電磁場暴露聯繫在一起。此外，電磁場過敏症不是醫學診斷，是否為單一的醫學問題也不明確。

醫生：對受影響個案的治療應注重健康症狀和臨床表徵，而不是依據病人的主觀感受減少或消除工作場所或家中的電磁場。需以下評估：

- 醫學評估，查明和治療可能造成這些症狀的任何特殊狀況，
- 心理評估，以查明可能導致這些症狀的其他精神/心理狀況，
- 評估工作場所和家中可能造成這些症狀的原因，包括室內空氣污染、噪音過高、不良照明品質（閃爍的燈光）或人因工程因素等。可適當的舒解壓力和進行工作環境的 其他改善措施。

對於有長期持續症狀和嚴重障礙的電磁場過敏症個案，治療應主要集中於減少症狀和功能障礙。這應與合格醫學專科醫師（處理症狀的醫學和心理方面）和公衛學者（查明並在必要時 控制環境中已知對患者不良健康影響有關的因素）密切合作進行。

治療的目的應是建立有效的醫病關係，幫助制定策略應付當前情況，並鼓勵患者恢復工作和 過正常的社會生活。

電磁場過敏症個案：除由專業人員治療外，(病人)互助團體可以成為電磁場過敏症個體的寶貴資源。

政府：政府應就電磁場的潛在健康危害向電磁場過敏症個案、衛生醫療專業人員和雇主提供 適當的平衡的資訊。這些資訊應包括明確聲明，目前不存在電磁場過敏症與電磁場暴露之間 關聯的科學根據。

研究人員：一些研究表明，電磁場過敏症個體的某些生理反應往往超出正常範圍。特別是，有必要在臨床調查中進一步研究中樞神經系統的過度反應和自主神經系統的不平衡，並將這些神經系統反應當作可能治療的考量因素。

世衛組織正在開展哪些工作

世衛組織透過國際電磁場計畫，正在確定研究需求和協調跨國的電磁場研究計畫，使我們能更瞭解與電磁場暴露有關的任何健康風險。重點特別放在低頻電磁場的可能健康後果。關於國際電磁場計畫和電磁場效應的資訊在一系列文件 (fact sheets) 中以數種語言提供 www.who.int/emf/。

進一步讀物：

WHO workshop on electromagnetic hypersensitivity (2004), October 25 -27, Prague, Czech Republic, www.who.int/peh-emf/meetings/hypersensitivity_prague2004/en/index.html

COST244bis (1998) Proceedings from Cost 244bis International Workshop on Electromagnetic Fields and Non-Specific Health Symptoms. Sept 19-20, 1998, Graz, Austria

Bergqvist U and Vogel E (1997) Possible health implications of subjective symptoms and electromagnetic field. A report prepared by a European group of experts for the European Commission, DGV. Arbete och Hälsa, 1997:19. Swedish National Institute for Working Life, Stockholm, Sweden. ISBN 91-7045-438-8.

Rubin GJ, Das Munshi J, Wessely S. (2005) Electromagnetic hypersensitivity: a systematic review of provocation studies. Psychosom Med. 2005 Mar-Apr;67(2):224-32

Seitz H, Stinner D, Eikmann Th, Herr C, Roosli M. (2005) Electromagnetic hypersensitivity (EHS) and subjective health complaints associated with electromagnetic fields of mobile phone communication---a literature review published between 2000 and 2004. Science of the Total Environment, June 20 (Epub ahead of print).

Staudenmayer H. (1999) Environmental Illness, Lewis Publishers, Washington D.C. 1999, ISBN 1- 56670-305-0.

WHO296 號報告原文網址：<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs296/en/index.html>

**ICNIRP NOTE: CRITICAL EVALUATION OF TWO RADIOFREQUENCY
ELECTROMAGNETIC FIELDANIMAL CARCINOGENICITY STUDIES PUBLISHED IN
2018**

Abstract

Final results are now available from two large animal studies that investigated whether long-term exposure to radiofrequency (RF) electromagnetic fields (EMFs) associated with mobile (or cell) phones or base stations is carcinogenic; these studies hale from the US National Toxicology Program (NTP) and the Ramazzini Institute in Italy, respectively. In both cases, the authors concluded that they had demonstrated that RF EMFs are carcinogenic in male rats but not in female rats or mice (NTP only). The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) has evaluated their methods and findings for potential in formation about the carcinogenicity of exposure to RF EMFs. We found that these studies had important strengths; for example, both followed good laboratory practice (GLP), both used much larger numbers of animals than previous research, and both exposed animals over the whole of their lives. We also noted some major weaknesses, including a lack of blinding, difficulties interpreting statistical analyses due to the association between longer lifespans and tumor occurrence in the exposed rats (NTP only), and failure to account for chance. ICNIRP concluded that these substantial limitations preclude conclusions being drawn concerning RF EMFs and carcinogenesis.

