

# 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 生物科

080316

「蚤」出「癮」形殺手-成癮物質對水蚤心搏之  
影響

學校名稱：桃園市桃園區桃園國民小學

作者：	指導老師：
小六 魏博滔	徐慧雯
小六 蕭奕伴	羅嘉慧
小六 呂紹頡	
小六 高君諭	
小六 徐秉程	
小六 林澤鈞	

關鍵詞：水蚤、成癮物質、心搏

## 摘要

「成癮」這兩個字，容易讓人聯想到酗酒、吸毒、抽菸等負面行為，但其實我們的生活中處處可見成癮物質的存在：早晨的一杯咖啡、偶爾小酌的烈酒、甚至連咬一口的巧克力等都含有成癮物質。水蚤因為易於飼養且全身幾乎透明，牠的心臟在顯微鏡下容易觀察，是作為生物實驗重要的材料也是環境毒性測試的指標生物。我們依生活中的觀察與體驗，假設實驗中所有成癮物質皆會使水蚤的心跳加快，但實驗結果證實並非如此，除了感冒液會讓水蚤心跳加快外，其餘酒精、菸草液、咖啡、茶葉皆會讓水蚤心跳速度變慢，表示這些易成癮物質如果劑量過高或長期服用會對生理產生不良影響而導致水蚤心跳變慢甚至死亡，此現象不容忽視值得關注和進一步研究其機轉。

## 壹、研究動機

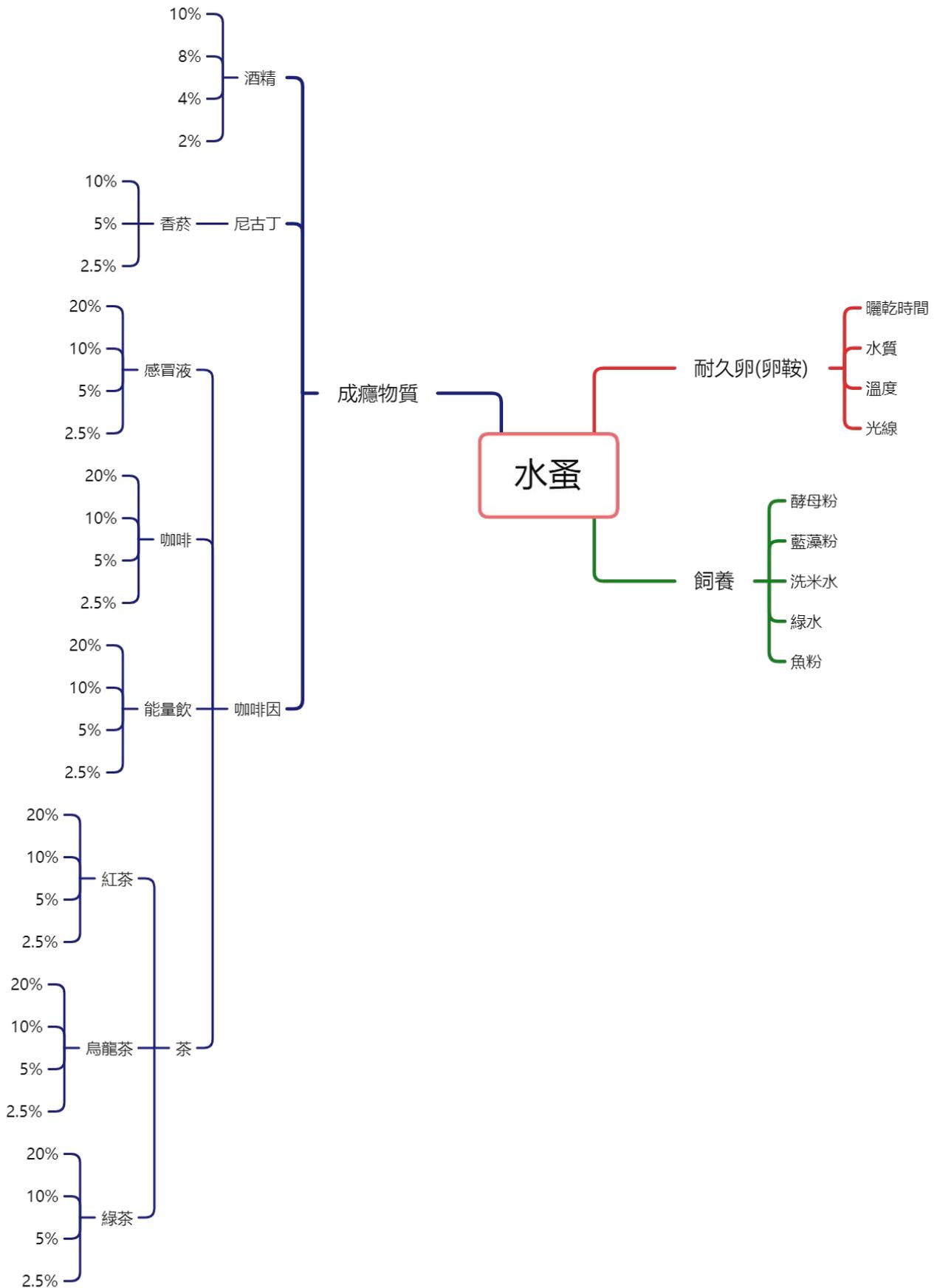
水蚤是淡水養殖業者餵養仔魚所使用的餌料之一，使用水蚤當餌料餵食時，比較不會有飼料吃不完導致水質惡變的情況發生。開始對水蚤產生好奇是從四年級自然課水中的動植物單元餵養蓋斑鬥魚仔魚開始，老師告知我們體型如此微小的生物竟然有心臟讓我們覺得相當驚訝。再查閱相關文獻後，發現行政院環保署訂定的「生物急毒性檢測方法」中有使用水蚤作為測試水樣是否有毒的試驗生物。再加上有小組成員於台北科學教育館參觀時，正展出「上癮的科學」，從展覽中發現生活中充斥著許多成癮物質。既然水蚤為測試水樣有無毒性的生物，再加上我們認為很多成癮物質是具有毒性的，因此我們決定觀察水蚤使用成癮物質後心搏的變化

## 貳、研究目的

- 一、水蚤的飼養與觀察
- 二、藉由生活經驗與文獻探討了解成癮物質的特性及對人心跳的影響
- 三、觀察水蚤在不同濃度的成癮物質環境下的心搏速度



# 參、研究架構



## 肆、研究設備及器材

觀察器材	手機、手機顯微鏡、手機微距鏡
實驗器材	水蚤、滴管(未剪斜口)、滴管(剪斜口)、懸滴玻片、100ml 燒杯、30ml 量杯、2.5ml 針筒、20ml 針筒、培養皿、棉花、酒精(75%)、感冒液、香菸、能量飲、茶葉(紅茶、烏龍茶、綠茶)
紀錄器材	電腦
飼養器材	綠水、500ml 燒杯
測量器材	電子秤、計時器、0.1mm 測微尺

## 伍、研究過程、方法、研究結果及討論

### 研究一、認識水蚤

#### 一、水蚤之介紹

水蚤是一種小型的甲殼動物，屬於節肢動物門、甲殼綱、枝角目，牠們常被稱為「水中跳蚤」。雖然水蚤是節肢動物，但是牠的分節不明顯，身體成左右側扁，具有兩片透明的甲殼將身體包覆在裡面。水蚤心臟位於身體的背面(圖 1)。水蚤的心臟很容易在顯微鏡的低倍鏡下觀察到，當水蚤受到不同環境條件的影響時，牠的心跳數會跟著改變，我們可以觀察並計算心率。

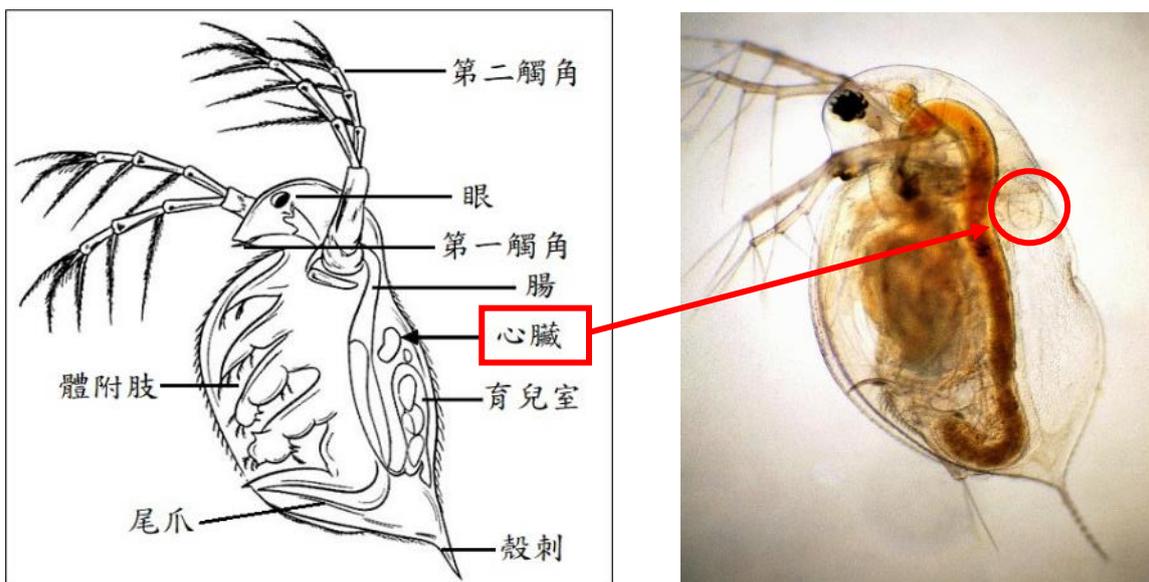


圖 1 水蚤身體構造圖

## 二、水蚤品種

本實驗使用的水蚤為 *Daphnia Pulex*，稱為蚤狀蚤、米蚤。在分辨時，主要是以水蚤的尾爪(圖 2)部分是否為平直或是彎曲來辨識。

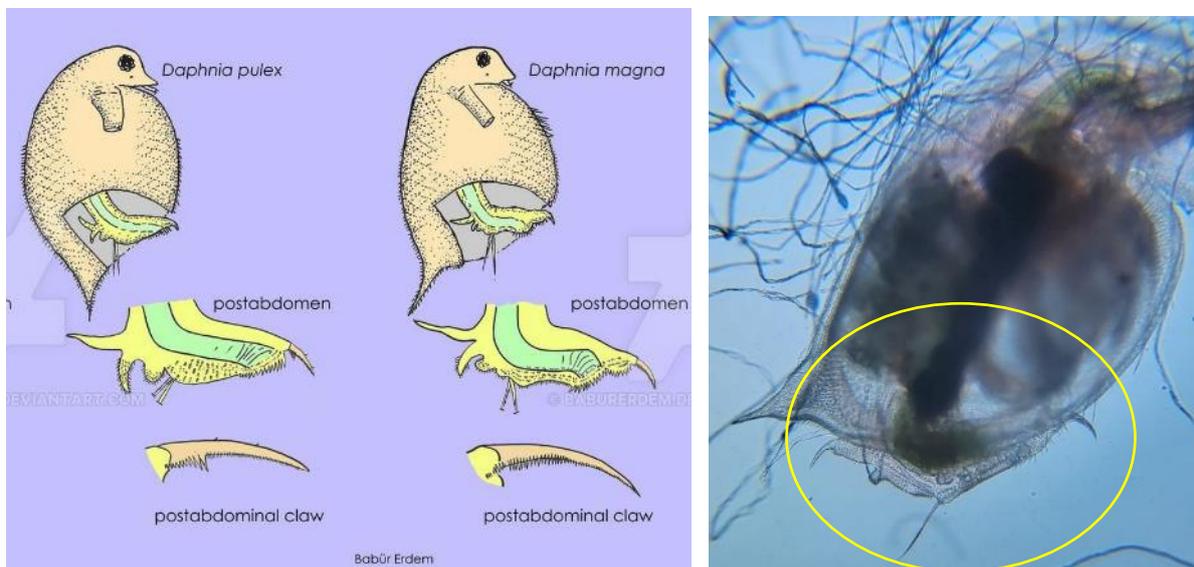


圖 2 *Daphnia pulex* 和 *Daphnia magna* 尾爪比較圖

## 三、水蚤飼養

水蚤為「主動濾食性動物」，可以在顯微鏡下觀察到牠的體附肢不斷撥動水流，食物就會隨著水流進入水蚤口中，同時，牠的腸子會漸漸蠕動，最後在腸子末端可以觀察到牠不斷在排便。去年我們進行過餵食水蚤不同食物(綠水、酵母粉、洗米水、魚粉、藍藻粉)，以了解哪種飼料可以在同時間內讓水蚤繁殖數量最多，實驗結果為酵母粉最佳。此次實驗，為接近水蚤在大自然中吃的食物，所以餵食飼料以綠水為主，綠水來源則是養鬥魚缸中的水，餵食頻率則為看到綠水變透明時再進行換水，通常隔天綠水就會變透明。

## 四、水蚤生殖方式

水蚤為孤雌生殖，此意謂著水蚤卵無需受精過程而可以單獨發育成後代。實驗過程中我們可以看到水蚤的背上有兩種型式不同的卵(圖 3)，一種為夏卵、另一種為越冬卵(耐久卵)。水蚤在食物充足且水質良好的環境下會進行無性生殖，產下數量約 10 顆以上的夏卵，並由母水蚤摺在殼上，外觀為圓形。

水蚤在生存條件惡劣的情況下會產生公水蚤，並進行有性生殖產下經過受精的越冬卵，越冬卵對環境的適應力極強，即使經過乾燥、曝曬或拿去冰箱冷藏，只要在合適的水域環境中，卵會孵化成新的個體，進行無性生殖。越冬卵呈現卵鞍(ephippium)狀，裡面有

兩顆卵(圖 4)。我們曾在實驗過程中，試著在不同化學環境下孵化乾燥的耐久卵，但僅在過濾水中有成功孵化，其餘不同酸鹼值濃度的水皆實驗失敗。

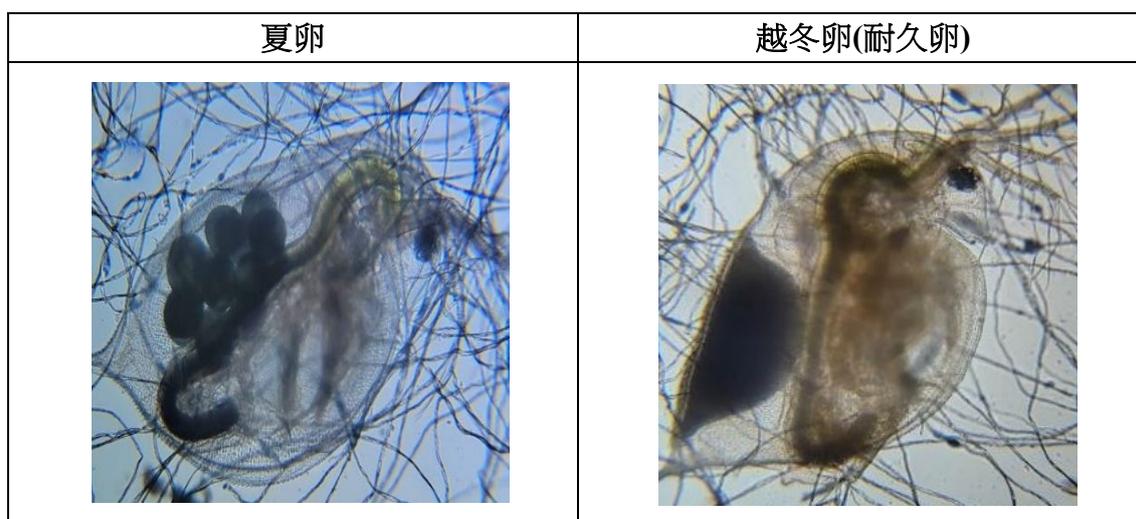


圖 3 水蚤夏卵和越冬卵的外觀

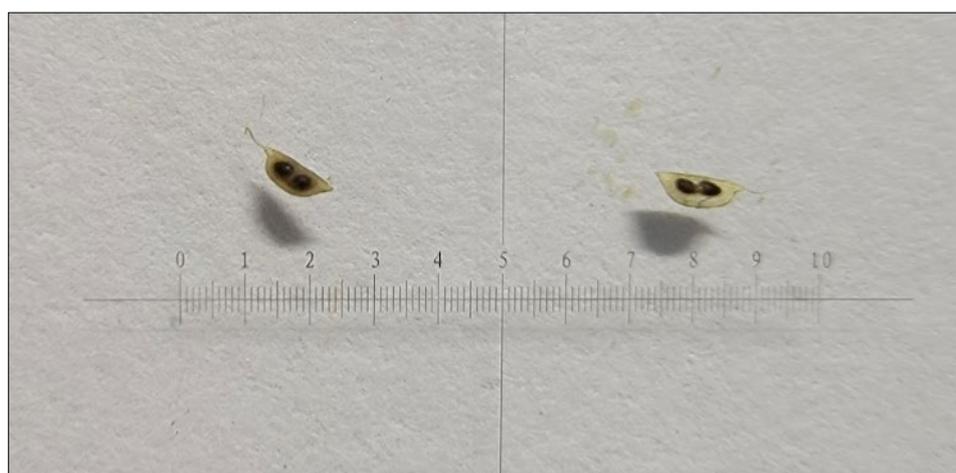


圖 4 卵鞍狀的越冬卵

## 五、水蚤生產過程

水蚤觀察活動前後已進行超過兩年，期間用手機顯微鏡拍攝水蚤超過百隻以上，但我們從未看過小水蚤出生的樣子。這次，在實驗進行到尾聲的時候，終於讓我們用手機顯微鏡錄下水蚤生產的過程(圖 5)，我們總共觀察水蚤生產過程 1 小時左右，期間共生下 3 隻小水蚤。小水蚤要誕生時，母水蚤的體附肢會激烈運動，她的尾爪則會前後擺動，像是要用力的把小水蚤從殼刺下方擠出來的感覺，小水蚤誕生後即可迅速的在水中游動。

