

# 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生物科

030317

蟋望無限-蟋蟀打鬥行為與勝負經驗之相關探討

學校名稱：新北市立文山國民中學

作者：  國一 陳宜榆  國一 林昱辰  國二 楊和臻	指導老師：  張又元  周瑞玲
---	-----------------------------

關鍵詞：蟋蟀、勝者效應、敗者效應

## 摘要

本研究主要以探討蟋蟀打鬥行為和勝負經驗之關聯為主。我們選用的物種為黃斑黑蟋蟀(*Gryllus bimaculatus*)，是一般民間鬥蟋蟀活動的主角。

我們挑選大量的雄性蟋蟀進行打鬥試驗，記錄了有不同經驗蟋蟀的行為模式，同時安排了不同的勝負經驗及體長關係的打鬥組合並記錄其結果。結果有勝利經驗的蟋蟀受刺激時將會較快發起打鬥行為，而經驗對打鬥的結果也能有一定程度的影響：若體長差距未達 0.4 公分，則蟋蟀面對體型比較大的對手時，具有勝利經驗可以使獲勝機率提高。本研究尤其針對鬥敗的蟋蟀歸納出所謂行為模式上的敗者效應，結果顯示體型較小蟋蟀，敗者效應越明顯，此外，當蟋蟀敗給比自身體型為小的對手時，會顯著延長敗者效應持續時間。

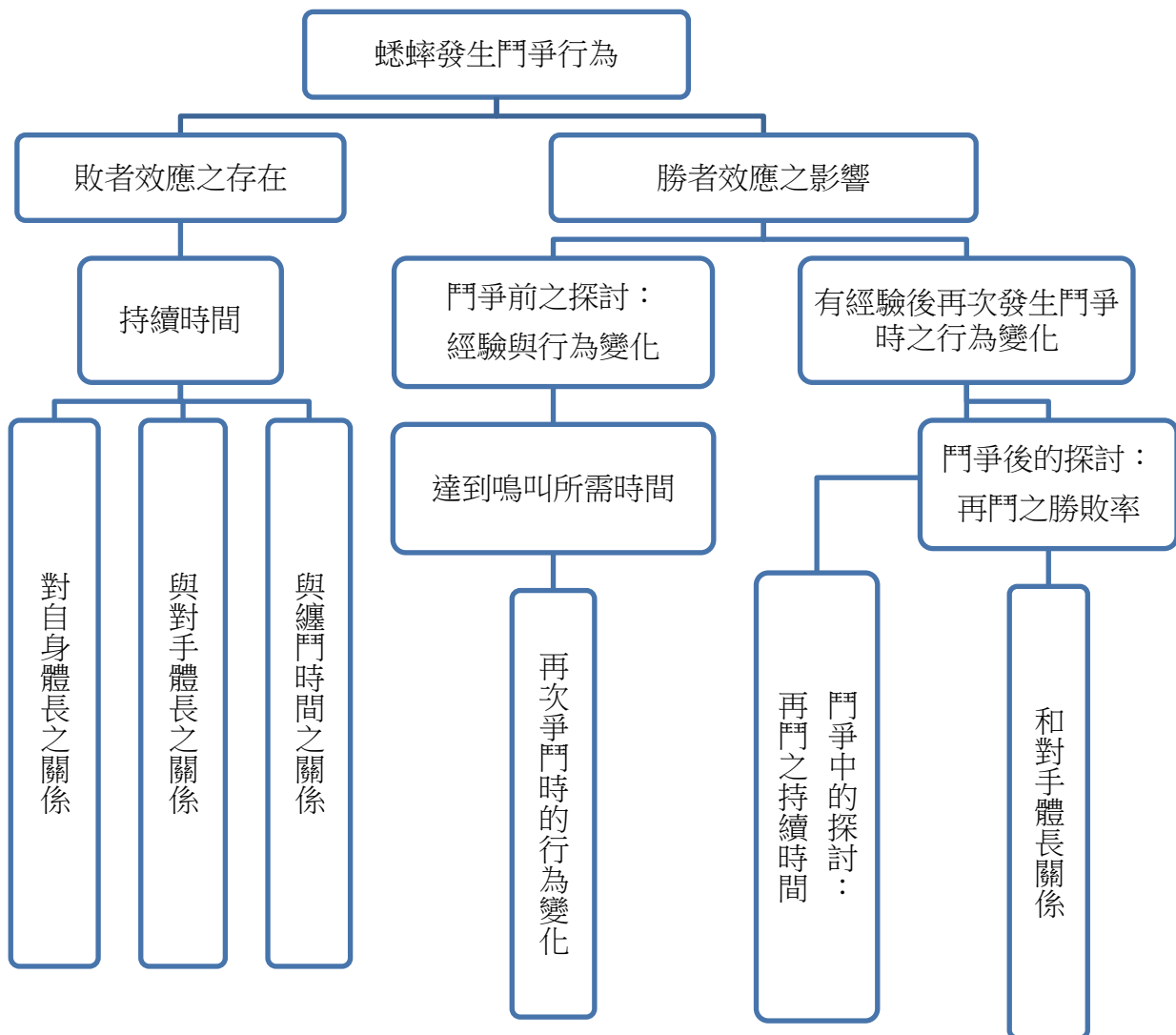
## 壹、研究動機

我們曾經在電視節目上看到表演鬥蟋蟀的節目內容，弄蟀人讓兩隻蟋蟀彼此靠近忽然緊緊咬合，蟋蟀雖小但卻充滿魄力，讓我們留下了深刻的印象。我們去詢問了生物老師蟋蟀打鬥相關的問題，進而發現動物之間的打鬥行為充滿意料之外的變化。除了本身體型的大小之外，也存在著其他控制勝敗的因素，而其中所謂的勝者效應更讓我們覺得有趣；其他動物竟然也和人類一樣，會因為過去的成功或失敗的經驗，而更加鬥志高昂或是士氣低迷。因此我們決定就以蟋蟀打鬥為研究的目標，希望可以更深入的了解蟋蟀經驗和打鬥勝負的關係。

