

# 中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

## 國中-生物科

科 別：生物科

組 別：國中組

作品名稱：電磁當道 - 鼠輩橫行

關 鍵 詞：電磁波、小白鼠、迷宮

編 號：030305

---

**學校名稱：**

臺北縣立正德國民中學

**作者姓名：**

羅愷馨、張惠婷、陳怡瑄、林韋伶

**指導老師：**

王志銘、呂紹瑜



## 壹、摘要

本研究以一般家庭電器用品、手機等所產生的電磁輻射作探討，全面探究常用家電所產生電磁波強弱散佈情形，並應用實驗檢測結果，對三組小白鼠進行家電以短距離、長時間及手機近距離的電磁輻射作用，以長期觀察小白鼠生長狀況、飲食、體重、迷宮測試覓食記憶反應時間、探索反應次數等之改變，進一步瞭解電磁波對小白鼠產生的影響，並期應用延伸此實驗成果，引起大眾對生活中無形之電磁波的注意及其對生物與自然生態影響的探討，並對電磁波輻射污染融入環境教育教材提供建言。

## 貳、研究動機

上理化課知道電和磁有密不可分的關係，常聽到電磁波這個名詞，總覺得它是一種潛在的影響力，對生物及環境的危害似乎在無影無形中就悄悄地產生了。想知道電磁波的威力有多大？當有人每天拿手機“哈拉玖佰玖”，或床頭正對著隔壁冰箱時，是否還能高枕無憂呢？手機、家電等和電磁波脫離不了關係，到底常用家電的電磁波是如何分布的？強度如何？又從生物和健教課得知公害問題面面觀，因此我們很想知道每天常接觸的電器如冰箱、電腦和手機等的電磁波輻射是否對生物體有危害，故設計了老鼠迷宮系列的研究，看電磁波對小白鼠生理狀況、跑迷宮覓食反應時間及探索反應的影響程度。

## 參、研究目的

- 一、瞭解家用電器電磁波強度與距離、方位的關係。
- 二、測試大型家電電磁波強度及同時使用多樣家電電磁波的增強情形。
- 三、藉參觀專業 EMC 實驗室，實際操作頻譜分析儀測試家電電磁波，並與高斯計做一比較。
- 四、應用對電磁波的研究結果，探究家用電器、手機電磁波對小白鼠生理狀況的影響。
- 五、運用迷宮探究家用電器、手機電磁波對小白鼠覓食記憶反應時間的影響比較。
- 六、瞭解電磁波對小白鼠探索反應的影響。

## 肆、研究設備及器材與動物

名 稱	數 量
檯 燈	2 臺
電 鍋	1 臺
電 視	2 臺
手 機	2 臺
水 瓶	23 個
木 屑	依情況而定
飼 料	依情況而定
量 筒	1 個
迷 宮	1 個
果 汁 機	2 臺
吹 風 機	1 臺
稱 量 紙	數 張
實 驗 衣	4 件
布 手 套	16 雙
延 長 線	1 條
小 白 鼠	18 隻
保 利 綸	2 塊
大飼養箱	4 個
小飼養箱	18 個
空膠水瓶	20 個
塑膠手套	30 雙
家用手套	4 雙
電子天秤	1 臺
定時充電器	2 個
電腦及周邊設備	1 組
粉筆、膠帶、捲尺	1 組
三色奇異筆(紅、藍、黑)	1 組
頻譜分析儀 ( HP 8568B )	1 臺
雜訊截取器 ( R&S MDS-21 )	1 臺
雜訊接收器 ( R&S ESCS-30 )	1 臺
數據型高斯計( EMF tester 823)	1 臺



照片 1

哇！這都是我們的實驗器材ㄟ！



照片 2

夠壯觀吧！我們的老鼠迷宮



照片 3

好高的冰箱ㄛ！

## 伍、研究方法

### 一、家電用品電磁波輻射檢測：

(一) 在學校測量：我們向學校借空教室地上用捲尺、膠帶、粉筆做電器的四面距離表面各以間隔 20 公分的記號，分別將電器如果汁機、吹風機...等放在記號中央，啟動後用 EMF 高斯計測電磁波並記錄數值（照片 4）。



照片 4 看，我們多認真丫

(二) 在家中測量：將各大型家電如洗衣機、冰箱、電視等啟動電源測電磁波（照片 5）。



照片 5 烘碗機丫！烘碗機，你合乎標準嗎？

(三) 在專業實驗室測量：我們到爸爸朋友服務的專業 EMC 無干擾實驗室，請他指點利用頻譜分析儀及雜訊截取器分別測量果汁機、電鍋、吹風機、檯燈等的電磁波，用電腦分析列印圖表（照片 6、7、8、9）。



照片 6

測量電線的電磁波，夠專業ㄟ！



照片 7

網咖？不是啦！是在做數據分析。



照片 8 我們是不是來到 2718 年的房間了？真酷 Y！這可是測量電腦輻射專業檢驗室哦！



照片 9 我們在 EMI 專業實驗室前留影

## 二、小白鼠接受電磁波實驗

(一) 實驗動物：因為我們很好奇電磁波到底對生物有害嗎？所以決定購買台大動物實驗中心同日出生小白鼠一批，先讓小白鼠適應環境三週，並藉以觀察習性。

(二) 每日小白鼠飲食觀察步驟：

1. 測量食物 (照片 10)：每日將小白鼠吃剩食物，以電子天秤稱質量，記錄。若沒剩，則將其前天食量再加 0.5g，並記錄，增減以達到老鼠要的食量。

2. 測量水：每兩日取出小白鼠的水瓶，稱總重，再減瓶重，得喝剩水量，再用飲水量 50g 減喝剩水，並記錄，利用  $V=M/D$  ( $V$ ：體積， $M$ ：質量， $D$ ：密度) 算喝水體積。將水瓶固定在保利綸中，秤重後再加 50g 水，每日兩將水倒掉，重新更換。

(三) 觀察研究日誌：每日仔細觀察小白鼠的精神狀況、運動狀況、外觀、排泄物及異常行為等，確實記錄。

## 三、小白鼠分組與環境設計：

(一) 先將小白鼠依公母均分為對照組、家電組與手機組三組，每組各 6 隻，分別飼養於十八個鼠籠內。

(二) 環境設計：

1. 對照組：選一無電器電磁波干擾教室，檢測背景值為  $0.00\mu T$  (EMF tester823)，將老鼠籠排成上下兩層公母交叉放置 (如照片 11)。

2. 家電組：選一無電器電磁波干擾背景值為  $0.00\mu T$  (EMF tester823) 的教室，將鼠籠近距離置於冰箱及電腦螢幕、主機的後側，接通冰箱及電腦電源二十四小時開機 (如照片 12、13)。

3. 手機組：選一無電器電磁波干擾背景值為  $0.00\mu T$  (EMF tester823)，將鼠籠依正三角形排列貼近中間所放置的兩隻手機，每天間歇通機四十分鐘，二十四小時待機 (如照片 14)。



照片 10

我們老鼠的食量可真不小丫！



照片 11

我們的生活最簡單-----對照組的家



照片 12

0.00 耶！背景輻射真低！



照片 13

家電組可愛的家



照片 14

我們是 e 世代的一族---手機組的家

(四) 迷宮測試 (照片 15):

1. 日常練習迷宮：測試前每日均將每隻小白鼠輕置迷宮起點，飼料置於終點，讓其練習跑

迷宮一次。

## 2.每週迷宮測驗：

- (1)測試前一天，對小白鼠進行飲食控制、食物減量，但仍給水喝。
- (2)測試前先秤每隻小白鼠體重，並記錄。
- (3)飼料置於迷宮終點，依對照組、家電組、手機組（每週輪流替換優先順序）公、母交叉分別將小白鼠輕置於迷宮起點，每週測試所有 18 隻白鼠，記錄。
- (4)用木板先擋住前面通道，按碼錶計時，同時將木板拿起。為避免小白鼠爬出迷宮，將打洞塑膠膜輕放於迷宮上方（以不驚動為原則）等其跑到終點，再將塑膠膜輕輕拿起，並將小白鼠再捉回起點。
- (5)每隻白鼠實驗共四次，測試完成後將其再置回籠中。



照片 15 蓋上打洞塑膠膜後，看你往哪逃！

### (五) 探索實驗(照片 16)

- 1.將三組小白鼠分別置於透明玻璃缸及不透明塑膠盒中，分別記錄每分鐘小白鼠探索次數，並求平均。
- 2.探索次數的計算為小白鼠兩隻前腳離地約 1 秒鐘算一次，每日重複上述步驟 1，共三次。  
注意事項：在實驗過程中，不要驚嚇老鼠。每隻測量完均需清除缸中穢物，以免影響下次測量結果。



照片 16

看你 1 分鐘在玻璃缸能爬起來幾次！



照片 17

這就是我們的不透明塑膠盒！

## 六、研究結果

### 實驗一：家電產生電磁波與距離、方位關係（表一）

#### （一）記錄項目：

- 1.正面：為電器開關處，或一般使用時習慣面對的一方，如吹風機出風口。
- 2.後面：相對於正面的另一側。
- 3.左側：以測試者為準，面對家電之左手邊位置即為左側。
- 4.右側：以測試者為準，面對家電之右手邊位置即為右側。
- 5.上（下）面：電器的上（下）面，如電鍋上面即為鍋蓋處。
- 6.測試距離從電器表面開始，每間隔 20cm 量取數值，至 100cm 止。

#### （二）注意事項：

- 1.高斯計檢測電磁波，需先測背景值，取得背景值較低地點作為實驗場地，以減少誤差的產生。
- 2.高斯計檢測時，測試端需面對待測電器，因儀器測試方向不同時，會有不同測試值產生。
- 3.吹風機使用時會產生高溫而影響高斯計檢測，因此檢測吹風機電磁波強度不宜放置太久，以免影響數據判讀。



照片 18

這就是我們測量電磁波時的照片！

表 1 各類家電用品電磁波強度與距離關係表 單位：微特斯拉( $\mu T$ )

名稱	方位	正面	後面	左側	右側	上方
	距離					
電鍋	緊貼	0.33	0.23	*6.15	0.41	
	20 公分	0.06	0.05	0.62	0.13	0.45
	40 公分	0.00	0.01	0.32	0.00	0.03
	60 公分	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00
	80 公分	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
	100 公分	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
黑吹風機	緊貼	0.40	1.02	9.55	*9.70	
	20 公分	0.12	0.15	0.04	0.02	9.73
	40 公分	0.10	0.02	0.02	0.02	0.02
	60 公分	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
	80 公分	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00
	100 公分	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
果汁機	緊貼	*42.50	8.35	3.17	3.16	1.00
	20 公分	1.39	1.47	0.45	0.63	0.86
	40 公分	0.20	0.21	0.04	0.05	0.18
	60 公分	0.04	0.04	0.02	0.03	0.05
	80 公分	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02
	100 公分	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
電腦主機	緊貼	*0.45	0.05	0.04	0.14	0.02
	20 公分	0.18	0.03	0.02	0.05	0.01
	40 公分	0.11	0.02	0.02	0.03	0.00
	60 公分	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00
	80 公分	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
	100 公分	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
電腦螢幕	緊貼	*0.76	*1.53	0.31	0.16	4.38
	20 公分	0.10	0.15	0.04	0.02	0.26
	40 公分	0.03	0.04	0.02	0.01	0.06
	60 公分	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02
	80 公分	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01
	100 公分	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01

結果分析：由上表可明顯看出，愈靠近家電的表面或馬達運轉處及電腦螢幕機殼後側或側面測得輻射最強（由電鍋左側、黑吹風機左右側、果汁機緊貼和電腦螢幕正面、後方、上方的數值可看出），但不同品牌設計或有些許差異。在超過距家電 60 公分後，輻射強度便衰弱至與背景值相差無幾（ $0.00 \mu T$  或  $0.01 \mu T$ ）。

## 實驗二：家電電磁波強度測試及使用多種家電產生電磁輻射值的比較（表 2）

（一）記錄項目：如實驗一結果說明 1~5，而所有測試均為緊貼家電之數據。

（二）注意事項：

- 1.高斯計檢測電磁波，需先測得背景值較低點作為實驗場地，以減少誤差的產生，且儀器測試端需面對待測電器，因方向不同時，會有不同測試值產生。
- 2.使用吹風機時會產生高溫而影響高斯計檢測，因此檢測時不宜放置太久，以免影響數據判讀。



照片 19

這就是在家裡測量家電電的情況！

表 2 家庭電器電磁輻射測試總表 單位：微特斯拉 (  $\mu T$  )

方向 品名	正面	左側	右側	上面或下面	開關處
烘碗機	0.64	3.23	0.22		
電鍋	0.91	2.50	2.50		0.16
除濕機	19.55	0.57	0.45	1.18	0.66
冰箱 ( 運轉 )	0.32	0.37	0.57	0.60	
冰箱( 未運轉 )	0.06	0.21	0.01	0.16	
烘衣機	0.28	0.69	0.16	1.58	
電視機 1	4.35	1.75	2.94	2.47	
電視機 2	3.40	3.25	3.48	2.43	
洗衣機	0.08	0.93	0.27	0.32	0.57
吹風機(白)	0.91	10.75	*10.89	0.43	1.18
吹風機(黑)	0.40	9.55	9.70	*9.73	1.02
低輻射大檯燈	*0.06	*0.00	*0.00	*0.00	
小檯燈	0.60	*12.16	10.72		3.86
果汁機	8.13	17.55	16.85		*19.85
洗衣機、烘衣機、冰箱、除濕機在同一空間中的電磁波	中心點：0.04				
	155 公分處：0.10				

結果分析：1.由上表可發現靠近運轉家電時，馬達處電磁輻射較強。而會產生高熱及馬達快速運轉的家電輻射值也會比其他的家電來得高，值得注意。電器本身如有降低電磁波的設計，數據確實會較低，由大檯燈可見，但光線會較弱。

2.電磁波輻射強度並不會因同時使用多種電器而一定明顯增加。

## 專業 EMC 頻譜分析儀檢測電腦與家電電磁波強度及干擾功率 (表 3-1~3-8)

### (一) 紀錄項目:

- (1) 測量電腦 30MHz~300MHz(表 3-1、3-2)及 300 MHz~1000 MHz(表 3-3)的電磁波強度曲線圖。
- (2) 由圖形中(表 3-1~3-3)取電磁波強度最強的位置數點，紀錄頻率(frequency)、強度(Level)再與標準邊線(Limit)作比較，求出差距(Delta)，若為負數值表示低於標準值，樣品合格，反之則不合格。

註：電器電磁波強度 (Level) 與安全標準界線 (Limit) 的差距 (Delta)  
 = 電器電磁波強度 (Level) - 安全標準界線 (Limit)

- (3) 測量各種家電在 30 MHz~300 MHz 電磁波干擾功率圖(表 3-5~3-8)，由圖形中取干擾功率最大的位置數點，紀錄頻率(frequency)，及儀器判讀(Reading)出的峰值(Qp)及平均值(Av)，加上誤差 電器電磁波平均干擾功率(Emission Av)與安全標準界線平均值(Limit Av) 的值(Corr. Factor)即為測試家電所發射出(Emission)的峰值(Qp)與平均值(Av)。
- (4) 家電所發射出的峰值(Qp)及平均值(Av)在與標準邊線(Limit)作比較，所得的差距(Margins)若平均低於標準邊線(Limit)方為合格家電。