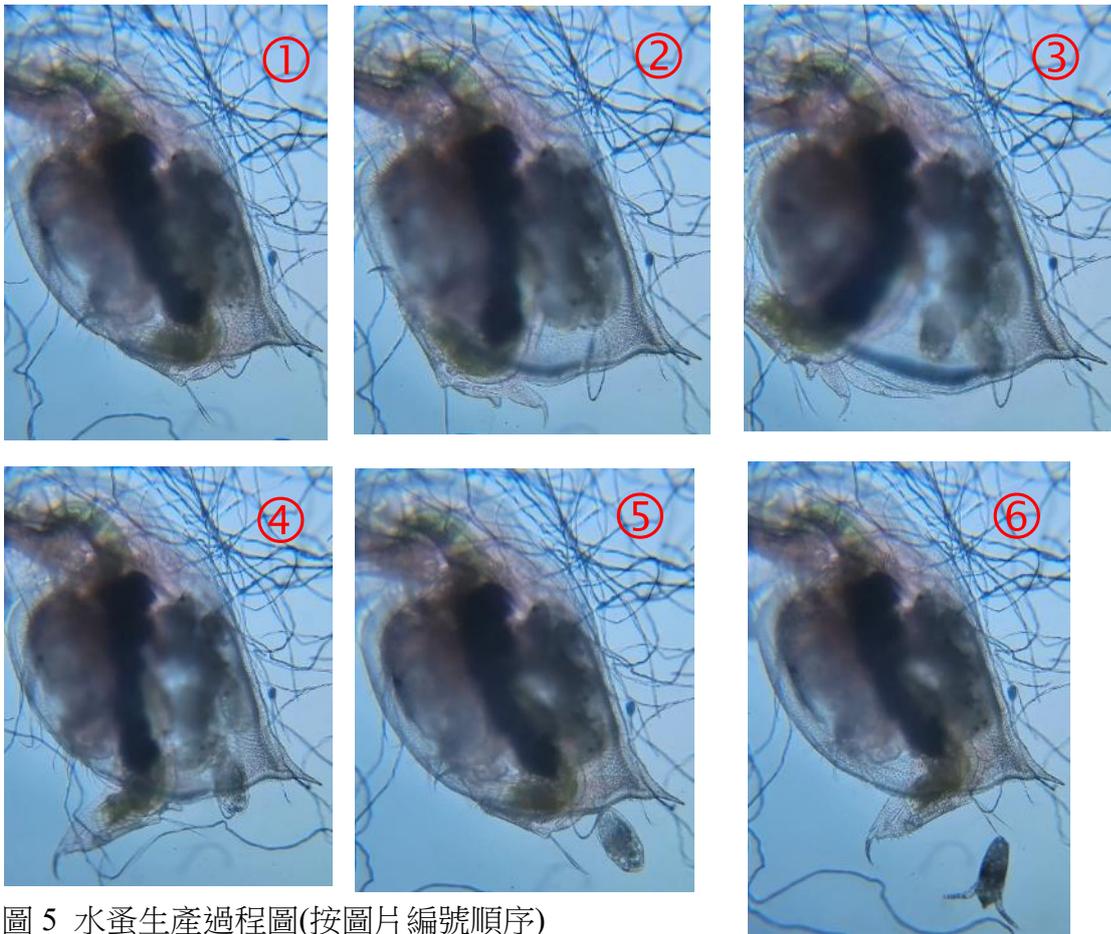


圖 5 水蚤生產過程圖(按圖片編號順序)

### 六、水蚤的外附生(epizoic)

有時用眼睛觀察會在一群水蚤中發現體型特別大，看起來怪怪的水蚤，我們先將牠放在手機微距鏡下觀察，會發現水蚤外層好像有一點一點的東西包覆著(圖 6)。再用顯微鏡搭配物鏡 10 倍觀察，更有趣了，原來有一群不速之客在水蚤的身上。經上網查詢，那是水蚤被臂尾輪蟲外附生了(圖 7)，若整隻水蚤被輪蟲包覆著，這隻水蚤大概壽命不久已。

<p>用手機微距鏡觀察被輪蟲包覆的水蚤</p>	<p>顯微鏡下看到臂尾輪蟲外附生在水蚤身上</p>
<p>圖 6 水蚤外附生(epizoic)現象</p>	<p>圖 7 水蚤被臂尾輪蟲外附生(epizoic)</p>

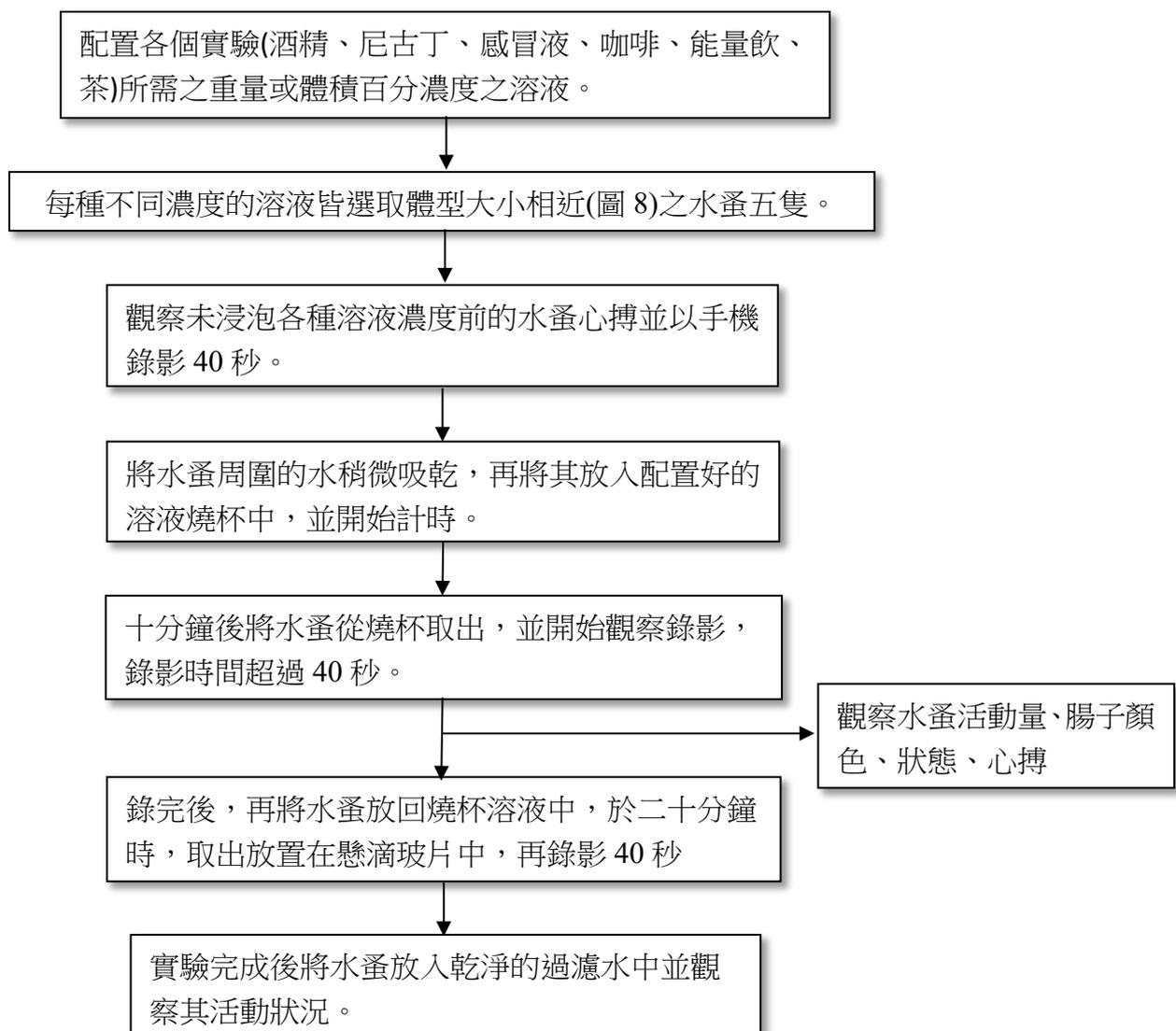
## 研究二、成癮物質的認識

什麼叫做「成癮」？「癮」是指人對某種事物所產生的一種超乎尋常的嗜好和習慣，這種嗜好和習慣透過刺激中樞神經系統造成興奮或愉悅感而形成「癮」。至於「成癮」則是指個體不可自制地反覆渴求濫用某種物質或從事某種活動，雖然知道這樣做會給自己或已經給自己帶來各種不良後果，但仍然無法控制。成癮包括「物質成癮」和「行為成癮」。

成癮物質最常見的有尼古丁、酒精和毒品，藥物濫用也會造成成癮。在不違法的情況下，本研究僅討論生活中易取得的成癮物質作為實驗材料，因此選擇感冒液、尼古丁、酒精和咖啡因相關飲品做為實驗材料。

## 研究三、實驗方法設計

### 一、實驗步驟流程圖



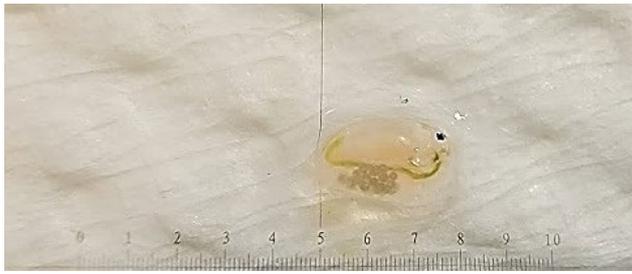
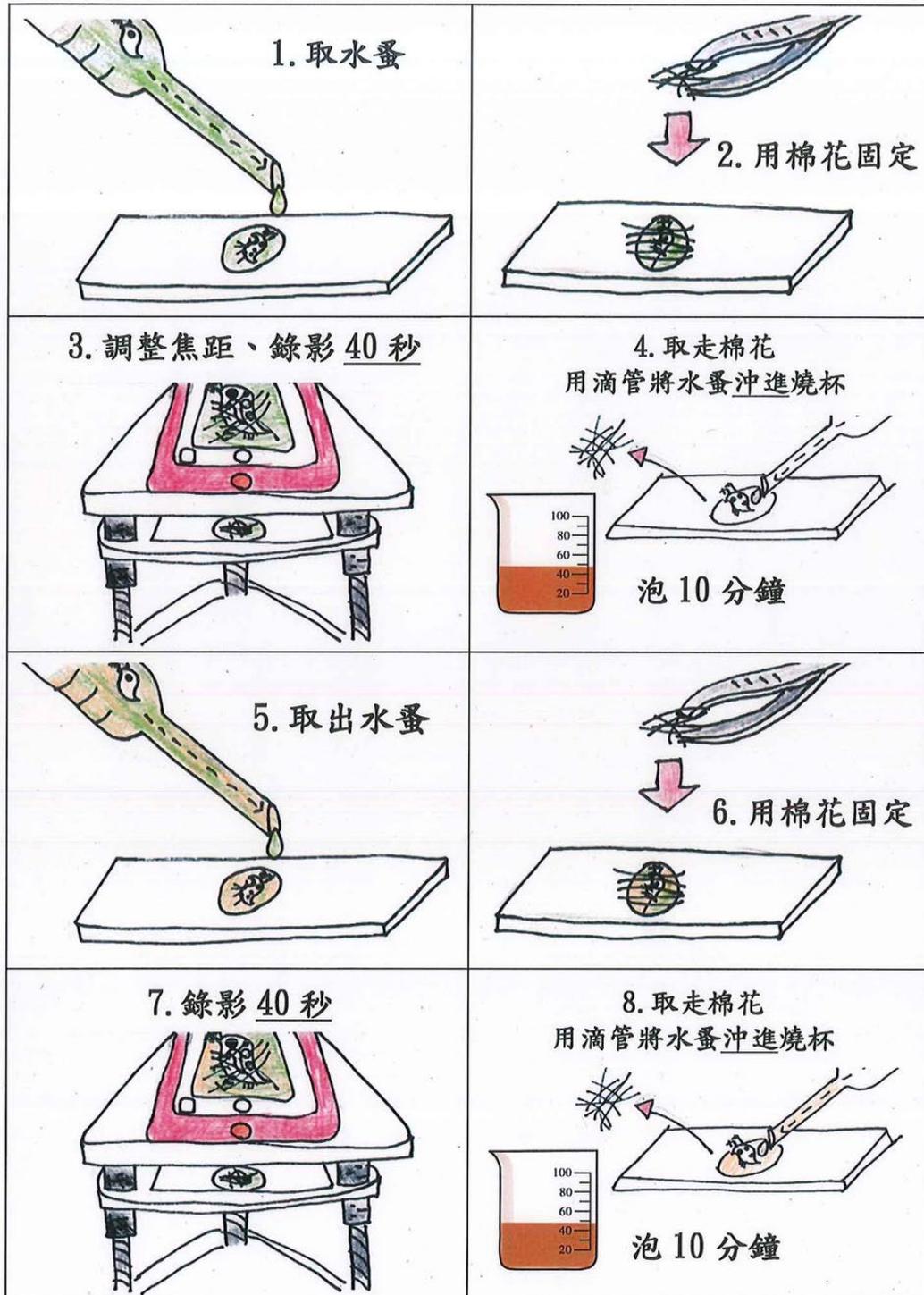


圖 8 實驗時使用體型大小約 2.5mm~3mm 之水蚤

## 二、手機顯微鏡觀察操作流程圖



再重複步驟 5-7，共計浸泡 20 分鐘，錄影三次。最後將實驗的五隻水蚤浸泡在溶液中一天觀察其活動情形。

### 三、測量水蚤心搏方法

一般量測水蚤心搏方式為打點法，即看水蚤心臟收縮一次，就在紙上用筆點一下，連續紀錄 10 秒鐘後，計算紙上打幾個點，即是水蚤心臟跳動幾下。實際觀察後，發現水蚤心搏在正常狀況下，跳得非常快速，想要用打點法精準計算是有難度的。

現在拜科技發達之賜，我們先將水蚤心搏錄影下來，在電腦上用慢速播放計算心跳，但有時計數多次後容易會疲累算錯，因此我們發現手機上有款 BPM Counter 的 APP(圖 9)可以用手指在手機螢幕上敲一次即計數一次，大大提高計算水蚤心跳的正確率。也有小組成員帶計數器，亦可以達到同樣效果。