## 貳、研究目的

- 一、 蟋蟀鬥爭行為模式。
- 二、 探討勝者效應對鬥爭前行為模式的影響。
- 三、 探討經驗與纏鬥時間的關係。
- 四、 探討經驗對鬥爭結果的影響。
- 五、 落敗者的行為模式。
- 六、 探討敗者效應持續時間與其他因子之探討。

## 參、研究大綱










## 肆、器材與設備

### 一、器材列表

設備與器材	用途	數量	圖示編號
自製打鬥場 (30 cm *7 cm *7cm)	限定蟋蟀打鬥區域,提供場所便於觀測數據	3 個	1
貓勒	模擬敵方之觸角,使蟋蟀產生打鬥意願	2 隻	2
方格紙	測量蟋蟀之體長	多張	
大型飼養箱	飼養未羽化之蟋蟀	6 個	4
小型飼養箱 (12cm*10cm)	飼養羽化之蟋蟀	8 個	3
鋪地錦竹草 ( <i>Callisia repens</i> )	蟋蟀之飼料	多株	5
衛生紙	於飼養箱內止滑並保暖	多包	
碼表	詳細紀錄行為出現的時間和打鬥時間	1 台	
保溫電球	保溫	2 顆	6
碳素燈	保溫	2 盞	7

### 二、器材圖示

1	2	3	4
			
5	6	7	
			

### 三、研究對象

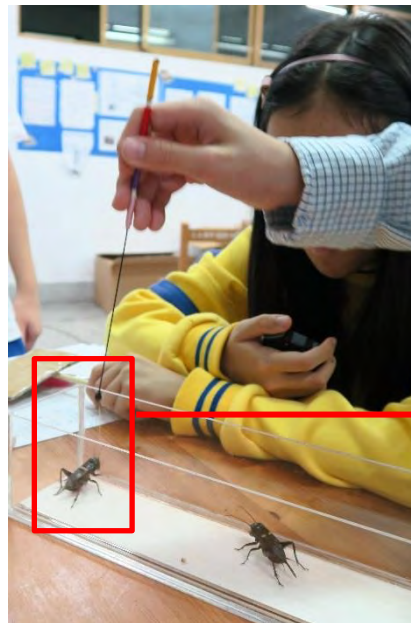
黃斑黑蟋蟀(*Gryllus bimaculatus*)體長約 2.6 公分，頭部、前胸背板及身體和三對足均為黑色，翅基具黃斑；雄蟲前翅寬大，超出腹端，後翅發達，雄蟲身體略小於雌蟲，俗名黑龍仔，是中南部鬥蟋蟀的主角。



圖一、黃斑黑蟋蟀，本研究所探討之物種

### 四、人為鬥蟋蟀方式及器材介紹

唯有雄蟲才會表現打鬥之行為，人為操作時會以貓捋——一種以貓的鬍鬚為材料的短桿型道具——來刺激蟋蟀，不斷的用接觸蟋蟀的觸角和頭部，經過如此刺激的蟋蟀，就有可能表現出打鬥的行為。



以貓捋來回掃動，刺激蟋蟀觸角和頭部使其出現打鬥行為。

圖二、使用貓捋刺激蟋蟀

## 伍、實驗方法與過程

### 一、 研究對象之安置飼養

- (一) 統一購置七齡和八齡雄性蟋蟀若蟲，混養於大型飼養箱內。以保溫電球及碳素燈配合定時裝置維持周圍環境溫度。
- (二) 每日餵食蟋蟀並清除排泄物。蟋蟀之飼料依據專家諮詢的結果，選擇提供足量之高熱量成長期用雞飼料以及鋪地錦竹草(*Callisia repens*)。
- (三) 巡視大型飼養箱並挑出死亡之蟋蟀及已羽化之蟋蟀。
- (四) 將羽化至成蟲階段之蟋蟀自混養區內挑出，參考民間鬥蟋蟀之傳統作法，單獨置於小型之飼養箱當中，小型飼養箱維持通風但不透光，使其無法和其他隻蟋蟀接觸，而每隻蟋蟀固定提供前述飼料。



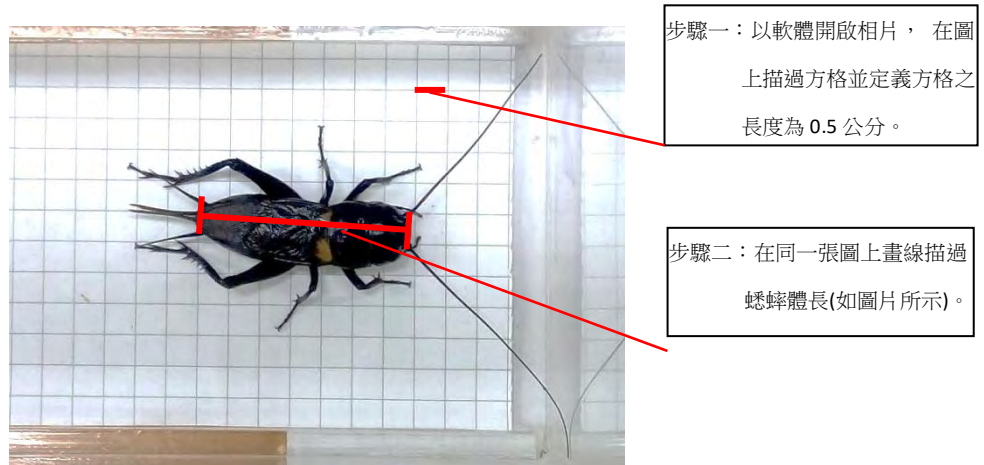
圖三、將羽化之蟋蟀單獨置於不透光之小型飼養箱，較容易使其能表現打鬥行為



圖四、在大型飼養箱中，可以發現羽化的成蟲，此時須將其移至單獨飼養的小型飼養箱

## 二、前置處理

- (一) 將小型飼養箱內單獨飼養的蟋蟀成蟲進行編號，記錄其羽化日期。
- (二) 將蟋蟀放置於方格紙上，在固定距離以攝影器材進行攝影，再利用 Image J 軟體，比對方格紙上尺規大小與蟋蟀大小，可得知蟋蟀體長。