- 註：1. 電器電磁波最大干擾功率 (Emission) = 儀器讀數 (Qp) + 誤差 (Corr. Factor)  
 2. 電器電磁波平均干擾功率 (Emission Av) = 儀器讀數 (Av) + 誤差 (Corr. Factor)  
 3. 電器電磁波最大干擾功率與安全標準界線的差距 (Magrgins) = 電器電磁波最大干擾功率 (Emission Qp) - 安全標準界線最大值 (Limit Qp)  
 4. 電器電磁波平均干擾功率 (Emission Av) 與安全標準界線平均值 (Limit Av) 的差距 (Magrgins) = 電器電磁波平均干擾功率 (Emission Av) - 安全標準界線平均值 (Limit Av)

### (二) 結果分析:

- (1) 由下表可知測試電腦螢幕電磁波輻射在安全範圍內。

### 電磁輻射測量

項目 名稱	最大值編號	Frequency(頻率) (單位:MHz)	Level(強度) (單位: dBμV/m)	Limit(標準 線)(單位: dBμV/m)	Delta (單位: dB)	是否 合格
電腦螢幕 1	2	47.89	27.9	30.0	-2.1	是
電腦螢幕 2	2	74.71	26.4	30.0	-3.6	是
電腦螢幕 3	2	703.08	34.7	37.0	-2.3	是

(2) 由下表可知測試家電，除果汁機外，其餘則都合格。

### 干擾功率

名稱	項目 單位	最大 值 編 號	Frequency (頻率)	Corr. Factor (誤差)	Reading dBpW (儀器的讀 數)		Emission dBpW (電器發射功 率)		Limit dBpW (標準界線)		Margins dB (邊緣)		是否 合格
			MHz	dB	Qp	Av	Qp	Av	Qp	Av	Qp	Av	
白色 大的 吹風 機		+1	67.50000	1.30	44.92	15.17	46.22	16.47	46.39	36.39	-0.17	-19.92	是
黑色 大的 吹風 機		+1	154.31250	0.40	49.09	13.98	49.49	14.38	49.60	39.60	-0.12	-25.23	是
電 鍋		+1	73.73833	2.00	24.19	22.75	26.19	24.75	46.62	36.62	-20.43	-11.87	是
檯燈 (皇 冠 牌)		+1	31.31250	1.87	36.09	24.89	37.96	26.76	45.05	35.05	-7.09	-8.29	是
檯燈 (聯 合 報)		+1	73.73905	2.00	23.60	22.44	25.60	24.44	46.62	36.62	-21.02	-12.18	是

## 實驗四：電磁波對小白鼠生理狀況之影響（表 4、5、6、7、8）

### （一）記錄項目：

#### 1. 觀察三組小白鼠的生活情形（表 4）

- （1）精神狀況：觀察是否嗜睡？精神狀況是良好？有無生病？如良好即填寫正常，有異狀則詳實記錄並留意。
- （2）外觀：觀察毛皮是否脫落？生殖器是否腫大？有無異常之處？
- （3）排泄物：觀察有無拉肚子之現象？糞便顏色是否正常？如沒有即填寫正常。

#### 2. 食量概況記錄（表 5）：記錄三組小白鼠每週每天的食量並留意有無異狀，依時間分為分組前後食量記錄。

#### 3. 每週飲水概況記錄表（表 6）：記錄三組小白鼠每兩天所喝水量。

#### 4. 小白鼠每週體重增加率比較（表 7）

（1）初測體重，是我們在 3/24 第一次測迷宮的小白鼠體重。

（2）末測體重是我們在 5/12 最後一次測量迷宮前小白鼠體重。

（3）體重增加率計算如下：
$$\frac{\text{末測體重} - \text{初測體重}}{\text{初測體重}} \times 100\%$$

（4）將對照組、家電組、手機組每隻小白鼠的體重增加率分別相加再求得各組的體重增加率平均值。

（5）各組修正體重增加率是我們發現家電組的公、母白鼠因數量不平均而改取的訂正方法，我們先求家電組公、母白鼠的平均，再將公鼠×2 隻、母鼠×3 隻，使其在數據上能減少不必要的誤差，修改後作藍色「\*」，公式如下：
$$\frac{\text{公鼠平均值} \times 2 + \text{母鼠平均值} \times 3}{5}$$

5

（6）表 8 是每週迷宮測試前體重和各組的體重平均，以了解各組老鼠生長情形。

### （二）注意事項：

1. 每天皆要選同一時間觀察三組小白鼠的生活情形，方便作比較。

2. 每週食量概況記錄表。

（1）每測飼料須先將電子天秤歸零，放上稱量紙再歸零一次。

（2）稱食物的誤差範圍不可超過 0.3g，稱盤上要保持乾淨，不可以有小碎屑，以免影響到食物的重量。

3. 每週飲水概況記錄表

（1）每兩天換一次水，每次給予約 50c.c. 的水。

（2）電子天秤要歸零，稱盤上不可有滴漏出來的水，以免影響數據。

（3）水的淨重必須用總重減去瓶重，再以 50 減去其數值，即為所求。

4. 每週體重增加率比較：每隻在測量前一天要進行食量控制（空腹），並在跑迷宮前測試其體重，每隻測量時間不宜相隔太久。

表 4

小白鼠每週生活情況紀錄表

結果分析：家電組公鼠生殖器提早一週變得肥大，有早熟現象。

組別	週 別							
	性別	(一) 3/24-3/31	(二) 4/1-4/7	(三) 4/8-4/14	(四) 4/15-4/21	(五) 4/22-4/28	(六) 4/29-5/5	(七) 5/6-5/12
對照組	1	正常	正常	正常	生殖器 官肥大	生殖器 官肥大	生殖器 官肥大	生殖器 官肥大
	2	正常	正常	正常	正常	正常	生殖器 官肥大	生殖器 官肥大
	1	正常	掉毛 現象	掉毛 現象	正常	正常	正常	正常
	2	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常
	3	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常
家電組	1	正常	正常	生殖器 官肥大	生殖器 官肥大	生殖器 官肥大	生殖器 官肥大	生殖器 官肥大
	2	正常	正常	生殖器 官肥大	生殖器 官肥大	生殖器 官肥大	生殖器 官肥大	生殖器 官肥大
	3	正常	正常	生殖器 官肥大	生殖器 官肥大	生殖器 官肥大	生殖器 官肥大	生殖器 官肥大
	2	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常
	3	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常
手機組	1	正常	正常	正常	生殖器 官肥大	生殖器 官肥大	生殖器 官肥大	生殖器 官肥大
	2	正常	掉毛 現象	掉毛 現象	生殖器 官肥大	生殖器 官肥大	生殖器 官肥大	生殖器 官肥大
	1	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常
	2	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常
	3	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常

表 5

小白鼠每週食量概況紀錄表

組別	性別	每週食量概況(g)								末三週食量概況平均值(g)	末三週各組食量概況總平均值(g)			
		(一) 3/8-3/23	(二) 3/24-3/31	(三) 4/1-4/7	(四) 4/8-4/14	(五) 4/15-4/21	(六) 4/22-4/28	(七) 4/29-5/5	(八) 5/6-5/12					
對照組	1	分組前適應環境每群(公母各一群)每天各放入30公克	分組後適應環境每天每組每隻放入7公克	分組後適應環境每天每組每隻放入7公克	3.98	4.74	5.47	5.52	4.61	5.20	6.46			
	2				7.38	6.71	5.83	5.74	5.21	5.59				
	1				6.87	7.75	6.72	6.50	7.71	6.98				
	2				10.30	7.39	7.89	8.34	8.92	8.38				
	3				4.80	5.79	5.83	5.62	7.01	6.15				
家電組	1							5.06	5.82	8.56	6.01	6.26	6.04	5.73
	2							4.19	5.42	5.79	6.23	4.80	5.61	
	3							5.76	6.83	5.75	5.29	6.32	5.79	
	2							6.71	6.83	5.21	6.77	6.52	6.17	
	3							2.94	3.28	5.21	5.28	4.67	5.05	
手機組	1				5.78	4.26	5.19	7.21	8.22	6.87	6.00			
	2				5.83	5.77	6.57	6.67	9.08	7.44				
	1				2.09	4.19	5.36	4.40	6.07	5.28				
	2				4.89	5.21	4.45	5.22	4.68	4.78				
	3				4.31	5.56	5.73	5.24	5.90	5.62				

結果分析：每週食量概況記錄表，三組末三週的食量約相等，平均值為每天每組每隻小白鼠的食量。

表 6

小白鼠每週飲水概況紀錄表

組別	性別	每週飲水量概況(c.c.)								末三週飲水概況平均值(c.c.)	末三週各組飲水概況總平均值(c.c.)
		(一) 3/8-3/23	(二) 3/24-3/31	(三) 4/1-4/7	(四) 4/8-4/14	(五) 4/15-4/21	(六) 4/22-4/28	(七) 4/29-5/5	(八) 5/6-5/12		
對照組	1	分組前適應環境每群(公母各一群)每天各放入50c.c.	分組後適應環境每組每隻每兩天放入20c.c.	分組後適應環境每組每隻每兩天放入50c.c.	17.65	11.27	14.70	38.06	8.31	20.36	22.29
	2				21.06	22.96	21.24	30.33	22.42	24.66	
	1				17.74	21.05	19.57	28.73	16.09	21.46	
	2				27.74	20.34	28.49	14.55	25.89	22.98	
	3				24.42	19.88	23.43	30.43	12.07	21.98	
家電組	1				26.51	22.43	21.36	31.81	17.37	23.51	22.32
	2				20.61	20.91	19.64	25.71	13.78	19.71	
	3				18.83	27.10	21.10	27.20	18.22	22.17	
	2				22.00	25.22	25.35	26.23	20.69	24.09	
	3				16.65	11.60	20.78	29.95	15.68	22.14	
手機組	1				12.31	19.06	21.13	23.47	19.13	21.34	20.91
	2				16.25	23.40	19.98	31.56	13.63	21.72	
	1				8.51	17.40	16.51	32.87	8.88	19.42	
	2				20.91	16.20	14.60	32.39	14.37	20.45	
	3				12.77	12.18	18.98	34.23	11.90	21.70	

結果分析：每週飲水概況記錄表，三組飲水量並無太大的差異，平均值為每週記錄每兩天所喝的水。

表 7

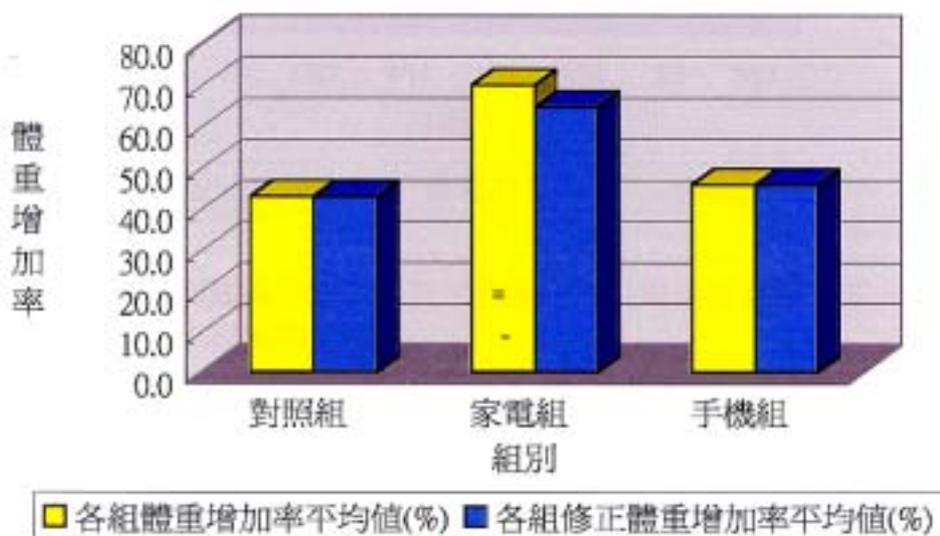
小白鼠體重增加率比較表

組別	性別	3/24 初測體重(gw)	5/12 末測體重平均 (gw)	增加率(%)	各組體重增加 率平均值(%)	各組修正體重 增加率平均值 (%)
對 照 組	1	20.4	29.5	44.6	42.9	42.9
	2	21.6	36.2	67.6		
	1	16.2	24.5	51.2		
	2	18.7	22.5	20.3		
	3	17.0	22.2	30.6		
家 電 組	1	20.2	37.9	87.6	69.9	*64.6
	2	20.3	35.4	74.4		
	3	21.0	37.8	80.0		
	2	19.0	31.7	65.3		
	3	19.1	27.2	42.4		
手 機 組	1	19.0	33.1	74.2	45.6	45.6
	2	18.1	32.1	77.3		
	1	19.7	22.5	14.2		
	2	16.5	20.3	23.0		
	3	17.6	24.5	39.2		

備註:(1) 『\*』: 表示修正值  
(2)修正值為： $\frac{\text{公鼠平均數值} \times 2 + \text{母鼠平均數值} \times 3}{5}$