本研究水蚤心搏計算方式為，影片慢速播放(0.25 倍)，計算水蚤 20 秒內的心搏次數。

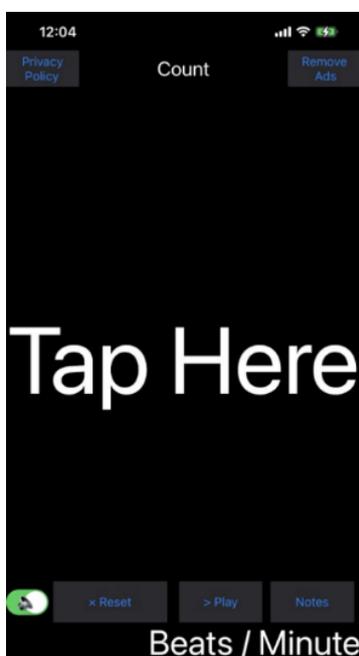


圖 9 打點用的 APP 畫面

## 研究四、成癮物質對水蚤心搏之影響

### 實驗一：酒精對水蚤心搏之影響

(一)動機：小組成員中的家人有喝過酒的經驗比抽菸的人數多，在觀察生活周遭親人喝酒後的反應有臉紅、發熱、喝醉等情形。我們常看到廣告宣傳「酒後不開車」或是晚上看到警察攔路臨檢「酒駕」。酒精的吸收速度非常快，喝酒後最快可由口腔粘膜吸收，快速進入血液，並分佈全身。假如空腹，酒精的吸收會更加快速。酒後 30 分鐘至 2 小時內，人體血液中的酒精濃度就會達到高峰。短時間飲酒過量反應包括：心跳加速、

步態不穩、情緒搖擺不定等。

(二)實驗假設：根據相關資料蒐集得知人飲用酒會致心跳加快，因此我們假設將水蚤浸泡在稀釋的酒精溶液後心跳會變快。

(三)實驗操作：

- 1.經查文獻資料，水蚤若暴露在酒精濃度 10%以上，容易死亡，因此本實驗最高酒精濃度為 10%。
- 2.學校護理中心提供的酒精濃度為 75%，計算體積百分濃度後可得知若要調配出酒精濃度為 10%、總量為 250ml 的酒精溶液，則需使用針筒從酒精濃度 75%溶液中取出 33.3ml 加上 216.7ml 的過濾水。
- 3.配置酒精濃度為 8%、總量為 250ml 的酒精溶液，則需用針筒從酒精濃度 75%溶液中取出 26.7ml 加上 223.3ml 的過濾水。
- 4.配置酒精濃度為 4%、總量為 250ml 的酒精溶液，則需用針筒從酒精濃度 75%溶液中取出 13.3ml 加上 236.7ml 的過濾水。
- 5.酒精濃度為 2%、總量為 250ml 的酒精溶液，則需用針筒從酒精濃度 75%溶液中取出 6.7ml 加上 243.3ml 的過濾水。
- 6.每種濃度使用五隻體型相近的水蚤進行實驗。先計算未加入酒精溶液前水蚤的心搏數作為未浸泡前數據，再將其浸泡在不同濃度的酒精溶液，10 分鐘和 20 分鐘後各計算一次同一隻水蚤的心跳次數觀察是否符合假設。

(四)實驗觀察與結果：

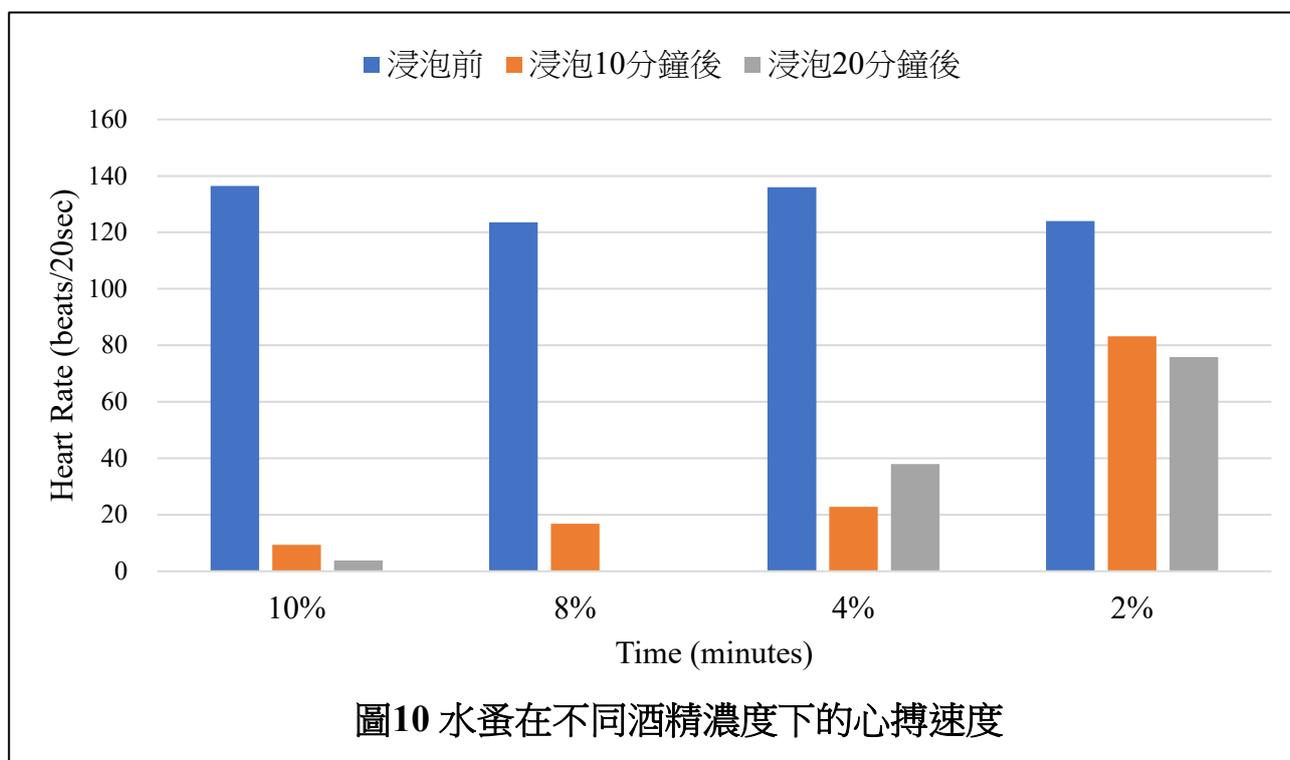
- 1.本實驗每種酒精濃度皆使用 5 隻水蚤做測量，共使用 20 隻水蚤做實驗，實驗結果整理如表 1。

表 1 水蚤在不同酒精濃度下的心搏速度

單位：次/20 秒

酒精濃度	浸泡前	浸泡 10 分鐘後	浸泡 20 分鐘後
10%	136	9	4
8%	124	17	0
4%	136	23	38
2%	124	83	76

2.將上表繪製成圖 10 後更可以明顯看出水蚤在不同濃度的酒精溶液下，心搏次數在 10 分鐘後皆大幅下降。10%和 8%酒精濃度下共 10 隻受試水蚤在實驗 20 分鐘過後有 9 隻呈現心跳停止狀況。



3.為了瞭解水蚤心搏速與酒精濃度和浸泡時間的關聯性，我們將實驗數據用 SPSS 做相關係數及和差異分析。結果顯示水蚤心跳與酒精濃度的相關係數為-0.31 呈現低度負相關；另在同一個酒精濃度下，心跳與時間的相關係數為-0.723 呈現高度負相關， $p < 0.05$ 。

#### (五)討論：

水蚤浸泡在不同酒精濃度後的實驗結果，皆是使水蚤的心跳變慢。水蚤放入酒精後，隨著浸泡的時間的增加，水蚤的心跳會變慢，代表水蚤受到酒精的影響愈大，酒精是具鎮靜作用的藥物與成人飲酒後出現的心跳加快結果不同。

#### 實驗二：尼古丁對水蚤心搏之影響

(一)動機：107 年行政院重要性別統計資料庫顯示 18 歲以上吸菸人口數佔全國人口數 13%，吸菸是致癌的主因之一，校園或政府機關常常可以看到戒菸宣導及二手、三手煙的危害相關資訊，目前已知菸草及其煙霧中約有 7,000 餘種化學物質和化合物，其中尼古丁是吸菸成癮的關鍵，尼古丁只要 7~10 秒鐘就能由肺部傳到腦部，讓人產生類似吸

毒帶來的愉悅感、注意力集中和情緒穩定的作用。根據國民健康署網站顯示尼古丁對身體有許多複雜的作用，包括心跳加快、血壓升高和加速新陳代謝，同時也會影響吸菸者的情緒和行為。

(二)實驗假設：文獻探討後，香菸中的尼古丁成分會使人的心跳加快，因此我們假設將水蚤浸泡在菸草溶液後會使心跳變快。

(三)實驗器材與實驗操作：

1.請小組成員家中有抽香菸者先提供香菸 3 根做實驗使用，第一次實驗時為採用 2 克菸草並倒入 18ml 煮沸過濾水取得 10%濃度的菸草溶液，再分別稀釋成 1%及 0.1%濃度做實驗，但實驗結果不顯著，因此重新設定實驗操作濃度。

2.本實驗使用的香菸品牌為 MEVIUS(Original Blue)，包裝上說明每根香菸尼古丁含量 0.7 毫克、焦油 10 毫克(圖 11)。

3.第二次實驗採重量百分濃度配置菸草溶液。一開始取菸草 2 克並倒入煮沸的過濾水 8 克得出濃度 20%菸草水溶液，放涼過濾後做為實驗使用，發現此種濃度對水蚤水蚤是致命的，因此不予採用。配置 10%菸草溶液為使用菸草 2 克並倒入 18 克煮沸的過濾水中；配置 5%菸草溶液為將 1 克菸草倒入 19 克煮沸的過濾水；配置 2.5%菸草溶液為將 1 克菸草倒入 39 克入煮沸的過濾水。



圖 11 實驗用香菸品牌

4.每種濃度使用五隻體型相近的水蚤進行實驗。先計算未加入菸草溶液前水蚤的心搏數作為未浸泡前的數據，再將水蚤放入不同濃度菸草溶液，10 分鐘和 20 分鐘後各計算一次同一隻水蚤的心跳次數觀察是否符合假設。

(四)實驗觀察及結果：

1.水蚤浸泡在不同濃度的菸草溶液時，一開始可以觀察到水蚤在懸滴玻片凹槽中快速轉圈圈，經過約 3~4 分鐘後，可以明顯發現水蚤靜止不動像是死亡了，但於手機顯微鏡下仍可觀察其心臟在跳動。我們分別在 10 分鐘和 20 分鐘後計算其心搏數後，將實驗完成並靜止不動的水蚤置入綠水中，經過 15 分鐘後，可以發現水蚤又開始活動起來。

2.在做菸草溶液實驗時可以明顯發現水蚤體色與使用其他溶液實驗的水蚤呈明顯差異，菸草實驗的水蚤體色呈現粉紫色(圖 12)。

3.每種菸草濃度皆使用 5 隻水蚤做測量，共使用 15 隻水蚤做為受試對象，實驗結果整理如表 2。



圖 12 身體呈現粉紫色的水蚤

表 2 水蚤在不同菸草溶液濃度下的心搏速度

單位：次/20 秒

菸草溶液濃度	浸泡前	浸泡 10 分鐘後	浸泡 20 分鐘後
10%	121	59	0
5%	165	96	33
2.5%	154	131	94

4.將上表繪製成下圖(圖 13)可以清楚觀察到水蚤不論是在濃度 10%和 5%和 2.5%的菸草溶液中，10 分鐘後心搏呈明顯下降趨勢，20 分鐘後心跳仍持續下降。

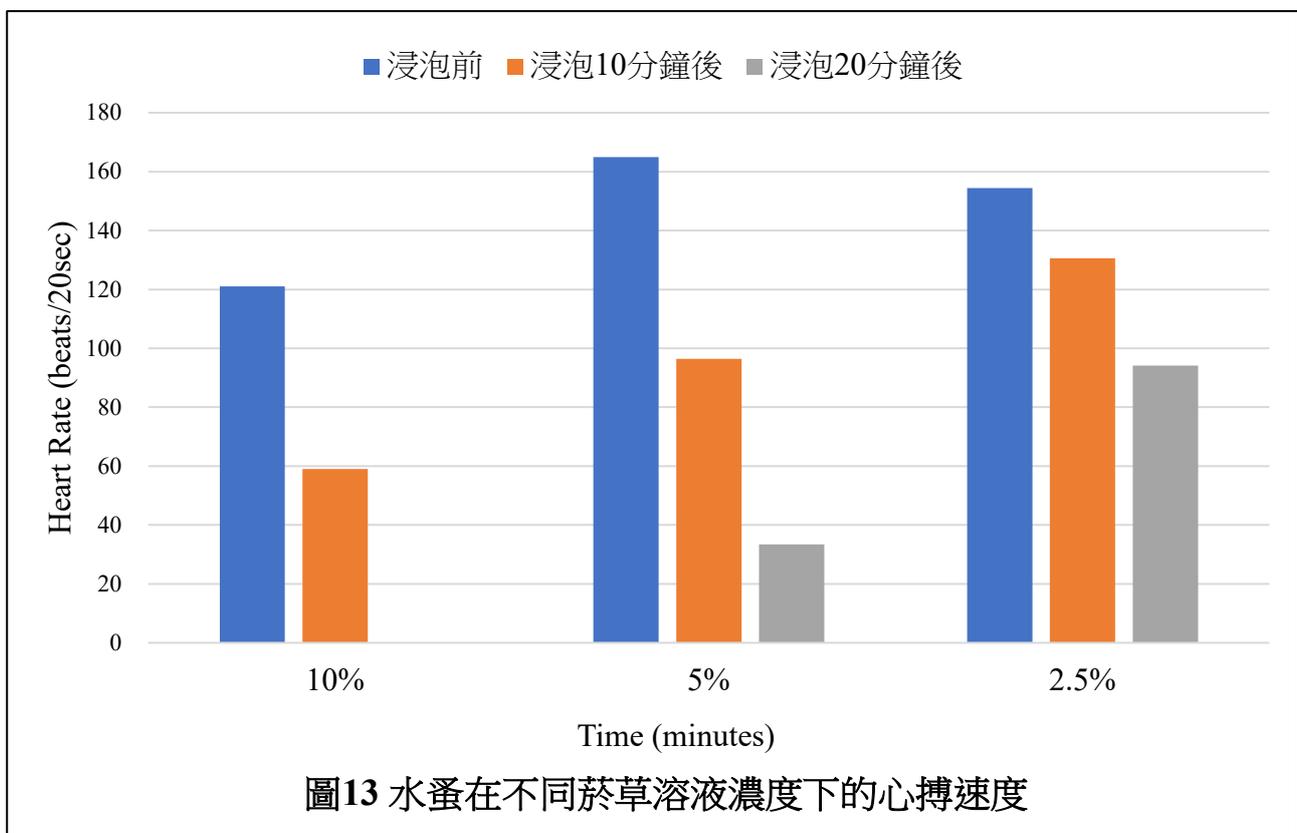


圖13 水蚤在不同菸草溶液濃度下的心搏速度

5.為了瞭解水蚤心跳速與菸草溶液濃度和浸泡時間的關聯性，我們將實驗數據用 SPSS 做相關係數及和差異分析。結果顯示水蚤心跳與尼古丁濃度的相關係數為-0.389 呈現低度負相關；另在同一個菸草溶液濃度下，心跳與時間的相關係數為-0.611 呈現中度負相關， $p < 0.05$ 。

#### (五)討論：

菸草實驗結果為使水蚤心跳變慢，與一開始的假設明顯不同。水蚤放入尼古丁水溶液後，隨著浸泡時間的增加，水蚤的心跳會變慢，代表水蚤受到尼古丁的影響愈大，推測香菸中成分對水蚤具有毒性，致使其心跳變慢甚至停止。