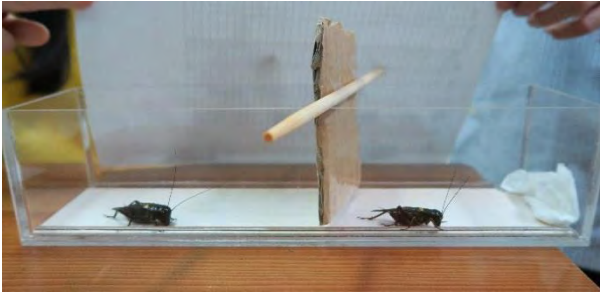
圖五、量測蟋蟀體長之方式：利用攝影方式配合軟體進行，步驟如說明

- (三) 依據體長大小將蟋蟀進行標記及分組，整理成表格。

## 三、實驗流程

- (一) 挑選適合打鬥之蟋蟀，其標準為一羽化一週以上、口器與步足未受損、能夠表現鳴叫之行為、十分鐘內並未進行任何打鬥。
- (二) 挑選兩隻蟋蟀做為目標蟋蟀。
- (三) 兩蟋蟀體長大小滿足實驗分組需求(詳見：「六、實驗的分組設計」)。
- (四) 將目標蟋蟀移置自製打鬥區內。依照實驗設計，若需要給予勝利經驗，則在此步驟賦予勝利經驗(詳見：「四、給予蟋蟀勝利經驗的方式」)。
- (五) 將兩隻蟋蟀置於同一自製打鬥區內，中間以隔板隔開。如下頁圖六所示。





圖六、將目標蟋蟀移至同一處自製打鬥場中，打鬥場中央先以隔板阻擋



圖七、受到貓捋刺激的蟋蟀，會先有大顎張開的動作，俗稱「開牙」。似乎具有威嚇的效果。

- (五) 以貓捋刺激其中一隻蟋蟀，致使其展現鬥爭前的行為（其行為根據專家諮詢和實際觀察得知，依序應出現：開牙－蟋蟀撐起身體並將大顎張開、鳴叫兩項行為，如上圖七所示，有些蟋蟀個體將表現出向前跳躍衝撞的動作）。
- (六) 記錄每一隻蟋蟀受刺激開始到發出鳴叫聲所需之時間。
- (七) 兩隻蟋蟀皆經過刺激並發出鳴叫後，移去中間隔板。
- (八) 兩蟋蟀面對面接觸時，即發生打鬥行為。以雙方大顎咬合為基準開始計時，記錄每場打鬥到分出勝負所經過的時間。（如圖八所示）



圖八、兩隻蟋蟀大顎咬合做為打鬥開始的基準點

- (九) 記錄打鬥之勝敗結果。之後依據其結果，勝者可直接視為得到勝利經驗，使其休息十分鐘之後，可做為下一次實驗之目標蟋蟀。而落敗者放回小型飼養箱內，每隔十分鐘在該小型飼養箱內以貓捋刺激，至打鬥結束後的一小時為限



共六次，視其於何時間點不再逃竄，或表現鳴叫行為。

#### 四、給予蟋蟀勝利經驗的方式

(一) 自然得勝者：在我們進行蟋蟀兩兩打鬥的操作時，每次打鬥必有勝負，勝利的蟋蟀即是獲得了勝利經驗，然而為了考量體力的恢復，我們使在一場打鬥中獲得勝利的蟋蟀，進行十分鐘的休息。之後便可將之視為已有勝利經驗的蟋蟀進行下一場打鬥。

(二) 經驗訓練者：從民間鬥蟋蟀的流程當中，我們可以知道，經過逗弄的蟋蟀才能表現打鬥的行為，未經過人為處理的蟋蟀則較無法表現。另外，參考前人科展作品，當我們要刻意給予蟋蟀勝利經驗之時，可將其中一隻目標蟋蟀以貓捋逗弄激怒，但是另一隻蟋蟀卻不以貓捋刺激，如此一來受過刺激的目標蟋蟀應該能夠表現攻擊行為，造成另一隻蟋蟀躲避，則目標蟋蟀得到勝利經驗。

#### 五、爭鬥勝負的判定

關於蟋蟀打鬥的勝負，我們無法從直接觀測行為確定。根據我們的觀察，當蟋蟀落敗時，確實偶爾會有轉而背向對手並逃離的行為，然而這狀況並不一定發生在每一隻落敗蟋蟀身上。因此我們在判定勝敗時，採用專家諮詢所得到的資訊：利用貓捋再次刺激，並觀察刺激後的反應，來判定蟋蟀打鬥的結果。

如果是在鬥爭中勝利的蟋蟀，以貓捋刺激的時候應該能夠開牙並鳴叫，而落敗的蟋蟀則無法表現此種行為，而是會有不同的行為模式。因此我們以受貓捋刺激後的蟋蟀反應，來判斷蟋蟀的勝敗

#### 六、實驗的分組設計

我們認為影響打鬥結果的因子，主要有蟋蟀本身的體型，以及蟋蟀之前的勝負經驗兩項。因此我們在探討時，以調整這兩項變因為主。

根據前人的研究可知，體型越大的蟋蟀在打鬥當中越有利，同時蟋蟀於爭鬥中會被勝者效應影響，因此我們的實驗分組同時考量這兩點－特意挑選體長有一定差距的蟋蟀，再視狀況給予它們勝利經驗。

