

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 物理科

第二名

030119

接地氣(Earthing)－ 家用交流電下相關因子對
人體電位之影響

學校名稱：澎湖縣立七美國民中學

作者： 國三 龔家寶 國三 曾奕誠 國三 許富宏	指導老師： 簡正忠 吳再祥
---	-----------------------------

關鍵詞：接地、交流電、人體電位

摘要

電力生活的「人爲電磁汙染」使環境常達到德國健康住宅電磁波規範的極強干擾等級，其一影響是使人體與地表產生交流電位差。根據文獻，人體接地後對電場有屏蔽作用，地表的自由電子易在人體轉移，使人體電位和大地相同，產生「接地氣」的療效。

本研究探討如何精準測量人體電位（以地表爲零電位）？調查生活環境中人體電位的實際情況，並廣泛探討在家用交流電下，人體、電器、接地等變因對人體電位的影響。研究結果能提供日常生活中人體接地的建議，以減少人體的生物電功能受到干擾。

本研究也深入探討實驗過程中新奇或難解的現象。發現人體晃動能產生電位差；人體電位和電線距離的平方成反比；影響人體電位的主因是低頻電場而非電流，破除常見誤解。

壹、研究動機

老師在九下理化〈1-2 電的輸送與消耗〉及〈1-3 家庭用電安全〉的單元中，介紹中性線、火線、接地線及接地理論時，談到坊間暢銷書《接地氣》這本書。書中提到人類穿上膠底鞋後，跟大地「絕緣」與自然電位脫鉤，又受到電器影響，導致人體與地表存在電位差，變成了自由基的製造者。接地氣（Earthing）可以讓身體迅速從大地吸收電子，使人體電位與大地一致，處在最良好的自然療癒機制中（作者羅列十餘篇醫學相關期刊的研究，證明人體接地對健康的益處）。這些內容引起我們極大的興趣及疑問，於是想要一探究竟。

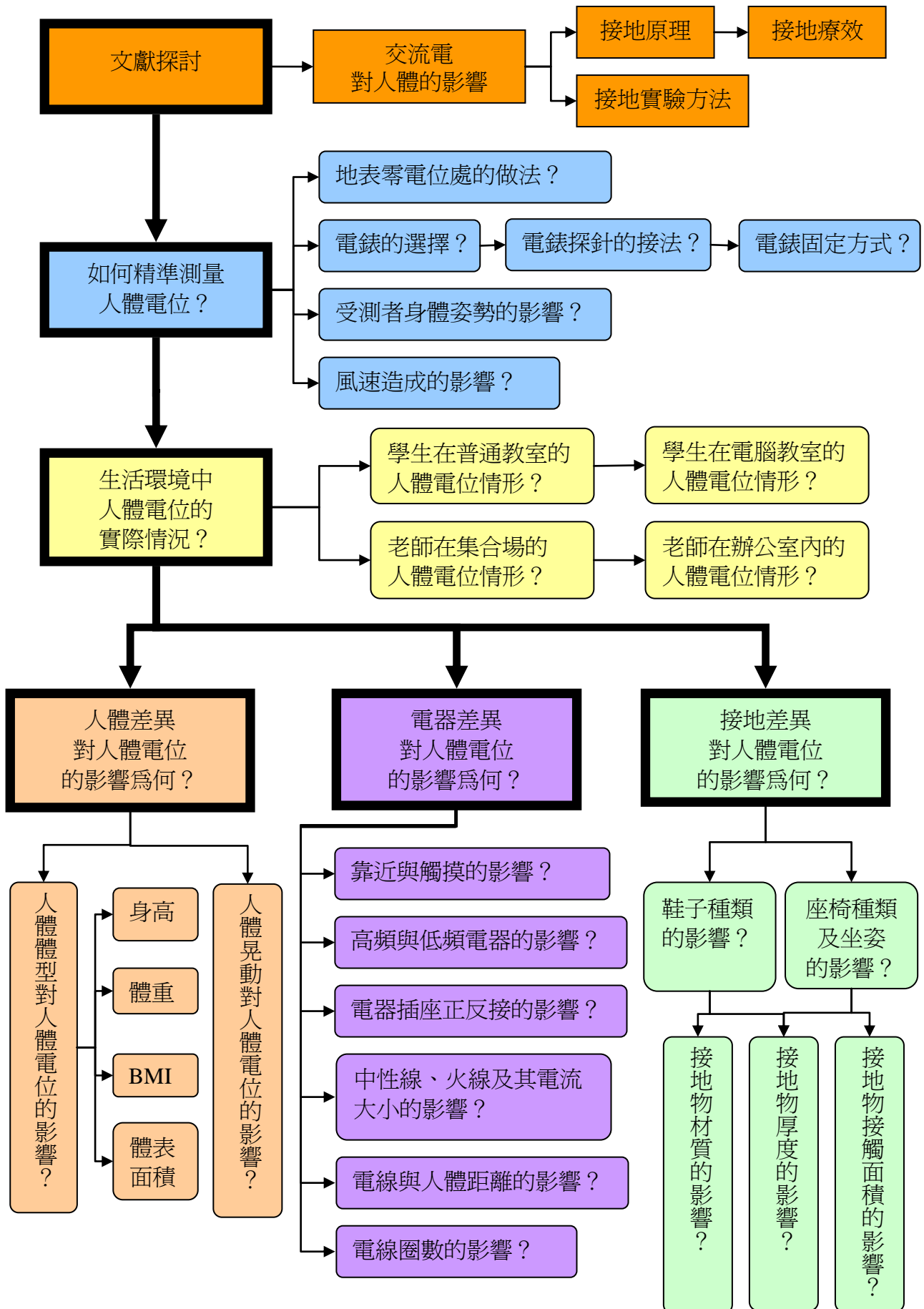
貳、研究目的

- 一、如何精準測量人體與地表的交流電位差（以下均簡稱爲人體電位）？
- 二、生活環境中（普通教室、電腦教室、戶外、辦公室……）人體電位的實際情況爲何？
- 三、人體差異（身高、體重、BMI、體表面積、身體晃動……）對人體電位的影響爲何？
- 四、電器差異（電器種類、插座正反接、電流大小、距離……）對人體電位的影響爲何？
- 五、接地差異（鞋子、椅子、接地物材質、厚度、接觸面積……）對人體電位的影響爲何？

參、研究設備及器材

多功能電錶（FLUKE 101）、多功能電錶（KILTER 325）、鉤式電錶（DT399A）、三合一電磁波測試器（CZ-TM-190W）、接地銅棒、電磁波消除器、接地線、250W 燈泡、螺旋線圈、調光器、驗電筆、延長線、各式電器、鞋子、椅子、接地板（紙板、木板、塑膠板……）。

肆、研究設計



伍、研究方法與過程

一、文獻探討

自然環境加上現今電力生活，環境中充滿電磁波：

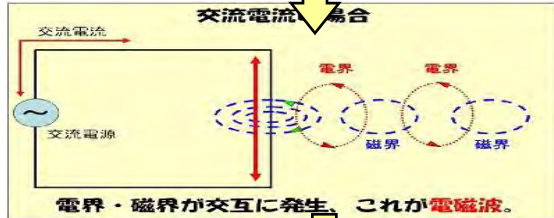


低頻電磁波：
電器、變壓器、馬達、電源線等交流電產生的電磁波。

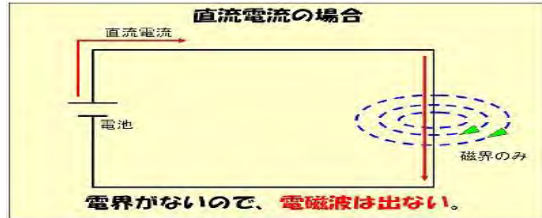
低頻電場：
電器、電源線、插座等交流電壓。

高頻電磁波：
手機、無線電、廣播電台等產生的電磁波。

低頻電磁波形成原理如左下圖



≠ (直流電如右下圖，無電磁波)



德國健康住宅電磁波規範如下：

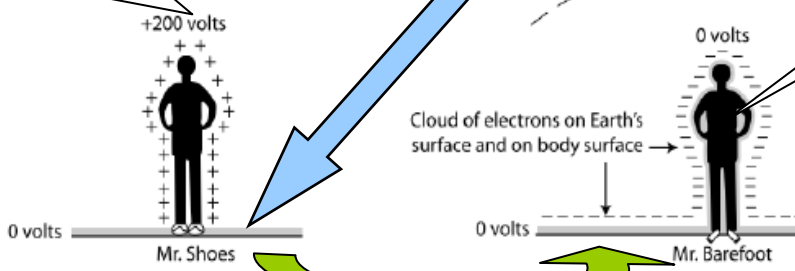
干擾強度 / 頻率	低頻電磁波	低頻電場	高頻電磁波
無干擾	< 0.2 mG	< 1 V/m	< 0.1 μ W/m ²
極強干擾	> 5 mG	> 50 V/m	> 100 μ W/m ²

自然環境下因大氣電離層等因素，地表存在約 100V/m 向下的豎直電場。穿鞋影響接地，使人體與地表產生**直流電位差**。

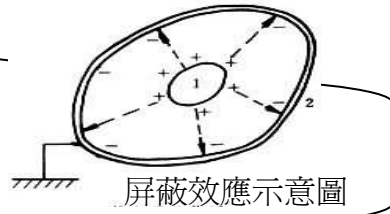
低頻電場等「人為電磁污染」能使體內離子擺動，與地表產生**交流電位差**。

人體：
含有大量離子在細胞內、組織液和血液，可導電。

大地：
地表上的自由電子易轉移到人體，使人體電位和大地相同，並可消除人體靜電。







接地：
人體接地後，對環境電場有屏蔽作用，體內的交流電場會明顯下降。目前已有愈來愈多科學及醫學證明「接地氣」的療效。



二、如何精準測量人體電位？

以下實驗為同一受測者在同一時間內，在同一地點預作實驗的結果。測量人體與地表的交流電位差（以下均簡稱為人體電位）的過程中，有哪些變因會干擾實驗？既可從中思考實驗的設計，也可改良研究方法，降低誤差。

(一)地表零電位處的做法

地表零電位的做法	全民接地線接插座中性線	用接地銅棒釘入土壤裡
<p>圖示</p> 	 	 
<p>接地端和磨石子地面的電位差(V)</p>	<p>21.19V</p>	<p>0.000V</p>

- 1、意外發現學校插座中性線和學校磨石子地面的電位差竟然高達 20V 左右！更換辦公室、更換插座，多次測試結果仍是如此。火線與磨石子地面的電位差約為 136V，中性線與磨石子地面的電位差約為 20V，火線和中性線電位差約為 116V。因為這是異常狀況，所以再度確認，以同方法到家中測試，發現無此現象。此現象會造成電器插上插座，即使未開啓電源（火線斷路，中性線連通）仍有觸電危險，通知學校進一步檢修。
- 2、尋找空地用接地銅棒釘入土壤裡作為接地來源，經測與磨石子地面的電位差為 0.000V，效果良好。故本實驗皆以此接地銅棒做為地表零電位處。

(二)電錶的比較與選擇

現有電錶型號	BROTHER 370	DT399A	FLUKE 101	KILTER 325
圖示				
測試插座電壓	120V	112V	116.8V	117.1V
測試結果	指針式不易讀取讀數，而且最小刻度為0.2A，不夠靈敏。	鉤式電錶，測量交流電壓時，準確度及靈敏度較右者差， 在本實驗中僅用來測量電流。	國際大廠，電流小於4A時可讀到0.001A，但插孔略為接觸不良，偶而因轉動探針而讀數變動大。	國內知名品牌，電流小於4A時可讀到0.001A， 經測試與 fluke 101 數值接近，且測試電流能自動換檔，又可直立方便觀察。

- 1、現有電錶中，最終選擇以 KILTER 325 為主，FLUKE 101 為輔進行實驗，數據皆取自 KILTER 325。當覺得數據怪異，懷疑儀器誤差時，便以 FLUKE 101 再次驗證，確認是否有相同趨勢。
- 2、在本實驗中測量電流大小時，使用鉤式電錶 DT399A。

(三)電錶測試探針的接法

人體端電極接法	手指握住測試探針				探針與金屬夾固定後，再用金屬夾夾住指頭
	握住小面積		握住大面積		
	輕握	用力握	輕握	用力握	
人體電位(V)	0.004	0.002	0.001	0.000	0.000
測試結果	手指握住探針時，因握住的面積及力道不易控制，讀數較不穩定。				讀數較穩定

- 1、實驗初期讀數不穩定，推測探針可能是變因之一，所以赤腳踩在磨石子地面，測試人體與接地銅棒之間的電位差，如上表所示。
- 2、發現手握住探針，因握住的面積及力道不易控制，讀數較不穩定，因此將探針改良如圖所示。**實驗時用夾式替代握式，以減少誤差。**



(四)電錶的固定方式

電錶固定方式	記錄者手持電錶	受測者手持電錶	電錶放在絕緣椅上
受測者身體姿勢可穩定？	○	×	○
電極連接線可固定？	×	×	○
測試結果	記錄者與受測者的距離遠近會影響測量結果。	受測者手持電錶，手臂位置不易固定，電極連接線較易靠近電器，造成誤差。	電錶放在絕緣椅上，電極連接線也容易固定，讀數較穩定。

- 1、將電器靠近受測者，受測者的人體電位會大幅變動。**實驗發現，人體就有如電器一般，只要有人靠近甚至碰觸受測者，受測者的人體電位也會受到影響**，影響幅度初步推論與靠近者和受測者的電位差有關，這種人體交互作用對人體電位的影響值得**後續研究**。
- 2、人體不動，電錶不動時，僅移動測試探棒與人體的連接線（紅線）或試探棒與接地銅棒的連接線（黑線）都會影響讀數。尤其紅線靠近電器時，讀數飆高，黑線則因為接地，讀數波動較不明顯。可將紅、黑線都加強屏蔽，並隔離電磁波，或以金屬管殼、絲網做為屏蔽，並加強電錶的屏蔽。
- 3、本研究為了控制上述變因，**採用電錶放在絕緣椅上的方式來測量人體電位**，一方面避免人員靠近受測者，一方面可維持電錶連接線的穩定。

(五)受測者身體姿勢對人體電位的影響

身體傾斜情形	挺直	前傾	後仰	左斜	右斜
人體電位(V)	1.063	0.867	1.198	1.140	1.098
與挺直相差的百分比	0%	-19.6%	+13.5%	+7.7%	+3.5%

- 1、在電器林立的環境中，形成的電場或磁場不對稱，累積在人體上的靜電荷也不對稱，結果發現在同一位置，若受測者身體未挺直就會影響人體電位的測量。而且影響程度可達近 20%。
- 2、本實驗**受測者不論採站姿、坐姿均以身體挺直、左右對稱均勻為原則，以減少誤差**。

(六)風速對人體電位的影響

- 1、在幾乎無家用交流電影響的環境中，**意外發現刮起強風時，竟然會造成人體電位的波動，而且風速愈大，人體電位的波動也愈大**。因此，若不探討此變因，必須無風才能降低誤差。
- 2、風造成人體電位波動的原因，推測可能有下列幾種可能，這有待**後續研究**。