ICNIRP 警告：出版於2018年中兩種射頻電磁場致癌性研究的嚴重評估

摘要

調查長期暴露於行動電話或基地台之相關射頻(RF)電磁場(EMFs)是否會致癌的兩個較大動物研究中得到的最後結果；這些研究分別來自美國國家毒理學計劃(NTP)與義大利的 Ramazzini 研究所。於這兩種案例中，作者得出射頻電磁場在雄性大鼠上會造成致癌，但於雌性大鼠或幼鼠(只有 NTP)則不。國際非游離輻射防護委員會(ICNIRP)針對暴露於射頻電磁場的致癌原因之可能性而評估了他們的方法與發現。我們發現這些研究都具有很重要的優勢；舉例來說，兩者都遵循著好的實驗作法(GLP)，都使用比先前研究中還要大量的動物數量，並且全天對動物作暴露。我們也注意到一些主要的缺失，包含缺少盲測，受暴露之大鼠中較長壽命與腫瘤的產生有著難以解釋的統計分析(只有 NTP)，以及針對偶發性的失敗描述。ICNIRP 得出這些實質性的限制排除了有關射頻電磁場與致癌性之結論。

附錄四 國外媒體報導(一)

EMF Dangers-The BIG Cover-Up And What You Can Do About It.

EMF dangers... is there a cover-up? Collusion? Conspiracy? What's the difference? And, what's the use?

The term "cover-up" is self-defining. Something is covered up; concealed.

In this case, the truth about the health hazards of EMFs (electromagnetic fields) or EMR (electromagnetic radiation) is suppressed; held down and discounted.

As for collusion and conspiracy, I have read dozens of definitions, all of which blurrrrrr the difference between the two. Makes my head explode.

To keep it simple, I like to think of it as two or more entities working together to accomplish increasing levels of deceit. Collusion, cover-up, conspiracy. They are all inter-related. And they all spell corruption.

The Who and Why of Collusion

We know the names and entities. It's clearly about \$\$\$.

Cell Phone Companies

WiFi Providers

Utility Companies and "Smart Meters"

Manufacturers of Electronic Devices

Government

3rd Party Advertisers

Lobbyists

They work together to perpetuate and expand their industries. Since they are enabled by government, their dealings are technically legal, but not necessarily ethical. It all adds up to money, money, money.

Did I say, "...not necessarily ethical"?

There are:

No pre-market studies proving the safety of this technology.

No long-term studies proving the safety of this technology.

"Safety standards" are seriously out-of-date and irrelevant to current usage.

No opportunity for an individual to opt-out of this ubiquitous technology.

It is EV-ery-where.

"Money makes the world go 'round." And we know who is ridin' high on the money.

Just how much money are we talking about?

The money is globally e-NOR-mous. The global revenue made from telecom services is expected to reach almost 2.4 trillion Euros in 2019 (roughly US \$2.88 trillion). The fastest-growing telecommunications market, is the Asia-Pacific region, followed by North America and Europe.

The cover-up

There is no doubt about EMF dangers, no doubt that electromagnetic radiation has a biological impact.

EMR/EMFs affect life at the cellular level –

- Causes DNA breakage
- Compromises the Blood-Brain Barrier

- Weakens the immune system
- Produces stress proteins
- Causes inflammation
- Disrupts cell communication
- Alters calcium function
- etc.

The above are well-documented, scientific facts.

The debate comes down to the question – does it matter? And, since people are not dropping dead left and right, we can afford to do some more research, says industry.

The truth is that there are close to 6,000 scientific, peer-reviewed research papers showing a strong correlation between electromagnetic radiation and a host of diseases and disorders.

The landmark study from the National Toxicology Program of the US Department of Health and Human Services concluded that there is “clear evidence” that radiation from cell phones causes cancer.

The research is robust and growing every day. However, industry-funded studies are almost two and a half times less likely than independent studies to find health effects.

How do they do it? We know the mechanics!