結果分析：由上表發現家電組的小白鼠無論在修正前後都比另兩組的體重增加率高出達 20 % 以上，可見家電電磁波輻射確實影響了小白鼠的生長。

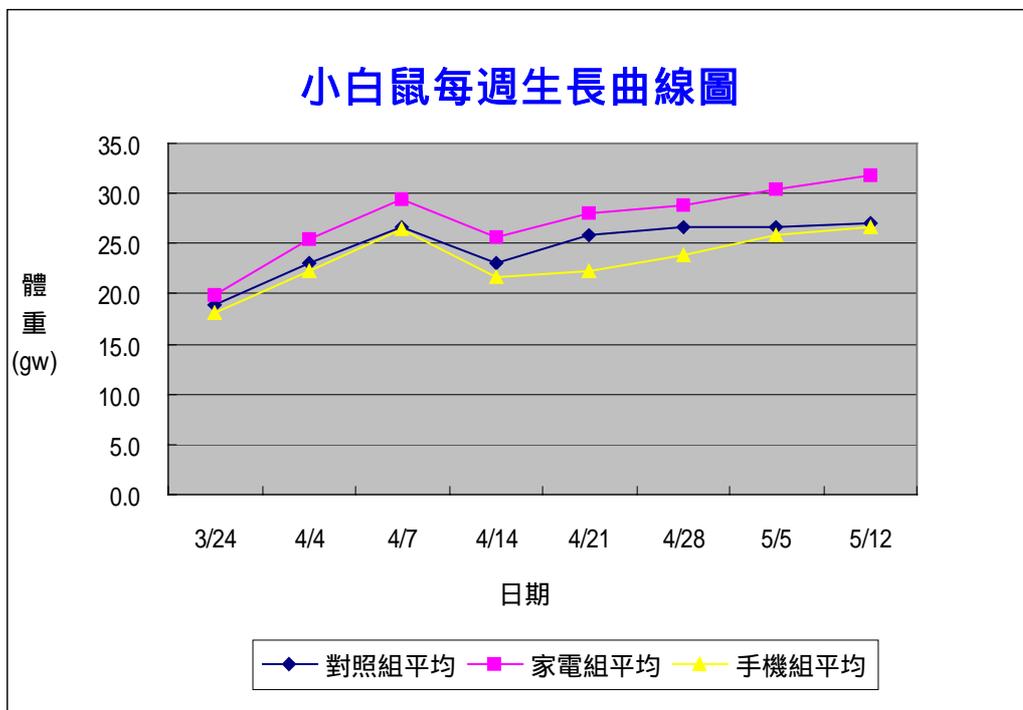
修正前後小白鼠各組體重增加率比較圖



結果:家電組體重增加率修正前後均明顯比對照組和手機組高。

**表 8 各組小白鼠每週體重平均比較表 單位：gw**

	3月24日	4月4日	4月7日	4月14日	4月21日	4月28日	5月5日	5月12日
對照組 1	20.4	26.5	30.6	25.9	26.0	27.5	29.6	29.5
對照組 2	21.6	22.1	27.1	22.9	33.9	34.5	34.3	36.2
對照組 1	16.2	22.1	25.9	23.5	24.9	24.5	24.7	24.5
對照組 2	18.7	23.3	25.9	22.9	23.1	23.7	23.6	22.5
對照組 3	17.2	21.1	23.4	20.5	21.2	23.5	21.0	22.2
<b>對照組平均</b>	<b>18.8</b>	<b>23.0</b>	<b>26.6</b>	<b>23.1</b>	<b>25.8</b>	<b>26.7</b>	<b>26.6</b>	<b>27.0</b>
家電組 1	20.2	26.0	32.2	31.2	33.1	34.5	34.9	37.5
家電組 2	20.3	23.9	29.5	27.1	29.9	31.7	32.0	34.5
家電組 3	21.0	27.7	32.3	27.1	31.8	29.9	32.3	35.4
家電組 2	19.0	23.8	27.4	23.5	25.3	24.9	27.9	26.8
家電組 3	19.2	25.9	25.6	19.6	19.7	22.8	25.4	25.0
<b>家電組平均</b>	<b>19.9</b>	<b>25.5</b>	<b>29.4</b>	<b>25.7</b>	<b>28.0</b>	<b>28.8</b>	<b>30.5</b>	<b>31.8</b>
手機組 1	19.0	28.4	32.5	25.7	22.9	24.4	29.5	33.6
手機組 2	18.1	19.6	26.9	24.2	26.7	28.8	32.6	32.1
手機組 1	19.7	22.3	24.5	19.6	19.7	22.4	22.2	22.5
手機組 2	16.5	19.2	24.6	20.4	20.5	22.5	21.2	20.3
手機組 3	17.6	21.5	23.8	18.3	21.2	20.9	24.1	24.5
<b>手機組平均</b>	<b>18.2</b>	<b>22.2</b>	<b>26.5</b>	<b>21.6</b>	<b>22.2</b>	<b>23.8</b>	<b>25.9</b>	<b>26.6</b>



**結果：家電組的生長曲線明顯高於對照組及手機組，而且越接近實驗後期成長差距越大顯示家電輻射確實影響了小白鼠的生長。**

## 實驗五：小白鼠迷宮覓食反應時間：(表 9-1~9-15、表 10)

目的是測試小白鼠迷宮反應時間的快慢，以比較三組白鼠的記憶力、活動力之差別。

### (一) 記錄項目：

- 1.用電子碼表測量時間至秒後第二位，每週每隻白鼠測試一回，每回重複四次求平均，共八週後將末三週平均值與初測比較，求進步率。(表 9-1~9-15)
- 2.進步率 =  $\frac{\text{初測平均值} - \text{末三次平均值}}{\text{初測平均值}} \times 100\%$
- 3.修正末三週中誤差較大者求平均，再求修正後進步率(表 9-1~9-15)
- 4.將各組測試平均值(含修正值)作柱狀圖比較進步率情形。(表 10)

### (二) 注意事項

- 1.末三次平均指將末三次測試平均值再平均。
- 2.為更客觀分析迷宮覓食進步率，分別計算原始數據與誤差修正進步率，比較兩者誤差，並繪製柱狀圖(表 10)。



照片 20

這就是小白鼠跑迷宮的情形！

表 9-1

小白鼠跑迷宮覓食反應時間表							單位：秒
編號	日期	體重 (g)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	平均
	3月24日	20.4	373.78	33.66	387.96	143.35	234.69
	4月4日	26.5	194.16	148.65	35.28	85.09	115.80
	4月7日	30.6	320.53	297.10	261.97	251.22	282.71
對照組	4月14日	25.9	13.18	20.25	166.81	14.59	52.21
	4月21日	26.0	28.59	30.53	14.66	25.97	24.94
1	4月28日	27.5	35.97	40.66	97.41	230.82	101.22
	5月5日	29.6	16.06	21.36	155.11	30.00	55.63
	5月12日	29.5	45.33	17.65	122.53	19.88	51.35

結果：3/24 初測平均值：234.69 秒，末三次測平均值：69.40 秒，進步率：70.43 %

小白鼠跑迷宮覓食反應時間表(修正)							單位：秒
編號	日期	體重 (gw)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	修正平均
	3月24日	20.4	373.78	33.66	387.96	143.35	234.69
	4月4日	26.5	194.16	148.65	35.28	85.09	115.80
	4月7日	30.6	320.53	297.10	261.97	251.22	282.71
對照組	4月14日	25.9	13.18	20.25	166.81	14.59	16.01
	4月21日	26.0	28.59	30.53	14.66	25.97	24.94
1	4月28日	27.5	35.97	40.66	97.41	230.82	58.01
	5月5日	29.6	16.06	21.36	155.11	30.00	22.47
	5月12日	29.5	45.33	17.65	122.53	19.88	27.62

結果：3/24 初測平均值：234.69 秒，末三次測修正平均值：36.03 秒，修正進步率：84.65 %

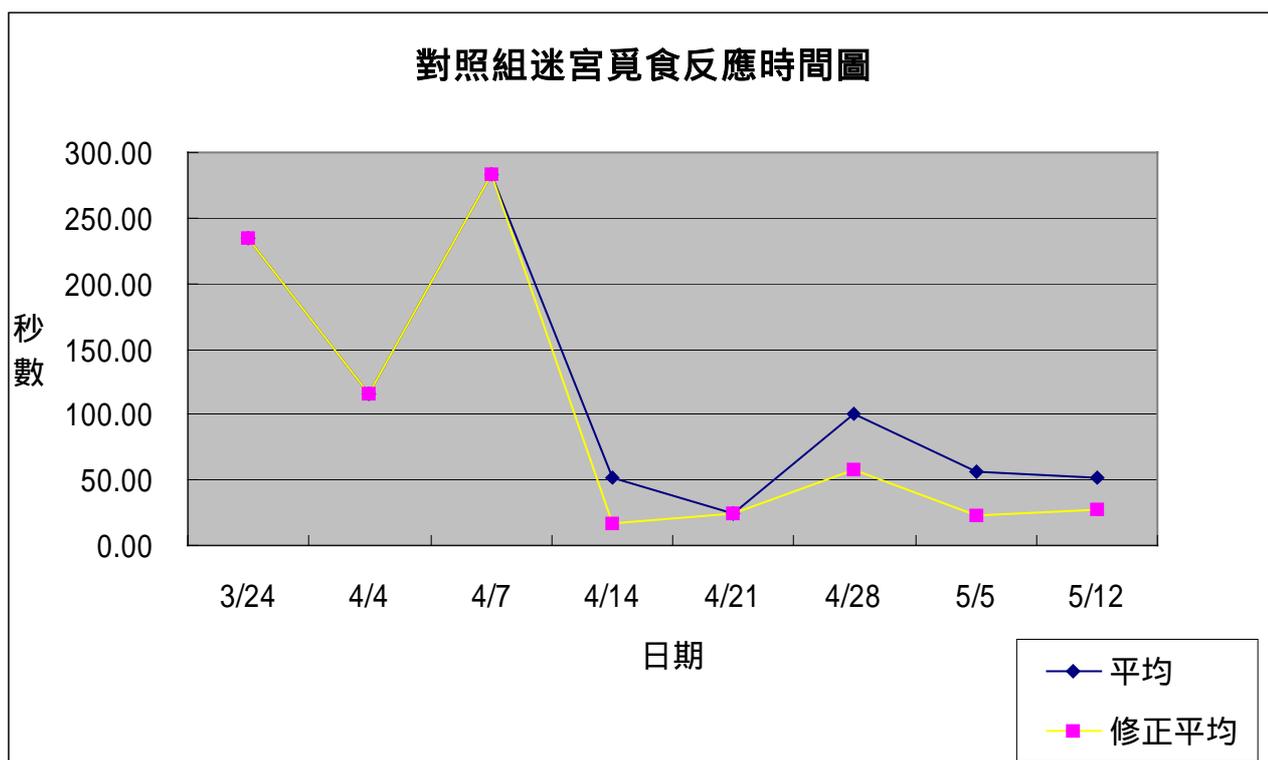


表 9-2

編號	日期	體重 (gw)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	平均
	3月24日	21.6	334.15	71.62	174.44	16.00	149.05
	4月4日	22.1	64.29	211.96	460.54	36.79	193.40
	4月14日	22.9	384.88	610.56	240.65	264.72	375.20
對照組	4月7日	27.5	28.56	68.47	62.22	12.59	42.96
	4月21日	33.9	22.44	15.41	18.68	62.19	29.68
2	4月28日	34.3	24.81	54.44	48.50	111.22	59.74
	5月5日	34.5	24.53	99.93	61.81	163.93	87.55
	5月12日	36.2	100.59	163.53	176.47	326.56	191.79

結果；3/24 初測平均值：149.05 秒，末三次測平均值：113.03 秒，進步率：24.17 %

編號	日期	體重 (gw)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	修正平均
	3月24日	21.6	334.15	71.62	174.44	16.00	149.05
	4月4日	22.1	64.29	211.96	460.54	36.79	104.35
	4月14日	22.9	384.88	610.56	240.65	264.72	296.75
對照組	4月7日	27.5	28.56	68.47	62.22	12.59	42.96
	4月21日	33.9	22.44	15.41	18.68	62.19	29.68
2	5月5日	34.3	24.81	54.44	48.50	111.22	59.74
	4月28日	34.5	24.53	99.93	61.81	163.93	87.55
	5月12日	36.2	100.59	163.53	176.47	326.56	146.86

結果：3/24 初測平均值：149.05 秒，末三次測修正平均值：98.05 秒，修正進步率：34.22%

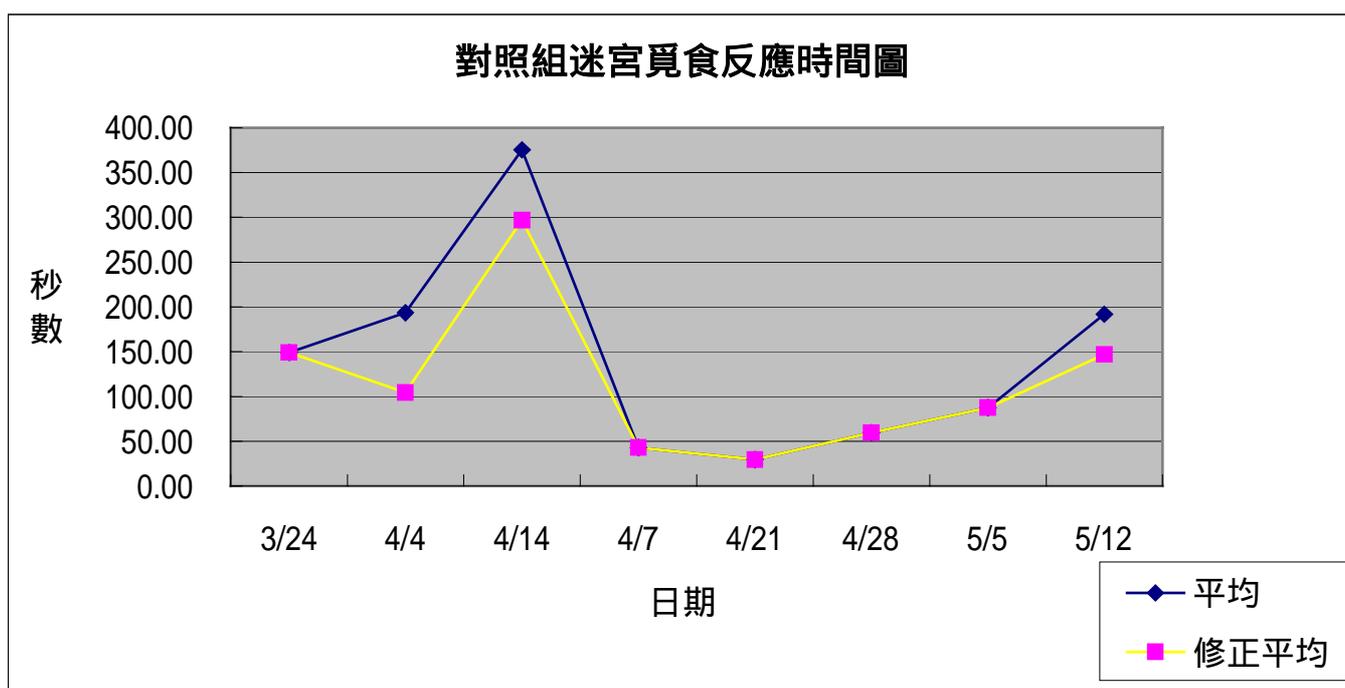


表 9-3

小白鼠跑迷宮覓食反應時間表							單位：秒
編號	日期	體重 ( gw )	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	平均
	3 月 24 日	16.2	212.00	157.85	52.18	144.97	141.75
	4 月 4 日	22.1	64.20	211.96	460.54	36.79	193.37
	4 月 7 日	25.9	152.25	110.03	226.31	311.72	200.08
對照組	4 月 14 日	23.5	15.25	8.47	28.19	58.38	27.57
	4 月 21 日	24.9	14.56	31.25	304.78		116.86
1	4 月 28 日	24.5	76.15	100.09	89.91	56.66	80.70
	5 月 5 日	24.7	132.12	132.37	50.66	35.81	87.74
	5 月 12 日	24.5	31.34	265.79	263.90	158.72	179.94

結果：3/24 初測平均值：141.75 秒，末三次測平均值：116.13 秒，進步率：18.07 %

小白鼠跑迷宮覓食反應時間表(修正)							單位：秒
編號	日期	體重 ( gw )	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	修正平均
	3 月 24 日	16.2	212.00	157.85	52.18	144.97	141.75
	4 月 4 日	22.1	64.20	211.96	460.54	36.79	104.32
	4 月 7 日	25.9	152.25	110.03	226.31	311.72	200.08
對照組	4 月 14 日	23.5	15.25	8.47	28.19	58.38	27.57
	4 月 21 日	24.9	14.56	31.25	304.78		22.91
1	4 月 28 日	24.5	76.15	100.09	89.91	56.66	80.70
	5 月 5 日	24.7	132.12	132.37	50.66	35.81	87.74
	5 月 12 日	24.5	31.34	265.79	263.90	158.72	179.94