蟋蟀的經驗大概可以分成三種狀況：近期無勝負經驗、在前一場打鬥中得勝、以及在前一場打鬥中落敗。然而，根據我們的實驗和觀察，在前一場打鬥中落敗的蟋蟀，將會有很長的無法進行打鬥，因此在打鬥實驗分組方面，我們主要的對象為再上一場打鬥中得勝者和近期無勝利經驗兩者的差別。

因此，在分組進行打鬥的過程當中，依據蟋蟀本身的體長和蟋蟀是否具有勝利經驗，我們設計了四種不同的組合（雙方皆有勝利經驗、僅較大蟋蟀具有勝利經驗、僅較小蟋蟀具有勝利經驗、雙方皆無勝利經驗），而每個組合當中，又再根據體長的差距，挑出差距 0.2cm 以上的蟋蟀，再細分成「差距未達 0.4 公分」和「差距 0.4 公分以上（含 0.4 公分）」兩組。因此總共有八種組合。

綜上所述，在我們的實驗紀錄方面，可以同時探討體長與勝敗經驗對於蟋蟀打鬥行為的影響，每種組合我們進行了 30 次的操作。

## 陸、研究結果

### 一、探討蟋蟀鬥爭行為和體長之關係

我們從過去的研究以及自己的觀察當中，可以歸納出人類逗弄蟋蟀，以貓捋刺激其頭部或觸角後，致其發生打鬥的一連串行為模式：

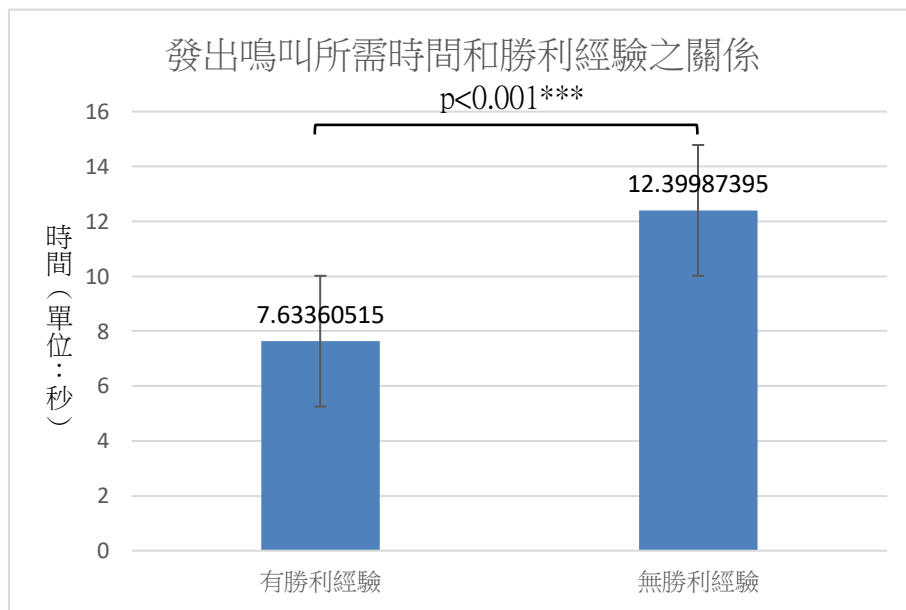
- (一) 蟋蟀撐起身體，張開大顎(俗稱為開牙)。
- (二) 蟋蟀持續張開大顎，並揮動第一對步足，有些會出現向前方跳躍的動作。
- (三) 蟋蟀停止張開大顎，並發出鳴聲。

而蟋蟀發出鳴叫之後，便可以進行打鬥；若是遇到了另一隻經過逗弄的蟋蟀，兩隻蟋蟀會再度的張開大顎，並互相面對，若是沒有任何一隻蟋蟀轉身退後，則兩隻蟋蟀會像向前衝刺，並以大顎互相咬合。以上便是蟋蟀打鬥行為的發生模式，而在這當中，每隻蟋蟀達到可以打鬥的程度所需的時間各不相同，我們認為這是判定蟋蟀行為的一項重要變因，是故，我們嘗試找到這段時間的長短與其他變因的關聯性。

我們檢驗蟋蟀受逗弄後鳴叫的時間與自身體型大小的關係，在使蟋蟀打鬥的實驗過程當中，我們記錄了其中 470 隻蟋蟀，其體長分布在 2.78 公分到 3.52 公分之間，也記錄了利用貓捋逗弄每隻蟋蟀使其發出鳴叫所需的時間，並求其與體長之相關。其結果顯示相關係數為 0.05，並未達到顯著之差異，換言之，逗弄蟋蟀使其達到鳴叫程度所需的時間和體長沒有明顯的關聯性。