(1)身體晃動電位	(2)空氣離子	(3)摩擦起電
風造成人體微幅晃動，而身體晃動產生體內電流，造成人體電位，詳見陸、二、(二)研究結果。	空氣中帶電的正、負離子隨風飄來，產生影響。	空氣吹過人體，與人體摩擦產生靜電，或帶走人體累積的靜電。

三、生活中人體電位的實際情況

(一)學生在普通教室、電腦教室內的人體電位實際情形（七年甲班共 23 人實測結果）

探討學生平常在校時的人體電位是多少？因此在電器正常啓用下，受測者穿著自己的鞋子，以慣常姿勢分別坐在普通教室及電腦教室的座位上測量人體電位。

(二)老師在穿堂集合場、辦公室內的人體電位實際情形（教導處老師共 10 人實測結果）

探討老師平常在校時的人體電位是多少？方法同上，地點改在辦公室及站在集合場上。

四、人體差異對人體電位的影響

(一)身高、體重、身高體重指數(BMI)、體表面積對人體電位的影響

記錄受測者身體、體重，並計算其 BMI、體表面積。體表面積使用 $(\text{身高} \times \text{體重} \div 37)^{0.5}$ 來計算，此公式為〈臺灣 2003 年國際科學展覽會：台灣地區青少年體表面積與相關生活因子之研究〉的研究成果，較適用於台灣地區青少年。

受測者盤坐在塑鋼材質的四腳圓凳（以下簡稱絕緣椅），此座椅及坐姿是根據陸、四、（二）的研究結果，目的是取得較大的人體電位以便觀察。雙手掌放在膝蓋上，上身挺直。椅子下方纏繞電線 10 圈，電線接上插頭但未通電流。測試前受測者先以腳接地，電錶正極連接線以金屬夾夾住受測者右手指，負極連接線與接地銅棒相連，電錶架設在受測者前方 0.5 公尺處的另一張絕緣椅上。其他人遠離受測者 2m 以上。

(二)身體晃動對人體電位的影響

在幾乎無家用交流電影響的環境中（以受測者盤坐在絕緣椅時，人體電位為 0.000V 為判斷標準），受測者盤坐在絕緣椅上，藉由身體的晃動，探討對人體電位的影響。為減少誤差，電錶的连接線是夾在沒有動作的腳趾頭上。

五、電器差異對人體電位的影響

(一)站在電器前方與用手觸摸電器對人體電位的影響

以同一人穿著固定的鞋子（選擇電阻較大者，避免觸電，採用陸、四、（一）的鞋 E）測量站在電器前方及用手觸摸電器的人體電位。測試前受測者先以腳接地，電錶正極連接線以金屬夾夾住受測者手指，負極連接線與接地銅棒相連，電錶架設在離受測者 0.5 公尺處的另一張絕緣椅上，其他人遠離受測者 2m 以上。



(二) 常見 3C 產品之電腦（低頻電磁波）與手機（高頻電磁波）對人體電位的影響

方法同上，受測者操作電腦及手機來探討兩者對人體電位的影響。並以電磁波測試器測量兩者的低頻電磁波、低頻電場、高頻電磁波來分析人體電位是受何影響？

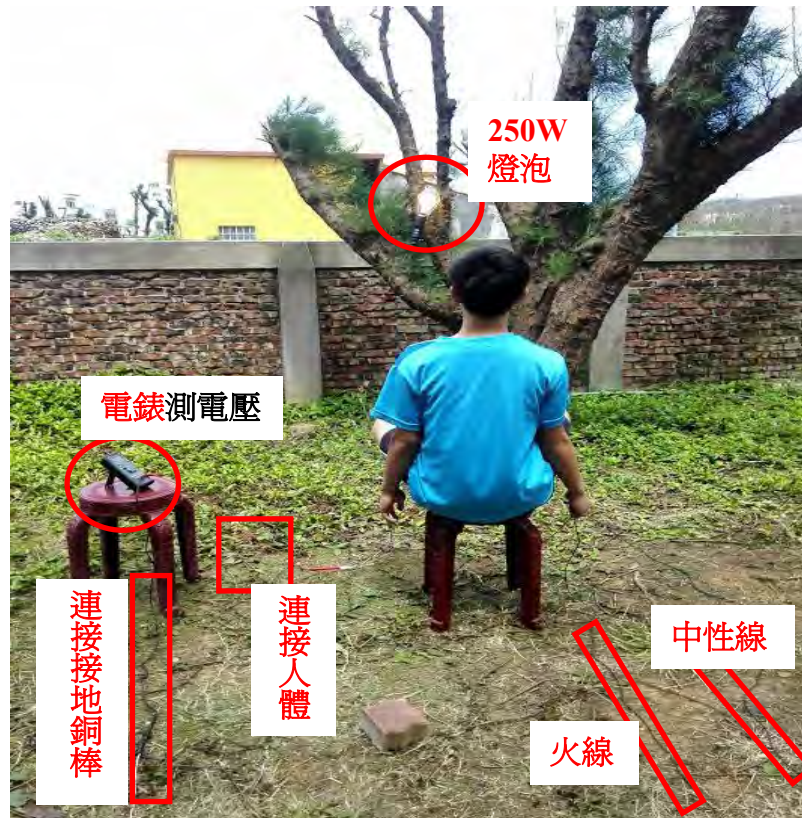
(三) 電風扇插頭正反接、高低速對人體電位的影響

觸摸電器時，人體電位會因電器電源的開啓而提高，例如電視機：0.390V→0.420V，手提音響：4.05V→4.29V，但實驗中發現電風扇卻相反，而且轉速愈大，人體電位也未必愈高。對此現象感覺很奇怪，懷疑是插頭反接造成，因此針對電風扇展開調查。

方法同上，刻意觸摸電風扇 5 個不同部位，來測量人體電位，觀察是否有相同趨勢？並用鉤式電錶測量電風扇低速、中速、高速的電流，以電流為橫坐標作圖來分析。

(四) 中性線、火線及其電流大小對人體電位的影響

爲了避免電器內的線圈造成干擾，使用 250W 燈泡，並配合調光器及鉤式電表來操縱電流大小，將電線(含絕緣外皮)握在手掌上，測試人體電位，並以電磁波測試器測量電線的低頻電場，如圖所示。



(五) 電線與人體距離對人體電位的影響

在幾乎無家用交流電影響的環境中，受測者盤坐在絕緣椅上，測試長直電線及纏繞電線與人體距離對人體電位的影響。



(六) 電線纏繞圈數對人體電位的影響

方法同上，改將電線纏繞在絕緣椅底部，測試不同圈數的影響，如圖所示。



六、接地差異對人體電位的影響

(一) 鞋子種類對人體電位的影響

本調查主要是觀察不同鞋子的接地效果能造成人體電位產生多少差異？以同一受測者站立挺直在同一交流電環境下（固定背對電腦桌 2m 處）穿著不同鞋子來測量人體電位。



(二) 座椅及坐姿對人體電位的影響

受測者距離電腦桌 1m，以不同坐姿，坐在不同椅子上測試人體電位有何差異？因坐著時，腳會著地，所以也測試穿著草鞋（鞋 A）或膠鞋（鞋 E）對本實驗結果的影響。

椅子種類	學生椅(木頭)	四腳方凳(聚丙烯)	四腳圓凳(塑鋼)
圖示			

坐姿種類	雙腳著地（腳掌平放）	一腳著地（翹二郎腿）	無腳著地（盤坐在椅上）
圖示			

(三) 接地物的材質、厚度對人體電位的影響



受測者距離電腦桌 1m，站立挺直並赤腳踩在面積均為 A3 大小的接地物上（改變材質及厚度），測量人體電位。

PP 板	塑膠墊板	切割墊	A3 白紙	紙板	木板	純棉毛巾

陸、研究結果與分析

一、生活中人體電位的實際情形

(一)學生在普通教室、電腦教室內的人體電位實際情形（七年甲班共 23 人實測結果）

場所	普通教室	電腦教室																																																						
圖示																																																								
人體電位分布情形	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="3">講桌</th> <th colspan="2">電腦桌</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.012V</td><td>0.012V</td><td>0.012V</td><td style="background-color: #d9ead3;">0.020V</td><td style="background-color: #d9ead3;">0.021V</td></tr> <tr> <td>0.014V</td><td>0.012V</td><td>0.012V</td><td>0.012V</td><td>0.016V</td></tr> <tr> <td>0.012V</td><td>0.012V</td><td>0.010V</td><td>0.012V</td><td>0.014V</td></tr> <tr> <td>0.013V</td><td>0.012V</td><td>0.010V</td><td>0.012V</td><td>0.012V</td></tr> <tr> <td></td><td>0.009V</td><td>0.010V</td><td></td><td>0.011V</td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">平均值 0.013 V 標準差 0.003V</p>	講桌			電腦桌		0.012V	0.012V	0.012V	0.020V	0.021V	0.014V	0.012V	0.012V	0.012V	0.016V	0.012V	0.012V	0.010V	0.012V	0.014V	0.013V	0.012V	0.010V	0.012V	0.012V		0.009V	0.010V		0.011V	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tbody> <tr> <td style="background-color: #ffff00;">1.550V</td><td style="background-color: #800080;">14.75V</td><td style="background-color: #ffa500;">3.350V</td><td style="background-color: #d9ead3;">0.042V</td></tr> <tr> <td style="background-color: #ff0000;">8.91V</td><td style="background-color: #ff0000;">7.66V</td><td style="background-color: #ffa500;">4.96V</td><td style="background-color: #92d050;">0.565V</td></tr> <tr> <td style="background-color: #ffa500;">2.535V</td><td style="background-color: #ffa500;">3.341V</td><td style="background-color: #800080;">10.89V</td><td style="background-color: #ffa500;">3.504V</td></tr> <tr> <td style="background-color: #ffa500;">2.423V</td><td style="background-color: #800080;">12.79V</td><td style="background-color: #800080;">13.15V</td><td style="background-color: #ffa500;">3.397V</td></tr> <tr> <td style="background-color: #ffff00;">1.587V</td><td style="background-color: #ff0000;">7.55V</td><td style="background-color: #800080;">15.32V</td><td style="background-color: #ff0000;">8.73V</td></tr> <tr> <td style="background-color: #ff0000;">6.58V</td><td></td><td style="background-color: #ffff00;">1.923V</td><td style="background-color: #ffa500;">3.301V</td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">平均值 6.035 V 標準差 4.505V</p>	1.550V	14.75V	3.350V	0.042V	8.91V	7.66V	4.96V	0.565V	2.535V	3.341V	10.89V	3.504V	2.423V	12.79V	13.15V	3.397V	1.587V	7.55V	15.32V	8.73V	6.58V		1.923V	3.301V
講桌			電腦桌																																																					
0.012V	0.012V	0.012V	0.020V	0.021V																																																				
0.014V	0.012V	0.012V	0.012V	0.016V																																																				
0.012V	0.012V	0.010V	0.012V	0.014V																																																				
0.013V	0.012V	0.010V	0.012V	0.012V																																																				
	0.009V	0.010V		0.011V																																																				
1.550V	14.75V	3.350V	0.042V																																																					
8.91V	7.66V	4.96V	0.565V																																																					
2.535V	3.341V	10.89V	3.504V																																																					
2.423V	12.79V	13.15V	3.397V																																																					
1.587V	7.55V	15.32V	8.73V																																																					
6.58V		1.923V	3.301V																																																					

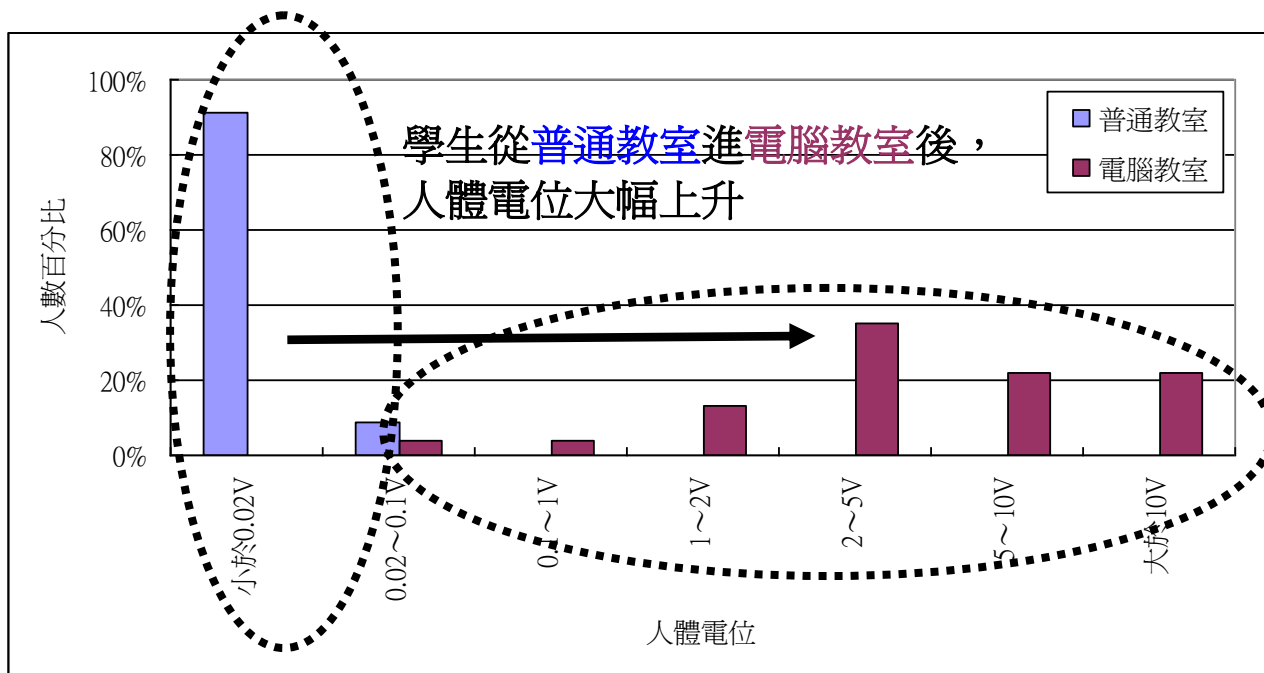


圖 6-1-1-1 七年甲班學生在普通教室及電腦教室實測人體電位的分布情形

結果分析：

- 1、在普通教室內除了電燈、電腦外，沒有其他電器。因此，除了靠近電腦桌的學生的人體電位在 0.020V 以上，其他學生人體電位都較低，平均值約為 0.013 V。
- 2、學生到電腦教室後，人體電位大幅上升到平均值 6.035 V。而且個體差異很大，標準差高達 4.505V，這是因為每位學生本身體型、碰觸電器的部位、與電器的距離，以及接地情形都不同，也因為變因複雜，本研究將在後段設計實驗，探討這些變因。
- 3、電腦教室右前方有位學生人體電位僅 0.042V，他的位置是唯一靠牆的座位，推測他可能手肘碰到牆壁而有較佳的接地效果。

(二) 老師在穿堂集合場、辦公室內的人體電位實際情形 (教導處老師共 10 人實測結果)