結果：3/24 初測平均值 141.75 秒，末三次測修正平均值：116.13 秒，修正進步率：18.07 %

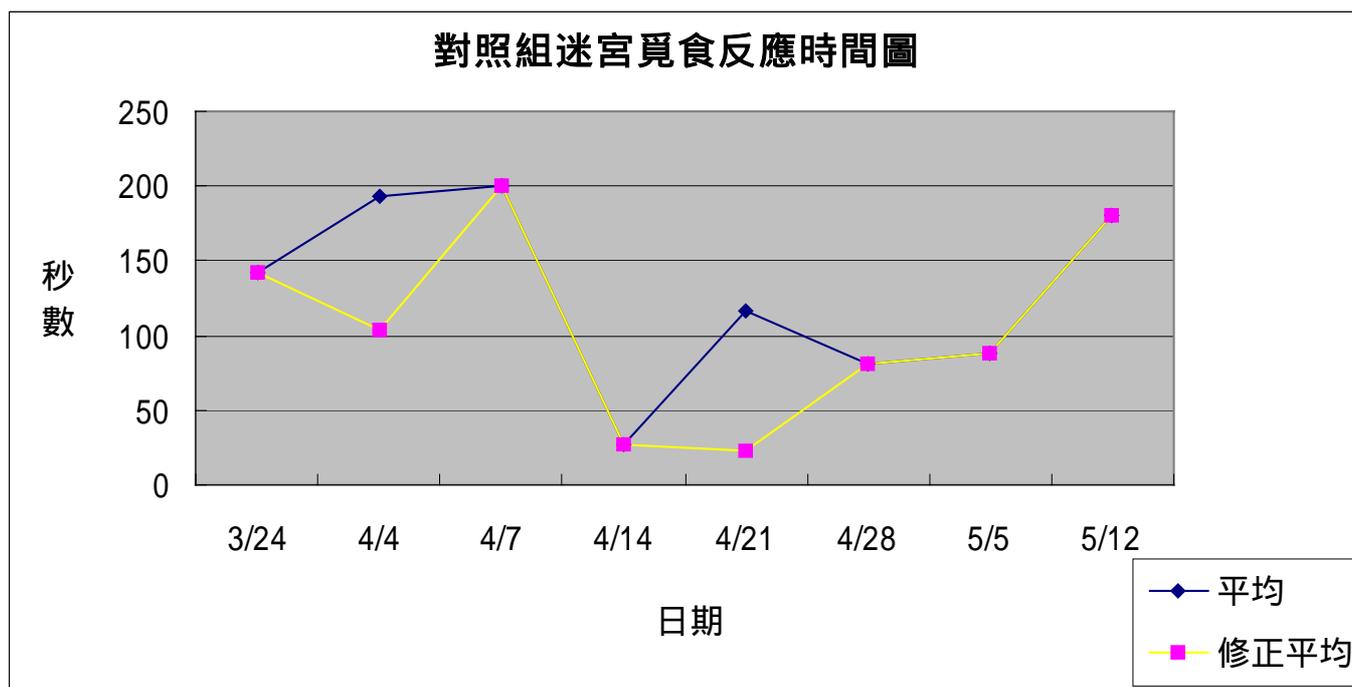


表 9-4

小白鼠跑迷宮覓食反應時間表							單位：秒
編號	日期	體重 (gw)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	平均
	3月24日	18.7	142.88	91.50	198.94	135.91	142.31
	4月4日	23.3	95.03	17.25	82.59	81.84	69.18
	4月7日	25.9	60.71	141.56	375.13	268.53	211.48
對照組	4月14日	22.9	28.00	138.19	38.93	23.13	57.06
	4月21日	23.1	46.82	14.03	17.53	16.50	23.72
2	4月28日	23.7	42.53	18.12	73.72	27.84	40.55
	5月5日	23.5	18.82	16.88	19.35	31.35	21.60
	5月12日	22.5	21.03	15.69	17.38	12.66	16.69

結果：3/24 初測平均值：142.31 秒，末三次測平均值：26.28 秒，進步率：81.53 %

小白鼠跑迷宮覓食反應時間表(修正)							單位：秒
編號	日期	體重 (gw)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	修正平均
	3月24日	18.7	142.88	91.50	198.94	135.91	142.31
	4月4日	23.3	95.03	17.25	82.59	81.84	69.18
	4月7日	25.9	60.71	141.56	375.13	268.53	211.48
對照組	4月14日	22.9	28.00	138.19	38.93	23.13	30.02
	4月21日	23.1	46.82	14.03	17.53	16.50	23.72
2	4月28日	23.7	42.53	18.12	73.72	27.84	40.55
	5月5日	23.5	18.82	16.88	19.35	31.35	21.60
	5月12日	22.5	21.03	15.69	17.38	12.66	16.69

結果：3/24 初測平均值 142.31 秒，末三次測修正平均值：26.28 秒，修正進步率：81.53 %

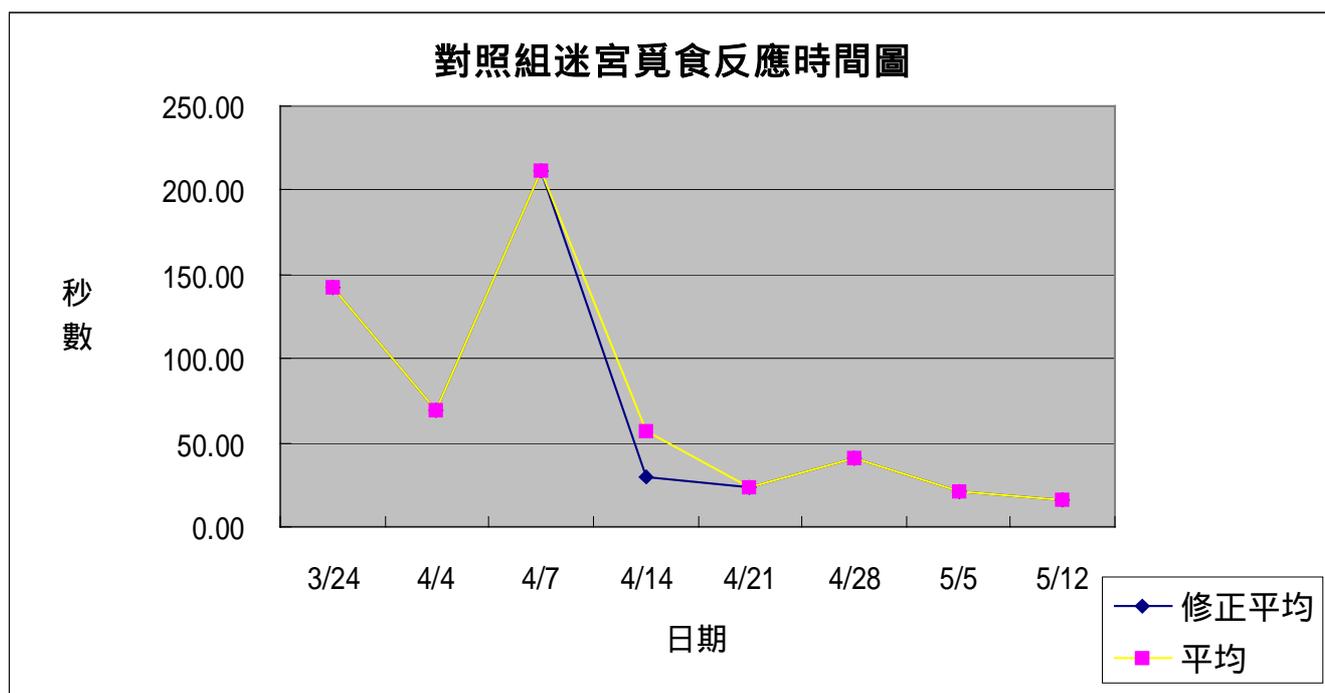


表 9-5

小白鼠跑迷宮覓食反應時間表							單位：秒
編號	日期	體重 ( gw )	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	平均
	3月24日	17.0	249.56	251.41	41.00	65.07	151.76
	4月4日	21.1	111.77	24.43	197.66	95.65	107.38
對照組	4月7日	23.4	74.84	79.66	710.00	189.59	263.52
	4月14日	20.5	10.81	12.28	8.66	8.94	10.17
3	4月21日	21.2	13.58	11.75	15.75	177.09	54.54
	4月28日	23.5	11.12	8.68	139.65	16.13	43.90
	5月5日	21.0	13.90	6.65	6.60	6.13	8.32

結果：3/24 初測平均值：151.76 秒，末三次測平均值：35.59 秒，進步率：76.55 %

小白鼠跑迷宮覓食反應時間表(修正)							單位：秒
編號	日期	體重 ( gw )	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	修正平均
	3月24日	17.0	249.56	251.41	41.00	65.07	151.76
	4月4日	21.1	111.77	24.43	197.66	95.65	107.38
	4月7日	23.4	74.84	79.66	710.00	189.59	114.70
對照組	4月14日	20.5	10.81	12.28	8.66	8.94	10.17
	4月21日	21.2	13.58	11.75	15.75	177.09	13.69
3	4月28日	23.5	11.12	8.68	139.65	16.13	11.98
	5月5日	21.0	13.90	6.65	6.60	6.13	8.32

結果：3/24 初測平均值：151.76 秒，末三次測修正平均值：11.33 秒，修正平均值：92.53 %

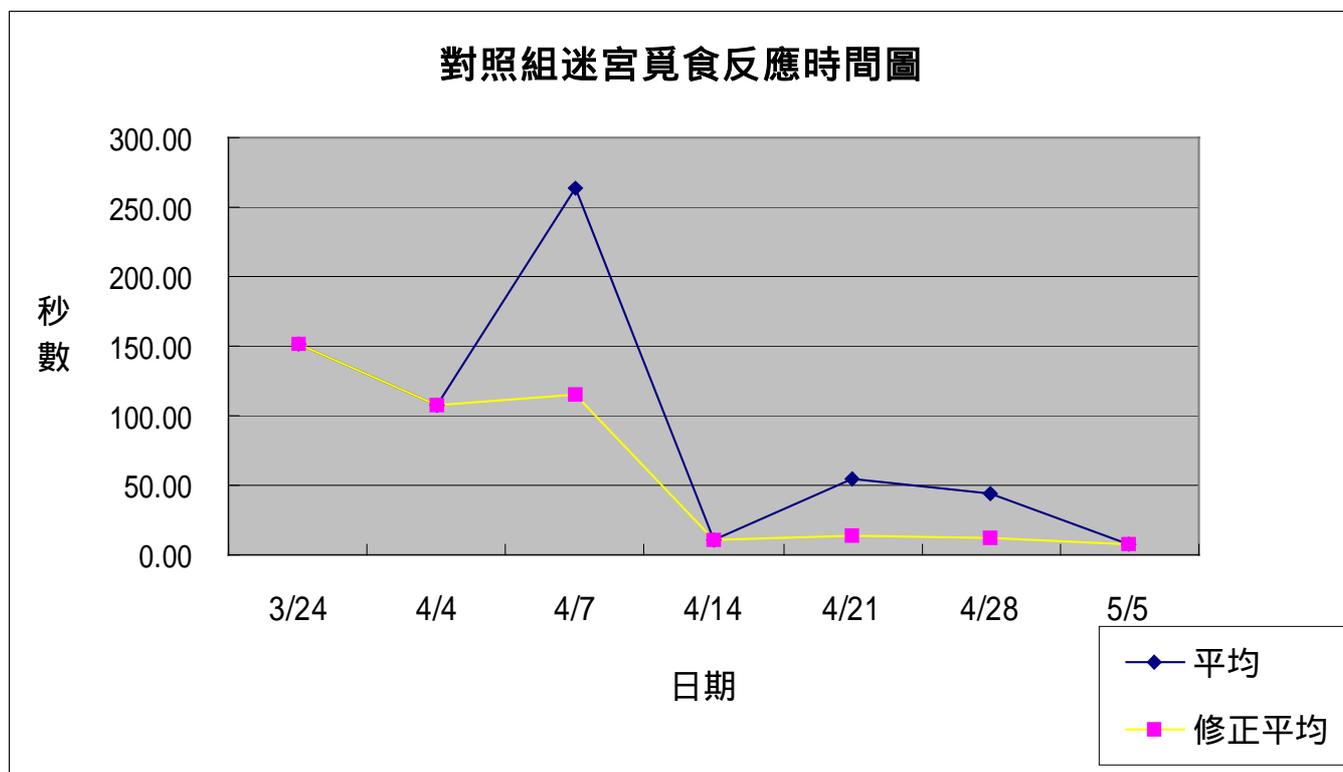


表 9-6

小白鼠跑迷宮覓食時間表

單位：秒

編號	日期	體重 (gw)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	平均
	3月24日	20.2	403.00	186.00	40.56	162.00	197.78
	4月4日	26.0	211.06	56.37	182.91	50.91	125.31
	4月14日	31.2	475.53	11.97	15.78	11.62	128.73
家電組	4月7日	32.2	29.68	142.53	9.41	21.75	50.84
	4月21日	33.1	22.41	200.31	31.72	142.72	99.29
1	4月28日	34.5	29.44	73.21	46.68	108.47	64.45
	5月5日	34.9	20.34	20.85	204.25	19.31	66.19
	5月12日	37.5	10.81	63.44	65.21	292.65	108.03

結果：3/24 初測平均值：197.89 秒，末三次測平均值：79.56 秒，進步率：59.80 %

小白鼠跑迷宮覓食時間表 (修正)

單位：秒

編號	日期	體重 (gw)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	修正平均
	3月24日	20.2	403.00	186.00	40.56	162.00	197.89
	4月4日	26.0	211.06	56.37	182.91	50.91	125.31
	4月14日	31.2	475.53	11.97	15.78	11.62	128.73
家電組	4月7日	32.2	29.68	142.53	9.41	21.75	20.28
	4月21日	33.1	22.41	200.31	31.72	142.72	99.29
1	4月28日	34.5	29.44	73.21	46.68	108.47	64.45
	5月5日	34.9	20.34	20.85	204.25	19.31	66.19
	5月12日	37.5	10.81	63.44	65.21	292.65	46.49