## 二、探討勝者效應對鬥爭前行為模式的影響

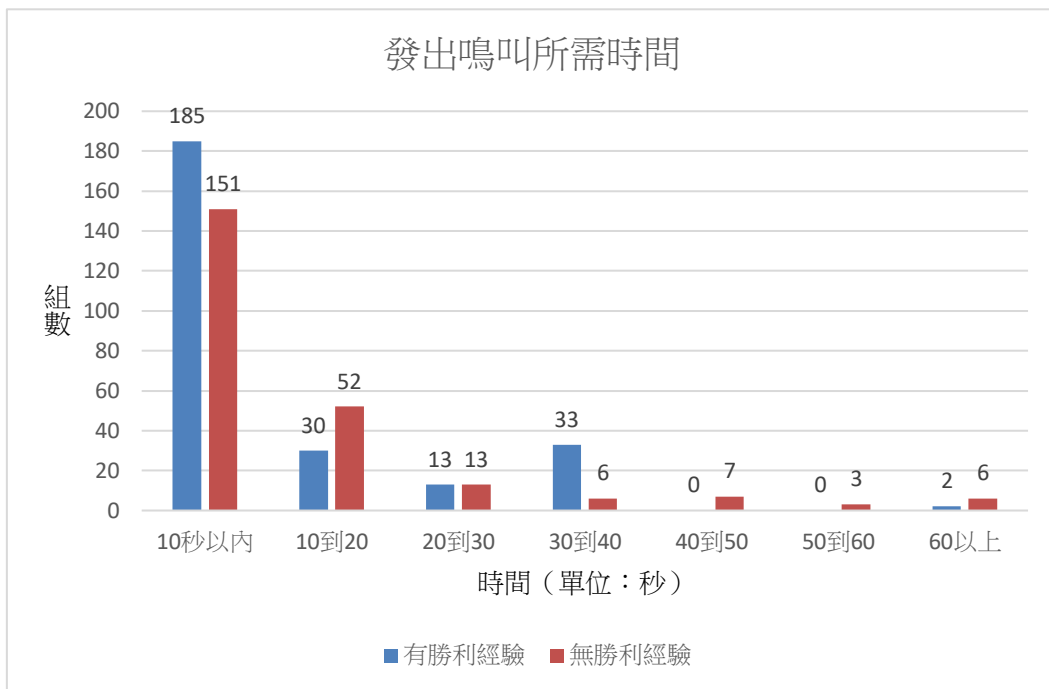
我們記錄的蟋蟀當中，有 263 隻在十分鐘內具有勝利的經驗，而有 238 隻是在沒有勝利經驗的狀況下受到貓捋的刺激以致發出鳴叫，我們比較這兩種狀況下蟋蟀達到鳴叫程度的時間，有勝利經驗的蟋蟀，平均時間為 7.63 秒，而沒有勝利經驗的蟋蟀，所需時間為 12.39 秒，我們以 t-test 去確認兩者的差異性，其結果 p 值低於 0.001，可以確認兩者具有顯著差異。因此可判定，具有勝利經驗的蟋蟀，受逗弄之後較快會發出鳴聲。結果呈現如圖九。



圖九、發出鳴叫所需時間和勝利經驗之關係：用碼表測量並記錄蟋蟀受到貓捋刺激以致發出鳴叫所需時間。並比較有勝利經驗和無勝利經驗兩種蟋蟀發出鳴叫所需時間上的差別，我們將其平均之後，經過 t-test 測試，結果兩者之間有顯著差異(p<0.001)