It’s about obscuring the truth and creating doubt in order to keep the \$\$\$ flowing — Just like the tobacco companies did between 1929 and 1990s. It’s easy, since consumers are fully on board.

There are important details in any study that must be meticulously adhered to and transparently reported. There are many ways that scientific mercenaries are able to misrepresent and minimize the truth of good research. They include:

Length of study—Research can simply be shortened, lacking sufficient duration to achieve results consistent with previous studies.

Choice of subjects—Lumping participants who rarely use their cell phones at all into a group of “heavy cell phone users,” predictably skews results.

The devil is in the details—Industry researchers are able to craft studies that are very close to the original, but leave out one important procedural detail, claiming that the results were not able to be replicated.

The whole truth and nothing but the truth—Research projects can be multifaceted. An announcement may quote a statement from a scientist regarding one small part of the project that seems to downplay the hazards of EMFs. But the announcement fails to cite subsequent statements of high concern, thus tipping the entire conclusion toward little concern.

Grouping dissimilar diseases together—It is true that not all kinds of brain tumors have increased. But some (Glioblastoma Multiform) have significantly increased. By lumping together all brain tumors, the alarming rise of GBMs is diluted.

Discredit the person(s)—Some brilliant and brave scientists have been accused of producing fraudulent findings, only subsequently to have been cleared. Regrettably, the reversal of the accusations are either not reported or buried in a subscript on the back page of something no one reads.

Do it till you get it right—Or till you get it wrong. If you repeat an experiment enough times, you will

eventually get some ambiguity. Could be because the subjects were compromised in some way. Or some procedure was mishandled. I read about one such experiment that was re-run over and over, until finally, the numbers were such that it could be reported as, “inconclusive.” In this particular case, a lot of dogs had to suffer to achieve the “wrong” results.

Realistic Exposure Levels - DDT: Dosage, Distance, and Time are all critical factors in determining relevant results.

Source of Funding- An examination of 59 studies on cell phone safety was conducted comparing sources of funding with results and conclusions. Industry-funded studies were least likely to report a statistically significant result that suggested cell phone usage could be hazardous to one’s health.

In spite of what I call “bureaucratic persecution,” good independent research continues to be published.

But remember – Industry and government agencies do not have to win the argument. They just have to keep the debate going. Keep doubt alive.

Consumers are complicit

Let’s face it. Consumers are willfully ignorant.

We want the latest and greatest, fastest, cutting-edge electronic devices, because we love our stuff.

Technology isn’t a nasty habit (like tobacco) or a disgusting chemical (like formaldehyde).

Technology is cool. Sexy. Smart. Exhilarating!

It is inextricably woven into the fabric of our culture and commerce. So, it makes it easy for industry-friendly research to appeal to the masses with a wait-and-see attitude. And media dare not publish too many research reports that would agitate their top-dollar advertisers.

Report it? Sometimes. Industry rebuttal? Always. “And now a word from our sponsors.” And confusion is perpetuated.

Could there be a high-level conspiracy?

This is speculative. If it exists, it is at such a high level that we would normally not be able to see it or identify entities and individuals. “They” may not be the same as their puppets involved in the collusion and cover-up, although they could be. Conspiracy is downright sinister.

This is about unprecedented power. If it does exist, “they” are playing for keeps.

Let’s think BIG for just a moment.

If someone wanted to absolutely rule a country (or the world), what would they need?

They would need an Infra-structure in place for surveillance and compliance assurance.

They would need to control technology in order to control information.

They would need to control financial transactions.

They would need to control the military.

Food, prescriptions, electricity, fuel, etc., all controlled by and the electrical grid.

They would want to keep the population dependent (if not addicted) to the services under their control.

Is this happening in some countries already?

I recently got a small taste of how dependent we are on technology and the electrical grid.

During an enormous storm that resulted in massive power outages in the Pacific Northwest, I had a mini apocalyptic experience. Restaurants were closed. Couldn’t buy gas for my vehicle. ATMs were

inoperative, so, couldn't get cash. Pharmacy's, markets, etc., all closed. No TV. It all went dark. For a short time, I became intensely aware of my dependence on the power grid and all that I have entrusted to those entities controlling it.

And I wondered – who will control the power grid in future decades ... and what tremendous dominance they could wield.

We can see and identify collusion and cover-up. But conspiracy is much more difficult. What is the end game of a conspiracy? Although highly speculative, I would venture that if there were a deeper conspiracy, money would be important; but only a side bar to the real goal – power... control.