### 實驗三：感冒液對水蚤心跳之影響

(一)動機：廣告上經常可以看到一些感冒液(友露安、克風邪、明通治痛單...等)的廣告，廣告台詞令人印象深刻。我們小組成員在生活觀察到周遭的人經常性囤積大量的感冒液當水飲用，也曾在電視上看到有人攜帶止咳藥水(內含鴉片酞成分)出國被國外海關認為攜帶毒品，衛生福利部網站(<https://www.mohw.gov.tw/cp-3212-23459-1.html>)亦指出過量飲用感冒液會造成成癮問題。因為感冒液無須處方箋即可於藥局購買，因此我們此次實驗成癮物質之一選用感冒液作為實驗對象。

(二)實驗假設：經查資料顯示，許多人喝感冒液會提振精神，因此我們假設水蚤浸泡在感冒稀釋溶液後會心跳變快。

#### (三)實驗器材與實驗操作：

- 1.本次實驗感冒液品牌使用「友露安」，選用「友露安」原因為該品牌在藥局為感冒液類別銷售前三名且同學對於該產品廣告朗朗上口。友露安包裝上咖啡因含量為每 1ml 中含有 1.5mg。
- 2.取 50cc 感冒液加入 200ml 的過濾水配置成 20%之感冒液體積濃度；再取 25cc 感冒液加入 225ml 的過濾水配置成濃度 10%的感冒液共 250ml；再按上述步驟分別配置為 5%和 2.5%濃度的感冒液，每種濃度使用五隻體



圖 14 實驗用感冒液品牌

型相近的水蚤進行實驗。先計算未加入感冒液前水蚤的心搏數作為對照組，再將水蚤放入各種濃度感冒液中，於 10 分鐘和 20 分鐘後各計算一次同一隻水蚤的心跳次數觀察是否符合假設。

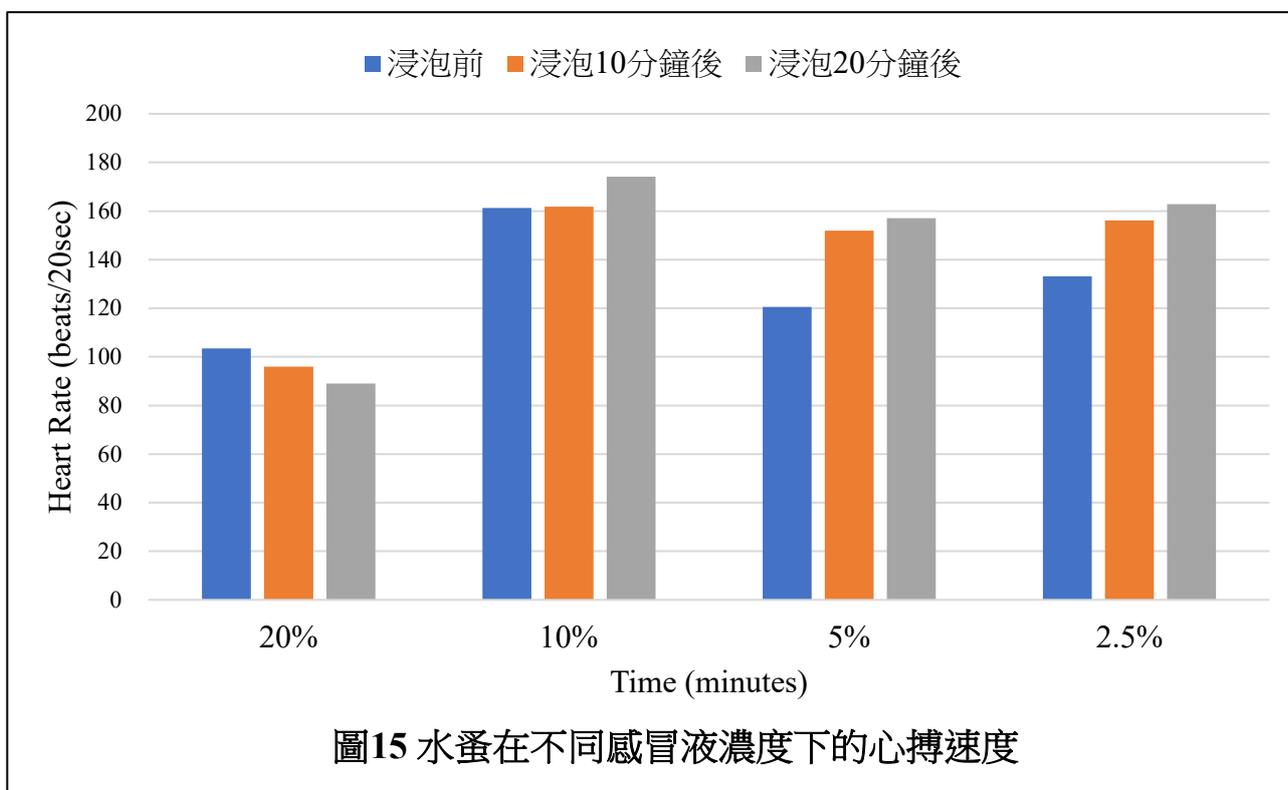
#### (四)實驗結果：

1.將實驗 20 隻水蚤心搏數據整理成表 3。再將其繪製成圖 15 可以清楚看出，水蚤在感冒液濃度 20%時，隨著浸泡在溶液中的時間變長，水蚤心搏呈下降趨勢。但在濃度為 10%、5%和 2.5%情況下，於實驗時間 20 分鐘後，心跳呈現加快現象。

表 3 水蚤在不同感冒液濃度下的心搏速度

單位：次/20 秒

感冒液濃度	浸泡前	浸泡 10 分鐘後	浸泡 20 分鐘後
20%	103	96	89
10%	161	162	174
5%	121	152	157
2.5%	133	156	163



- 為了瞭解水蚤心跳與感冒液濃度和浸泡時間的關聯性，我們將實驗數據用 SPSS 做相關係數及和差異分析。結果顯示水蚤心跳與感冒液濃度的相關係數為 -0.495 呈現中度負相關， $p < 0.05$ ；另在同一個感冒液濃度下，心跳與時間的相關係數為 0.141 呈現低度正相關。
- 水蚤浸泡在感冒液濃度 5% 及 2.5% 的水溶液中 20 分鐘後，其心跳數增加 21~22%，是這四種水溶液中心跳上升幅度最大的。

#### (五)討論：

實驗用感冒液成份包括乙醯胺酚(止痛劑)、氯苯那敏(抗組織胺)、甲基麻黃素(緩解咳嗽症狀)、咖啡因(中樞神經興奮劑)等成份，將水蚤放感冒液後，在濃度 10%、5% 及 2.5% 下，水蚤心跳都有上升的趨勢。唯獨水蚤在濃度 20% 環境下，心跳下降，推測可能濃度高不利於水蚤生存。

### 實驗四：咖啡對水蚤心跳之影響

- 動機：**生活中有許多食品含有咖啡因成分，例如：咖啡、可樂、巧克力、茶、能量飲等，每種食品的咖啡因含量也不同(見表 4)。一般認為，一個健康成人每天攝取可以攝取咖啡因量大約為 300 毫克到 400 毫克之間。

表 4 各種飲料咖啡因含量

飲品	每 100ml 的咖啡因含量(毫克：mg)
7-11 咖啡	44~61
紅牛能量飲	32
茶	12.5~20.8
可樂	10

資料來源：7-11 網站、美國 FDA 網站

經查文獻資料，過量的咖啡因會使中樞神經系統過度興奮，因而產生肌肉抽搐、頻尿，以及心悸等狀況。而長期過度攝取咖啡因也可能會對心理狀態產生負面影響，例如：咖啡因焦慮症及睡眠失調等狀況。其中咖啡因焦慮症會以不同形式出現，像是焦慮、恐慌發作以及強迫症等。人類長期攝取咖啡因，除了會對咖啡因產生依賴，極端的話，也可能導致「咖啡因中毒」，嚴重者甚至會致死。於咖啡因實驗中我們使用生活中常見的即溶咖啡粉、茶及能量飲做為實驗對象。

(二)實驗假設：假設水蚤浸泡在不同濃度的咖啡溶液中，心跳會變快。

(三)實驗操作：

- 1.本實驗使用貝納頌黑咖啡，該咖啡原料標示除了水、咖啡萃取液和碳酸氫鈉外，並無其他成分。該飲料咖啡因含量為每 100 毫升，咖啡因含量為 72 毫克。
- 2.取 50ml 咖啡溶液再加入 200ml 過濾水，配置成 20%的體積百分濃度咖啡溶液，再取 25ml 咖啡溶液再加入 225ml 過濾水，配置成 10%的體積百分濃度咖啡溶液，依此方法再分別配置 5%及 2.5%體積百分濃度的咖啡溶液，每種濃度使用五隻體型相近的水蚤做實驗。



圖 16 實驗用咖啡品牌

(四)實驗結果：

- 1.將實驗 20 隻水蚤心搏數據整理成表 5。再將其繪製成圖 17 可以發現，水蚤在不同濃度下的咖啡溶液中，心跳變化並不明顯，與對照組心搏速度無顯著差異。

表 5 水蚤在不同咖啡溶液濃度下的心搏速度

單位：次/20 秒

咖啡溶液濃度	浸泡前	浸泡 10 分鐘後	浸泡 20 分鐘後
20%	103	108	112
10%	135	137	136
5%	103	109	113
2.5%	106	87	88

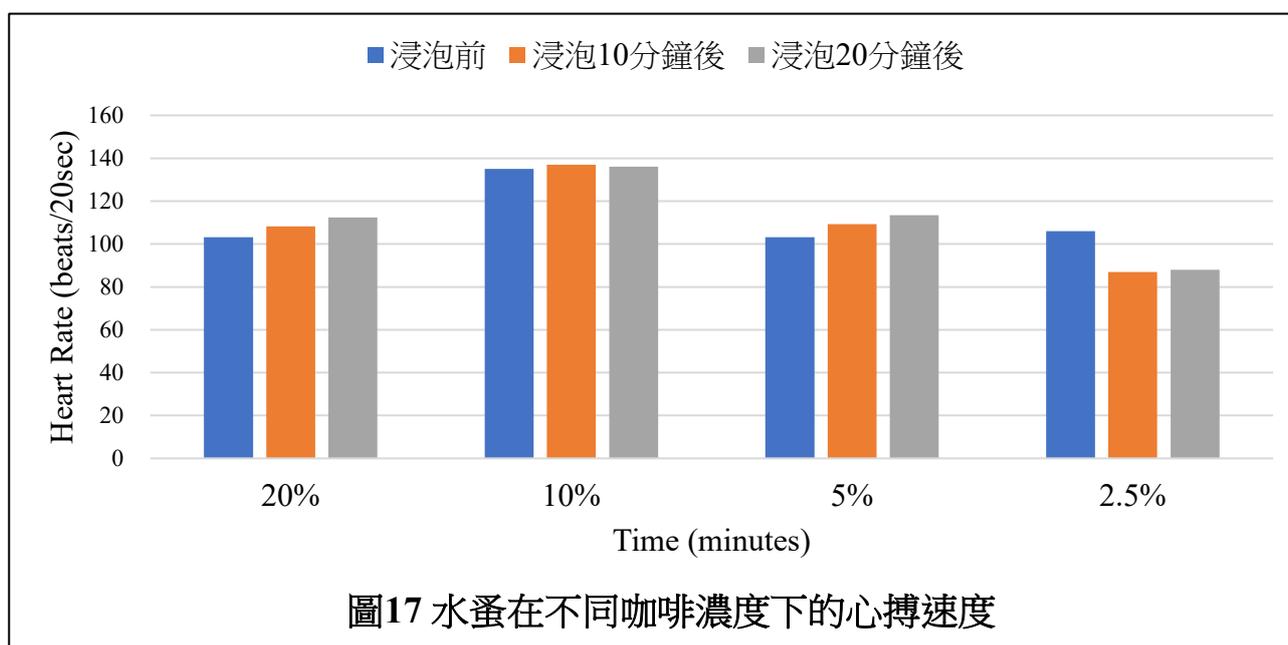


圖17 水蚤在不同咖啡濃度下的心搏速度

2.為了瞭解水蚤心跳速與咖啡溶液濃度和浸泡時間的關聯性，我們將實驗數據用 SPSS 做相關係數及和差異分析。結果顯示：在同一個咖啡水溶液濃度下，水蚤心跳與時間的相關係數 $<0.1$ ，代表兩者之間無相關；而水蚤心跳與咖啡水溶液濃度的相關係數為 0.155 呈現低度正相關。

#### (五)討論：

此次實驗採用罐裝咖啡飲料做稀釋，水蚤心跳數不論在濃度高或低的情況下，皆無顯著變化。用迴歸分析亦得出本次水蚤心跳與實驗浸泡時間長短和濃度無顯著意義。

### 實驗五：能量飲對水蚤心跳之影響

(一)動機：日前台灣雙 A 電腦品牌聯名賣起能量飲，讓電競圈吹起能量飲旋風；運動員戴資穎代言能量飲，更是具有指標作用，讓許多年輕人及爆肝上班族趨之若鶩，掀起購買潮。董事基金會曾在 2019 年針對「台灣年輕族群攝取能量飲現況」網路調查，結果顯示約六成年輕族群都喝過能量飲料，但其中有 65%的人都沒有注意喝下了那些成份內容。能量飲的成分如下表(表 6)：

表 6 能量飲主要成分表

特 殊 配 方	咖啡因	一 般 成 份	碳酸水
	牛磺酸		砂糖
	瓜拿納 (合法興奮劑)		檸檬酸
	維生素 B 群(B1、B6、B12、菸鹼酸、肌醇)		檸檬酸鈉

能量飲中的咖啡因每 100ml 含 32mg，若喝下一瓶 250ml 的能量飲，即攝取 80mg 的咖啡因，再加上能量飲為含糖飲料，很容易不自覺就多喝好幾瓶。

(二)實驗假設：假設水蚤浸泡在不同濃度的能量飲中，心跳速度會變快。

(三)實驗操作：

1.本實驗使用「紅牛能量飲料(RedBull)」(圖 18)，咖啡因含量為 32mg /100ml。



圖 18 實驗用能量飲

2.用針筒取 50ml 能量飲，加入 200ml 的過濾水，配置成 20%體積濃度能量飲；再取出 25ml 能量飲，加入 225ml 的過濾水，配置成 10%體積濃度能量飲。按照上述方法再分別配置 5%和 2.5%體積濃度能量飲，每種濃度使用五隻體型相近的水蚤進行實驗。

#### (四)實驗結果：

1.將實驗 20 隻水蚤心搏數據整理成表 7，再將其繪製成圖 19 可以發現。水蚤在能量飲濃度 10%和 5%環境下，心搏於 10 分鐘後先下降約 33%~34%，但在 20 分鐘後則時，10%濃度下的水蚤心搏增加約 61%，5%則增加約 4%。

2.水蚤在能量飲濃度為 20%時，心搏明顯遞減。

表 7 水蚤在不同能量飲濃度下的心搏速度

單位：次/20 秒

能量飲濃度	浸泡前	浸泡 10 分鐘後	浸泡 20 分鐘後
20%	115	77	35
10%	111	44	71
5%	126	82	85
2.5%	127	128	114