場所	穿堂集合場	辦公室內												
圖示														
人體電位分布情形	<table border="1" data-bbox="327 1137 683 1317"> <tr> <td></td> <td>0.004V</td> <td>0.005V</td> </tr> <tr> <td>0.005V</td> <td>0.002V</td> <td>0.011V</td> </tr> <tr> <td>0.001V</td> <td>0.000V</td> <td>0.003V</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.001V</td> <td>0.001V</td> </tr> </table> <p>平均值 0.003 V 標準差 0.003V</p>		0.004V	0.005V	0.005V	0.002V	0.011V	0.001V	0.000V	0.003V		0.001V	0.001V	<p>電風扇 擴大機 電腦 影印機</p> <p>16.00V 20.10V</p> <p>19.50V</p> <p>0.197V 7.18V 2.713V 3.290V</p> <p>電腦 電腦 電腦</p> <p>0.126V 6.20V 5.71V</p> <p>平均值 8.102 V 標準差 7.244V</p>
	0.004V	0.005V												
0.005V	0.002V	0.011V												
0.001V	0.000V	0.003V												
	0.001V	0.001V												

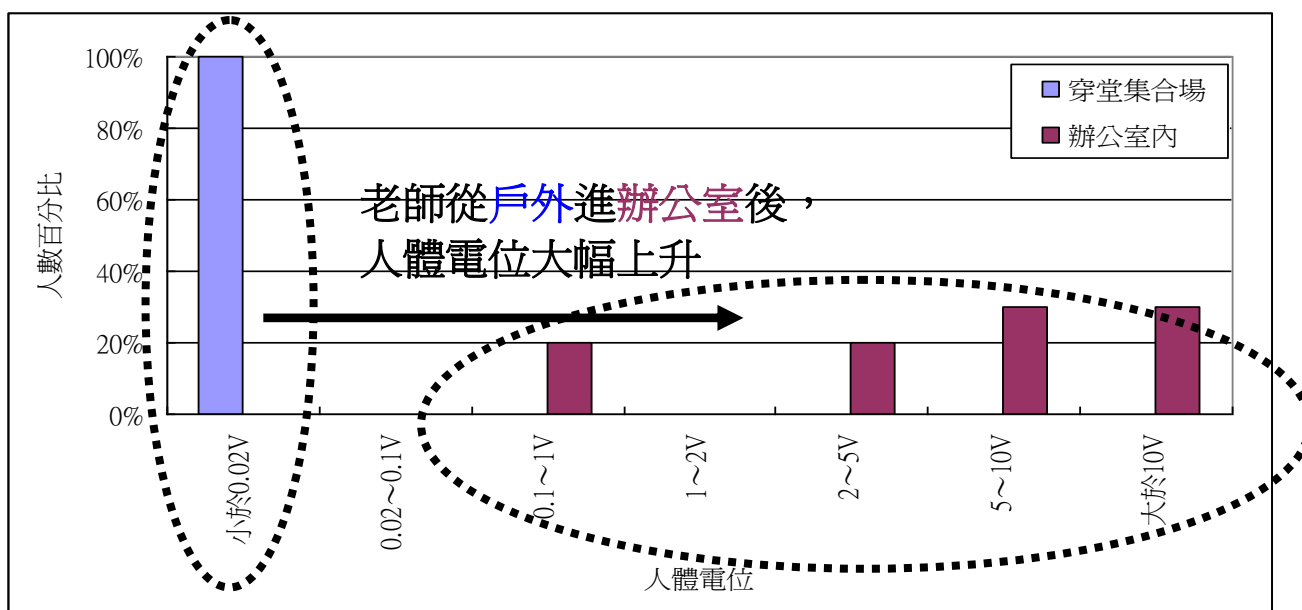


圖 6-1-2-1 教導處老師在穿堂集合場及辦公室內實測人體電位的分布情形

結果分析：

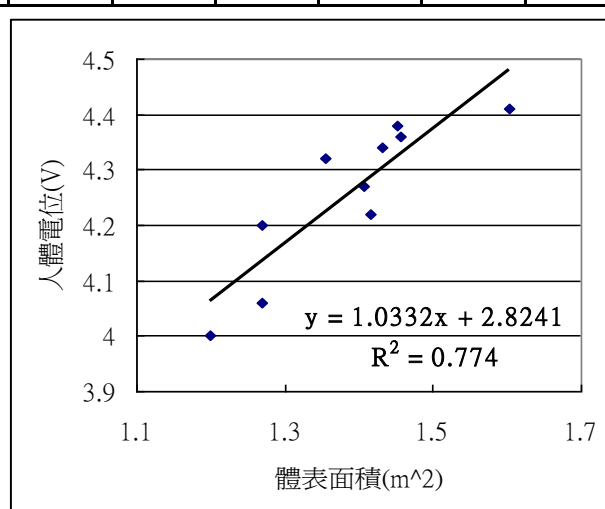
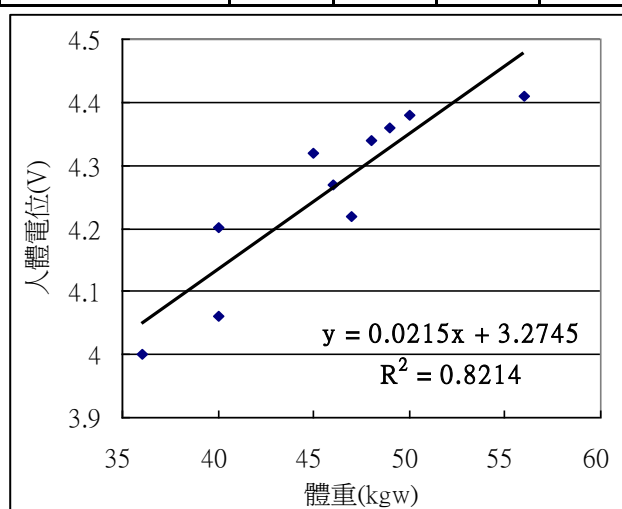
- 1、在穿堂集合場時，老師的人體電位平均值為 0.003 V，為什麼不是 0.000V 呢？因為雖然在戶外，但從照片可以看見附近仍有電線，而且有位老師的人體電位特別大，達 0.011V。觀察發現那位老師穿著塑膠鞋底的運動鞋，而且鞋底很厚。推測是此原因導致接地效果較差。
- 2、老師**進入辦公室後，人體電位大幅上升**到平均值 8.102 V。而且和學生的調查結果類似，個體差異很大，標準差高達 7.244V。發現人體電位較高的老師，其座位附近的電器也較多。不過有些電線藏在桌底下，如下圖所示，會造成什麼影響？將在本研究後段探討。
- 3、同樣在電腦旁辦公，不同老師的人體電位相差很大，這除了和老師身體狀況、鞋子材質有關以外，也可能和電腦是否火線、中性線反接，以及附近是否有其他電器如影印機、擴大機、電風扇，和地上是否有延長線等因素有關。因為變因眾多，在此並不一一釐清，此調查主要是呈現老師平常辦公時所呈現的人體電位的真實情形。

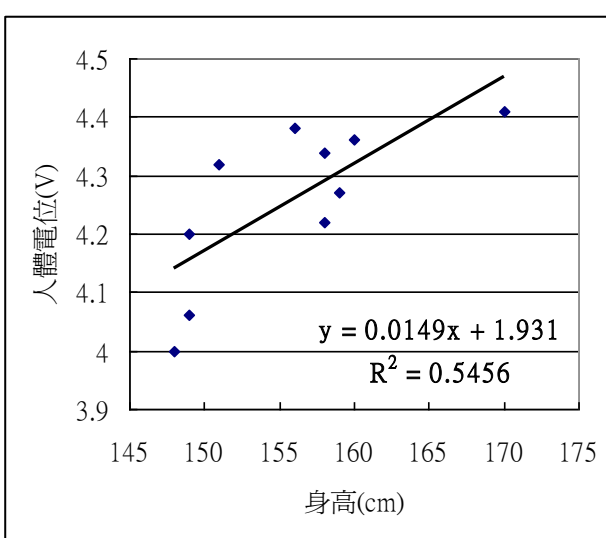
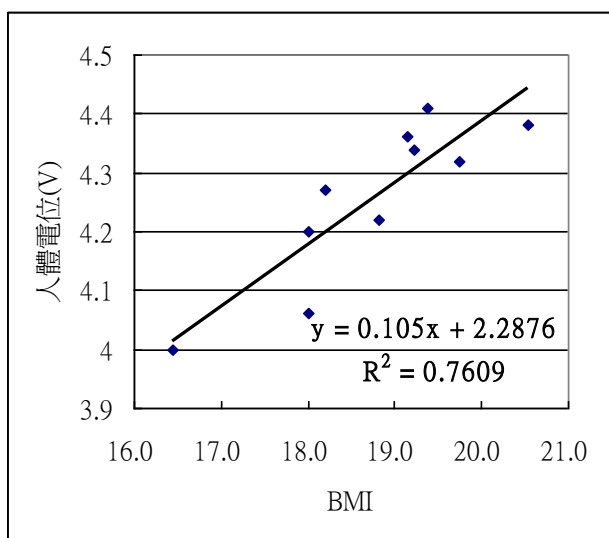


二、人體差異對人體電位的影響

(一) 身高、體重、身高體重指數(BMI)、體表面積對人體電位的影響

受測者	男 A	男 B	男 C	男 D	男 E	男 F	女 A	女 B	女 C	女 D
身高(m)	1.49	1.56	1.49	1.51	1.60	1.70	1.58	1.59	1.48	1.58
體重(kgw)	40	50	40	45	49	56	48	46	36	47
BMI	18.0	20.5	18.0	19.7	19.1	19.4	19.2	18.2	16.4	18.8
體表面積(m ²)	1.269	1.452	1.269	1.355	1.456	1.604	1.432	1.406	1.200	1.417
人體電位(V)	4.20	4.38	4.06	4.32	4.36	4.41	4.34	4.27	4.00	4.22



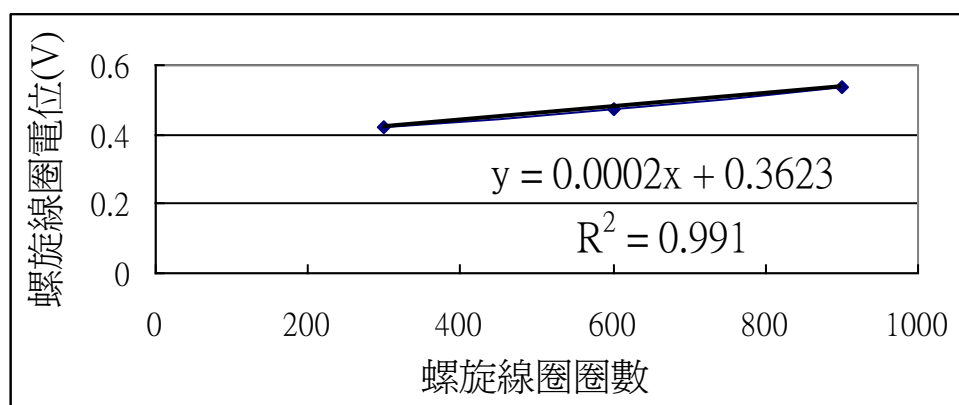


結果分析：

1、發現在相同的交流電環境下，不同個體產生的人體電位並不相同。由以上四張圖來分析，人體各因素與人體電位的相關性如下表。其中**體重與人體電位的相關性較大，也就是體重愈大，受交流電影響而產生的人體電位也有愈大的趨勢。**

項目	體重	體表面積	BMI	身高
相關係數(r)	0.9063	0.8798	0.8723	0.7386
決定係數(R ²)	0.8214	0.7740	0.7609	0.5456

2、我們再以實驗室現有的線圈（材質固定）來代替人體研究，結果如下圖所示。發現在相同的交流電環境下，**線圈圈數愈多，線圈感應的電位也愈大**，而且兩者明顯相關。雖然，這兩實驗都指向**質量大（人體體重大或線圈圈數多）可能是造成電位較大的原因**，但仍有待進一步確認。



3、因時間有限，未繼續深入探討，有待**後續研究**：

- (1)以吊碼數量代替線圈圈數來探討質量對電位的影響。
- (2)數人垂直或平行電場方向，以牽手（潮濕或乾燥）來看人體電壓串、並聯之情形？
- (3)電磁波的對導體的影響和導體的材料參數（如電導率和導磁率）有關，可研究受測者的人體電阻、生理狀況等因素與人體電位的相關性，尤其是人體運動前後，或飲用純水、電解質飲料後的差異。
- (4)以不同濃度、體積、質量的電解質水溶液模擬人體來探討相關因子對電位的影響。

4、實驗中，還發現一個重要現象，就是**同一受測者接地後重複實驗，再現性良好，但是若未接地持續實驗，則該受測者人體電位會隨時間而緩慢增加！**是否家用交流電對人體電位的影響有累積效應？有待**後續研究**。