結果：3/24 初測平均值：197.89 秒，末三次測修正平均值：59.04 秒，修正進步率：70.17 %

家電組迷宮覓食反應時間圖

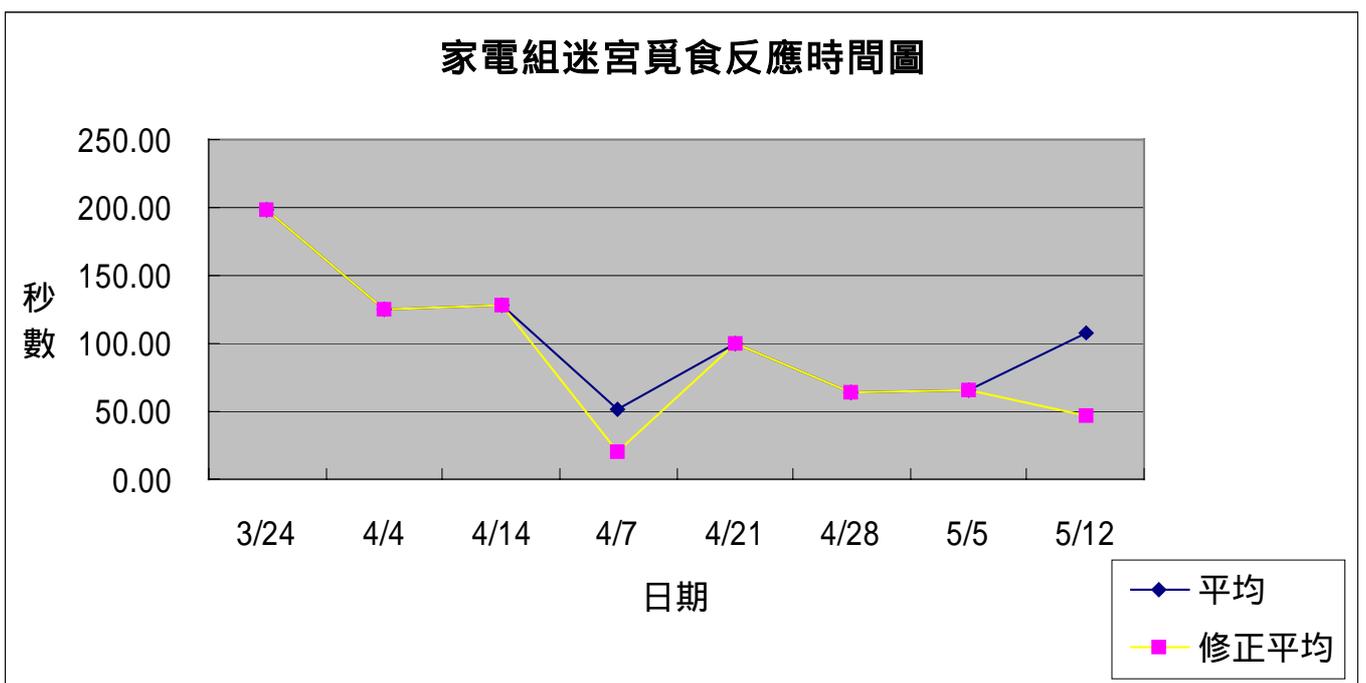


表 9-7

小白鼠跑迷宮覓食反應時間表							單位：秒
編號	日期	體重 ( gw )	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	平均
	3月24日	20.3	169.28	34.72	27.34	363.04	148.60
	4月4日	23.9	29.69	158.13	78.69	224.78	122.82
	4月7日	29.5	120.28	473.10	259.66	1079.44	483.12
家電組	4月14日	27.1	116.94	48.53	130.25	157.53	113.31
	4月21日	29.9	64.62	257.41	188.13	365.31	218.87
2	4月28日	31.7	21.69	85.28	90.31	124.65	80.48
	5月5日	36.0	21.90	49.15	220.38	53.63	86.27
	5月12日	34.5	40.06	116.38	47.03	100.31	75.95

結果：3/24 初測平均值：148.60 秒，末三次測平均值：80.85 秒，進步率：45.56 %

小白鼠行為技術改變觀察表(迷宮測試修正)							單位：秒
編號	日期	體重 ( gw )	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	修正平均
	3月24日	20.3	169.28	34.72	27.34	363.04	148.60
	4月4日	23.9	29.69	158.13	78.69	224.78	122.82
	4月7日	29.5	120.28	473.10	259.66	1079.44	483.12
家電組	4月14日	27.1	116.94	48.53	130.25	157.53	113.31
	4月21日	29.9	64.62	257.41	188.13	365.31	218.87
2	4月28日	31.7	21.69	85.28	90.31	124.65	80.48
	5月5日	36.0	21.90	49.15	220.38	53.63	86.27
	5月12日	34.5	40.06	116.38	47.03	100.31	85.58

結果：3/24 初測平均值：148.60 秒，末三次測平均值：84.06 秒，進步率：43.43 %

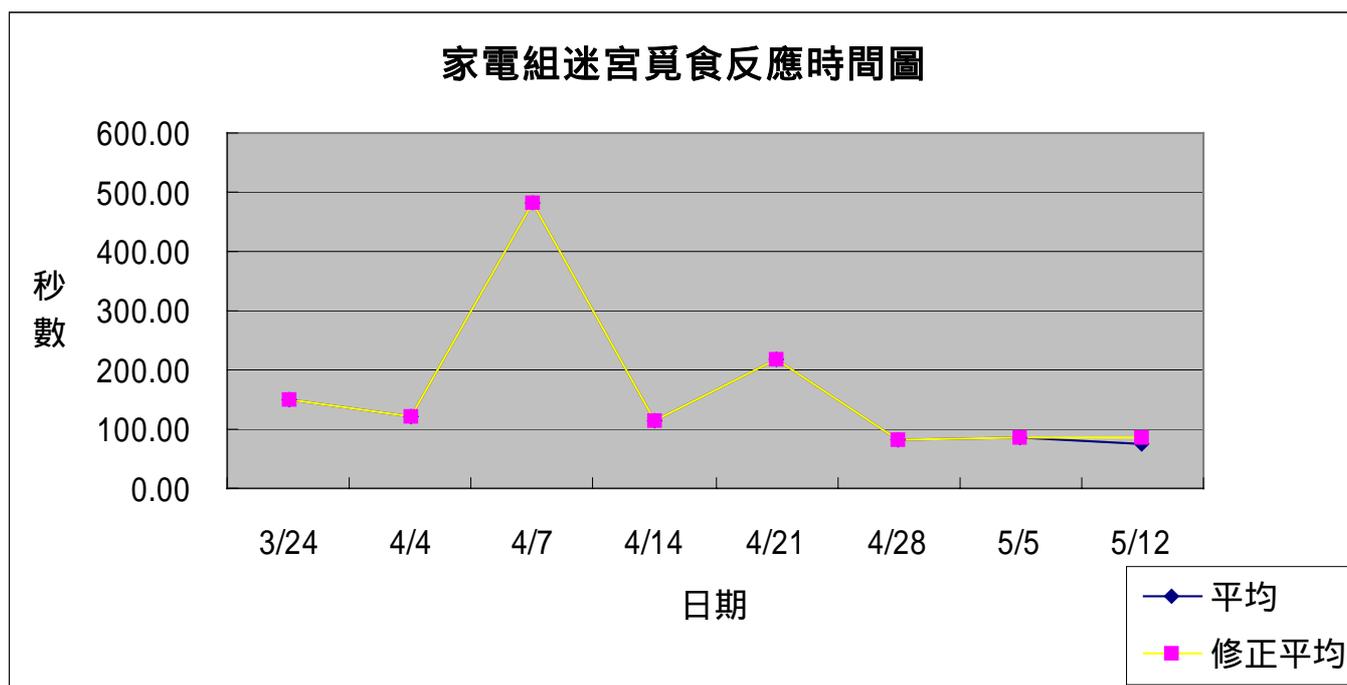


表 9-8

編號	日期	體重 (gw)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	平均
	3月24日	21.0	99.53	220.66	113.37	290.34	180.98
	4月4日	27.7	492.00	137.34	331.60	153.59	278.63
	4月7日	32.3	121.91	36.38	433.47	204.09	198.96
家電組	4月14日	27.8	71.44	18.22	13.34	30.56	33.39
	4月21日	31.8	21.38	281.25	101.78	409.37	203.45
3	4月28日	29.9	54.56	22.63	81.59	20.69	44.87
	5月5日	32.3	17.69	17.28	70.84	90.63	49.11
	5月12日	35.4	82.63	178.88	200.94	66.09	132.14

結果：3/24 初測平均值：180.98 秒，末三次測平均值：75.38 秒，進步率：58.35 %

編號	日期	體重 (gw)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	修正平均
	3月24日	21.0	99.53	220.66	113.37	290.34	180.98
	4月4日	27.7	492.00	137.34	331.60	153.59	278.63
	4月7日	32.3	121.91	36.38	433.47	204.09	198.96
家電組	4月14日	27.8	71.44	18.22	13.34	30.56	33.39
	4月21日	31.8	21.38	281.25	101.78	409.37	134.80
3	4月28日	29.9	54.56	22.63	81.59	20.69	44.87
	5月5日	32.3	17.69	17.28	70.84	90.63	49.11
	5月12日	35.4	82.63	178.88	200.94	66.09	132.14

結果：3/24 初測平均值：180.98 秒，末三次測修正平均值：75.38 秒，修正進步率：58.35 %

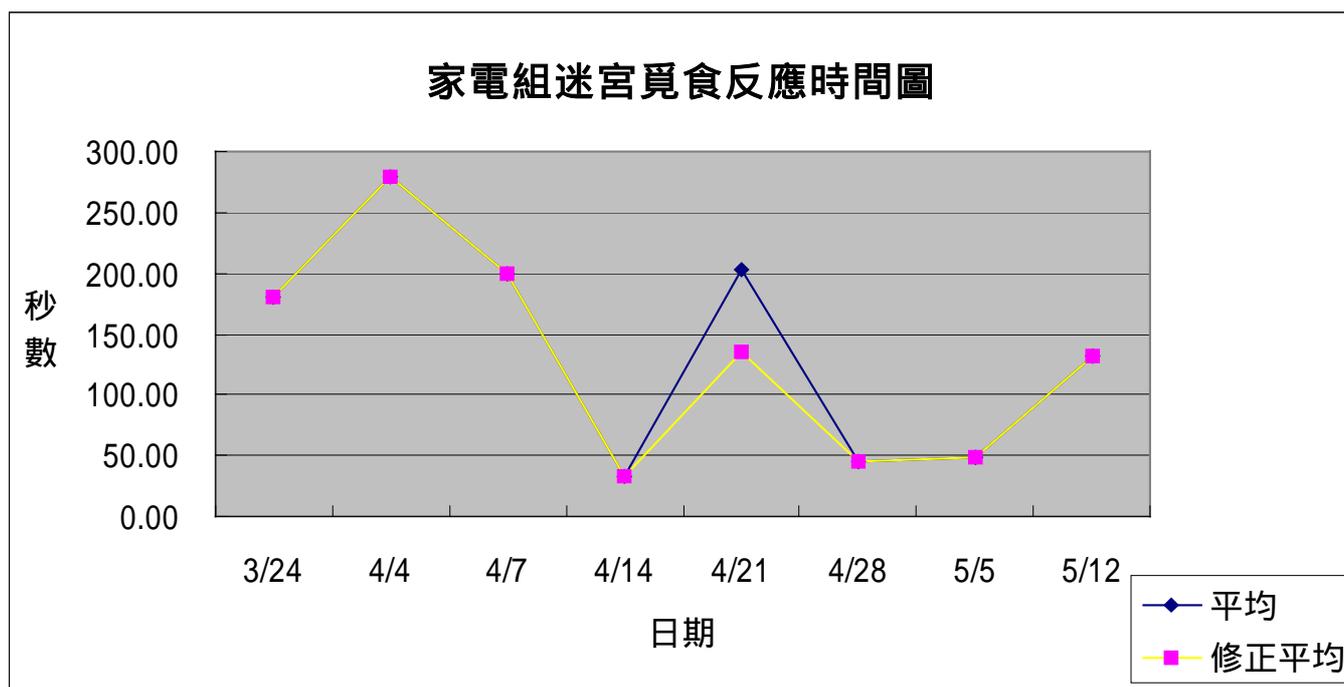


表 9-9

小白鼠跑迷宮覓食反應時間表							單位：秒
編號	日期	體重 (gw)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	平均
	3月24日	18.9	184.43	37.81	219.57	55.81	124.41
	4月4日	23.8	101.13	136.34	119.21	573.70	232.60
	4月7日	27.4	218.88	262.31	160.02	379.90	255.28
家電組	4月14日	23.5	15.40	51.65	11.81	21.81	25.17
	4月21日	25.3	13.00	54.20	24.25	69.18	40.16
2	4月28日	24.9	13.50	9.85	61.60	34.35	29.83
	5月5日	27.9	153.25	129.89	88.10	75.84	111.77
	5月12日	26.8	96.72	63.22	38.44	29.66	57.01

小白鼠跑迷宮覓食反應時間表(修正)							單位：秒
編號	日期	體重 (gw)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	修正平均
	3月24日	18.9	184.43	37.81	219.57	55.81	124.41
	4月4日	23.8	101.13	136.34	119.21	573.70	232.60
	4月7日	27.4	218.88	262.31	160.02	379.90	255.28
家電組	4月14日	23.5	15.40	51.65	11.81	21.81	25.17
	4月21日	25.3	13.00	54.20	24.25	69.18	40.16
2	4月28日	24.9	13.50	9.85	61.60	34.35	29.83
	5月5日	27.9	153.25	129.89	88.10	75.84	111.77
	5月12日	26.8	96.72	63.22	38.44	29.66	57.01

結果：修正前與修正後平均值均相同，3/24 初測平均值：124.41 秒，末三次測平均值：66.25 秒進步率：46.7 %

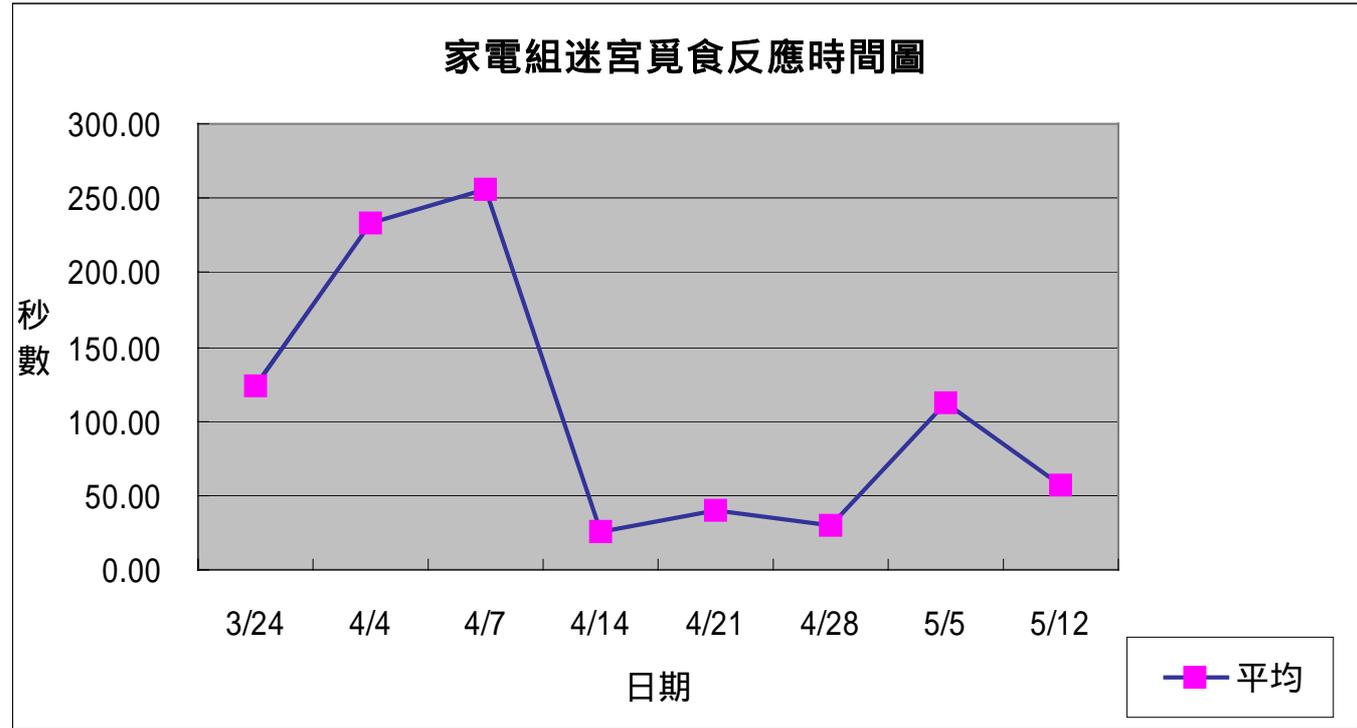


表 9-10

小白鼠跑迷宮覓食反應時間表							單位：秒
編號	日期	體重 (gw)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	平均
	3月24日	19.2	261.59	29.87	196.06	54.06	135.40
	4月4日	25.9	126.87	819.38	660.73	107.53	428.63
	4月7日	25.6	1022.38	246.43	444.53	313.25	506.65
家電組	4月14日	19.6	26.66	15.44	23.72	16.25	20.52
	4月21日	19.7	27.87	29.85	20.47	17.78	23.99
3	4月28日	22.8	19.97	21.57	123.59	8.25	43.35
	5月5日	25.4	134.28	100.53	175.25	24.25	108.58
	5月12日	25.0	75.42	276.84	514.44	143.63	252.58