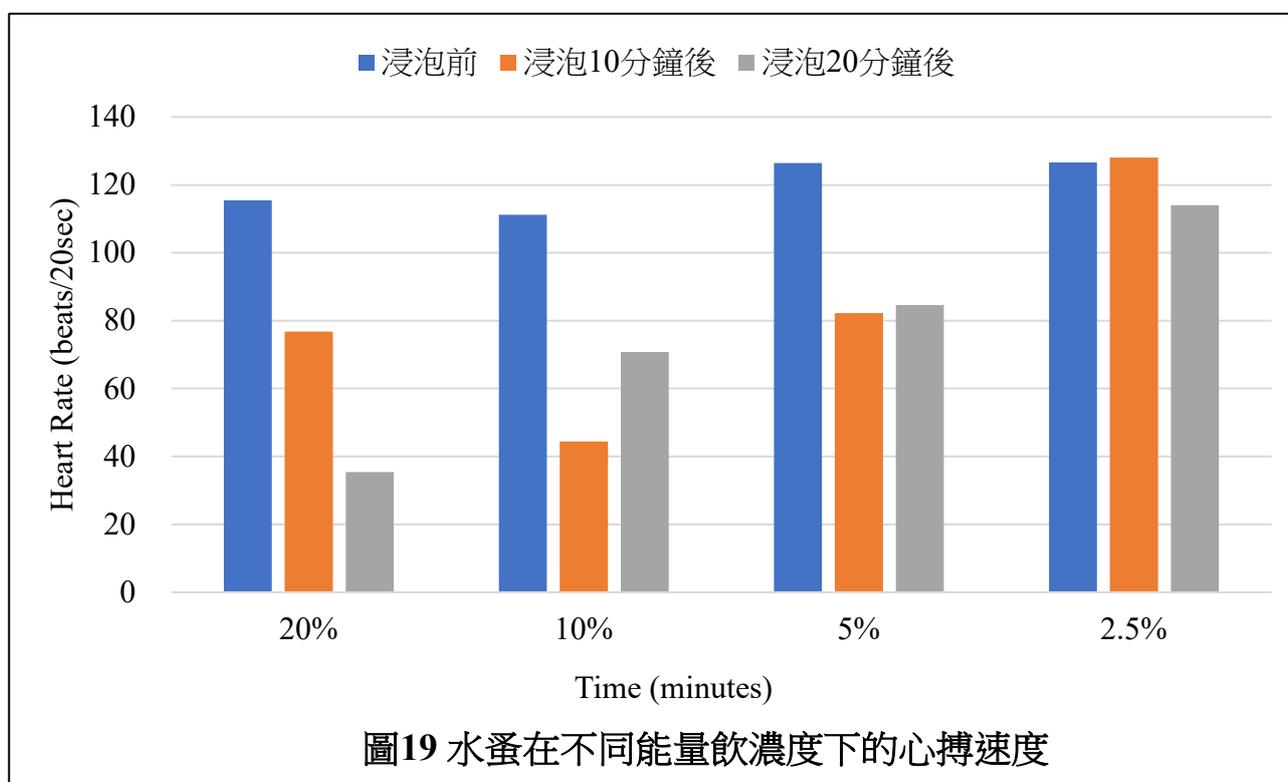


圖19 水蚤在不同能量飲濃度下的心搏速度

3.為了瞭解水蚤心跳速與能量飲濃度和浸泡時間的關聯性，我們將實驗數據用 SPSS 做相關係數及和差異分析。結果顯示：在同一個能量飲濃度下，水蚤心跳與時間的相關係數為-0.426，呈現中度負相關；而水蚤心跳與能量飲濃度的相關係數為-0.366，呈現低度負相關。

#### (五)討論：

因為能量飲咖啡因含量較一般罐裝飲料來得高，因此紅牛能量飲料於罐身明確加註警語：「不建議孩童及對咖啡因不適者飲用。」能量飲料中常見的咖啡因成分確實具有成癮性，衛生福利部食品藥物管理署於「藥物食品安全週報」第 721 期指出，咖啡因成癮者一旦沒有攝取咖啡因，就會出現頭痛和手抖的戒斷症狀。本次實驗使用水蚤測試放入能量飲後的心跳，在濃度高時，沒有出現符合實驗假設心跳會加快的狀況，推測應該是能量飲成份複雜，不是只有咖啡因單一變因影響其心跳速度。

### 實驗六：紅茶對水蚤心跳之影響

(一)背景資料：根據農藥改良場的「茶葉專訊」得知茶業中的生物鹼主要是咖啡因、可可鹼和茶鹼，其中以咖啡因含量最多，約占茶葉乾重的 2~5%，咖啡因具苦味，易溶於熱水，是茶葉的重要滋味物質之一。茶咖啡因的多寡，關鍵在於「發酵程度」、「烘焙程度」和「浸泡時間」。發酵程度越高，咖啡因越高，紅茶為全發酵茶，所以咖啡因含量最高，再來則是烏龍茶與綠茶。再者浸泡時間愈久，咖啡因也越高；最後，經過烘焙的茶葉，咖啡因含量則會大幅降低。因此本次實驗選用咖啡因含量最高的紅茶、次之的烏龍茶及咖啡因含量最低的綠茶作為實驗水溶液。

(二)實驗假設：假設水蚤浸泡在不同濃度紅茶溶液中，心跳會變快。

(三)實驗操作：

- 1.本實驗使用天仁紅茶茶包(圖 19)。
- 2.進行本實驗前，我們曾用市售罐裝無糖紅茶稀釋後量測水蚤心跳(不論哪個品牌的罐裝紅茶，該飲料瓶身標示咖啡因含量皆為 20mg/100ml 以下)，但發現實驗結果水蚤心跳變化不顯著。因此改採用沖泡方式取得茶葉溶液。



圖 20 實驗用紅茶品牌

3.取紅茶茶葉 2g 用 100°C 的水(8g)浸泡 10 分鐘後取出茶包，放涼後配置成 20%重量百分濃度的紅茶溶液。再分別配置 10%、5%及 2.5%濃度的紅茶溶液。

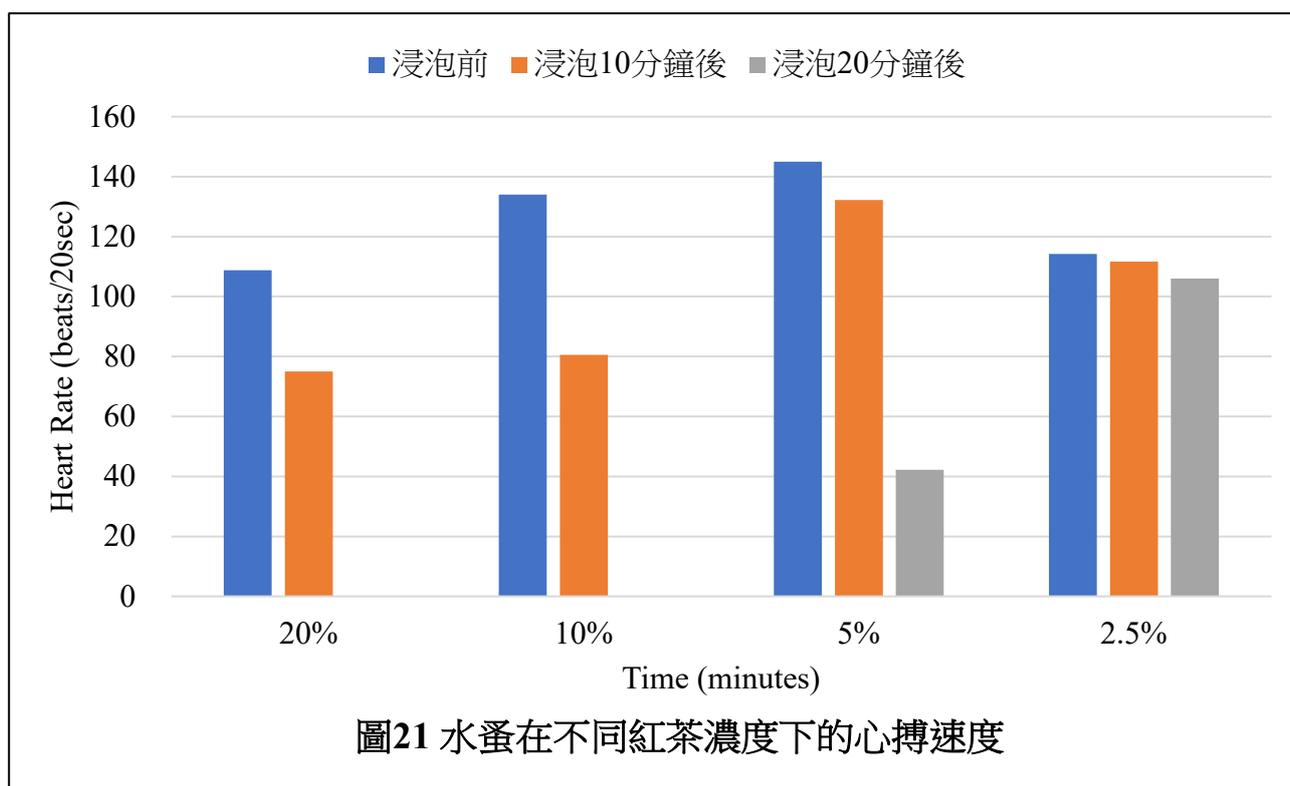
#### (四)實驗結果：

1.將實驗 20 隻水蚤心搏數據整理成表 8，再將其繪製成圖 21，觀察其心搏長條圖後可發現。水蚤在紅茶溶液濃度 20%和 10%和 5%的環境下，心搏於 20 分鐘後均為明顯下降，20%跟 10%濃度甚至會讓水蚤心搏降至 0。2.5%濃度則對水蚤心搏沒有太大影響。

表 8 水蚤在不同紅茶溶液濃度下的心搏速度

單位：次/20 秒

紅茶溶液濃度	浸泡前	浸泡 10 分鐘後	浸泡 20 分鐘後
20%	109	75	0
10%	134	81	0
5%	145	132	42
2.5%	114	112	106



2.為了瞭解水蚤心搏速與紅茶溶液濃度和浸泡時間的關聯性，我們將實驗數據用 SPSS 做相關係數及和差異分析。結果顯示：在同一個紅茶溶液濃度下，水蚤心跳與時間的相關係數為-0.622，呈現中度負相關， $p < 0.05$ ；而水蚤心跳與紅茶溶液濃度的相關係

數為-0.34，呈現低度負相關。

### (五)討論：

實驗所使用之茶包為茶類中咖啡因含量最高的紅茶，因此在濃度 20%、10%及 5%實驗下可以看見水蚤心跳明顯變慢甚至停止。但是，在 2.5%濃度下，水蚤心跳無明顯變化。

### 實驗七：烏龍茶對水蚤心搏之影響

(一)實驗假設：假設水蚤浸泡在不同濃度的烏龍茶溶液中，心搏會變快。

(二)實驗操作：

- 1.本實驗使用天仁烏龍茶茶包(圖 22)。
- 2.取烏龍茶茶葉 2g 用 100°C 的水(8g)浸泡 10 分鐘後取出茶包，放涼後配置成 20%重量百分濃度的烏龍茶溶液。再分別配置 10%、5%及 2.5%濃度的烏龍茶溶液。



圖 22 實驗用烏龍茶品牌

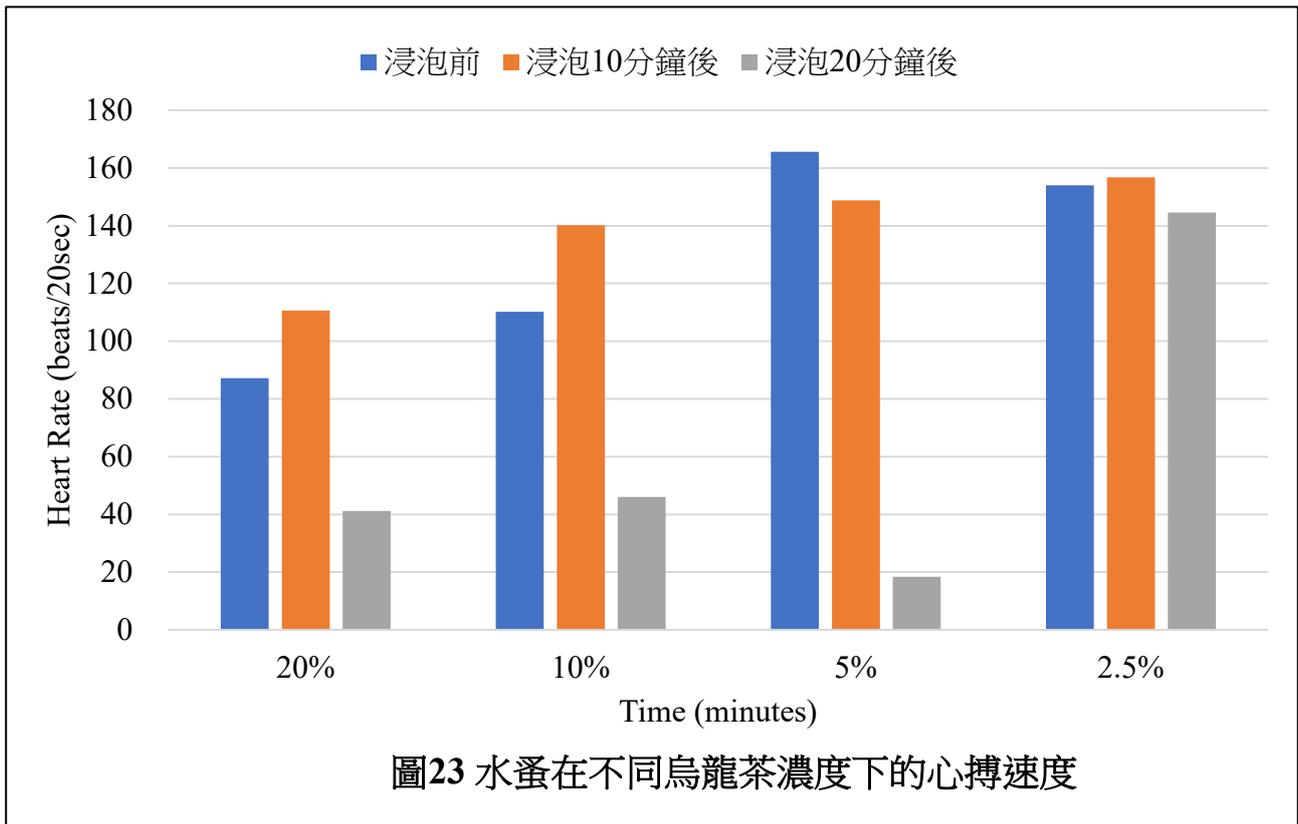
(三)實驗結果：

- 1.將實驗 20 隻水蚤心搏數據整理成表 9，再將其繪製成圖 23，觀察其心搏長條圖後可發現。水蚤在烏龍茶溶液濃度 20%和 10%環境下時，心搏於 10 分鐘後先上升約 27%，但於 20 分鐘後心跳就急遽下降。5%濃度在 20 分鐘後心跳也是急遽下降約 89%。2.5%濃度則對水蚤心搏沒有太大影響。

表 9 水蚤在不同烏龍茶溶液濃度下的心搏速度

單位：次/20 秒

烏龍茶溶液濃度	浸泡前	浸泡 10 分鐘後	浸泡 20 分鐘後
20%	87	111	41
10%	110	140	46
5%	166	149	18
2.5%	154	157	145



2.為了瞭解水蚤心搏速與烏龍茶溶液濃度和浸泡時間的關聯性，我們將實驗數據用 SPSS 做相關係數及和差異分析。結果顯示：在同一個烏龍茶溶液濃度下，水蚤心跳與時間的相關係數為-0.446，呈現中度負相關， $p < 0.05$ ；而水蚤心跳與烏龍茶溶液濃度的相關係數為-0.374，呈現低度負相關。

#### (四)討論：

實驗所使用之烏龍茶茶包為茶類中咖啡因含量介於紅茶和綠茶中間，因此在濃度 20%、10%及 5%實驗下可以看見水蚤心搏在實驗 20 分鐘後明顯變慢甚至停止。但是，在 2.5%濃度下，水蚤心跳無明顯變化。

### 實驗八：綠茶對水蚤心搏之影響

(一)實驗假設：假設水蚤浸泡在不同濃度的綠茶溶液中，心搏會變快。

(二)實驗操作：

- 1.本實驗使用天仁綠茶茶包(圖 24)。
- 2.取綠茶茶葉 2g 用 100°C 的水(8g)浸泡 10 分鐘後取出茶包，放涼後配置成 20%重量百分濃度的綠茶溶液。再分別配置 10%、5%及 2.5%濃度的綠茶溶液。

### (三)實驗結果：

1.將實驗 20 隻水蚤心搏數據整理成表 10，再將其繪製成圖 25，觀察其心搏長條圖後可發現。水蚤在綠茶溶液濃度 20%和 10%環境下時，心搏於 10 分鐘後下降約 14%，但於 20 分鐘後水蚤心搏就急遽下降至 0。5%跟 2.5%濃度在綠茶溶液實驗中則對水蚤心搏沒有太大影響。