(二)身體晃動對人體電位的影響

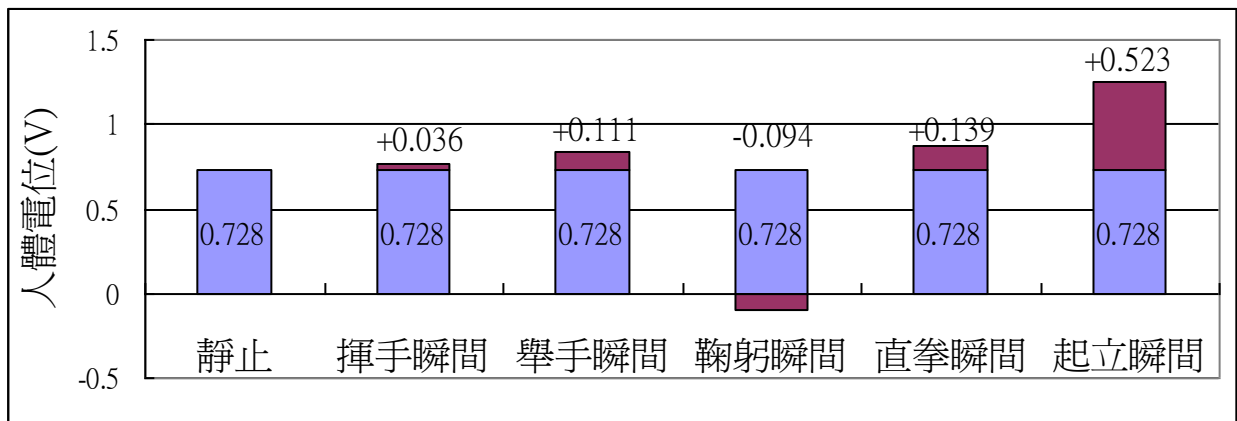


圖 6-2-2-1 身體晃動產生的人體電位（人未接地，有交流電環境）

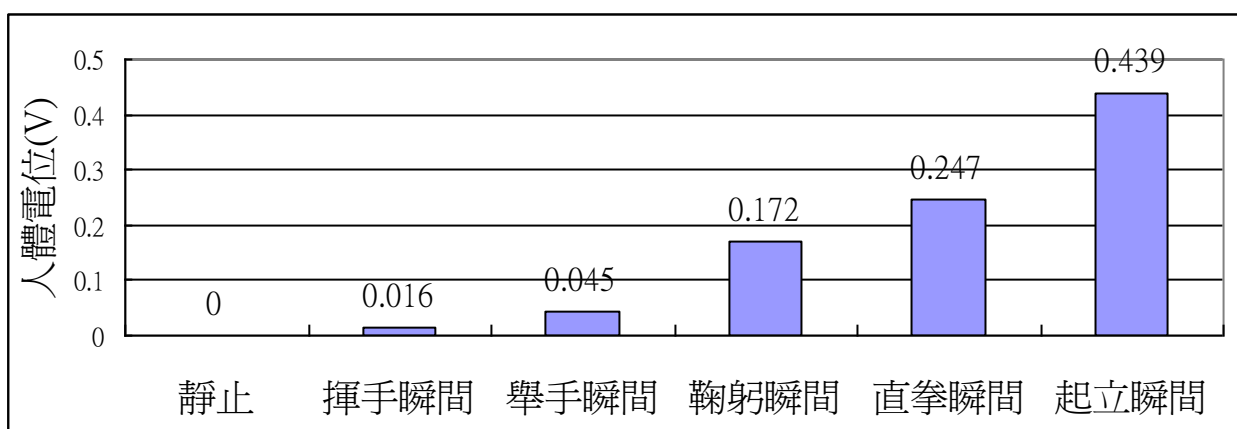


圖 6-2-2-2 身體晃動產生的人體電位（人未接地，無交流電環境）

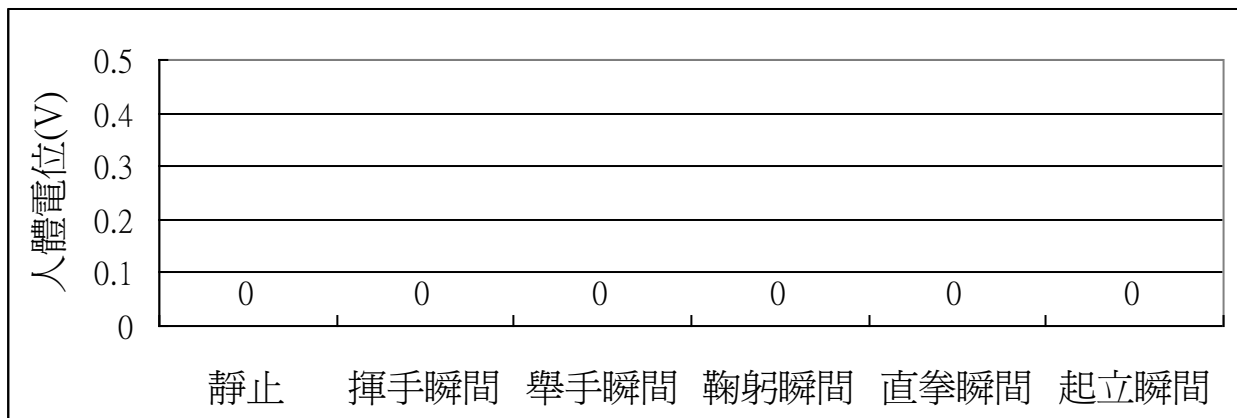





圖 6-2-2-3 身體晃動產生的人體電位（人有接地，不論有無交流電）

結果分析：

- 1、在有電器的環境中，發現人體晃動會造成人體電位的波動，但因個體差異大，且動作快慢不易量化，因此僅取一受測者來分析，如圖 6-2-2-1。這與受測者遠離或靠近電器有關，例如實驗時背對電腦，所以鞠躬瞬間，頭部及上半身遠離電腦，人體電位就下降，但是原因似乎並非如此單純。
- 2、因此，在幾乎無家用交流電影響的環境中實驗，發現人體晃動竟然也會造成人體電位的波動，結果如圖 6-2-2-2，而且**身體晃動的動作愈大愈快，人體電位的波動也愈大。**

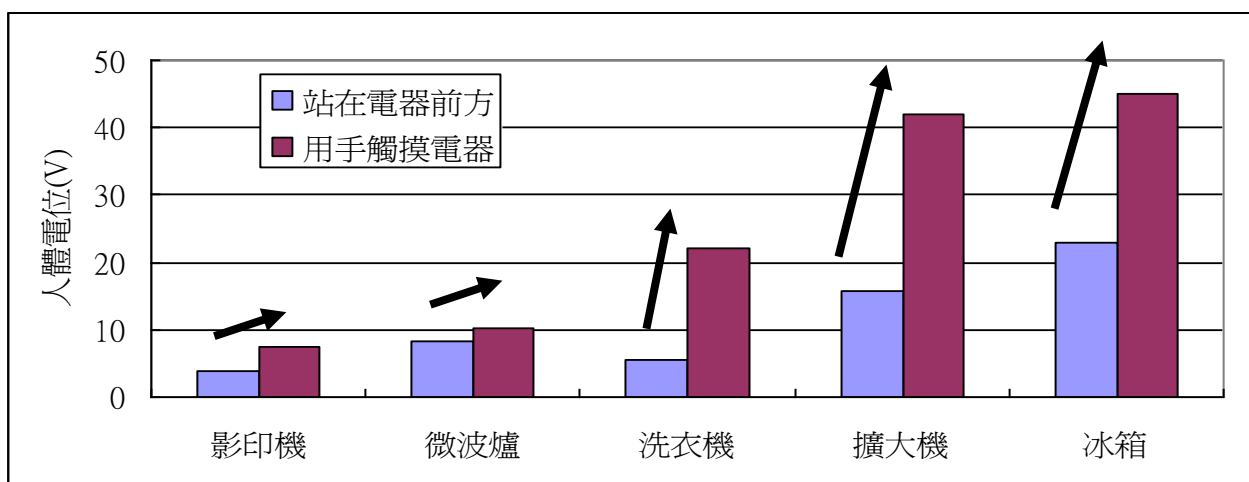
3、為何如此呢？此現象有點類似動磁生電（將磁鐵進出線圈，線圈因電磁感應而產生感應電流）。因此裝置如下表所示，將磁鐵進出線圈換成人體靠近、遠離線圈，竟同樣能讓線圈的電位產生波動。多人測試後，發現個體差異很大，有的人能讓線圈電位產生很大波動，有的則否。是人體磁場？還是人體靜電？還是其他因素？有待後續研究。

動作	無交流電場環境，靜止	磁鐵進出線圈	手在線圈旁晃動
圖示			
電位	0.000V	0.015V	0.015V

- 4、還有一個特別現象值得一提，就是將上圖裝置改放在有交流電的場地中，則可測出線圈與地表的交流電位差（線圈電位 > 0.000V）。此時，有些人靠近裝置會降低線圈電位，有些人則會增加線圈電位。這是否與身上靜電（正或負電荷）有關呢？有待後續研究。
- 5、身體接地時，不論在有無交流電場的環境中，人體電位都與地表相同為 0.000V，如圖 6-2-2-3。因此，運動時若接地，身體就不會因晃動而與地表產生電位差，推測可讓人體的生物電功能較不受干擾。

三、電器差異對人體電位的影響

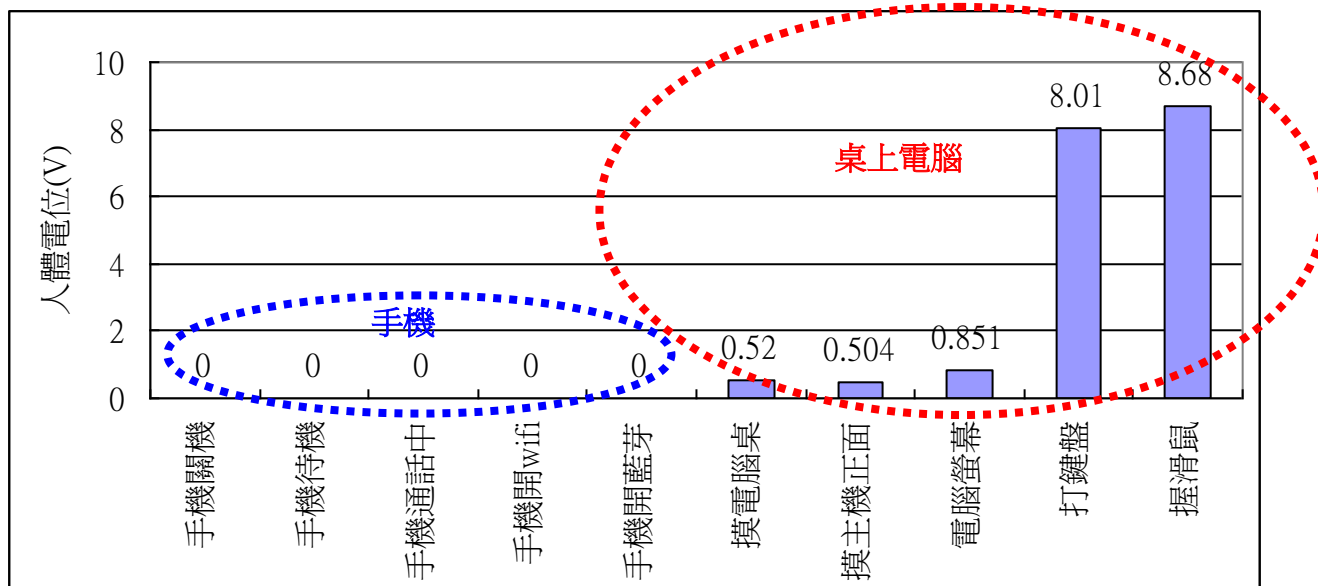
(一) 站在電器前方與用手觸摸電器對人體電位的影響



結果分析：

- 一般家電對人體電位有明顯影響。我們使用電器時，站到電器前方，人體電位就會升高（同一受測者 5 項電器平均約 11V），當觸摸電器時，人體電位則會更高（約 25V）。
- 上述電器均未接上地線，否則人體接觸電器金屬外殼，人體電位應會降低。

(二)常見 3C 產品之桌上電腦（低頻）與手機（高頻）對人體電位的影響



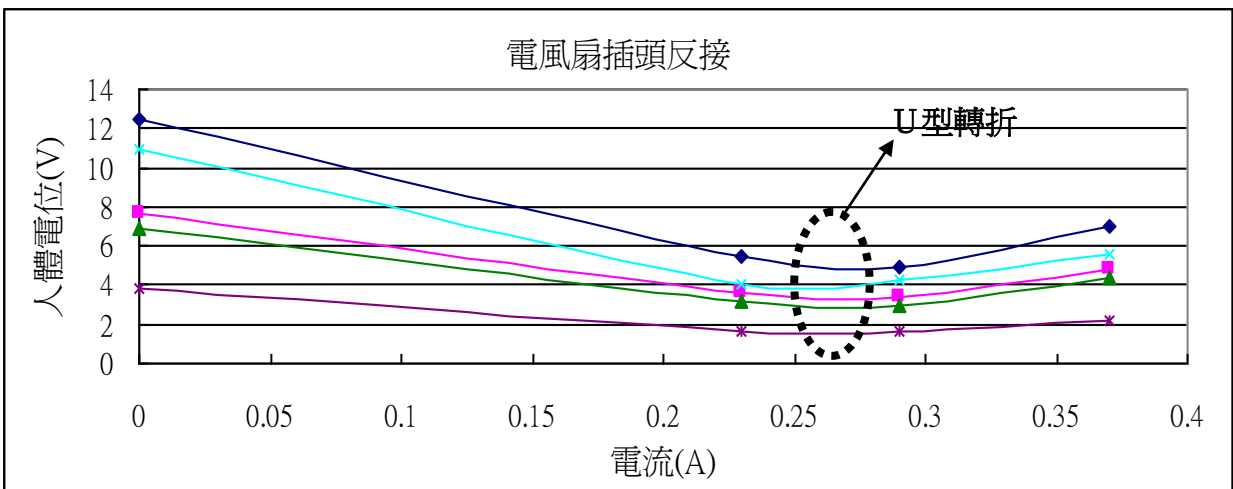
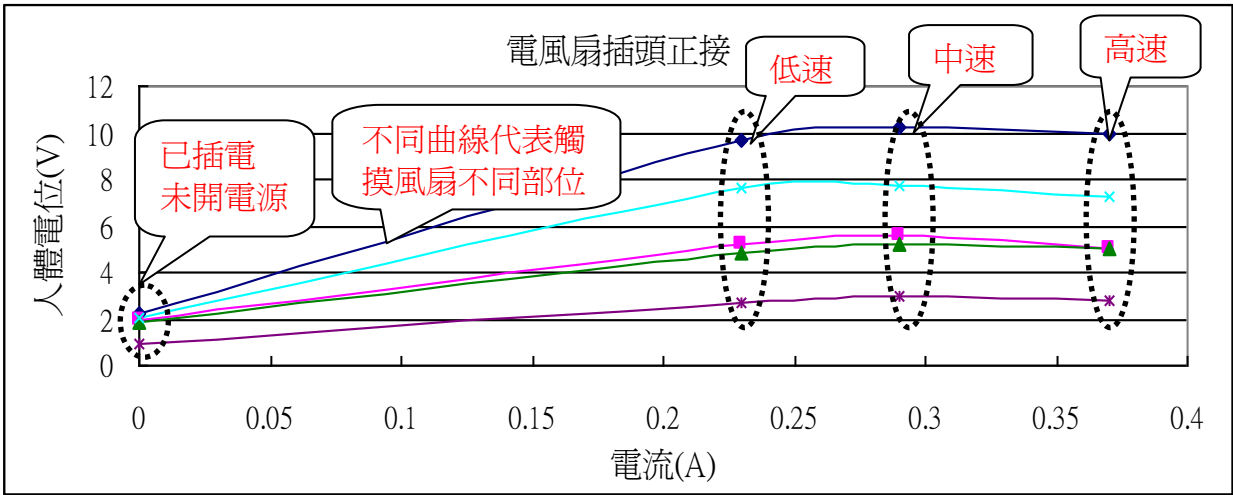
結果分析：

- 1、以本研究器材及方法來測試人體交流電位，發現**手機並不會影響人體電位**。這可能是因為手機電池為直流電，且發射的電磁波為高頻(例如 1.8GHz、2.4GHz、5GHz…等)，不同於桌上電腦使用的交流電（會產生低頻電場及低頻電磁波 60Hz）。
- 2、接觸桌上電腦時，人體電位變高，尤其**打鍵盤或握滑鼠（非無線）時，人體電位最大**。
- 3、以三合一電磁波測試器，環繞、緊貼手機及有線滑鼠，偵測其電場、電磁波的情形，結果如下表。發現兩者最大的不同是有線**滑鼠有很強的低頻電場**，而**手機有很強的高頻電磁波**，低頻電磁波則相差不多。

項目	低頻電磁波 (mG)	低頻電場 (V/m)	高頻電磁波($\mu W/m^2$)
背景環境	0.20	2	44.3
手機待機 (扣除背景環境)	10.41 (10.21)	2 (0)	173500 (173456)
桌上電腦有線滑鼠 (扣除背景環境)	2.28 (2.08)	525 (523)	44.3 (0)
德國健康住宅 電磁波 規範	無干擾	< 0.2 mG	< 1 V/m
	極強干擾	> 5 mG	> 50 V/m