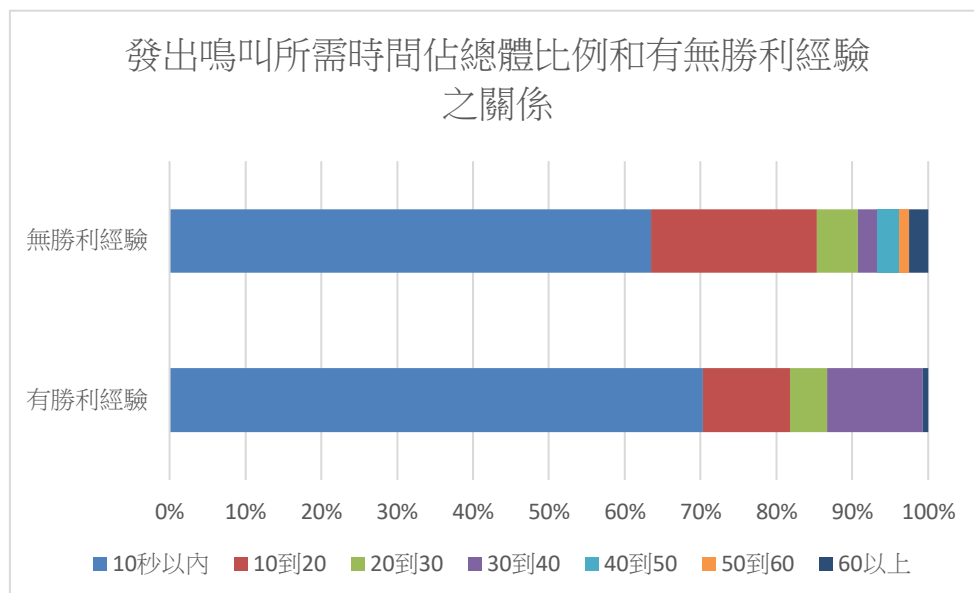
除了比較總平均之外，我們也將其進行分組統計，以十秒為單位，分組進行

數據比較，其組數分布結果如圖十。



圖十、發出鳴叫所需時間的組數；以十秒為單位，統計有勝利經驗和無勝利經驗兩種蟋蟀發出鳴叫所需時間之不同。

而我們亦可用各自分組的百分比來表示，其結果如圖十一。



圖十一、發出鳴叫所需時間百分比以十秒為單位，統計有勝利經驗和無勝利經驗兩種蟋蟀發出鳴叫所需時間的組數百分比。

可以看到，無勝利經驗的蟋蟀於打鬥過程中，有較多個體需要較長的時間才能達到鳴叫程度。

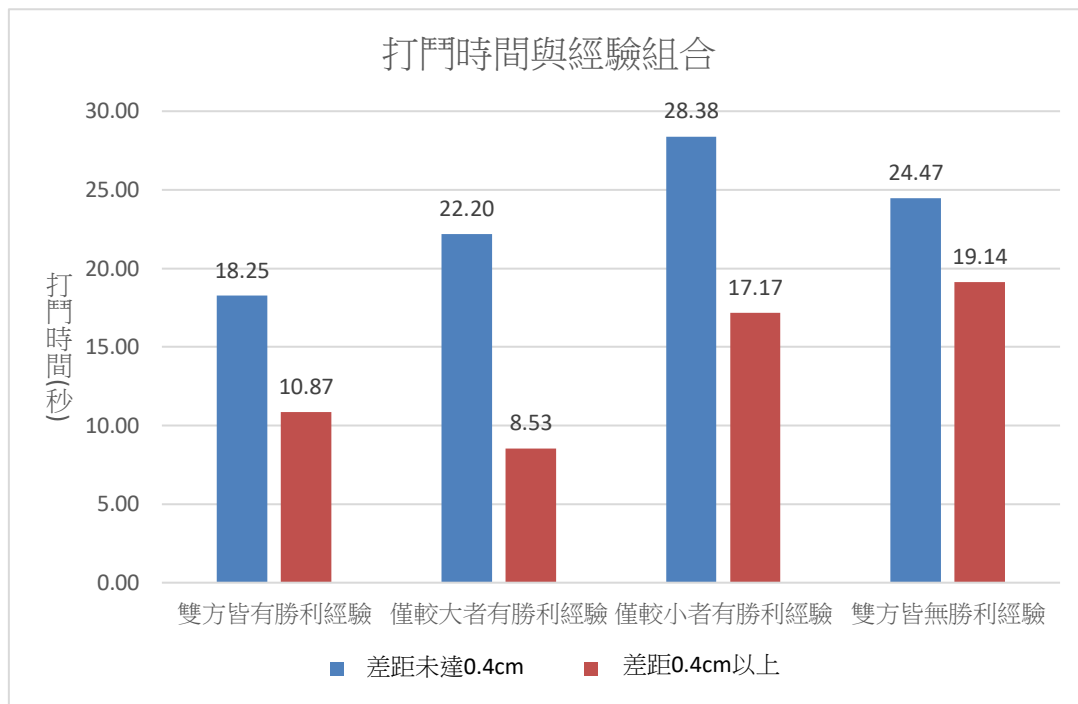
### 三、探討經驗與纏鬥時間的關係

在打鬥時間的紀錄方面，我們記錄每種組合的打鬥時間，由雙方大顎接觸並咬合開始計時，並且在任何一隻蟋蟀轉身逃離時暫時停止計時，並以貓捋分別刺激兩隻蟋蟀，若有其中一隻不再發出鳴叫（代表該蟋蟀落敗），便記錄其時間作為打鬥時間。

我們記錄了八種組合中蟋蟀的打鬥時間，並各自取平均值，其平均結果如下表，並以長條圖呈現分組：

表二、打鬥平均時間（單位：秒），共八組狀況皆以大顎咬合開始計時。並且將各組時間進行平均

	差距未達 0.4 公分	差距 0.4 公分以上
雙方皆有勝利經驗	18.25	10.87
僅較大者有勝利經驗	22.20	8.53
僅較小者有勝利經驗	28.38	17.17
雙方皆無勝利經驗	24.47	19.14
總和	23.32	13.93



圖十二、各種經驗－體長差距分組之打鬥時間平均（單位：秒），整理出八組數據之後以長條圖的方式呈現，並且進行變異數分析

我們以二因子變異數分析進行統計，確認這些數據結果之間是否有相對關係。其結果顯示，在差距在 0.4 公分以下時，打鬥時間會顯著的較長，顯示體型相當，雙方勢均力敵。當差距在 0.4 公分以上，打鬥時間便會較短，較快便可分出勝負 ( $p=0.012<0.05$ )。此一結果顯示不同體型差距對打鬥時間具有關鍵顯著影響

然而在不同的組合之間，雖然試驗結果上可以看到，當較小者具有勝利經驗時，打鬥時間可以維持比較久，而只要較大者具有經驗，打鬥時間便會較短，但統計上並未達到顯著之差異 ( $p=0.27>0.05$ )，體長和經驗之間的交互作用亦不明顯 ( $p=0.85>0.05$ )。

因此我們可以說，單純就打鬥時間的部分而言，主要影響的仍是蟋蟀的體長的差距，而勝利經驗雖對打鬥發揮某種程度之影響，但當體型差距在 0.4 公分以上時，體型之優勢顯然是超過勝利經驗的