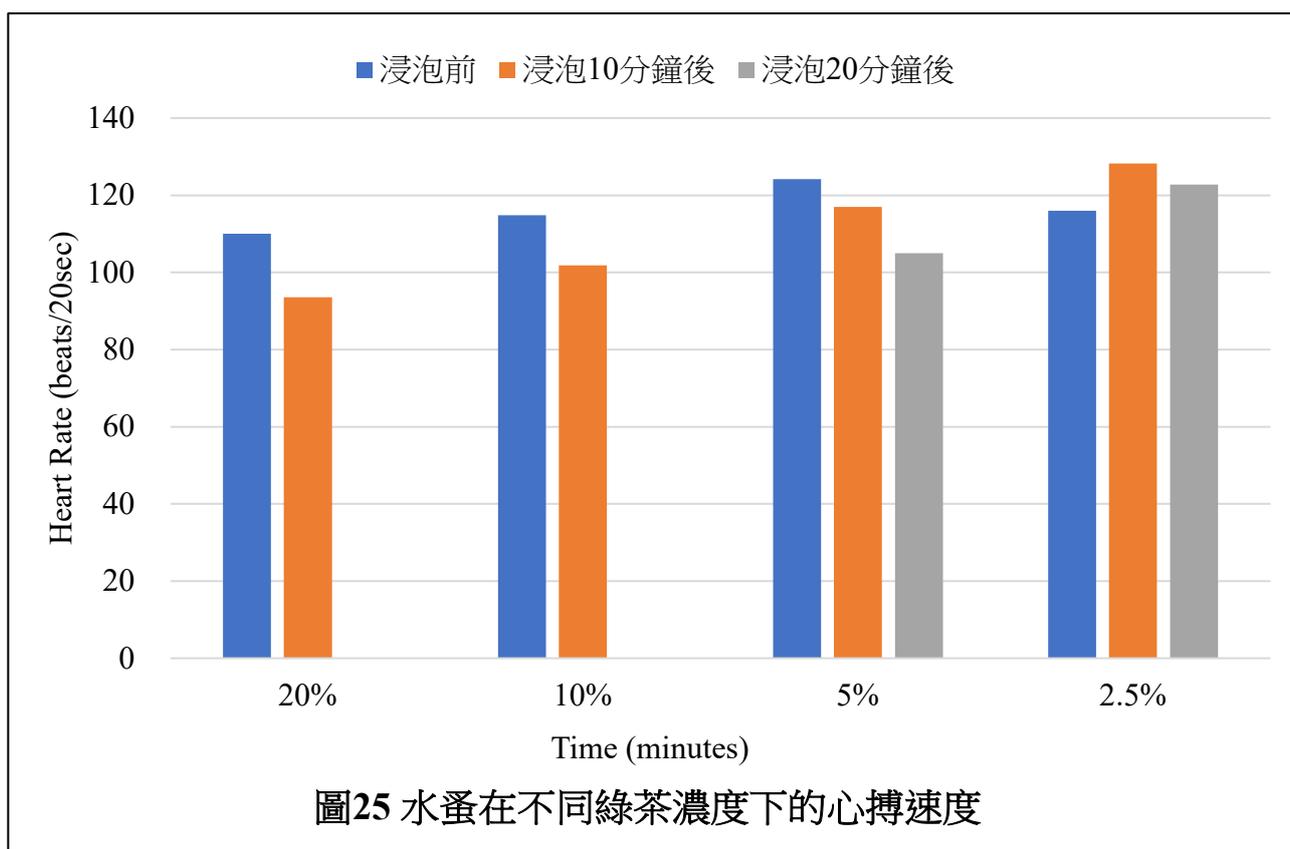


圖 24 實驗用綠茶品牌

表 10 水蚤在不同綠茶溶液濃度下的心搏速度

單位：次/20 秒

綠茶溶液濃度	浸泡前	浸泡 10 分鐘後	浸泡 20 分鐘後
20%	110	94	0
10%	115	102	0
5%	124	117	105
2.5%	116	128	123



2.為了瞭解水蚤心搏速與綠茶溶液濃度和浸泡時間的關聯性，我們將實驗數據用 SPSS 做相關係數及和差異分析。結果顯示：在同一個綠茶溶液濃度下，水蚤心跳與時間的相關係數為-0.482，呈現中度負相關， $p < 0.05$ ；而水蚤心跳與綠茶溶液濃度的相關係

數為-0.429，呈現中度負相關， $p < 0.05$ 。

#### (四)討論：

實驗所使用之綠茶茶包為茶類中咖啡因含量最低，但在濃度 20%、10%實驗下仍可以觀察到水蚤心搏在實驗 20 分鐘後明顯變慢甚至停止。但是，在 5%和 2.5%濃度下，水蚤心跳無明顯變化。綜合以上三種茶葉(紅茶、烏龍茶、綠茶)的實驗分析，可以看得出來水蚤心搏在這三種茶葉且不同濃度的溶液實驗裡呈現出來的圖形走勢十分相近，在 20%跟 10%的濃度下，水蚤心搏 20 分鐘後會急遽下降，2.5%則心搏無太大變化。

## 陸、結論

- 一、此次研究中的意外收獲為觀察到水蚤生小水蚤的過程，並讓我們捕捉到水蚤生產畫面。
- 二、觀察過程中另一有趣發現則是用顯微鏡看到水蚤被臂尾輪蟲外附生(epizoic)的現象。
- 三、在實驗過程中，我們曾嘗試在不同化學環境下孵化越冬卵(耐久卵)，但除了使用過濾水、綠水有成功孵化外，其餘並未成功。未來可以調整實驗控制變因，以了解越冬卵孵化的條件和環境。
- 四、尼古丁為成癮物質之一，我們以香菸中的菸草作為實驗材料，原本預期抽菸者的心跳會加快，水蚤應會如此呈現，但實驗結果明顯與假設不同，水蚤心跳是急遽下降，甚至在實驗過程中，可以觀察到浸泡在菸草液中的水蚤，3 分鐘後活動力明顯下降，呈現靜止不動狀態。
- 五、水蚤在酒精與在菸草的溶液中的浸泡反應一樣，皆在幾分鐘過後就會靜止不動。因為酒精為具鎮靜劑的藥物會影響中樞神經運作，所以在水蚤身上可以明顯發現不論在何種酒精濃度下，水蚤心跳都是呈現下降趨勢。
- 六、有些民眾把感冒液當飲料喝，一天不喝就覺得渾身不對勁，這已經符合成癮的定義。感冒液為複方成分，含有止痛藥、甲基麻黃素、咖啡因、可待因等，推測人飲用後心跳會加快，以水蚤作為實驗對象，實驗後水蚤心跳呈現上升趨勢符合預期。
- 七、咖啡因實驗，我們實驗材料選擇生活中易取得的咖啡、能量飲、紅茶、烏龍茶、綠茶，並推斷水蚤在實驗後心搏應呈現上升趨勢。實驗結果顯示咖啡因並不能使水蚤心搏加速，

尤其在三種茶類的長條圖可明顯看出在 20%及 10%濃度下，水蚤心搏至 20 分鐘後是急遽下降或無心跳，推測應是茶類中含的生物鹼(包括咖啡因、茶鹼、可可鹼)對生物是有毒性的。

八、我們依生活中的觀察與體驗，假設實驗中所有成癮物質皆會使水蚤的心跳加快，但實驗結果證實並非如此，除了感冒液會讓水蚤心跳加快外，其餘酒精、菸草液、咖啡、茶葉皆會讓水蚤心跳速度變慢，表示這些易成癮物質如果劑量過高或長期服用會對生理產生不良影響而導致水蚤心跳變慢甚至死亡，此現象不容忽視值得關注和進一步研究其機轉。

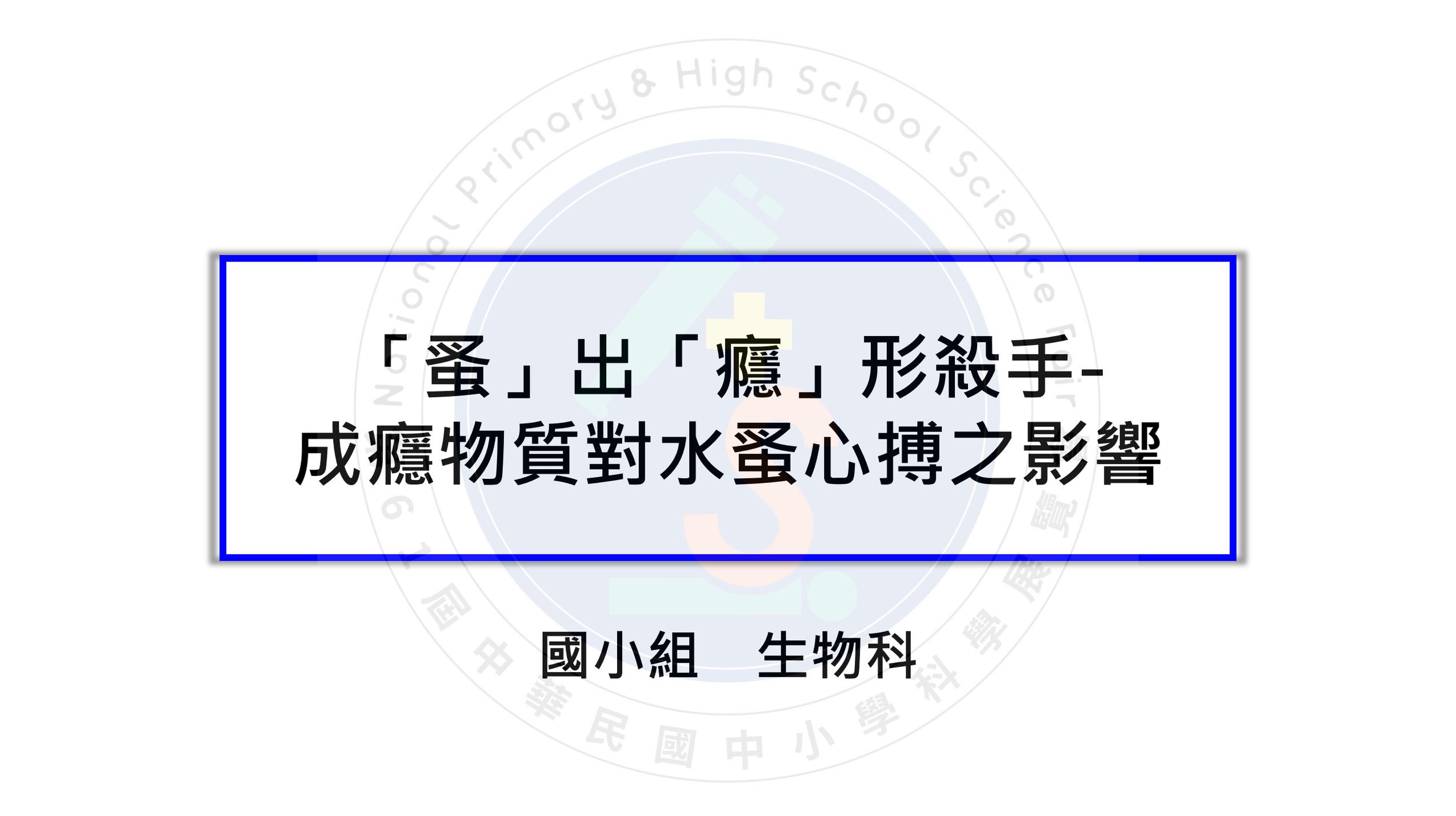
## 柒、參考文獻及資料

- 1.周孫元、詹佳祥、吳坤鴻(2015)。《藥物成癮與精神健康》。第一版。台北：衛生福利部。
- 2.周鳳霞、陳劍虹(2005)。《淡水微型生物與底棲動物圖譜》。第三版。北京：化學工業出版社。
- 3.陳柏蓉、徐瑛鴻、何思賢、邱柏璋。酒仙刺客－以多刺裸腹蚤進行生物毒物活性檢測與環境耐受性之研究。第 48 屆中小學科學展覽會。。
- 4.賴韻如(1994)。環境因子對水蚤影響之研究。第 34 屆中小學科學展覽會國中組生物科。
- 5.何建勳、盧璟毅、龍佩君、劉安強(2008)。千金難買「蚤」知道。台灣國際科展環境科學科。
- 6.生物急毒性檢測方法－水蚤靜水式法。環署檢字第 0940058345 號公告。
- 7.各種飲料咖啡因含量。取自，U.S. Food & Drug Administration (2012) Retrieved from: <https://www.fda.gov/consumers/consumer-updates/spilling-beans-how-much-caffeine-too-much>
8. Nawrot, P., Jordan, S., Eastwood, J., Rotstein, J., Hugenholtz, A. & Feeley, M. (2003) Effects of caffeine on human health. *Food Additives Contaminants* 20(1): 1–30.
9. Corotto, F., Ceballos, D., Lee, A., & Vinson, L. (2010) Making the most of the Daphnia heart rate lab: optimizing the use of ethanol, nicotine & caffeine. *The American Biology Teacher* 72 (3): 176–179.

## 【評語】 080316

1. 探討成癮物質對水蚤心搏之影響，研究內容聚焦，是一個簡單有趣的主題。
2. 實驗劑量過高導致水蚤心跳變慢甚至死亡，建議先測試個別致死濃度，適度修正實驗設計。
3. 生物生理作用複雜，單以水蚤反應推論證據過於薄弱，建議另行設計試驗探究。

## 作品簡報

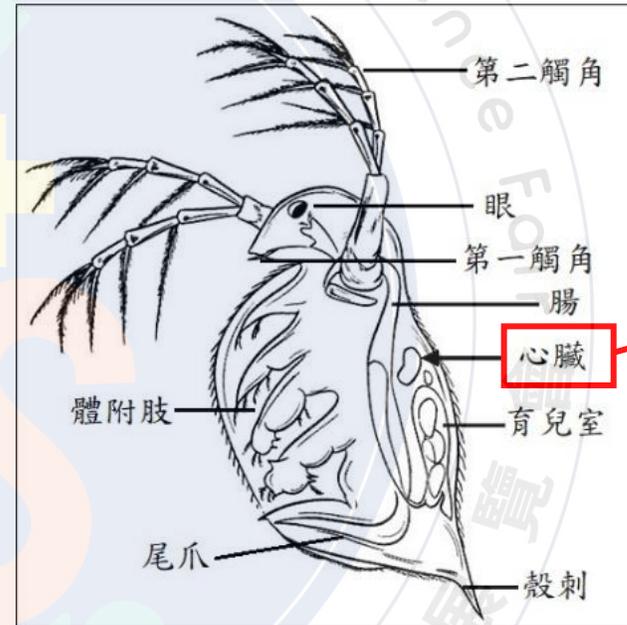


**「蚤」出「癮」形殺手-  
成癮物質對水蚤心搏之影響**

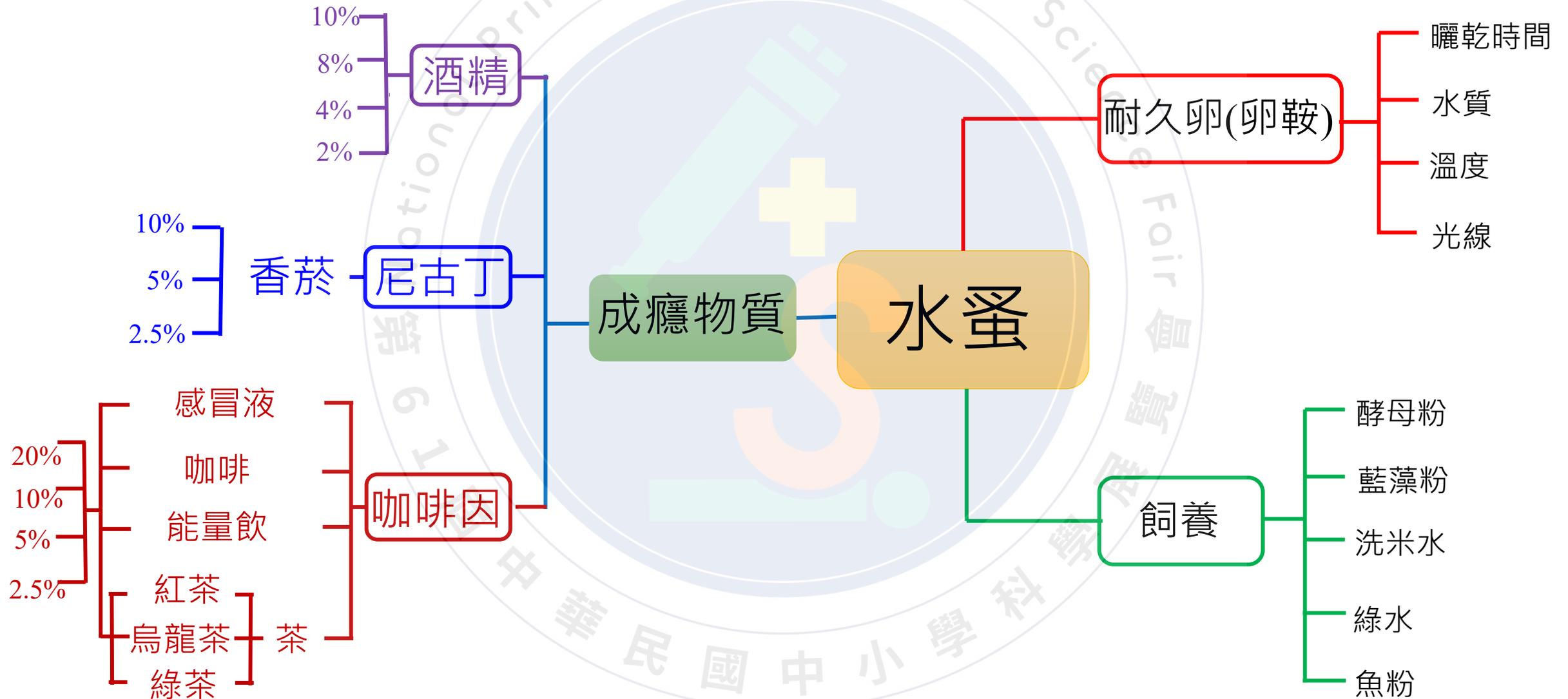
**國小組 生物科**

## 前言

- 「成癮」這兩個字，容易讓人聯想到酗酒、吸毒、抽菸等負面行為。
- 水蚤因為易於飼養且全身幾乎透明，牠的**心臟**在顯微鏡下容易觀察，是作為生物實驗重要的材料也是**環境毒性測試的指標生物**。
- 我們透過對生活中的觀察與體驗，假設實驗中所有成癮物質皆會使水蚤的心跳加快。