Where could this possibly be going? Dr. Jeremy Naydler, author and philosopher writes about the disturbing scenario of the global electronic intelligence in, “5G –The Big Picture.” April, 2019 Retrieved from <https://takebackyourpower.net/5g-the-big-picture/>

And check out this edgy film, 5G APOCALYPSE – THE EXTINCTION EVENT. It is a full-length documentary by Sacha Stone exposing the 5G existential threat to humanity. If even half of this is true, yikes!

OK. The thought of a sinister conspiracy may be too big for right now. But tuck that thought in the back of your mind just in case it unfolds.

Let's get back to the “little guys.”

Your cell phone provider and your utility company representative are not the enemy. Like the rest of the public, they are largely unaware of the issues, and accept the information provided to them. So, go easy on them. They, too, are victims of the cover-up.

The truth about EMF is out there, but as you know, you have to pull back many layers of deceit to find it. And while you may not be able to control cover-up, collusion, and conspiracy, you can control many things in your own world. So, let's get to some solutions.

Five things you can do about this:

1/ Stay Woke. You do not have to be a victim of this cover-up.

Apart from this website here are some other great resources on EMF dangers:

The Environmental Health Trust: A wealth of both scientific knowledge and practical resources.

Parents for Safe Technology: Many resources including what various countries are doing around the world to create safe school environments

BioInitiative Report (Updated in 2017): Collates research from around the world

Powerwatch: Up-to-date information on the health debate and government policies as well as research

Electromagnetic Health: Listen to Interviews with Scientists and Doctors

2/ Develop new, doable habits to use electronic devices more safely and lower your exposure to harmful radiation.

Download and print this pop-art style tri-fold brochure

Ten Ways to Lower Your Exposure to Harmful Radiation

Right Now!

Check out Manhattan Neighbors: 50+ EMF SAFETY TIPS

Resist the urge to buy into “smart” devices and gadgets.

At least, turn off electronics at night and get them as far away as possible from your sleeping area.

3/ Take advanced steps if necessary to reduce the EMF exposure in your own environment at home.

With the proliferation of 5G radiation and the resultant “densification” of smaller cell sites and antennas, professional consultation becomes increasingly important. Shielding may be necessary. Some options include:

Y-Shield shielding paint

Specially designed shielding foil

Window shielding

Shielding fabric, Faraday Canopies

The above things work well. But shielding can become complicated.

EMFs must be measured before and after to ensure that the intended effect is achieved. Since shielding is reflective, if it is not done properly, it can actually cause EMFs to “bounce around,” and result in higher levels.

There are also Dirty Electricity filters, which work well. In some rare cases there are complex wiring errors in a building which can adversely affect plug-in Dirty Electricity filters. There are a few people who are extremely sensitive to electronics (ES or EHS) who may feel worse with certain filters. So, if you plug in Dirty Electricity filters and you feel worse, remove them and contact a professional who can offer alternatives.

You can search for a Certified Electromagnetic Radiation Specialist in your area: International Institute for Building-Biology and Ecology (IBE)

These specially trained professionals will detect and remediate the EMR/EMF exposure in homes, businesses, and schools. Also, they have the training and experience to handle advanced solutions. Most offer phone consultation.

4/ Take preventative measures regarding your own health and immune system.

If you believe you have electrical sensitivity, check out information on electrical sensitivity research, diagnosis and treatment here.

Research specific supplements and practices that could boost your immunity

Create a Low-EMF Sleep Sanctuary

5/ Make a difference at the grassroots level.

Sources:

Environmental Health Trust:

Parents for Safe Technology:

Manhattan Neighbors:

EMF dangers are real but we can take steps to reduce our exposure to harmful electromagnetic radiation today. Share this information with everyone you know and love.

May your EMFs be low and your health high..!

Many thanks to Lois Cadwallader for this guest post.

附錄五 國外媒體報導(二)

Wireless Devices and Health Concerns.

While there is no federally developed national standard for safe levels of exposure to radiofrequency (RF) energy, many federal agencies have addressed this important issue. In addition to the Federal Communications Commission, federal health and safety agencies such as the Environmental Protection Agency (EPA), the Food and Drug Administration (FDA), the National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) and the Occupational Safety and Health Administration (OSHA) have been actively involved in monitoring and investigating issues related to RF exposure. For example, the FDA has issued guidelines for safe RF emission levels from microwave ovens, and it continues to monitor exposure issues related to the use of certain RF devices such as cellular telephones. NIOSH conducts investigations and health hazard assessments related to occupational RF exposure.