結果：3/24 初測平均值：135.40 秒，末三次測平均值：105.74 秒，進步率：21.91 %

小白鼠跑迷宮覓食反應時間表(修正)							單位：秒
編號	日期	體重 (gw)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	修正平均
	3月24日	19.2	261.59	29.87	196.06	54.06	135.40
	4月4日	25.9	126.87	819.38	660.73	107.53	428.63
	4月7日	25.6	1022.38	246.43	444.53	313.25	506.65
家電組	4月14日	19.6	26.66	15.44	23.72	16.25	20.52
	4月21日	19.7	27.87	29.85	20.47	17.78	23.99
3	4月28日	22.8	19.97	21.57	123.59	8.25	16.60
	5月5日	25.4	134.28	100.53	175.25	24.25	136.69
	5月12日	25.0	75.42	276.84	514.44	143.63	165.30

結果：3/24 初測平均值 135.40 秒，末三次測修正平均值：106.20 秒，修正進步率：21.57%

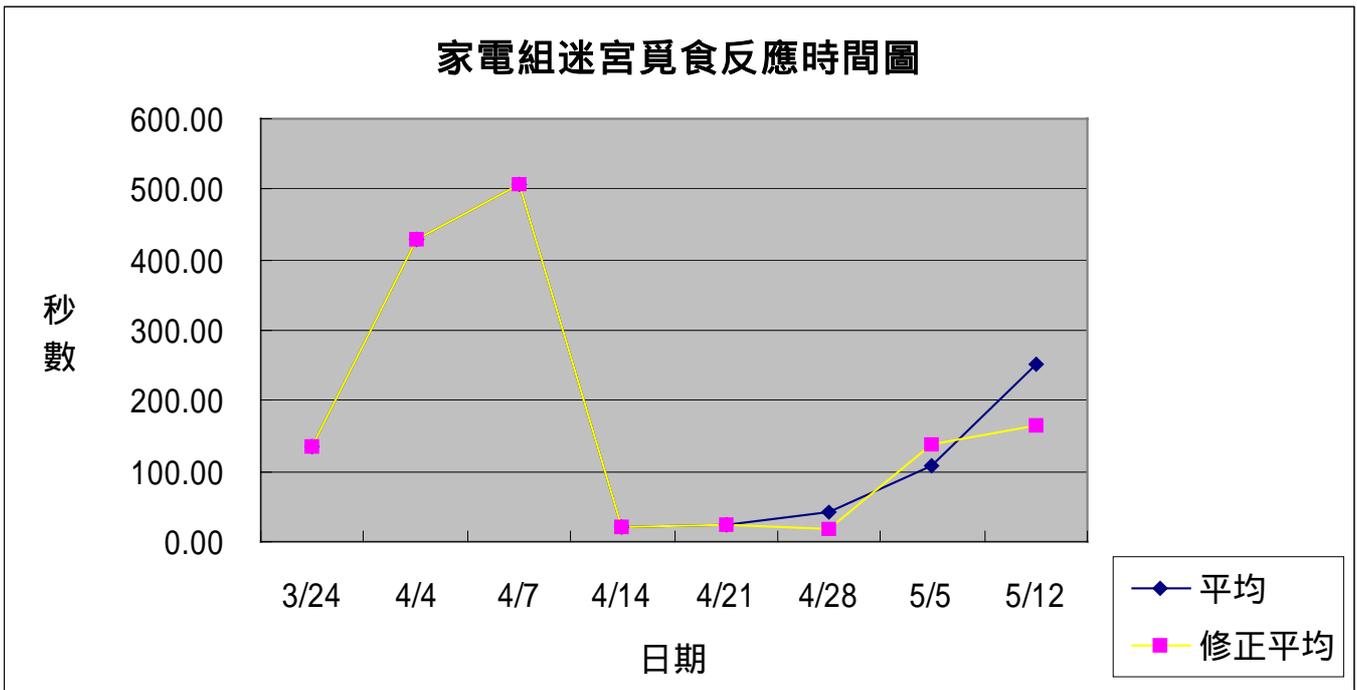


表 9-11

編號	日期	體重 (gw)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	平均
	3月24日	19.0	350.00	61.87	196.65	38.40	161.73
	4月4日	28.4	66.59	29.25	480.39	249.84	206.52
	4月7日	32.5	603.00	136.62	166.00	162.42	267.01
手機組	4月14日	25.7	67.22	15.88	34.53	31.06	37.17
	4月21日	22.9	14.63	12.56	10.19	23.41	15.20
1	4月28日	24.4	19.10	10.25	25.72	8.84	15.98
	5月5日	29.5	13.28	65.65	7.03	86.72	43.17
	5月12日	33.1	16.79	95.09	52.72	136.19	75.20

編號	日期	體重 (gw)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	修正平均
	3月24日	19.0	350.00	61.87	196.65	38.40	161.73
	4月4日	28.4	66.59	29.25	480.39	249.84	206.52
	4月7日	32.5	603.00	136.62	166.00	162.42	267.01
手機組	4月14日	25.7	67.22	15.88	34.53	31.06	37.17
	4月21日	22.9	14.63	12.56	10.19	23.41	15.20
1	4月28日	24.4	19.10	10.25	25.72	8.84	15.98
	5月5日	29.5	13.28	65.65	7.03	86.72	43.17
	5月12日	33.1	16.79	95.09	52.72	136.19	75.20

結果：修正前與修正後的平均值均相同，3/24 初測平均值：161.37 秒，末三次測修正平均值：44.78 秒，修正進步率：72.31 %

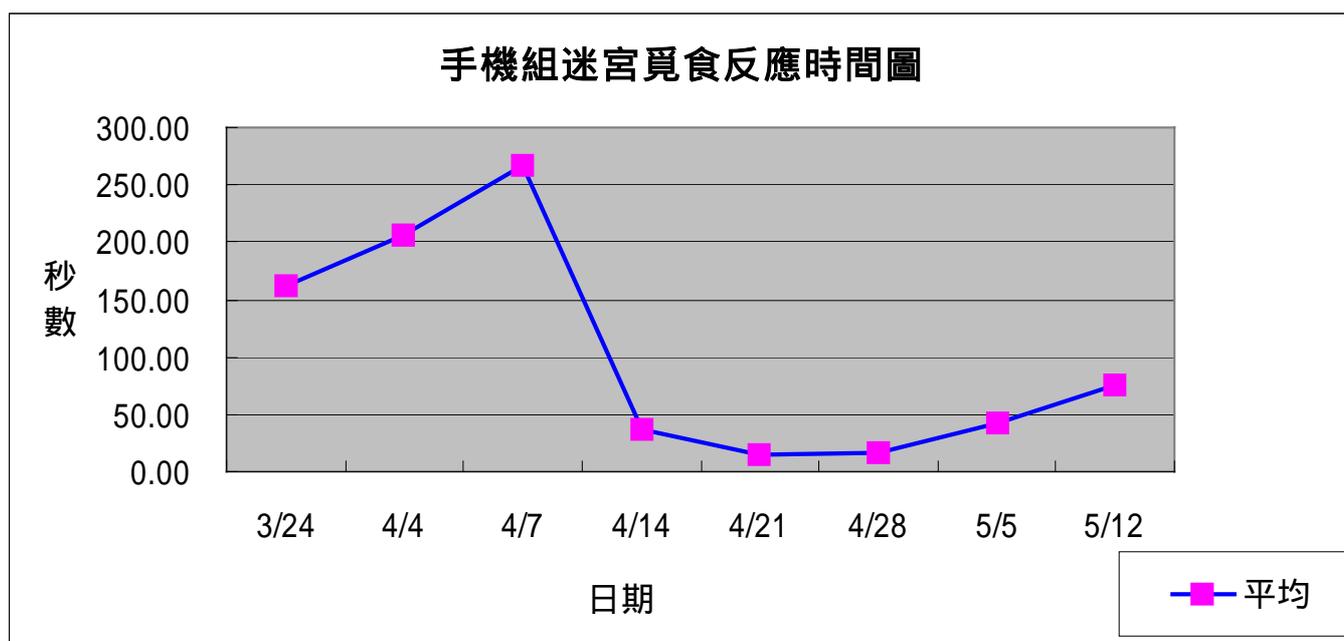


表 9-12

編號	日期	體重 (gw)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	平均
	3月24日	18.1	79.03	75.06	94.50	57.06	76.41
	4月4日	19.6	42.00	30.85	95.00	57.03	56.22
	4月7日	26.9	273.63	273.53	37.22	77.52	165.48
手機組	4月14日	24.2	19.41	42.72	12.28	72.47	36.72
	4月21日	26.7	18.13	23.60	23.19	42.32	26.81
2	4月28日	28.8	21.41	210.98	54.41	55.13	85.48
	5月5日	32.6	16.25	100.66	76.19	48.50	60.40
	5月12日	32.1	22.75	90.35	43.50	26.35	45.74

結果：3/24 初測平均值：76.41 秒，末三次測平均值：63.87 秒，進步率：16.41 %

編號	日期	體重 (gw)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	修正平均
	3月24日	18.1	79.03	75.06	94.50	57.06	76.41
	4月4日	19.6	42.00	30.85	95.00	57.03	56.22
	4月7日	26.9	273.63	273.53	37.22	77.52	165.48
手機組	4月14日	24.2	19.41	42.72	12.28	72.47	36.72
	4月21日	26.7	18.13	23.60	23.19	42.32	26.81
2	4月28日	28.8	21.41	210.98	54.41	55.13	43.65
	5月5日	32.6	16.25	100.66	76.19	48.50	60.40
	5月12日	32.1	22.75	90.35	43.50	26.35	45.74

結果：3/24 初測平均值：76.41 秒，末三次測修正平均值：49.93 秒，修正進步率：34.66 %

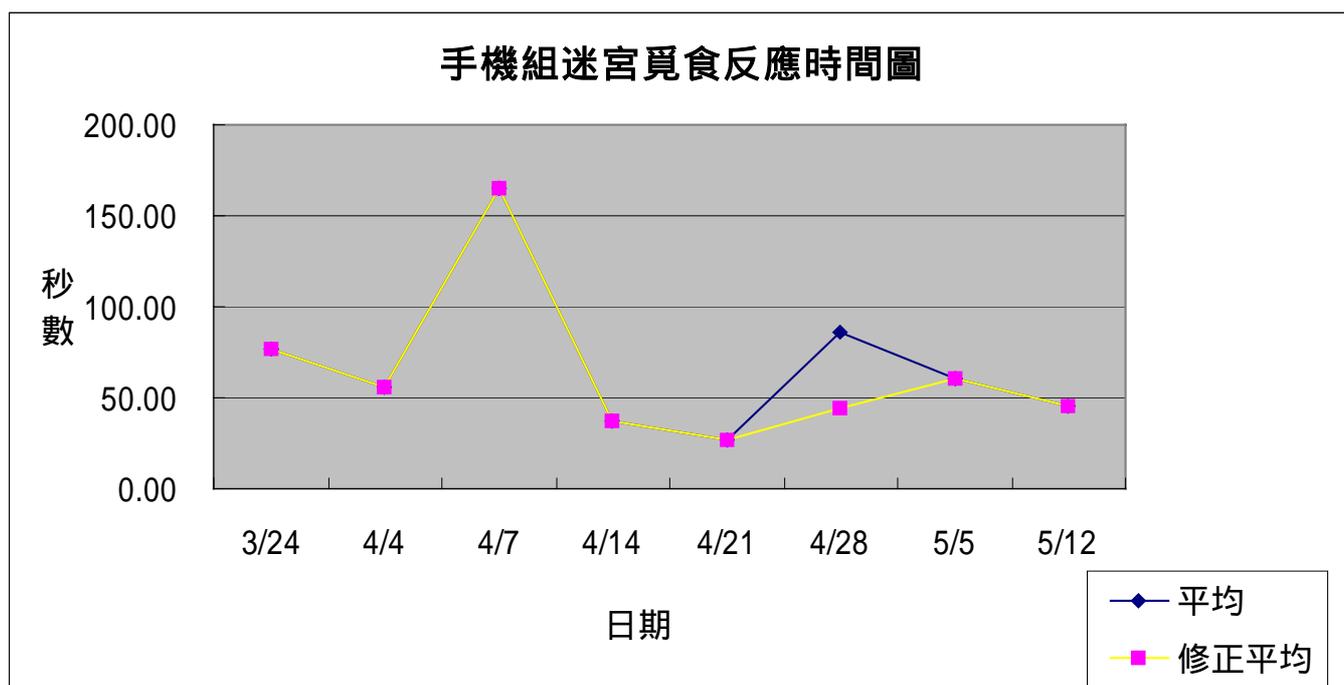


表 9-13

編號	日期	體重 (gw)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	平均
	3月24日	19.7	377.28	40.22	160.00	268.38	211.47
	4月4日	22.3	100.38	42.46	287.28	333.31	190.86
	4月7日	24.5	220.00	485.00	323.00	737.00	441.25
手機組	4月14日	19.6	33.62	10.98	22.06	69.38	34.01
	4月21日	19.7	51.41	68.75	18.38	57.13	48.92
1	4月28日	22.4	20.90	43.25	32.47	140.25	59.22
	5月5日	22.2	9.81	6.81	51.62	24.03	23.07
	5月12日	22.5	10.75	92.18	64.75	78.46	61.54

結果：3/24 初測平均值：211.47 秒，末三次測平均值：47.94 秒，進步率：77.33 %

編號	日期	體重 (g)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	修正平均
	3月24日	19.7	377.28	40.22	160.00	268.38	211.47
	4月4日	22.3	100.38	42.46	287.28	333.31	190.86
	4月7日	24.5	220.00	485.00	323.00	737.00	342.67
手機組	4月14日	19.6	33.62	10.98	22.06	69.38	34.01
	4月21日	19.7	51.41	68.75	18.38	57.13	48.92
1	4月28日	22.4	20.90	43.25	32.47	140.25	32.21
	5月5日	22.2	9.81	6.81	51.62	24.03	23.07
	5月12日	22.5	10.75	92.18	64.75	78.46	61.54