# 研究架構



# 研究方法

配置各個實驗(感冒液、尼古丁、咖啡、茶、能量飲、酒精)所需之重量或體積百分濃度之溶液。

每種不同濃度的溶液皆選取體型大小相近(圖8)之水蚤五隻。

觀察未滴入溶液前的水蚤心搏(對照組)並以手機錄影40秒。

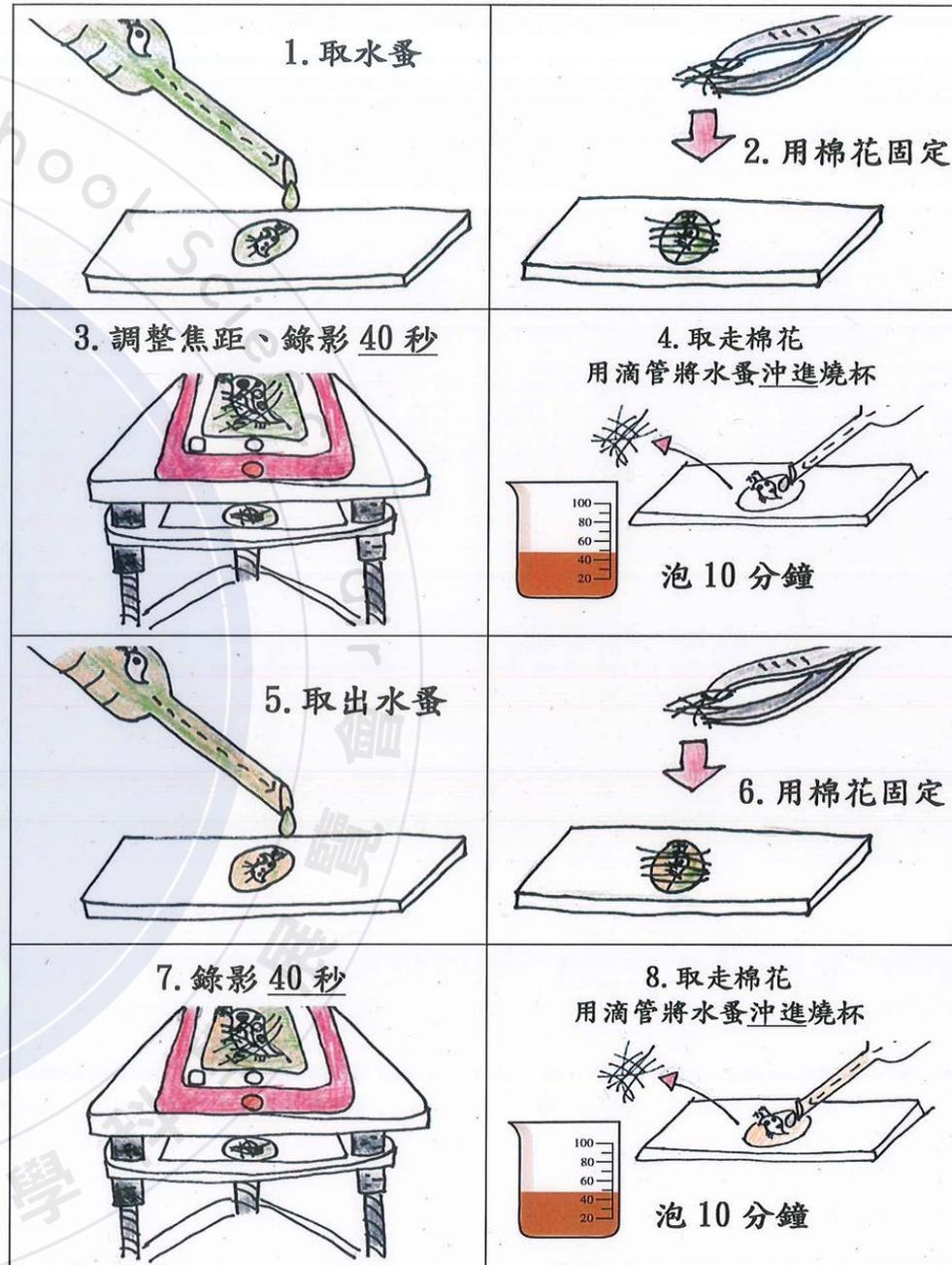
將水蚤周圍的水稍微吸乾，再將其放入配置好的溶液燒杯中，並開始計時。

十分鐘後將水蚤從燒杯取出，並開始觀察錄影，錄影時間超過40秒。

觀察水蚤活動量、腸子顏色狀態、心搏

錄完後，再將水蚤放回燒杯溶液中，於二十分鐘時，取出放置在懸滴玻片中，再錄影40秒

實驗完成後將水蚤放入乾淨的過濾水中並觀察其活動狀況。



再重複步驟5-7，共計浸泡20分鐘，錄影三次。最後將實驗的五隻水蚤浸泡在溶液中一天觀察其活動情形。

# 研究結果-水蚤在不同酒精濃度下的心搏速度

## 實驗說明

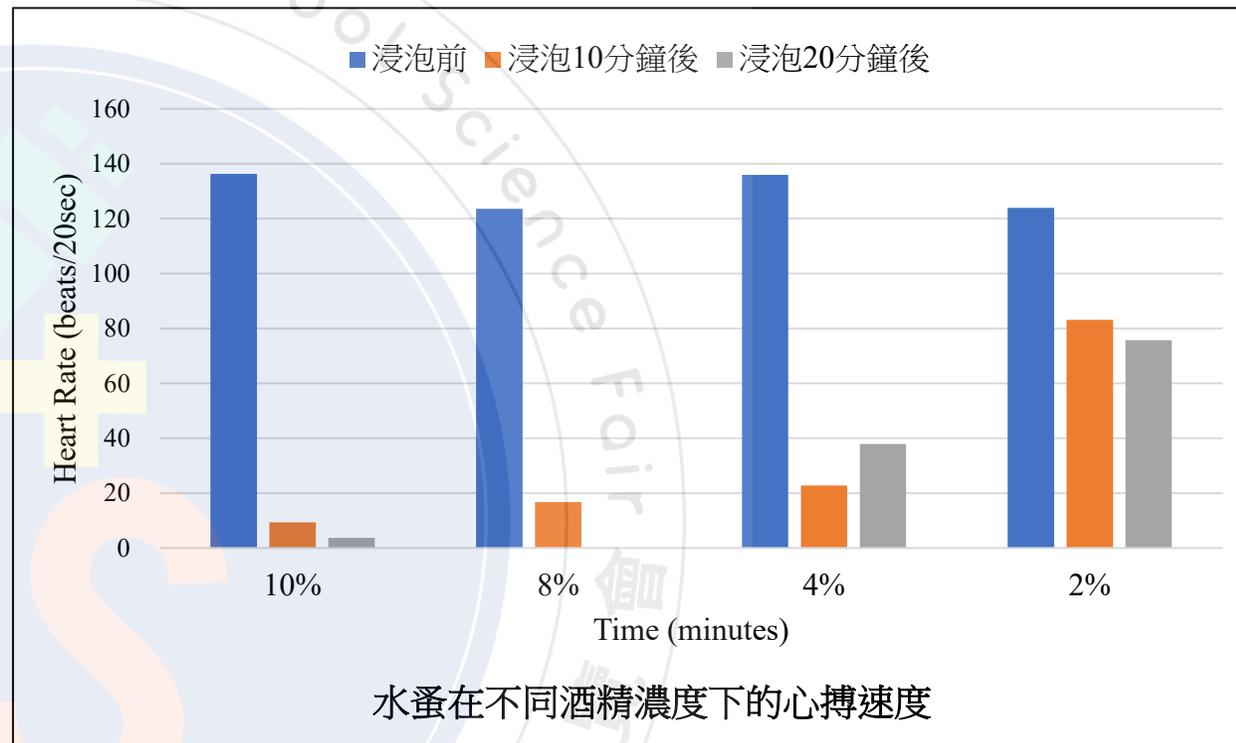
觀察周遭親人喝酒後的反應有臉紅、發熱、喝醉等情形。酒精的吸收速度非常快，喝酒後最快可由口腔粘膜吸收，快速進入血液，並分佈全身。

## 實驗假設

假設將水蚤浸泡在稀釋的酒精溶液後心跳會變快。

## 實驗結果

水蚤浸泡在不同酒精濃度後的實驗，皆是使水蚤的心跳變慢。泡入酒精後，隨著浸泡的時間的增加，水蚤的心跳會變慢，代表水蚤受到酒精的影響愈大。



酒精濃度	浸泡前	浸泡10分鐘後	浸泡20分鐘後
10%	136	9	4
8%	124	17	0
4%	136	23	38
2%	124	83	76

# 研究結果-水蚤在不同菸草溶液濃度下的心搏速度

## 實驗說明

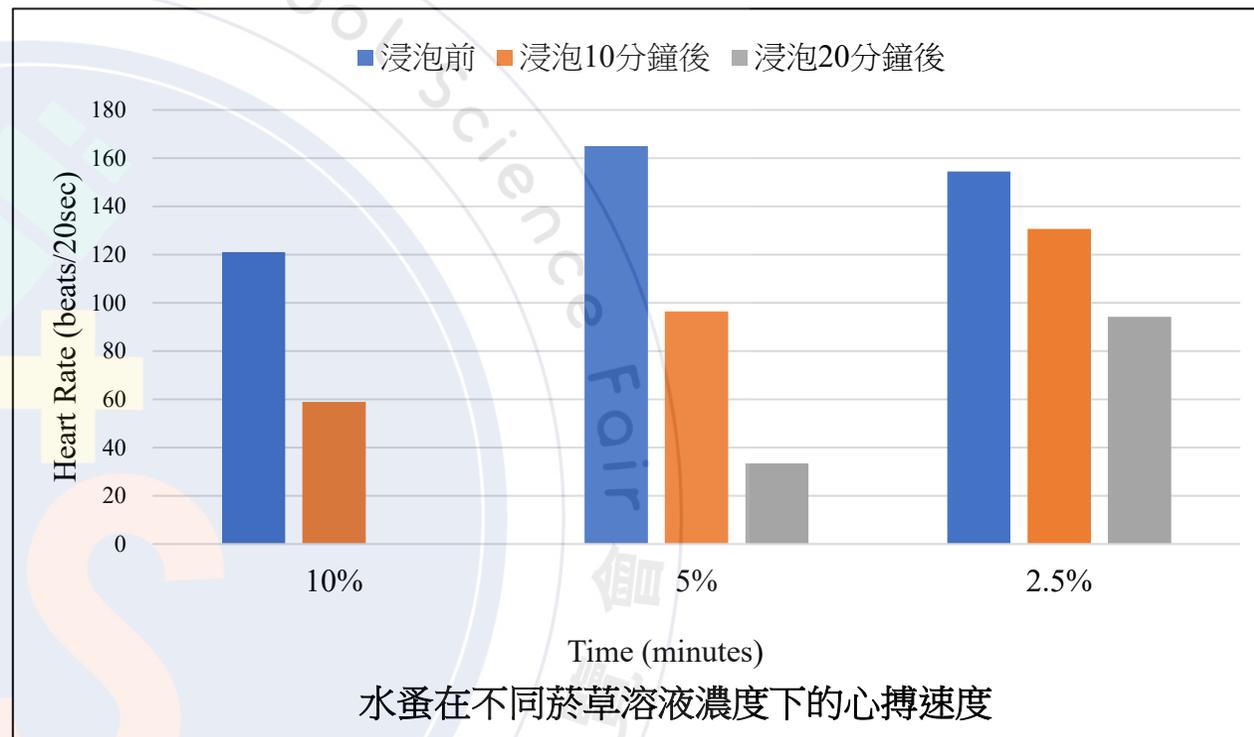
香菸中的尼古丁是吸菸成癮的關鍵，讓人產生愉悅感、注意力集中和情緒穩定的作用，心跳加快、血壓升高和加速新陳代謝，且也會影響吸菸者的情緒和行為。

## 實驗假設

假設將水蚤浸泡在稀釋的菸草溶液後心跳會變快。

## 實驗結果

水蚤浸泡在不同菸草溶液濃度後的實驗，**皆是使水蚤的心跳變慢**。



單位：次/20秒

菸草溶液濃度	浸泡前	浸泡10分鐘後	浸泡20分鐘後
10%	121	59	0
5%	165	96	33
2.5%	154	131	94

# 研究結果-水蚤在不同感冒液濃度下的心搏速度

## 實驗說明

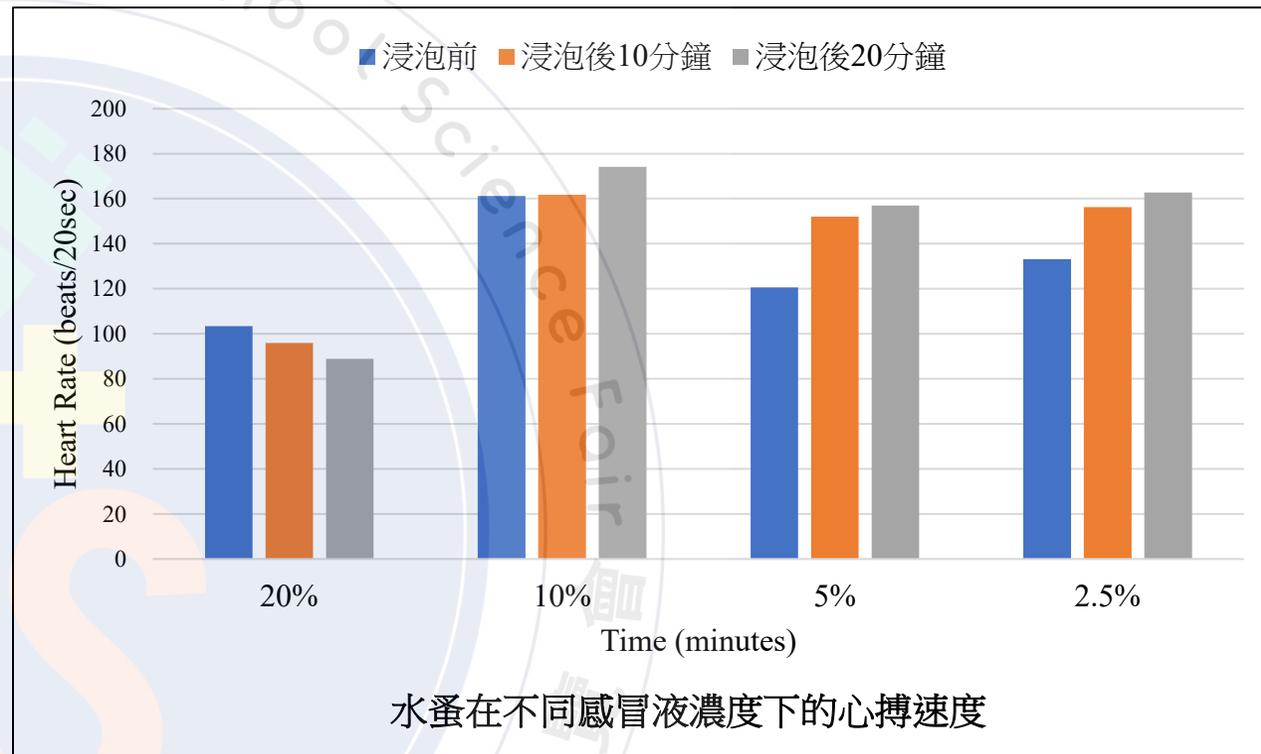
我們經常可以看到感冒液的廣告，小組成員周遭的人經常將飲用大量的感冒液，但過量飲用感冒液會造成成癮問題。因此我們實驗選用感冒液作為實驗對象。