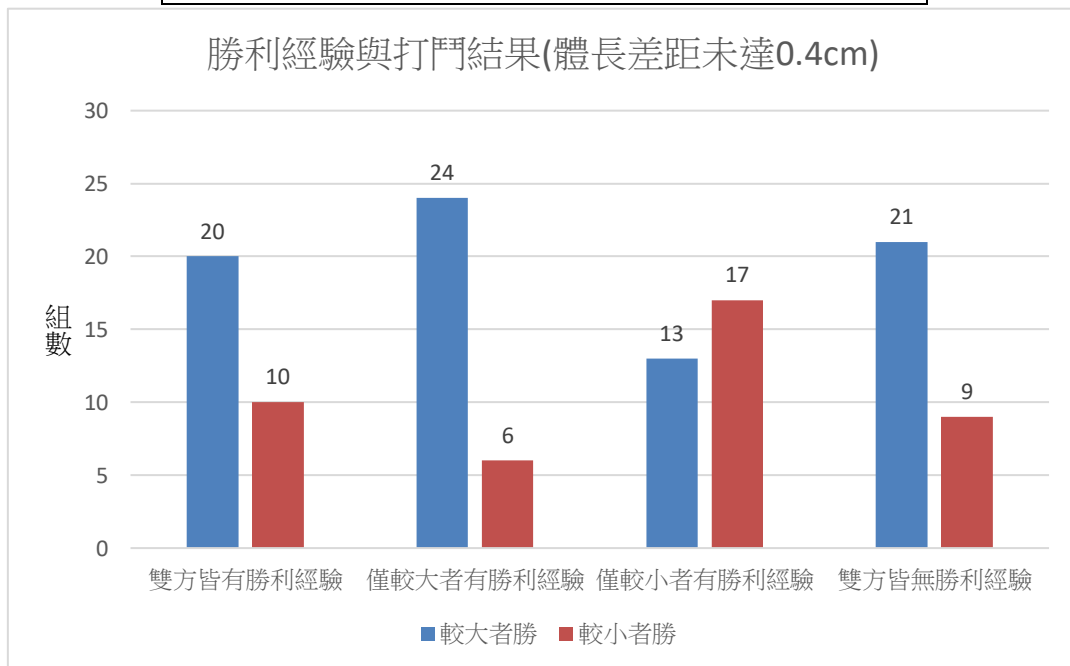
#### 四、探討經驗對鬥爭結果的影響

我們依前述實驗的分組，紀錄打鬥之結果；我們記錄每種對戰組合當中，是較大的蟋蟀抑或較小的蟋蟀得勝。因根據前人的研究紀錄，個體較大體長較長的蟋蟀，在打鬥中應該有較高的勝率，體長差距越大越明顯，而本研究的此部分則希望能找到經驗對於蟋蟀勝率的影響。

依照實驗分組，八種對戰組合之中我們紀錄了 30 組的打鬥結果，其中體長差距在 0.4 以下的打鬥結果紀錄如表二及圖十三所示。

表二、體長差距在未滿 0.4 公分時，雙方勝利經驗與其打鬥結果（單位：組），從表中亦可以直接從數據上判讀到，在僅有較小者具有勝利經驗時，較小者勝的比例較高(30 組中有 17 組)

	較大者勝	較小者勝
雙方皆有勝利經驗	20	10
僅較大者有勝利經驗	24	6
僅較小者有勝利經驗	13	17
雙方皆無勝利經驗	21	9



圖十三、勝利經驗與打鬥結果（體長差距未達 0.4cm），將表三之結果紀錄繪成長條圖。

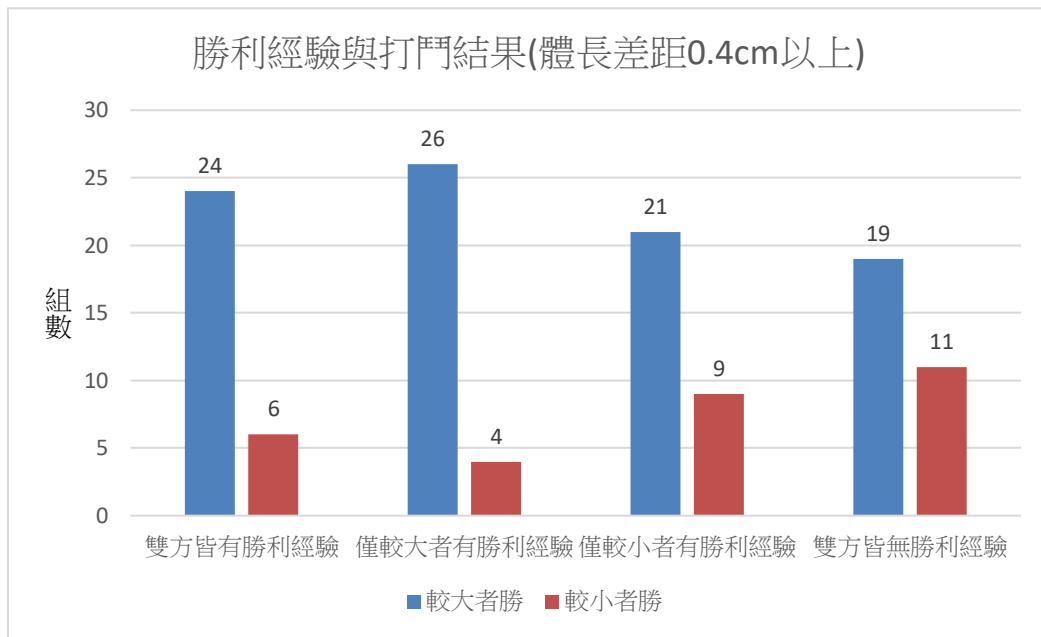


將數據以卡方檢定進行分析，可以確認經驗和打鬥結果並非是獨立事件，彼此之間是有關連的。在僅有較大蟋蟀具有勝利經驗時，較大蟋蟀獲勝的機率會比一般狀況要來得高。但當蟋蟀體型差距小於 0.4 公分以內時，如果較小蟋蟀具有勝利經驗時，其獲勝機率還是可以超過較大體型之蟋蟀。若兩者同時具備勝利經驗或不具備勝利經驗，較大蟋蟀的獲勝機率應該都在 0.66 左右。

而體長差距在 0.4 公分以上的對戰組合，其結果則略有不同，如表三及圖十四呈現：

表三、體長差距在 0.4 公分以上時，雙方勝利經驗與其打鬥結果（單位：組），單就數據而言，僅有大者有勝利經驗時，較大者獲勝組數較多，然而統計上無法判定各組之間是否具有關聯性

	較大者勝	較小者勝
雙方皆有勝利經驗	24	6
僅較大者有勝利經驗	26	4
僅較小者有勝利經驗	21	9
雙方皆無勝利經驗	19	11



圖十四、勝利經驗與打鬥結果（體長差距 0.4cm 以上），將表三之結果以長條圖呈現，以卡方檢定無法判定各組間存在交互關係

在體長差距較大的各種對戰組合當中，看似無論如何都是較大的蟋蟀比較容易得勝，以卡方檢定進行檢驗時，也無法判定經驗狀況和體長狀況對勝敗結果是有交互關係的。

綜上實驗結果，可以看出似乎勝利經驗可以提升蟋蟀的勝率（在體長差距不大時），然而當體長差距過大，那麼勝利經驗對打鬥的影響性減少，換言之體長的優勢就超過勝利經驗。

## 五、探討落敗者的行為模式

假如是一般的蟋蟀（指不具備失敗經驗且步足完整），在受到貓捋刺激之後，應該會用後腳撐起身體，張開大顎並不斷地揮動前肢（做出威嚇行為），如果沒有另一隻蟋蟀做出相同的動作，則不會打鬥行為，那麼這隻蟋蟀將在一定時間之後發出鳴叫聲，並且有可能做出向前跳躍衝撞的動作。然而如果是曾經在決鬥中落敗的蟋蟀，用貓捋刺激之後，也不會撐起身體，反而會迅速地往前衝，就算持續地進行刺激，也不會發出鳴叫，而是不斷的進行快速向前奔走的活動。然而，同