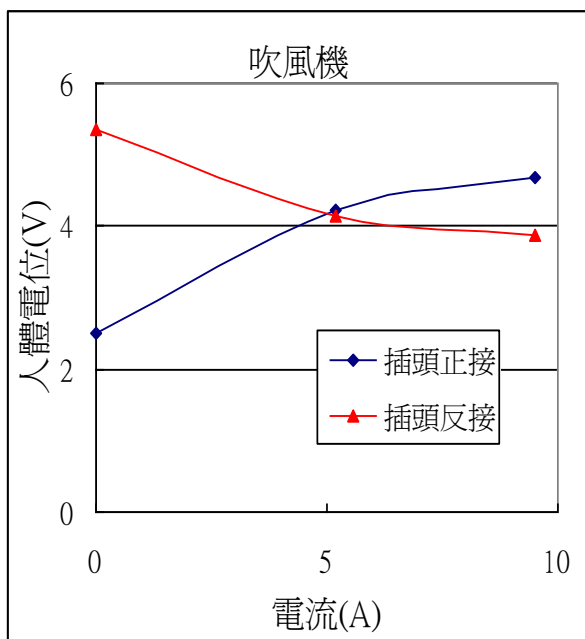
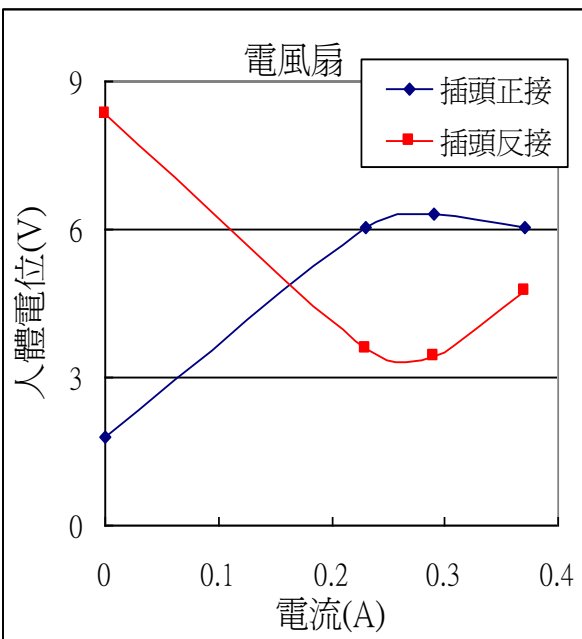
- 4、由上推論，本研究測量的人體電位不受高頻電磁波影響，極可能由低頻電場造成。
- 5、桌上電腦使用 110V 交流電，滑鼠及鍵盤則透過電腦的 USB 供電（5V 直流電），不過實測結果，滑鼠及鍵盤的低頻電場仍然很大（原因有待**後續研究**），對人體電位的影響也很大。而且**使用者身體通常不會去碰觸電風扇等電器，卻會長時間碰觸滑鼠及鍵盤**，這值得更加注意。

(三)電風扇插頭正反接、高低速對人體電位的影響



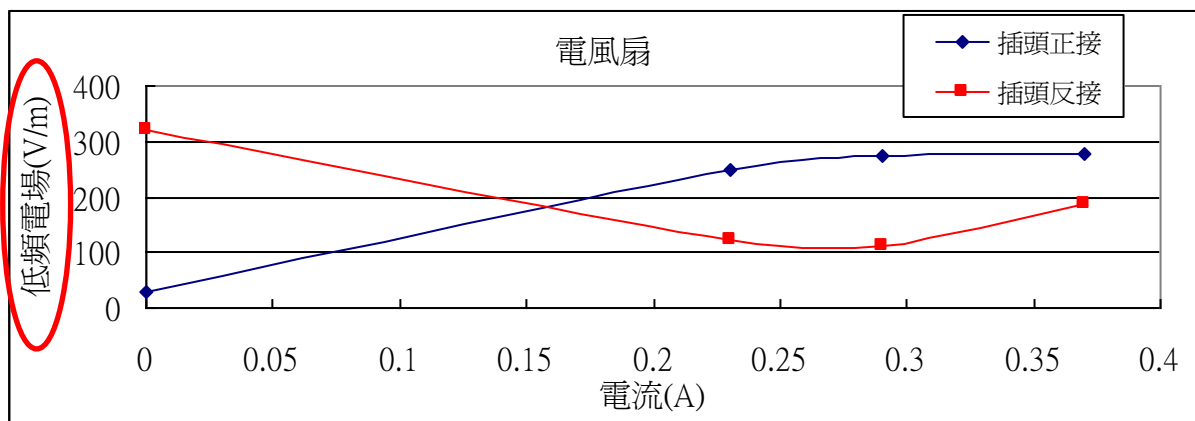
結果分析：

- 原本預期電流愈大，人體電位愈大，但實驗結果卻呈現奇怪現象，懷疑是實驗誤差造成。故觸摸風扇不同部位多次實驗後，結果相同。可知，電風扇插頭正反接、高低速對人體電位的影響，確實有一致趨勢，並非實驗誤差造成。
- 將上兩圖改以平均值來分析，並加做吹風機的實驗來比較，如下圖所示。

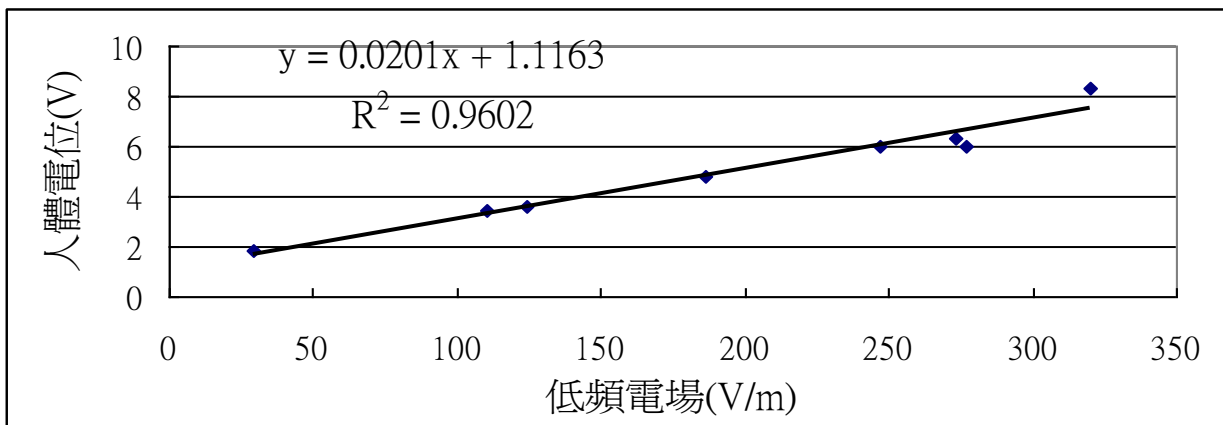


- 3、發現吹風機與電風扇有相同趨勢。電風扇和吹風機等含有線圈的電器，對人體電位的影響為：【插頭反接+未運轉】>【插頭正接+運轉中】>【插頭反接+運轉中】>【插頭正接+未運轉】。也就是未運轉但插頭反接的電風扇和吹風機，對人體電位的影響竟比運轉中還大！要小心避免。
- 4、當插頭正接（上圖藍線），關機時人體電位小，開機使用後人體電位上升。若以所學電流的磁效應、電磁感應（簡稱A效應，電流愈大，造成人體電位愈大）可以解釋。但是，當插頭反接（上圖紅線），關機時（沒有電流！）人體電位最大，開機後（有電流）人體電位下降，就難以用A效應解釋了。什麼原因呢？
- 5、以電磁波測試器測試電風扇插頭正反接、高低速時的低頻電場，做低頻電場與風扇電流的關係圖如下，發現低頻電場隨電流的變化與人體電位隨電流的變化有相同趨勢！

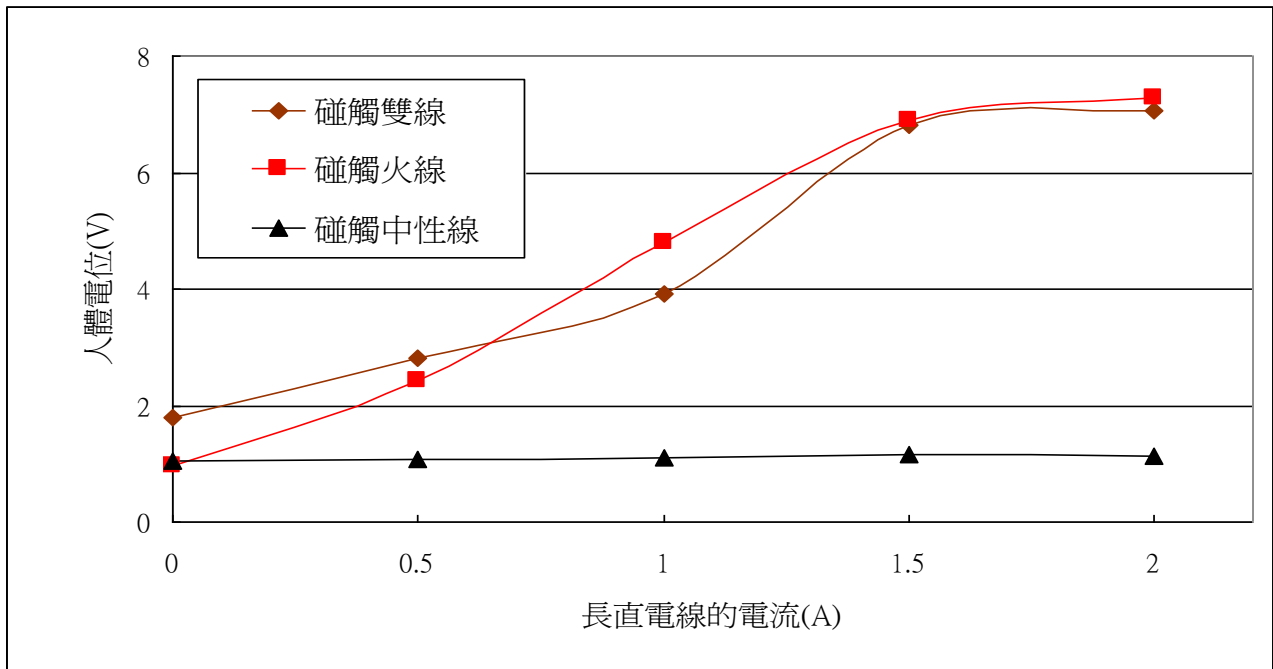
探討風扇電流與低頻電場的關係



- 6、因此，再做人體電位與低頻電場的關係圖如下。原因似乎找到了！造成人體交流電位的主要原因不是電器的電流大小造成的，而是電器的低頻電場造成的。人體電位與低頻電場兩者的決定係數(R^2)達 0.9602。至於截距為什麼不是零，可能是因為我們測的低頻電場是電風扇的低頻電場，所以電風扇的低頻電場為零時，環境中還有其他的低頻電場讓人體仍產生些許交流電位。



(四)中性線、火線及其電流大小對人體電位的影響

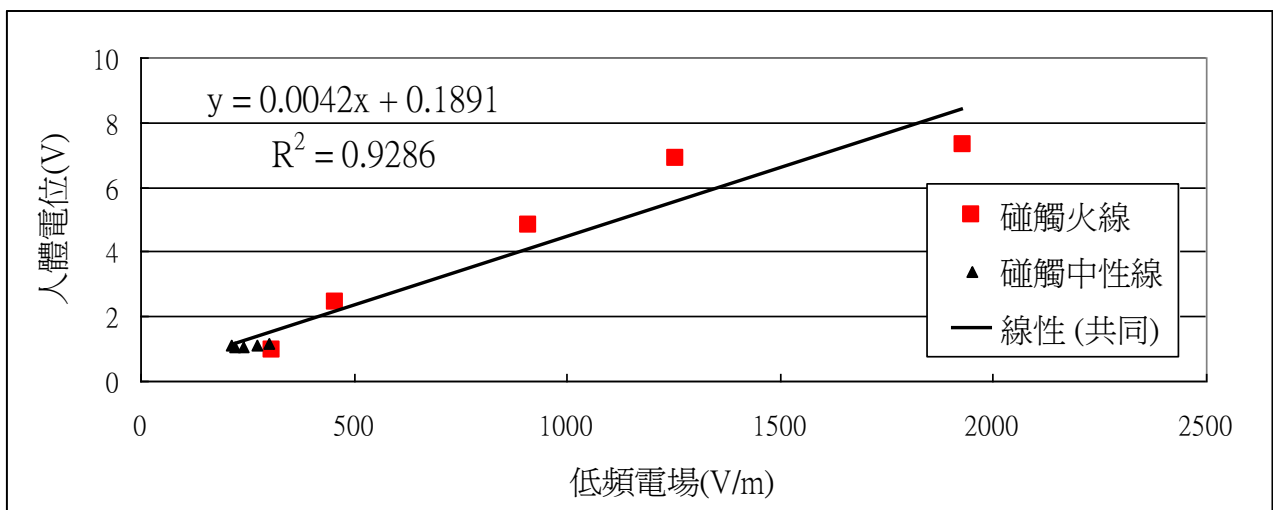


結果分析：

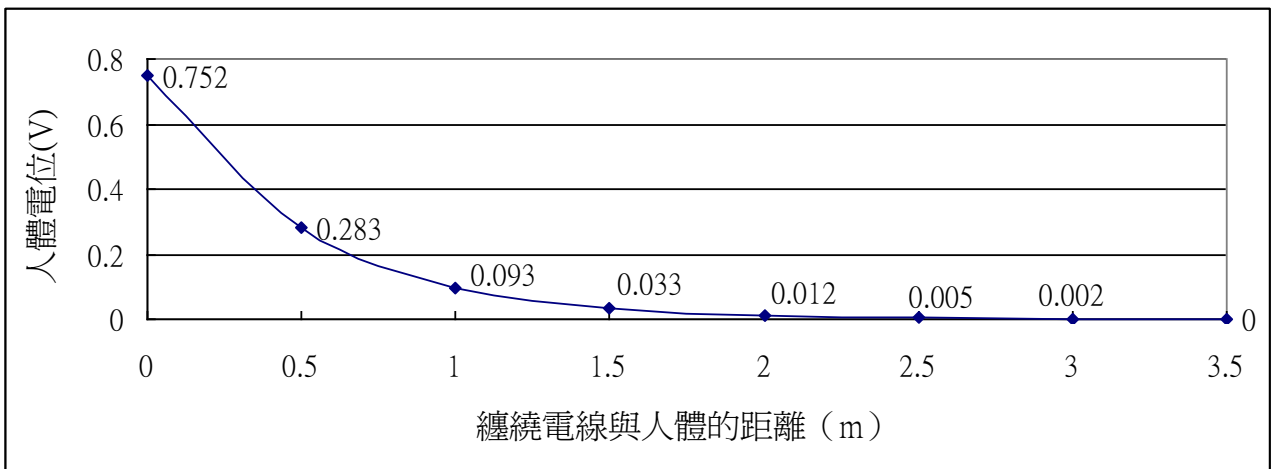
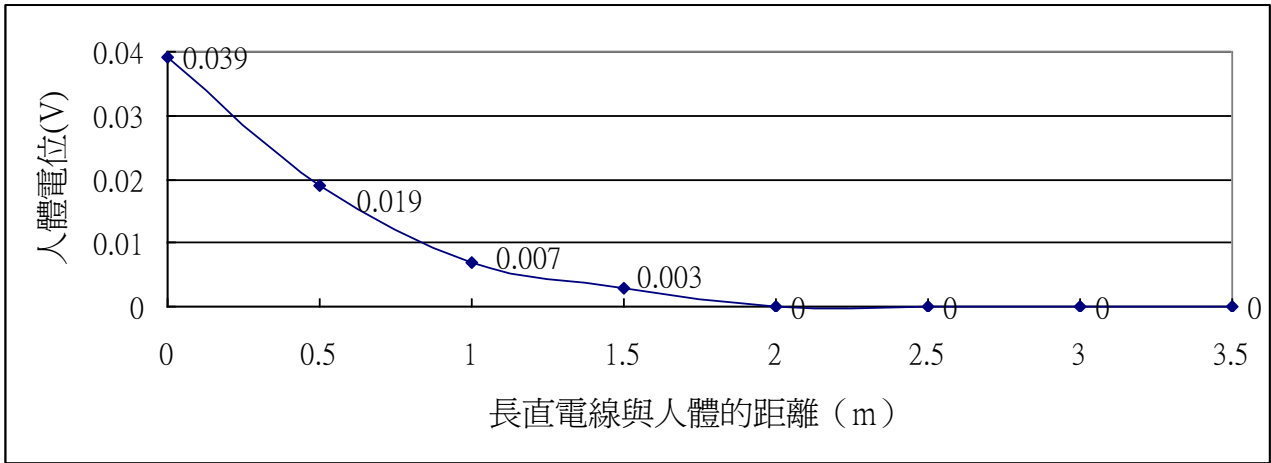
- 1、電線通常是雙線（中性線、火線分別以絕緣皮包裹後再合併在一起），人體碰觸時，人體電位會飆高。研究發現，碰觸火線與碰觸雙線的結果幾乎相同，也就是碰觸雙線使人體電位飆高的原因，可能是因為碰觸到雙線中的火線，而與中性線無關。
- 2、碰觸中性線時，不管電流多大，人體電位幾乎不變。再次得到人體電位的變化與電流無關的證明。
- 3、碰觸火線時，電流愈大，人體電位也愈高，看似兩者有線性關係。推測，那是因為此時火線的電流大小和低頻電場的大小相關。於是測量不同電流時，火線及中性線的低頻電場如下表。