Federal, state and local government agencies and other organizations have generally relied on RF exposure standards developed by expert non-government organizations such as the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) and the National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). Since 1996, the FCC has required that all wireless communications devices sold in the United States meet its minimum guidelines for safe human exposure to radiofrequency (RF) energy. The FCC's guidelines and rules regarding RF exposure are based upon standards developed by IEEE and NCRP and input from other federal agencies, such as those listed above. These guidelines specify exposure limits for hand-held wireless devices in terms of the Specific Absorption Rate (SAR). The SAR is a measure of the rate that RF energy is absorbed by the body. For exposure to RF energy from wireless devices, the allowable FCC SAR limit is 1.6 watts per kilogram (W/kg), as averaged over one gram of tissue. All wireless devices sold in the US go through a formal FCC approval process to ensure that they do not exceed the maximum allowable SAR level when operating at the device's highest possible power level. If the FCC learns that a device does not conform with the test report upon which FCC approval is based – in essence, if the device in stores is not the device the FCC approved – the FCC can withdraw its approval and pursue enforcement action against the appropriate party.

Several US government agencies and international organizations work cooperatively to monitor research on the health effects of RF exposure. According to the FDA and the World Health Organization (WHO), among other organizations, to date, the weight of scientific evidence has not effectively linked exposure to radio frequency energy from mobile devices with any known health problems.

The FDA maintains a website on RF issues. The World Health Organization (WHO),

which has established an International Electromagnetic Fields Project (IEFP) to provide information on health risks, establish research needs and support efforts to harmonize RF exposure standards, provides additional information on RF exposure and mobile phone use [Opens a New Window](#). . View more information on the IEFP [Opens a New Window](#). .

Some health and safety interest groups have interpreted certain reports to suggest that wireless device use may be linked to cancer and other illnesses, posing potentially greater risks for children than adults. While these assertions have gained increased public attention, currently no scientific evidence establishes a causal link between wireless device use and cancer or other illnesses. Those evaluating the potential risks of using wireless devices agree that more and longer-term studies should explore whether there is a better basis for RF safety standards than is currently used. The FCC closely monitors all of these study results. However, at this time, there is no basis on which to establish a different safety threshold than our current requirements.

You can find additional useful information and links to some of the other responsible organizations on the FCC's website.

What You Can Do

Even though no scientific evidence currently establishes a definite link between wireless device use and cancer or other illnesses, and even though all cell phones must meet established federal standards for exposure to RF energy, some consumers are skeptical of the science and/or the analysis that underlies the FCC's RF exposure guidelines. Accordingly, some parties recommend taking measures to further reduce exposure to RF energy. The FCC does not endorse the need for these practices, but provides information on some simple steps that you can take to reduce your exposure to RF energy from cell phones. For example, wireless devices only emit RF energy when you are using them and, the closer the device is to you, the more energy you will absorb.

Some measures to reduce your RF exposure include:

Use a speakerphone, earpiece or headset to reduce proximity to the head (and thus exposure). While wired earpieces may conduct some energy to the head and wireless earpieces also emit a small amount of RF energy, both wired and wireless earpieces remove the greatest source of RF energy (the cell phone) from proximity to the head and thus can greatly reduce total exposure to the head.

Increase the distance between wireless devices and your body.

Consider texting rather than talking - but don't text while you are driving.

Some parties recommend that you consider the reported SAR value of wireless devices. However, comparing the SAR of different devices may be misleading. First, the actual SAR varies considerably depending upon the conditions of use. The SAR value used for FCC approval does not account for the multitude of measurements taken during the

testing. Moreover, cell phones constantly vary their power to operate at the minimum power necessary for communications; operation at maximum power occurs infrequently. Second, the reported highest SAR values of wireless devices do not necessarily indicate that a user is exposed to more or less RF energy from one cell phone than from another during normal use (see our guide on SAR and cell phones). Third, the variation in SAR from one mobile device to the next is relatively small compared to the reduction that can be achieved by the measures described above. Consumers should remember that all wireless devices are certified to meet the FCC maximum SAR standards, which incorporate a considerable safety margin. (Information about the maximum SAR value for each phone is publicly available on the FCC website.)

Other Risks

Some studies have shown that wireless devices might interfere with implanted cardiac pacemakers if used within eight inches of the pacemaker. Pacemaker users may want to avoid placing or using a wireless device this close to their pacemaker.