結果：3/24 初測平均值：211.47 秒，末三次測修正平均值：38.94 秒，修正進步率：81.59%

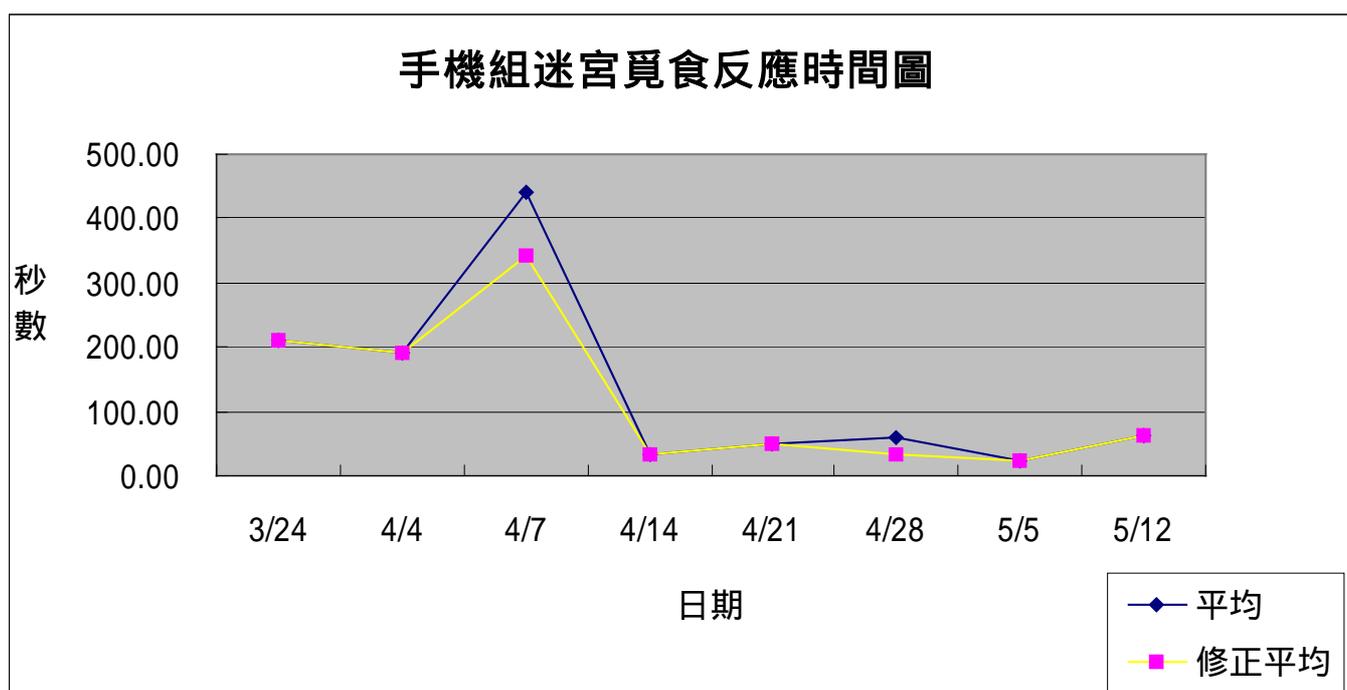


表 9-14

編號	日期	體重 (gw)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	平均
	3月24日	16.5	603.21	16.15	12.44	367.38	249.80
	4月4日	19.2	72.62	46.15	33.00	163.09	78.72
	4月7日	24.6	226.31	189.72	24.25	140.21	145.12
手機組	4月14日	20.4	16.44	80.59	42.97	82.56	55.64
	4月21日	20.5	16.06	71.19	14.94	22.41	31.15
2	4月28日	22.5	54.31	50.78	145.31	20.84	67.81
	5月5日	21.2	14.53	298.69	51.03	166.85	132.78
	5月12日	20.3	16.24	14.18	70.34	68.41	42.29

結果：3/24 初測平均值：249.80 秒，末三次測平均值：80.96 秒，進步率：67.59 %

編號	日期	體重 (gw)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	修正平均
	3月24日	16.5	603.21	16.15	12.44	367.38	249.80
	4月4日	19.2	72.62	46.15	33.00	163.09	78.72
	4月7日	24.6	226.31	189.72	24.25	140.21	185.41
手機組	4月14日	20.4	16.44	80.59	42.97	82.56	55.64
	4月21日	20.5	16.06	71.19	14.94	22.41	31.15
2	4月28日	22.5	54.31	50.78	145.31	20.84	67.81
	5月5日	21.2	14.53	298.69	51.03	166.85	132.78
	5月12日	20.3	16.24	14.18	70.34	68.41	51.66

結果：3/24 初測平均值：249.80 秒，末三次修正平均值：84.08 秒，修正進步率：66.34%

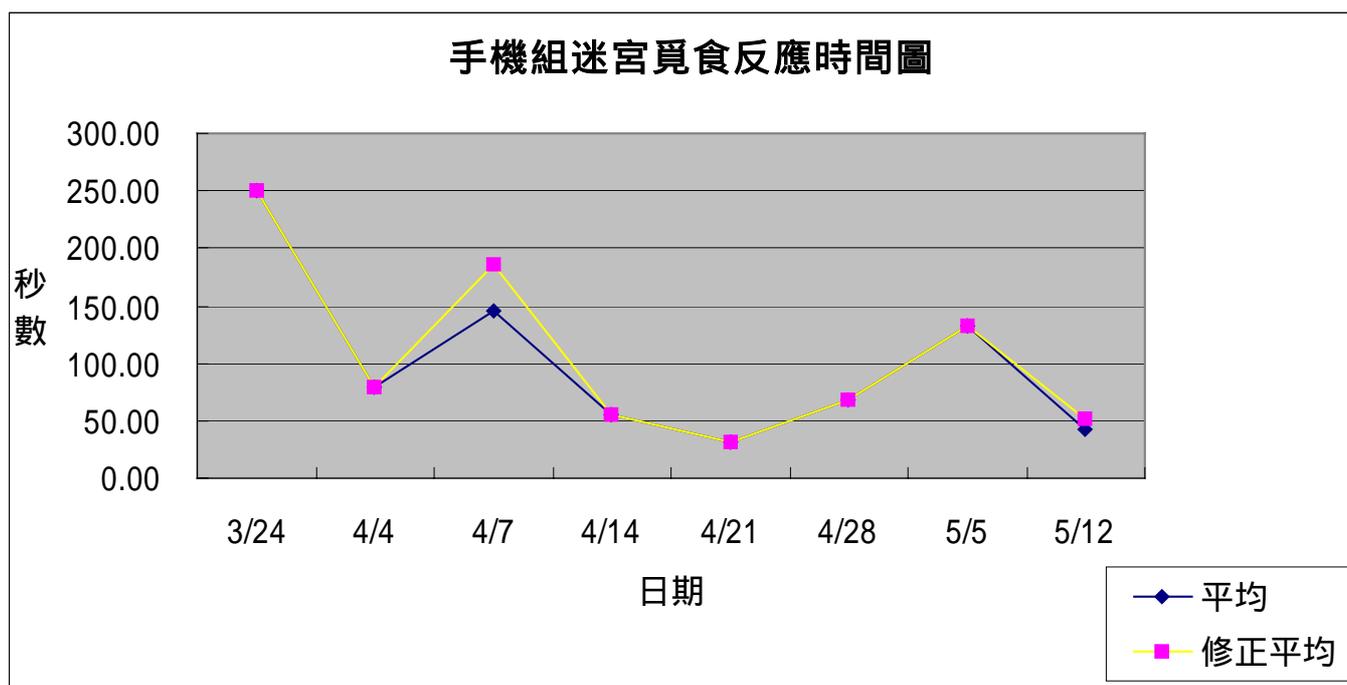


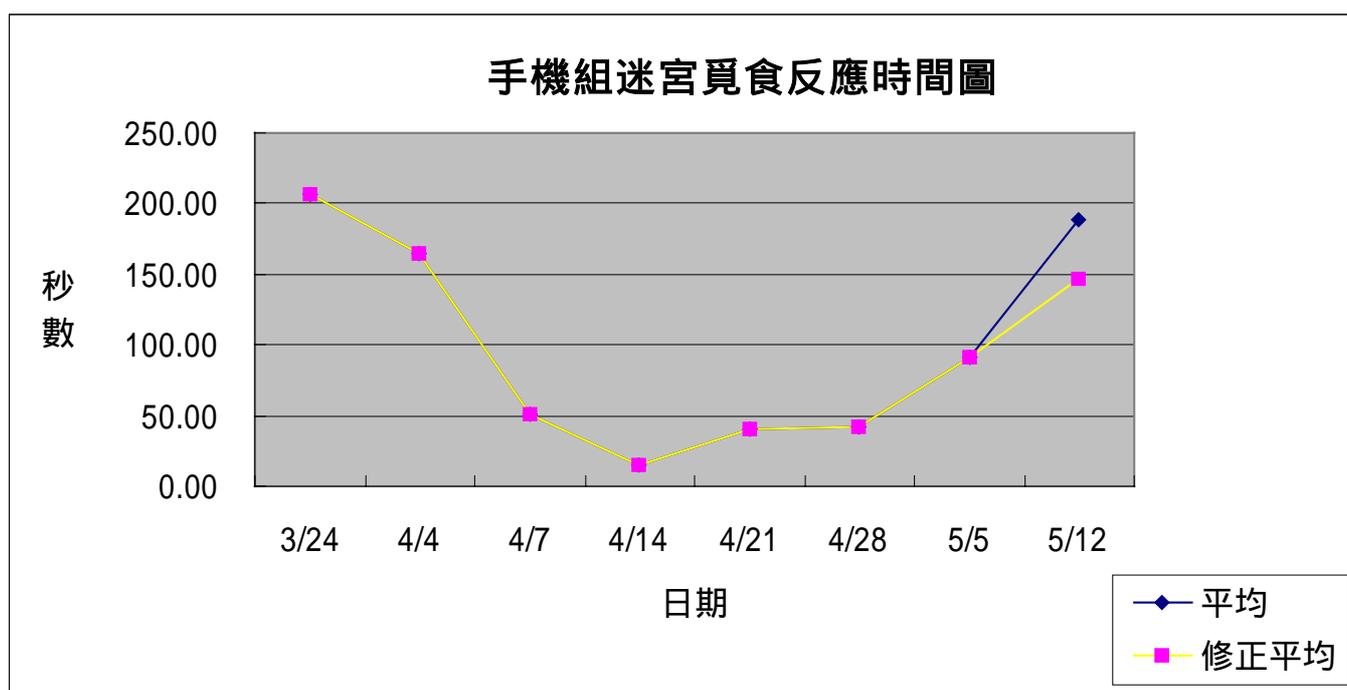
表 9-15

小白鼠跑迷宮覓食反應時間表							單位：秒
編號	日期	體重 (gw)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	平均
	3月24日	17.6	441.62	53.13	251.22	81.81	206.95
	4月4日	21.1	260.05	26.28	189.01	180.84	164.05
	4月7日	23.8	93.85	78.94	10.41	17.65	50.21
手機組	4月14日	18.3	15.31	17.03	11.10	17.00	15.11
	4月21日	21.2	116.94	9.81	9.47	23.22	39.86
3	4月28日	20.9	14.44	25.37	66.35	61.69	41.96
	5月5日	24.1	19.47	81.53	72.47	192.03	91.38
	5月12日	24.5	34.72	52.32	352.34	316.67	189.01

結果：3/24 初測平均值：206.95 秒，末三次測平均值：107.40 秒，進步率：48.10 %

小白鼠跑迷宮覓食反應時間表(修正)							單位：秒
編號	日期	體重 (gw)	測試 1	測試 2	測試 3	測試 4	修正平均
	3月24日	17.6	441.62	53.13	251.22	81.81	206.95
	4月4日	21.1	260.05	26.28	189.01	180.84	164.05
	4月7日	23.8	93.85	78.94	10.41	17.65	50.21
手機組	4月14日	18.3	15.31	17.03	11.10	17.00	15.11
	4月21日	21.2	116.94	9.81	9.47	23.22	39.86
3	4月28日	20.9	14.44	25.37	66.35	61.69	41.96
	5月5日	24.1	19.47	81.53	72.47	192.03	91.38
	5月12日	24.5	34.72	52.32	352.34	316.67	146.46

結果：3/24 初測平均值：206.95 秒，末三次測修正平均：93.27 秒，修正進步率：54.93%



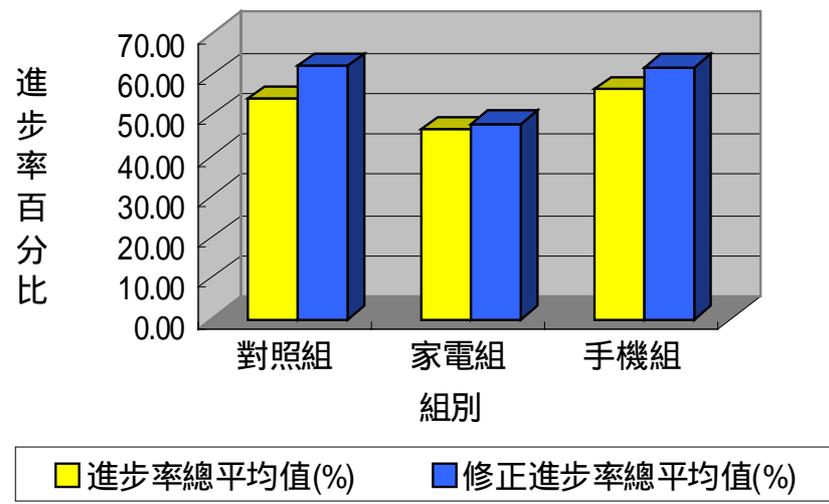
**表 10 小白鼠迷宮覓食反應時間進步率比較表**

組別	性別	3/24 初測平均值 (秒)	4/28、5/5、5/12 末三次測量平均值 (秒)	4/28 5/5 5/12 末三次測量修正平均值 (秒)	進步率 ( % )	修正進步率 ( % )	進步率總平均值 ( % )	進步率修正總平均值 ( % )
對照組	1	234.69	69.40	* 36.03	70.43	* 84.65	54.15	* 62.20
	2	149.05	113.03	* 98.05	24.17	* 34.22		
	1	141.75	116.13	116.13	18.07	18.07		
	2	142.31	26.28	26.28	81.53	81.53		
	3	151.76	35.59	* 11.33	76.55	* 92.53		
家電組	1	197.89	79.56	* 59.04	59.80	* 70.17	46.48	* 48.05
	2	148.60	80.85	* 84.06	45.56	* 43.43		
	3	180.98	75.38	75.38	58.35	58.35		
	2	124.41	66.25	66.25	46.74	46.74		
	3	135.40	105.74	* 106.20	21.91	* 21.57		
手機組	1	161.73	44.78	44.78	72.31	72.31	56.35	* 62.00
	2	76.41	63.87	* 49.93	16.41	* 34.66		
	1	211.47	47.94	* 38.94	77.33	* 81.59		
	2	249.80	80.96	* 84.08	67.59	* 66.34		
	3	206.95	107.40	* 93.27	48.10	* 54.93		

註：1.迷宮覓食進步率 =  $\frac{\text{初測平均值} - \text{末三次測量平均值}}{\text{初測平均值}} \times 100\%$   
 2.誤差修正：剔除週測試表數據有明顯誤差之數值  
 3.『\*』：表示有誤差修正數據的結果