電流(A)		0	0.5	1	1.5	2
低頻電場 (V/m)	火線	308	459	912	1257	1932
	中性線	221	240	273	299	214

- 4、再將橫坐標從電流改為低頻電場，對火線及中性線共同做線性迴歸，如下圖。發現與人體電位真正相關的應是低頻電場（相關係數 $r=0.9636$ ，決定係數 $R^2=0.9286$ ），而不是電流大小。

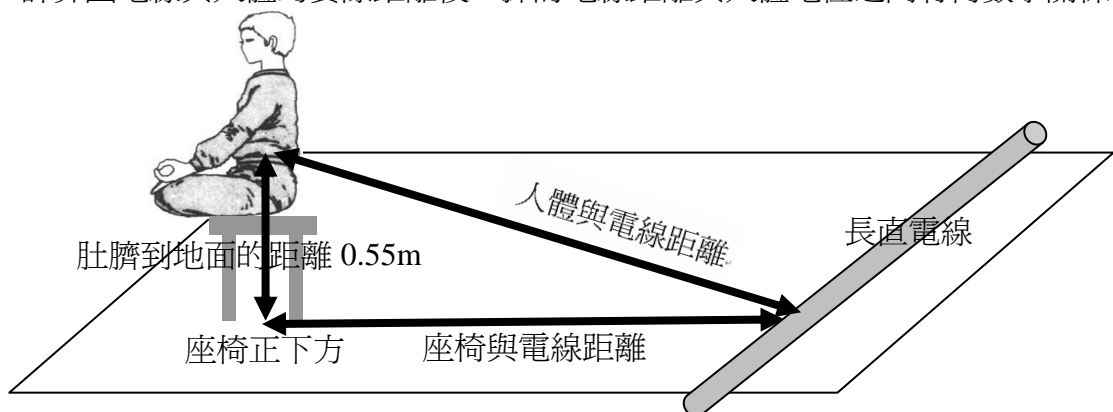


(五)電線與人體距離對人體電位的影響



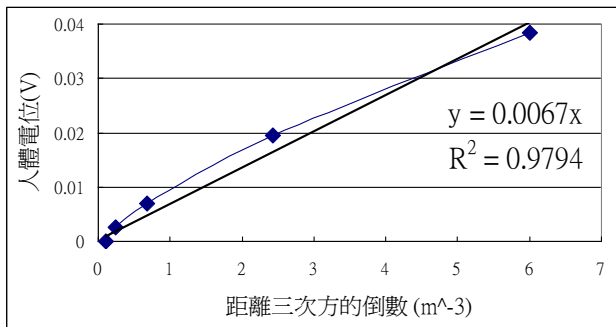
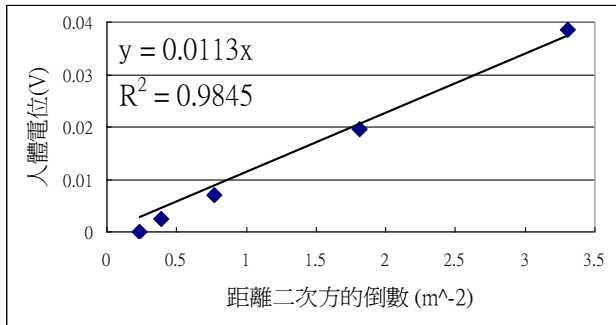
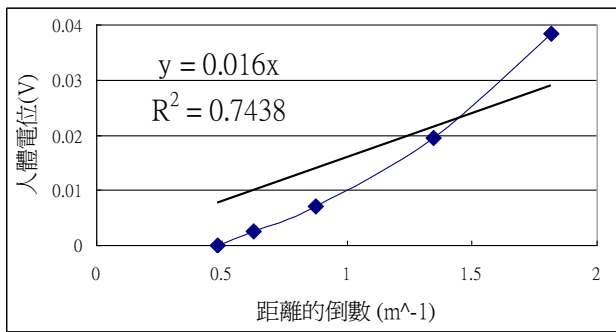
結果分析：

- 1、由(三)實驗結果已知，人體電位主要是受低頻電場影響，而非電流影響。所以本實驗所用的延長線雖然都沒有接上電器，都是零電流，依然可以觀察到電線對人體電位的影響。
- 2、電線距離人體愈遠，人體電位就愈小。
- 3、同樣距離下，即使沒電流，將電線纏繞起來比起長直電線，對人體電位的影響更大，依本實驗條件，可達 10~20 倍。
- 4、生活中人體若未接地，而想要降低人體受到交流電場的干擾，應該避免將電線纏繞，而且關掉電器電源是沒用的，必須拔掉插頭才行！至於隱藏在牆壁中的電線，若不考慮牆壁的屏蔽，依實驗結果，必須遠離牆壁 2 公尺以上，才能將人體電位降到 0.000V。
- 5、以上兩圖橫坐標的距離=0 時，是指電線就在座椅正下方，與人體仍有距離。故依下圖所示，計算出電線與人體的實際距離後，探討電線距離與人體電位之間有何數學關係？

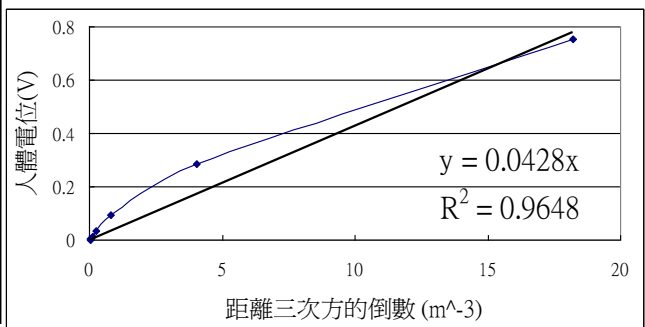
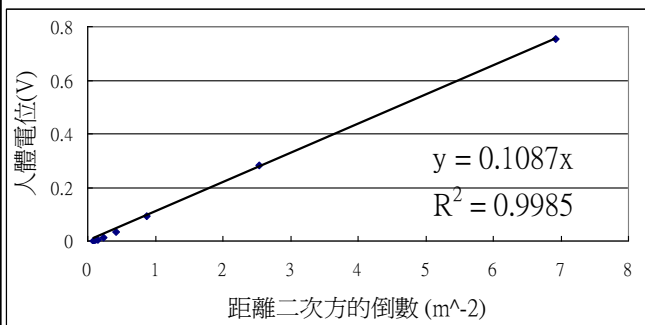
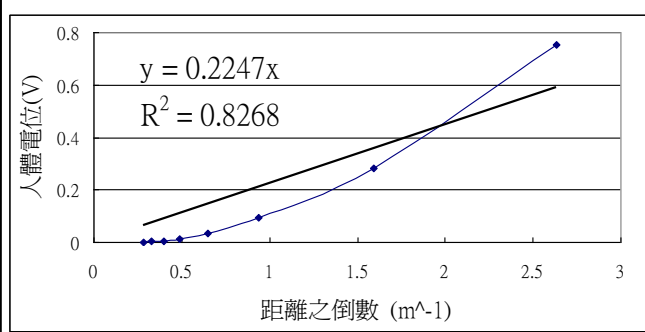


6、分別以電線與人體距離的倒數、距離平方的倒數、距離立方的倒數為橫坐標作圖分析：

【長直】電線

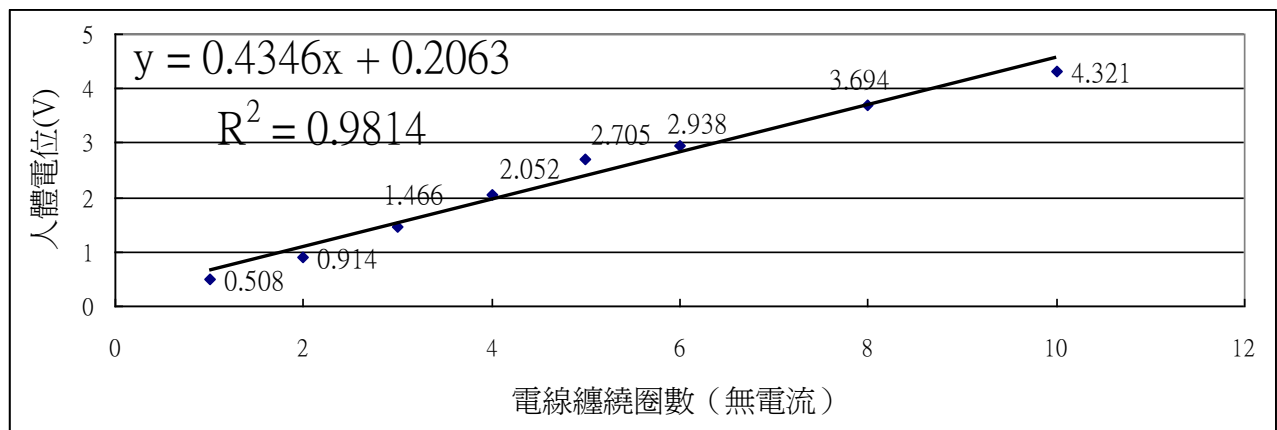


【纏繞】電線



結果顯示，【人體電位】和【電線與人體的距離的平方】成反比，即人體與電線的距離變 n 倍，人體電位就會變成原來的 $1/n^2$ 。例如，與電線距離加倍，人體電位降為原來的 $1/4$ 。

(六)電線纏繞圈數對人體電位的影響



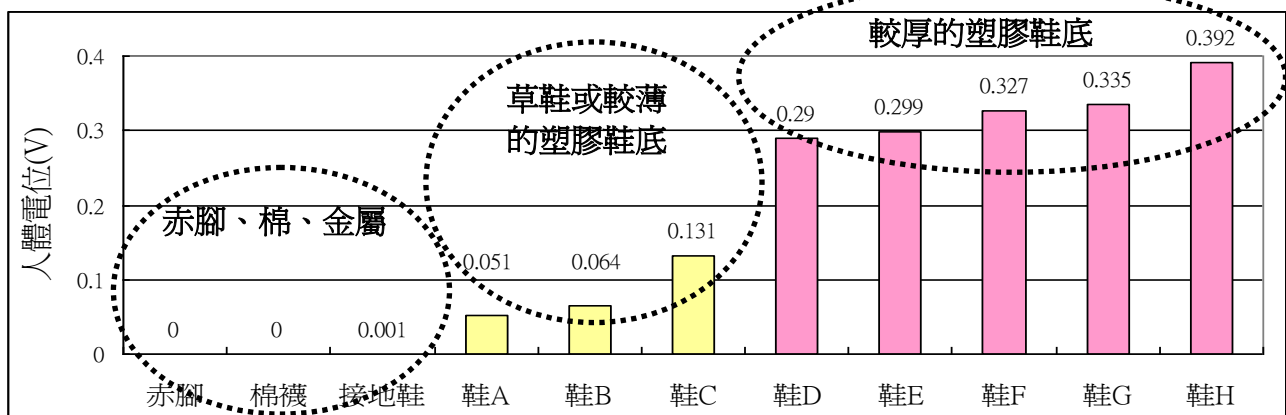
結果分析：

- 由(四)實驗結果已知，同樣距離下，即使沒電流，將電線纏繞起來比起長直電線，對人體電位的影響更大。本實驗進一步得知，電線繞愈多圈，人體電位就愈大，兩者有明顯的線性關係（相關係數 $r=0.9907$ ，決定係數 $R^2=0.9814$ ）。

四、接地差異對人體電位的影響

(一)鞋子種類對人體電位的影響

編號	鞋 A	鞋 B	鞋 C
圖示或說明			
人體電位(V)	0.051	0.064	0.131
編號	鞋 D	鞋 E	鞋 F
圖示或說明			
人體電位(V)	0.290	0.299	0.327
編號	鞋 G	鞋 H	自製接地鞋(貼鋁箔)
圖示或說明			
人體電位(V)	0.392	0.335	0.001