## 實驗假設

假設將水蚤浸泡在稀釋的感冒液後心跳會變快。

## 實驗結果

水蚤浸泡在不同感冒液濃度後的實驗，除了濃度20%讓水蚤心搏下降之外，其餘三種濃度在實驗20分鐘後，皆讓水蚤心搏變快。



單位：次/20秒

感冒液濃度	浸泡前	浸泡10分鐘後	浸泡20分鐘後
20%	103	96	89
10%	161	162	174
5%	121	152	157
2.5%	133	156	163

# 研究結果-水蚤在不同咖啡濃度下的心搏速度

## 實驗說明

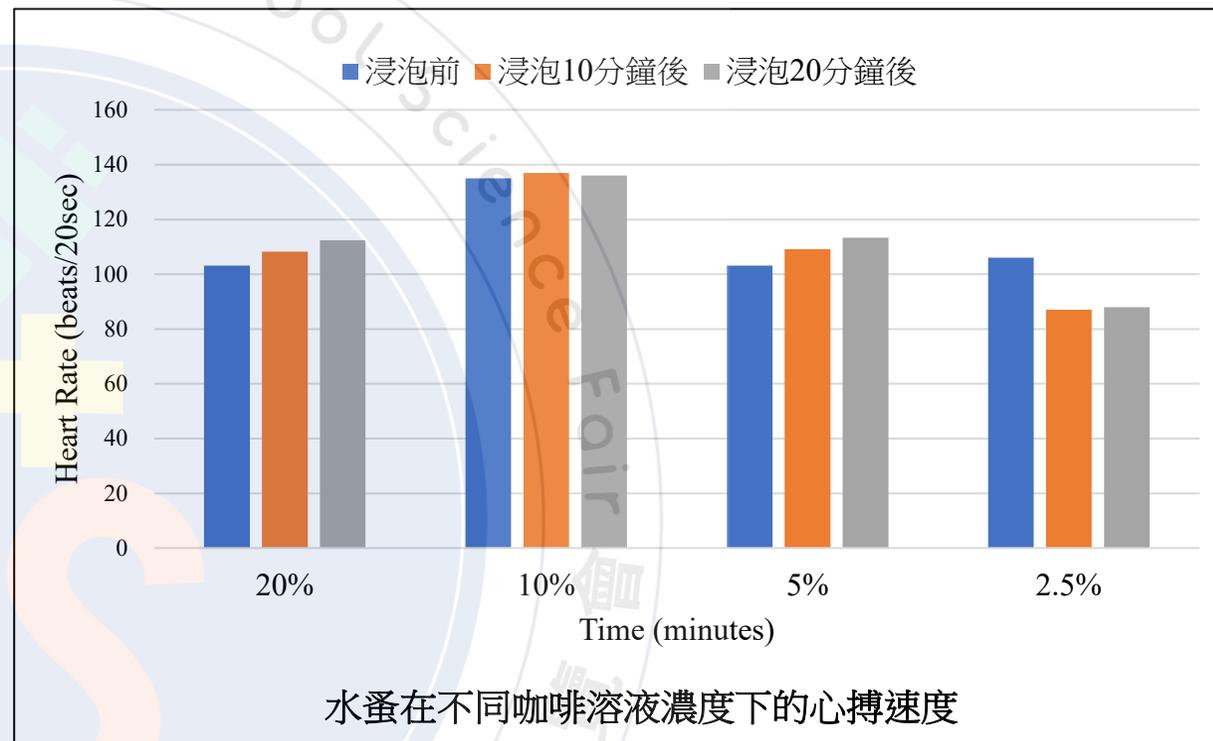
生活中有許多食品含有咖啡因，它們的咖啡因含量也不同。過量咖啡因會使中樞神經系統過度興奮，產生不良後果，甚至可能會「咖啡因中毒」，嚴重者致死。

## 實驗假設

假設將水蚤浸泡在稀釋的咖啡後心跳會變快。

## 實驗結果

水蚤心跳數不論在濃度高或低的情況下，皆無顯著變化。用迴歸分析亦得出本次水蚤心搏與實驗時間長短和濃度無顯著意義。



單位：次/20秒

咖啡濃度	浸泡前	浸泡10分鐘後	浸泡20分鐘後
20%	103	108	112
10%	135	137	136
5%	103	109	113
2.5%	106	87	88

# 研究結果-水蚤在不同能量飲濃度下的心搏速度

## 實驗說明

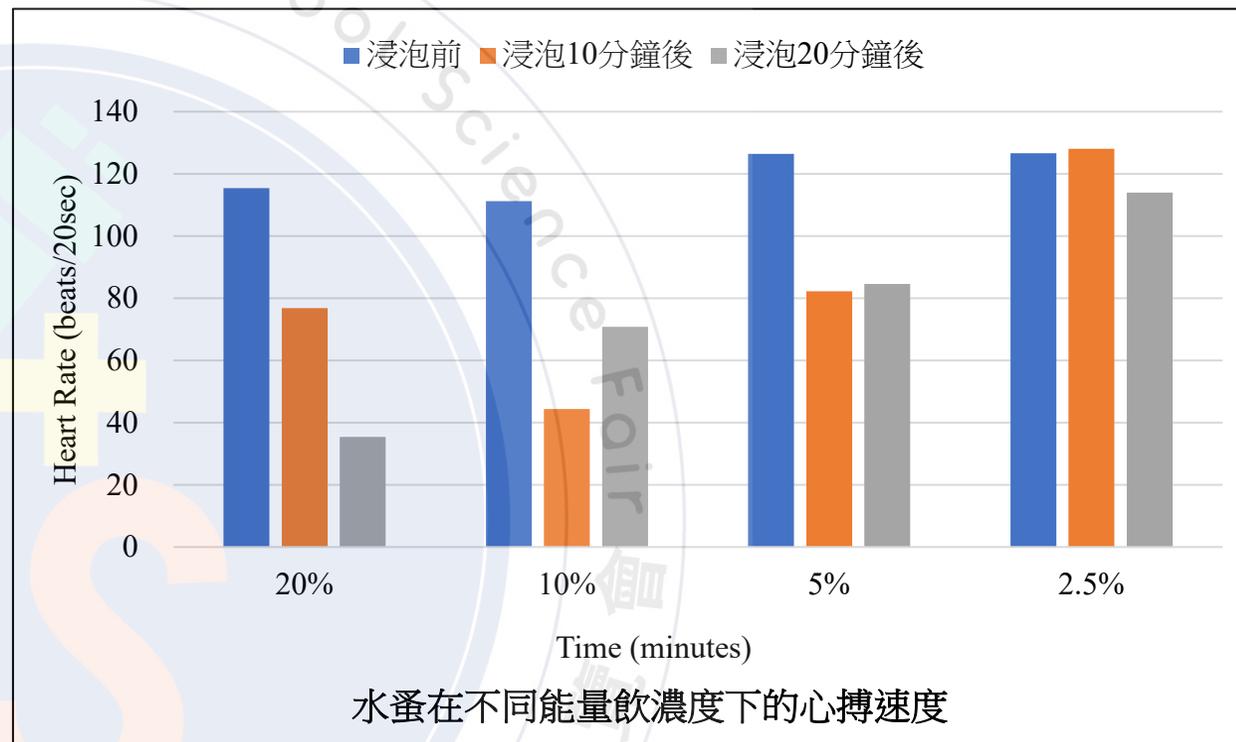
現在台灣正掀起能量飲購買潮。而董事基金會曾針對「台灣年輕族群攝取能量飲現況」調查，顯示六成年輕人喝過能量飲，但很多的人沒注意喝下了哪些成份。

## 實驗假設

假設將水蚤浸泡在稀釋的能量飲後心跳會變快。

## 實驗結果

水蚤在能量飲濃度10%和5%環境下，心搏於10分鐘後先下降；但在20分鐘後，心搏則微幅增加。水蚤於濃度20%時，心搏呈明顯遞減。



單位：次/20秒

能量飲濃度	浸泡前	浸泡10分鐘後	浸泡20分鐘後
20%	115	77	35
10%	111	44	71
5%	126	82	85
2.5%	127	128	114

# 研究結果-水蚤在不同茶葉濃度下的心搏速度

## 實驗說明

茶的咖啡因含量會因發酵程度越高，咖啡因越高，紅茶咖啡因含量最高，再來則是烏龍茶與綠茶。浸泡時間愈久，咖啡因越高；烘焙的茶葉，咖啡因較低。

## 實驗假設

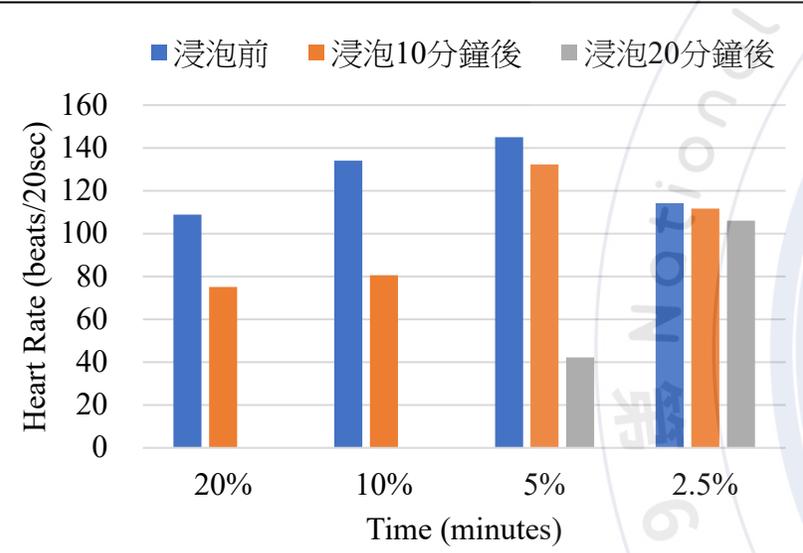
假設將水蚤浸泡在不同茶溶液後心跳會變快。

## 實驗結果

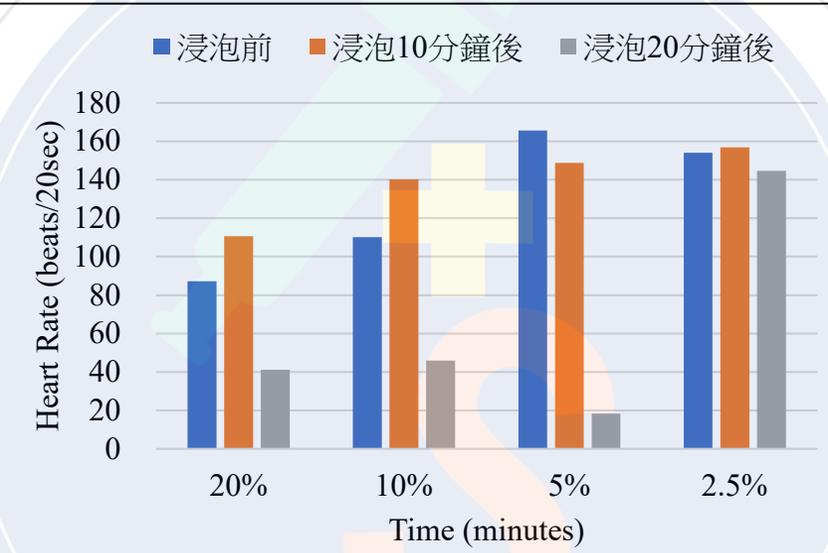
綜合以上三種茶葉的實驗分析，看得出來水蚤心搏的圖形走勢十分相近。在20%、10%的濃度下，水蚤心搏20分鐘後會急遽下降，2.5%則心搏無太大變化。

# 研究結果-水蚤在不同茶葉濃度下的心搏速度

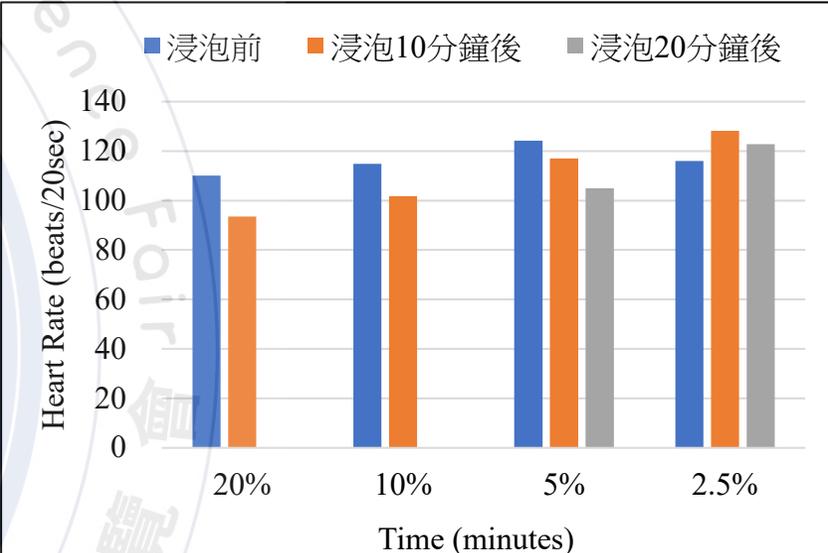
紅茶



烏龍茶



綠茶



水蚤在不同紅茶溶液濃度下的心搏速度

水蚤在不同烏龍茶溶液濃度下的心搏速度

水蚤在不同綠茶溶液濃度下的心搏速度

單位：次/20秒

單位：次/20秒

單位：次/20秒

紅茶濃度	浸泡前	浸泡10分鐘後	浸泡20分鐘後
20%	109	75	0
10%	134	81	0
5%	145	132	42
2.5%	114	112	106

烏龍茶濃度	浸泡前	浸泡10分鐘後	浸泡20分鐘後
20%	87	111	41
10%	110	140	46
5%	166	149	18
2.5%	154	157	145

綠茶濃度	浸泡前	浸泡10分鐘後	浸泡20分鐘後
20%	110	94	0
10%	115	102	0
5%	124	117	105
2.5%	116	128	123

## 結論

- 我們依生活中的觀察與體驗，假設實驗中所有成癮物質皆會使水蚤的心跳加快。
- 但實驗結果證實並非如此，除了感冒液會讓水蚤心跳加快外，其餘酒精、菸草液、咖啡、茶葉皆會讓水蚤心跳速度變慢。
- 表示這些易成癮物質如果劑量過高或長期服用會對生理產生不良影響而導致水蚤心跳變慢甚至死亡，此現象不容忽視值得關注和進一步研究其機轉。

## 參考文獻

- 賴韻如(1994)。環境因子對水蚤影響之研究。第 34 屆中小學科學展覽會國中組生物科。
- 何建勳、盧璟毅、龍佩君、劉安強(2008)。千金難買「蚤」知道。台灣國際科展環境科學科。