結果：在未修正前家電的進步率明顯比對照組與手機組來的低，大約減少 10%，雖經過修正，但是家電組的進步率更是明顯比對照組與手機組來的低，大約減少 14%。

**修正前後跑迷宮覓食反應時間進步率比較圖**



結果：家電組的進步率在修正前後均明顯比對照組、手機組低。

## 實驗六：小白鼠探索實驗（表 11）

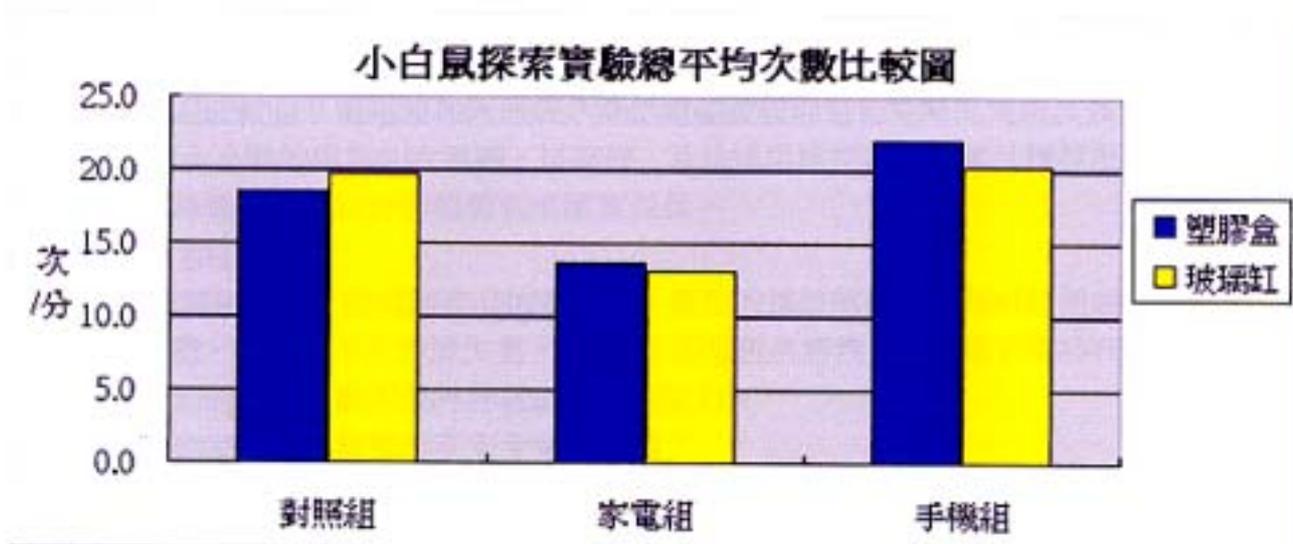
### （一）記錄項目：

1. 每組輪流測試，每次以 1 分鐘為限，小白鼠每探頭站立且兩腳離地約一秒鐘，即算一次記錄，直到 1 分鐘結束為止。
2. 依環境不同分為不透明塑膠盒及透明玻璃缸。

### （二）注意事項：

1. 每測試完一隻，容器就要清理一次，將裡面的木屑及糞便清除。
2. 測試過程中不宜喧嘩，避免影響小白鼠情緒，影響準確性。
3. 做完實驗後才餵食食物和水。

環境	塑膠盒				玻璃缸			
	每分鐘探索次數的平均值			總平均	每分鐘探索次數的平均值			總平均
對照組	21.0	19.5	15.2	18.6	24.3	17.5	17.4	19.7
家電組	14.2	16.0	10.8	13.7	13.8	13.8	11.8	13.1
手機組	21.0	23.3	21.6	22.0	23.5	20.3	17.0	20.3



結果：家電組小白鼠探索次數明顯低於另兩組，可能是長期在電磁波環境下，影響小白鼠中樞系統使得反應遲鈍，探索環境次數明顯低落。

## 柒、討論

### 一、電磁波是什麼？

答：地球是一個超級大磁鐵，電與磁可說是一體的兩面，流動的電會生磁，變動的磁也會生電，互相變動產生波動，而有頻率、強度、波長。自然界中各物體都會發出各種電磁波，如陽光、宇宙射線、閃電或人體也會發出電磁波，如紅外線，科學家們藉紅外線探測器了解人體的溫度分布。人們製造許多電器、廣播、無線電、行動電話...產生各種電磁波。

### 二、電磁波強度的單位有哪些？我們實驗的單位是什麼？

答：磁場的 SI 單位為特斯拉( Tesla, 簡稱 T ), 早期為高斯( gauss ), 與特斯拉的關係為 1 特斯拉 =  $10^4$  高斯 (  $1T = 10^4$  gauss ), 本實驗測電磁波強度單位為  $\mu T$ 。

$$1 \mu T = 10^{-6}T = 10^{-2}\text{gauss}$$

### 三、家電的哪個位置電磁波最強？各方位的電磁波強度會一樣嗎？電磁波會衰退嗎？

答：我們在家中及學校分別用各種電器測試，依各方位及各距離以高斯計 ( EMF tester 823 ) 分別測得如表 ( 1 ), 發現每種電器的電磁波強度不同，每個方位也不同，且距離越近強度越大，其中是貼在電器運轉部位如馬達處最強，由表(1)知，大部分家電使用在距 60 公分後測得微特斯拉 (  $\mu T$  ) 值幾乎等於 0.00，故得知一般電器的電磁波強度雖不大，若保持距離使用，則電磁波就較弱了。

### 四、若將各種家電擺在一起使用，電磁波強度會改變嗎？增加還是減少？

答：我們將一般家庭洗衣機、烘衣機、除濕機、冰箱等家電放在同一房間 ( 2.5 公尺x2.5 公尺 ) 同時使用，測量在一般婦女身高處的電磁波強度，並無增強，如表 ( 2 ), 知電磁波強度不因同時使用多種電器而有明顯增強，但因各個家庭電器擺設位置不同，電磁波強度或許會不同，值得我們進一步探討。

### 五、何種家電電磁波較強？電磁波如何形成？降低電磁波設計是否能降低電磁波強度？

答：由表 ( 2 ) 產生高熱的電器如吹風機、烘碗機，及快速馬達運轉例如果汁機等電磁波強度較強，而有降低電磁波設計的檯燈強度確實偏低。

### 六、什麼是 EMI 和 EMC ？

答：所謂 EMI 即電磁干擾，指電器產品因動作時，產生的電波雜訊，經輻射路徑或傳導路徑影響其他裝置，致動作不正常或失真。而 EMC 即電磁兼容性，是指電子產品在優良設計下，不干擾別的產品，能忍受外界電磁干擾的能力。

### 七、一般市面上的家電電磁波強度在安全值以下嗎？

答：我們在專業 EMC 科技公司的協助下完成家用電器及電腦檢測，如表 ( 3-1~3-8 ), 顯示常用家電、電腦設備 ( 當日檢測項目 ) 在正常使用時的電磁波強度多在安全範圍內。

### 八、為何不用高斯計與頻譜分析儀來檢測手機？

答：一般市售的高斯計測量電磁波在 30~300KHz 間，而專業測量家電、電腦的頻寬在 30MHz~300MHz 間，市面的雙頻手機為 1800MHz。因此我們沒有用高斯計或專業家電頻譜分析儀來檢測手機。

### 九、平常手機通話的限制時間多長？實驗中手機通機時間是多長？

答：根據資料顯示 ( 如附件手機輻射傷害 ), 頻率 1800MHz 的手機交談時間不超過 9.52 分鐘為安全時限，但若手持手機在鄰近牆角或有反射體環境中則因反射增強輻射強度一倍，

所以持手機交談時附近有反射體，交談時間不要超過 4.76 分鐘，因此，我們提高通機時間間歇性 40 分鐘(4 位組員每人每天打十分鐘)。一般手機鈴響 30 秒，通機時電磁波最強，故我們選通機長達一分鐘的手機，希望能有結果呈現。

十、為什麼公鼠的生殖器會肥大呢？

答：觀察小白鼠日常生活，發育成熟的公鼠生殖器肥大，家電組提早一週有肥大現象，顯示較早熟（如表 4）。

十一、實驗前後三組小白鼠有什麼差別？

答：對照組、家電組、手機組平均食量及飲水量差異不大（如表 5、6），表示三組生活正常，但家電組的體重增加率明顯增加，差距達 20%（如表 7），表示白鼠在近距離長時間家電輻射環境中，可能會造成活動力低弱反應遲緩，以致體重增加。

十二、體重修正值是什麼？

答：家電組的體重增加率原高達 69.9%，因家電組和另兩組公鼠數量不相當，由實驗知公鼠的體重增加率比母鼠高。因此依公母比例換算即修正值

$$= \frac{\text{公鼠平均體重增加率} \times 2 + \text{母鼠平均增加率} \times 3}{5}$$

5

，修正為 64.6%，仍明顯比其他兩組有高達 20% 的差距（如表 7）。

十三、三組白鼠的體重生長有何差異？

答：由表 8 知，家電組體重增加較快，且實驗末期，速度愈快。

十四、家電組、對照組和手機組的迷宮覓食反應時間進步率是否有差異？

答：在迷宮實驗中，家電組白鼠進步率比對照組及手機組低，差距約 10%，修正後達 14%（如表 9-1~9-15、10），顯示近距離、長時間的家電輻射對白鼠迷宮覓食時間進步率漸緩，分析可能白鼠中樞神經受輻射影響，或因體重增加，進而影響肢體動作反應時間。

十五、為何我們卻不依公、母比例修正家電組的迷宮覓食反應進步率？

答：家電組的平均迷宮覓食反應進步率比其他兩組低，我們沒有依公母鼠比例修正家電組反應時間進步率，從表 10 中得知該組公鼠的進步率比母鼠高，因為家電組已占優勢，便不再進行數據修正，否則家電組的進步率會更低於其他兩組，差距會大於 10%。

十六、在我們的實驗中，為何手機組和對照組結果差不多？

答：小白鼠對照組、手機實驗組跑迷宮時間進步率明顯比家電實驗組高，而前兩組差異不大（如表 10）。原本預測手機組會有明顯差異，但結果與對照組相差無幾，分析可能是：

（一）手機通機強度及實驗過程刺激時間不足（每天通機 40 分鐘，共七週）。

（二）手機沒貼近老鼠的耳朵或靠近腦部（鼠籠距手機天線 1 至 25 公分），減弱電磁輻射的影響，使小白鼠受電磁輻射量不足，不致發生影響或只有些微改變，不易由迷宮實驗得知。

（三）手機的電磁輻射頻率與家電的不同，其影響生物體的層面也許會有不同。

十七、家電輻射如何影響小白鼠的探索反應？

答：探索實驗中（如表 11）發現在家電電磁波輻射下，小白鼠對陌生環境每分鐘探索次數明顯低於另兩組，反應較遲鈍，與迷宮測試的結果相同。

十八、家電電磁波是否影響白鼠的肢體反應？

答：家電組的迷宮覓食進步率與探索反應次數都比另兩組低，顯示家電電磁波的環境中對白鼠的反應有遲緩的現象。

十九、我們的實驗能證明什麼呢？根據我們查到的資料，電磁波對人體有無傷害呢？

答：由國外報告（如附件：射頻輻射的危害性）知，長期暴露在高強度的電磁波環境中會有血液性質的改變，染色體結構的變態，蛋白分子產生變化，聽力退化，產生白內障、頭昏痛、嘔吐、皮膚疹、虛弱、關節疼痛、麻痺、耳鳴、心律不整、呼吸困難等身體不適情形，更有甚者會中風、抽筋、失眠、記憶力衰退、流產、喪失性能、產出畸形、細胞發生癌病變...等症狀。我們的實驗器材主要只是一般家電用品雖不能直接證實電磁波對人體直接危害的程度，而只是以小白鼠取代人體實驗，但由家電組小白鼠的生長體重、迷宮覓食進步率與探索反應，仍可見家電電磁波輻射確實造成小白鼠的活動及生理有一定程度的影響。

## 捌、結論

- 一、根據我們研究所收集的家電產品，其輻射強度依序為果汁機、除濕機、吹風機、檯燈、電視...等，也意外發現檯燈、吹風機的輻射值並不低，對於喜歡用普通檯燈看書及經常洗頭吹髮的人，值得注意。低輻射設計檯燈輻射值明顯低於一般產品，因此在購買家電時，不妨考慮選擇低輻射商品！
- 二、從電器電磁波的檢測結果知，每種電器的電磁波強度不同，且不同方位、距離也有不同值，越靠近電器電磁波越強，尤其是貼在馬達運轉的部分最強。但由測試的結果，我們也發現大部分家電在距離 60 公分以後其電磁波輻射值降得很低，因此“保持距離”是遠離電磁輻射干擾最簡便的方法。
- 三、在小白鼠迷宮覓食反應實驗中，在三組平均食量及飲水量相近下，家電實驗組的體重增加率平均值，明顯比對照組及手機實驗組增加且高達 20%，因此家電電磁波輻射對小白鼠的體重增加有正相關的關聯。
- 四、三組小白鼠在迷宮覓食進步率及探索實驗的成長比較中，我們亦發現：長期近距離接受家電輻射影響的實驗組，活動反應力較遲緩，其迷宮覓食行為進步率及陌生環境探索次數（落後達 10%）明顯低於其他兩組，因此家電輻射對行為反應改變的情形，值得進一步的探討，至於對高等動物如人類腦部研究應是現代相當熱門的一項課題。
- 五、小白鼠手機組在本實驗中，因受情境設計及與家電電磁輻射頻率不同等因素影響（原因分析如討論十六）以致和對照組差異不大，然而手機的廣泛使用及本身的高頻輻射，讓我們必須審慎探討。綜合我們對家電電磁波強度分布與距離研究的結果，勸告手機族在通話時幾項安全建言：
  - （一）遠離輻射源：不要緊貼腦部，盡量保持與天線 3 公分以上距離或用免持聽筒、貼防電磁片，以避免手機對腦部直接造成傷害。
  - （二）長話短說，既安全又可省錢。
- 六、目前國內研究報告對一般家電的輻射安全性探討偏少，一般民眾對電磁波防護不足，雖然市面上家電是通過安檢在安全範圍內，然而人體會吸收電磁波，累積在體內經過數年或許才會發生變化。由實驗結果，可確知適當和正確的安全使用家電，並保持距離，是減少受電磁輻射傷害的最佳方法，延伸我們的實驗精神，可再針對較多生物進行相關研究，以求證“人造”電磁輻射，對人類本身和自然生態的負面影響。

七、電磁波污染融入環境教育教材建言：在以往生物、健教、理化課本中所提到的公害污染均著重在有形的物質。例如：垃圾、水、空氣、實驗廢棄物及核廢料等。但電磁輻射在日常生活中無所不在，手機、家電的使用與我們息息相關，而教材對於電磁輻射這無形公害的影響與防治大都闕如。由我們的研究得知：家電輻射對小白鼠造成顯著影響，希望藉由本實驗喚起未來九年一貫「自然與生活科技」的教材內容選擇，能融入“重視電磁波這無形公害影響”及“正確使用家電產品，減少輻射”，以提高人們對這無形殺手的注意力。

## 玖、參考資料及其他

- 一、國中生物課本（上、下冊）。
- 二、國中健教課本（上、下冊）。
- 三、國中理化課本（三、四冊）。
- 四、動物保護法(<http://www.lovedog.org.tw>)
- 五、無線電頻率與波段(<http://www.dgt.gov.tw/Chinese/Web-sits-referenced/link-org.shtml>)
- 六、薛文崇高頻電磁波輻射安全標準與偵測（2001，[maxlight/basedata/42a2.htm](http://maxlight/basedata/42a2.htm)）。
- 七、文舉電視磁場是否會影響人體（2001）。
- 八、台灣癌症基金會、聯合晚報（1999.07.15）、中國時報（1999.07.28）
- 九、感謝台大動物中心提供本實驗小白鼠及餵飼材料與技術指導
- 十、感謝誠信科技股份有限公司協助指導電磁波檢測。
- 十一、感謝榮總醫學研究部提供實驗相關協助。