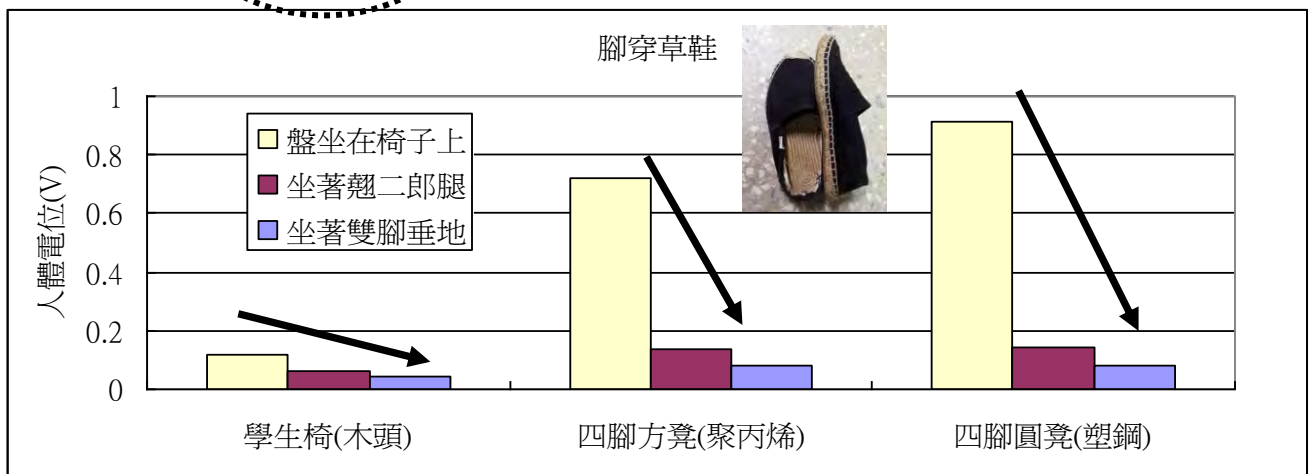
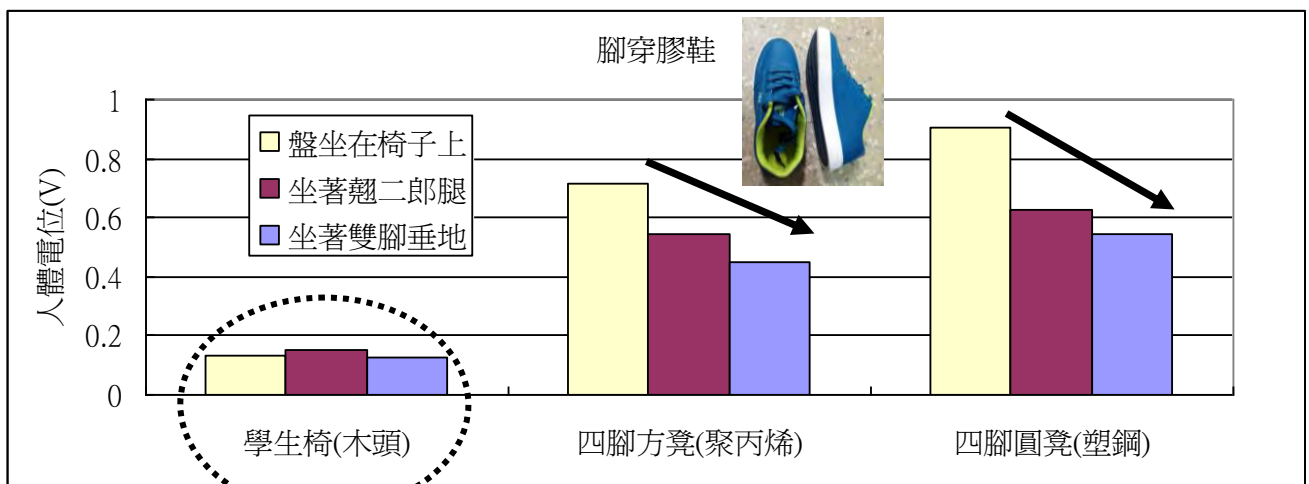


結果分析：

- 1、研究發現，接地效果最差的是「較厚的塑膠鞋底」，次之為「草鞋或較薄的塑膠鞋底」，最好的是「赤腳踩在磨石子地面、穿棉襪踩在磨石子地面」。
- 2、用鋁箔膠帶自製 DIY 接地鞋，發現接地效果良好，幾乎等同赤腳，人體電位僅 0.001V。

(二)座椅及坐姿對人體電位的影響








椅子種類	學生椅(木頭)	四腳方凳(聚丙烯)	四腳圓凳(塑鋼)
圖示			

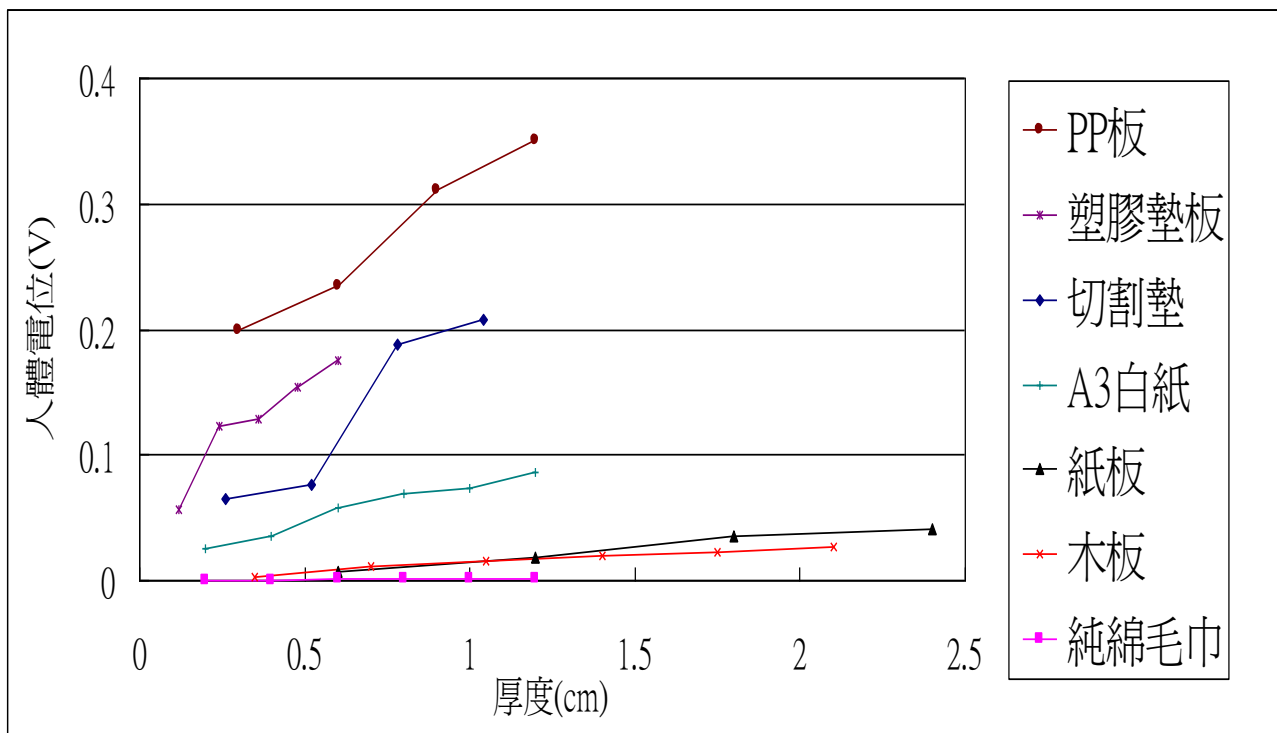


結果分析：

- 1、6 組實驗中，有 5 組實驗的接地效果有共同趨勢，即無腳著地（盤坐在椅子上），人體電位最大。一腳著地（翹二郎腿），因接觸面積增加，電阻變小，接地較佳，人體電位下降。同理，雙腳垂地，則接觸面積再增加，電阻更小，人體電位再降。
- 2、唯一例外是穿著膠鞋盤坐在木椅上（無腳著地）的接地效果優於穿著膠鞋翹二郎腿（一腳著地）。這可能是因為盤坐時，膠鞋接地面積減少，增加椅子腳在地面的壓力，所以少了膠鞋的接地（減少接觸面積），卻加強了椅子的接地（壓力增加）所造成的。
- 3、整體來說，木頭椅的接地效果比塑膠椅（聚丙烯或塑鋼）佳，且坐姿會影響人體電位：**【無腳著地（盤坐在椅子上）】 > 【一腳著地（翹二郎腿）】 > 【雙腳著地（腳掌平放）】**，顯示腳與地面的接觸面積愈大，接地效果愈好。
- 4、至於接觸面積的量化分析，因研究時間有限，有待後續研究。

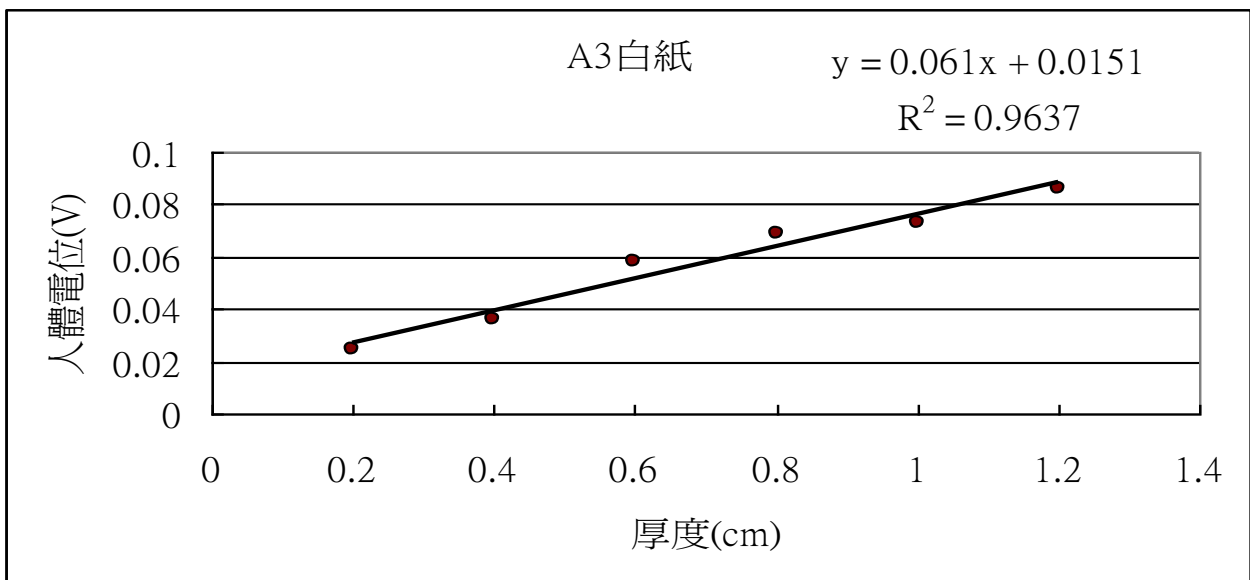
(三)接地物的材質、厚度對人體電位的影響

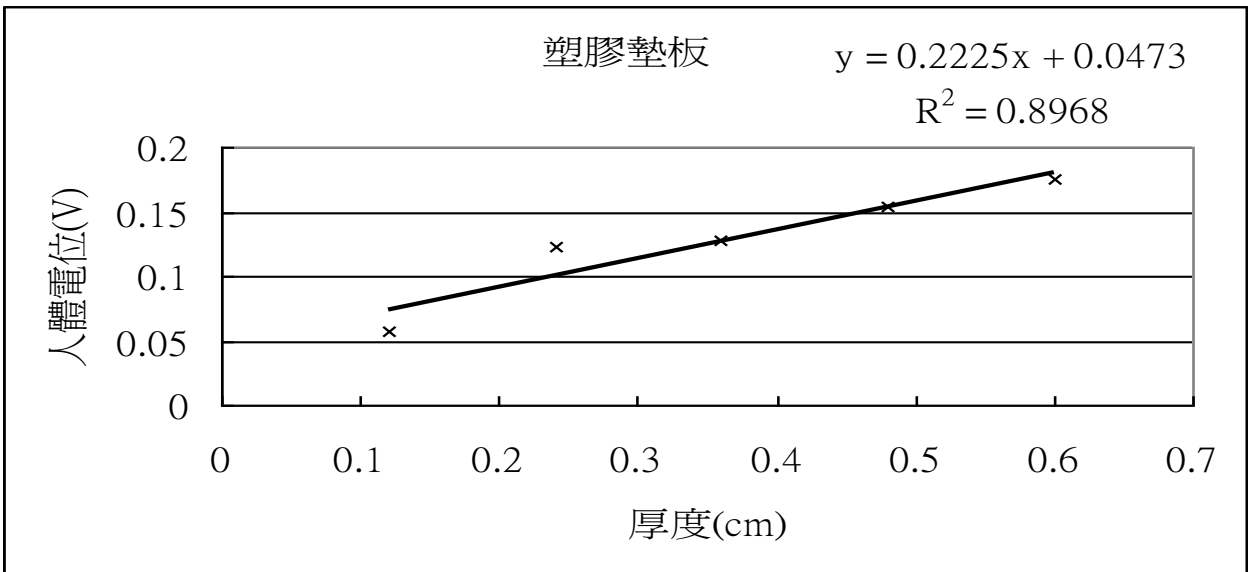
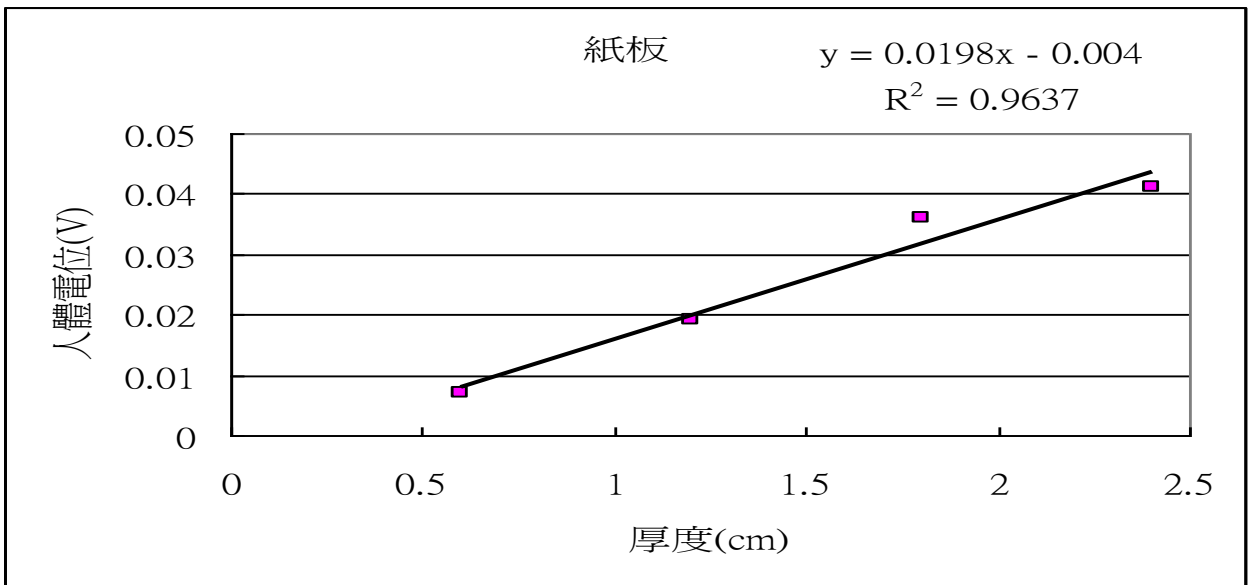
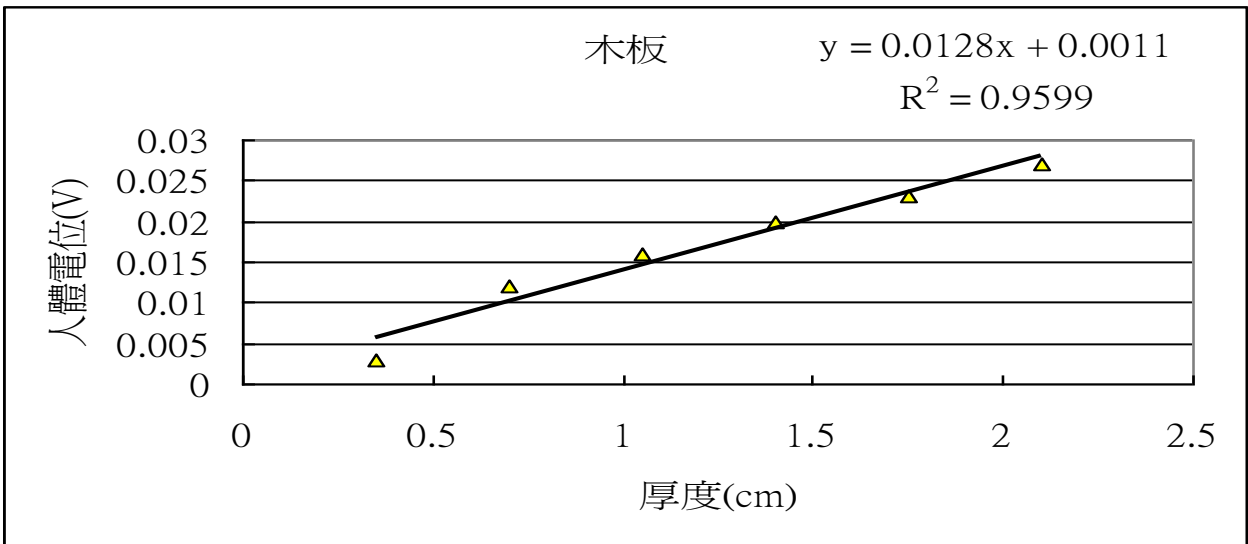
PP板		張數	1	2	3	4		
		厚度(cm)	0.30	0.60	0.90	1.20		
		人體電位(V)	0.200	0.235	0.311	0.350		
塑膠墊板		張數	1	2	3	4	5	
		厚度(cm)	0.12	0.24	0.36	0.48	0.60	
		人體電位(V)	0.057	0.123	0.128	0.154	0.175	
切割墊		張數	1	2	3	4		
		厚度(cm)	0.26	0.52	0.78	1.04		
		人體電位(V)	0.065	0.077	0.188	0.208		
A3白紙		張數	10	20	30	40	50	60
		厚度(cm)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20
		人體電位(V)	0.025	0.036	0.058	0.069	0.073	0.086
紙板		張數	1	2	3	4		
		厚度(cm)	0.60	1.20	1.80	2.40		
		人體電位(V)	0.007	0.019	0.036	0.041		
木板		張數	1	2	3	4	5	6
		厚度(cm)	0.35	0.70	1.05	1.40	1.75	2.10
		人體電位(V)	0.003	0.012	0.016	0.020	0.023	0.027
純棉毛巾		張數	1	2	3	4	5	6
		厚度(cm)	0.20	0.40	0.60	0.80	0.10	0.12
		人體電位(V)	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.002

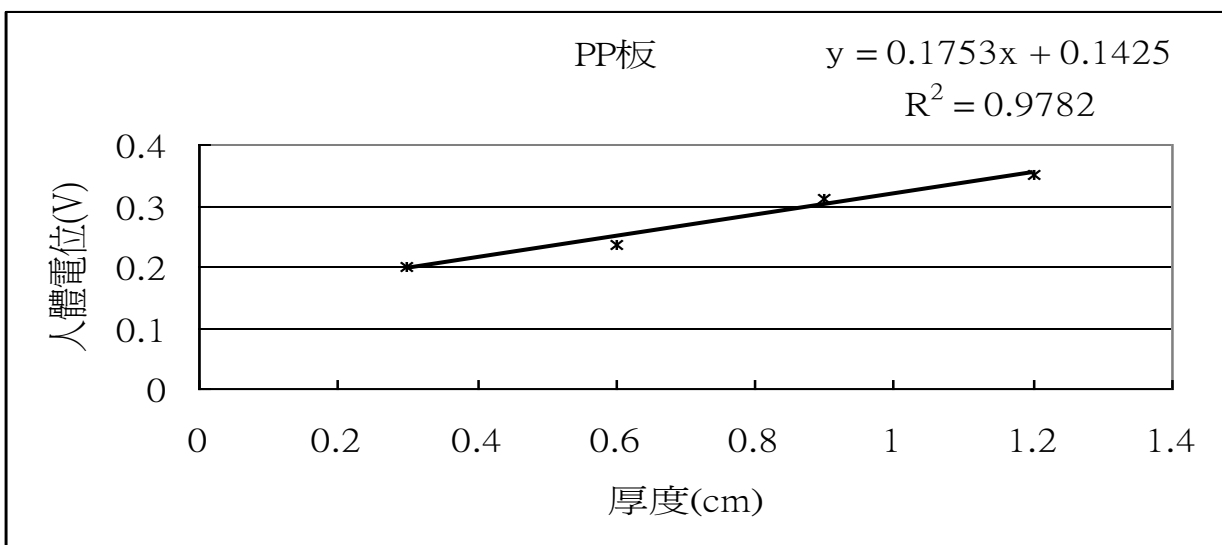
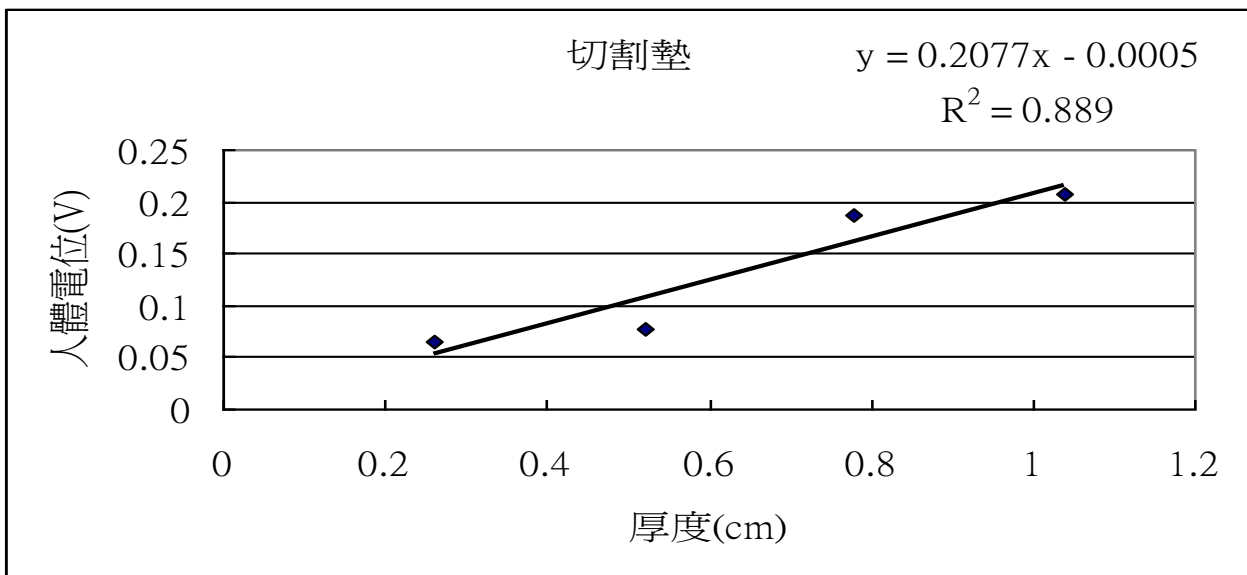


結果分析：

- 1、以相同底面積、相同厚度來比較不種材質的接地效果，發現接地效果的優劣，依序為：純綿毛巾→木板→紙板→A3 白紙→切割墊→塑膠墊板→PP 板。
- 2、比較天然的材質，可能較易吸附水氣，接地效果普遍優於塑膠類材質。
- 3、在實驗條件下，踩在純綿毛巾上，即使已經 6 層了，人體電位仍幾乎是零，故不做其厚度對人體電位的分析，其他材質的分析如下。







- 4、發現腳踩在同種材質上，若材質愈厚，人體電位就愈高，兩者有明顯的線性關係（厚度與人體電位的相關係數平均為 0.9703）。原因可能是因為電阻與其長度成正比，所以材質愈厚→電阻愈大→接地效果愈差→人體電位愈大。
- 5、綜合材質及厚度的研究結果，可知穿著厚度愈大的塑膠鞋，人體接地效果就愈差。
- 6、本研究到此主要探討各種變因對人體電位的影響。接地後有何助益？因人體研究不易，建議後續研究可探討鮮花、綠豆、昆蟲等接地與否對其凋零、生長、活動的影響。

柒、討論

接地氣是嶄新的研究題材，我們幾乎是從無到有來做此研究（歷年科展查無相關作品），因此本研究先採「橫向廣泛式」來探討各種變因的影響。研究過程中，發現一些現象很有趣或難以解釋，便進行「縱向深入式」的研究，但受限於時間，無法逐一探討。這讓我們深深體會到科學探究真是「一發不可收拾」！所以，我們將有深入研究價值的題材，甚至研究方法都呈現出來，分享給大家做後續研究，是本研究的貢獻之一。

其他研究的討論已呈現在〈伍、研究方法與過程〉及〈陸、研究結果與分析〉的內文中，以方便閱讀。

捌、結論

- 一、 現代人普遍穿著膠鞋與地絕緣，所以不論是學生從普通教室進入電腦教室，或老師從戶外進入辦公室，都可發現人體電位受到環境用電的影響而大幅上升，平均從 0.003~0.013V，上升到 6.035~8.102V（如果赤腳或穿著接地鞋則幾乎維持 0V）。
- 二、 在相同的交流電環境下，不同個體產生的人體電位並不相同。發現體重愈大，人體電位也愈大（相關係數 0.9063）。
- 三、 發現人體晃動會造成人體電位的波動，身體晃動的動作愈大愈快，人體電位的波動也愈大。因此，運動時若接地，身體就不會因晃動而與地表產生電位差，應可讓人體的生物電功能較不受干擾。
- 四、 一般家電（未接上地線）對人體電位有明顯影響。當站到電器前方，人體電位就會大幅升高（同一受測者 5 項電器平均約 11V），當觸摸電器時，則會更高（約 25V）。
- 五、 測量發現桌上電腦有線滑鼠有很強的低頻電場，手機有很強的高頻電磁波，兩者低頻電磁波相差不多。又使用滑鼠時，人體電位變大，使用手機則否。推論人體電位主要由低頻電場造成，且不受高頻電磁波影響。
- 六、 電風扇和吹風機等含有線圈的電器，對人體電位的影響為：【插頭反接+未運轉】>【插頭正接+運轉中】>【插頭反接+運轉中】>【插頭正接+未運轉】。也就是未運轉但插頭反接的電風扇等電器，對人體電位的影響竟比運轉中還大！要小心避免。
- 七、 碰觸電線時，人體電位會飆高，探究發現是因為碰觸到火線，與中性線無關。
- 八、 發現電器或延長線只要插上插頭（電流為零），就可以影響人體電位。探究後得知造成人體電位的主因是低頻電場（相關係數 0.9799），而非電流大小。
- 九、 發現當電線距離人體愈遠，人體電位就愈小，而且【人體電位】和【電線與人體的距離的平方】成反比。
- 十、 將電線纏繞起來比起長直電線，對人體電位的影響更大。電線纏繞的圈數愈多，人體電位就愈大（相關係數 0.9907）。
- 十一、 穿著鞋子後，接地效果最差的是「較厚的塑膠鞋底」，次之為「草鞋或較薄的塑膠鞋底」。另用鋁箔膠帶自製接地鞋，接地效果幾乎等同赤腳，人體電位僅 0.001V。
- 十二、 木頭椅的接地效果比塑膠椅（聚丙烯或塑鋼）佳，且坐姿會影響人體電位：【無腳著地（盤坐在椅子上）】>【一腳著地（翹二郎腿）】>【雙腳著地（腳掌平放）】，顯示腳與地面的接觸面積愈大，接地效果愈好。
- 十三、 以相同底面積、相同厚度來比較各種材質的接地效果，發現接地效果的優劣依序為：純棉毛巾→木板→紙板→A3 白紙→切割墊→塑膠墊板→PP 板。即比較天然的材質，可能較易吸附水氣，接地效果普遍優於塑膠類材質。而且同種材質，材質愈厚，人體電位就愈高（相關係數 0.9703）。
- 十四、 由研究結果得知，日常生活中若要減少家用交流電使人體與地表產生電位差，建議常到戶外親近大地、體重勿過重、遠離電線、避免將電線纏繞、電器插頭不可反接且最好拔掉、減少身體直接碰觸電器（尤其留意低頻電場大且會長時間碰觸的滑鼠及鍵盤）、避免塑膠椅且坐姿要端正不翹腳、避免厚度大的塑膠鞋（盡量選用天然材質的椅、鞋，也可減塑又環保）。

玖、參考資料

- 一、郭重吉主編(2017)·國民中學自然與生活科技第六冊·台南市：南一書局。
- 二、克林特·歐伯等人(2015)·**接地氣—大地是最好的醫生，修復體內抗氧化系統，對抗自由基**·臺北市：地平線文化。
- 三、邢文綾(2017)·**人體接地氣所產生的健康療癒效果之研究**(未出版的碩士論文)·高雄：國立高雄師範大學英語學系。
- 四、祝永坤、關立志(2006年11月)·**高壓工頻電場對人體的作用及防護**·《電力安全技术 2006年11期》·取自：<https://wenku.baidu.com/view/26bbecc34028915f804dc286.html>
- 五、陳博棟、遼邁、陳小強、胡延文(2014年12月)·**特高壓交流輸電線路對人體電場效應的對比分析**·《輻射研究與輻射工藝學報 Vol.32, No.6》·取自：
<http://www.j.sinap.ac.cn/fushe/CN/article/downloadArticleFile.do?attachType=PDF&id=214>
- 六、台灣電力股份有限公司(2012年10月)·**極低頻電磁場暴露健康風險評估與溝通策略之研究**·取自：<http://www.taipower.com.tw/UpFile/DownloadFile/極低頻電磁場暴露健康風險評估與溝通策略之研究.pdf>
- 七、國家環境毒物研究中心(2013年12月18日)·**電磁波健康效應之評估報告**·取自：
<http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/ref/電磁波健康效應之評估報告.pdf>
- 八、王尊信、洪連輝(2011年6月23日)·**屏蔽效應**·高瞻自然科學教學資源平台·取自：
<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=29538>
- 九、Gaétan Chevalier.(April 14, 2015). **How to Measure the Effect of Earthing on Body Voltage**, from
<http://162.214.7.219/~earthio0/wp-content/uploads/2016/11/How-to-Measure-the-Effect-of-Earthing-on-Body-Voltage.pdf>
- 十、Gaétan Chevalier, Stephen T. Sinatra, James L. Oschman, Karol Sokal, and Pawel Sokal.(2012).
Earthing: Health Implications of Reconnecting the Human Body to the Earth's Surface Electrons.
Journal of Environmental and Public Health. Published online Jan 12, 2012,from
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3265077/#B16>

【評語】 030119

這是一個跨領域多變因的研究，其研究結果豐碩，而作者說明清晰誠懇，表達自然親切。有關人體接地的問題，題目有新意，實驗方法堪稱完整，其結果有實用性。此研究結果新奇，分析過程清楚，符合科學的歷程，主題有趣又實用，值得繼續發展。

作品海報