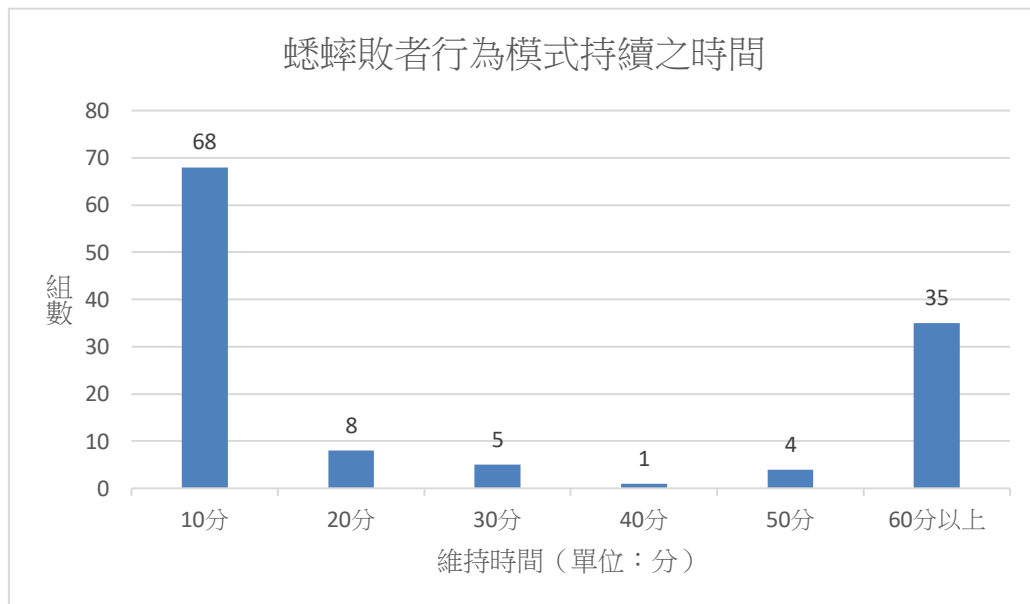
一隻蟋蟀並不會一直維持此種行為模式，通常在一段時間之後，就可以恢復成一般的行為模式（受刺激之後一定時間張開大顎，之後鳴叫）。

#### 六、探討敗者效應持續時間與其他因子之探討

在蟋蟀的行為觀察當中，我們可以確認落敗者的行為模式並不相同，因此我們可以說，敗者效應在蟋蟀身上是存在的，蟋蟀的行為模式確實受到落敗經驗的影響，而我們更進一步的檢驗敗者效應的持續時間，與各項其他因子之間的關聯性。

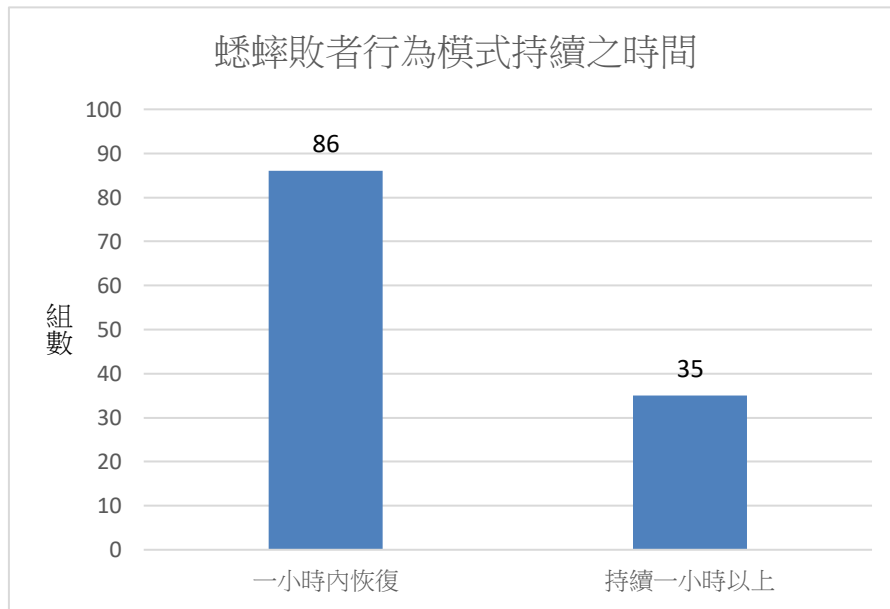
我們共檢驗了 121 隻在鬥爭中落敗的蟋蟀，其中有 68 個蟋蟀樣本，敗者的行為反應皆在 10 分鐘之後便消失，亦即是在接受貓捋的刺激之後，可以再次表現威嚇和爭鬥的行為。其他的蟋蟀敗者效應持續的時間較長，我們同樣以十分鐘做為檢測時間區段，記錄每隻在決鬥中落敗的蟋蟀樣本，其敗者效應消退的時間區段，敗者效應維持時間的長短結果如圖十五所示。

而其中有 35 組蟋蟀樣本，其敗者的行為反應直到 60 分鐘後依然沒有恢復，我們將其總歸為一組，不再繼續進行貓捋刺激的測試。



圖十五、將蟋蟀依敗者行為模式持續之時間（單位：分）進行分組並計算組次，結果在 121 隻蟋蟀當中有 68 隻的敗者行為在 10 分鐘後便消失，回復到正常行為。

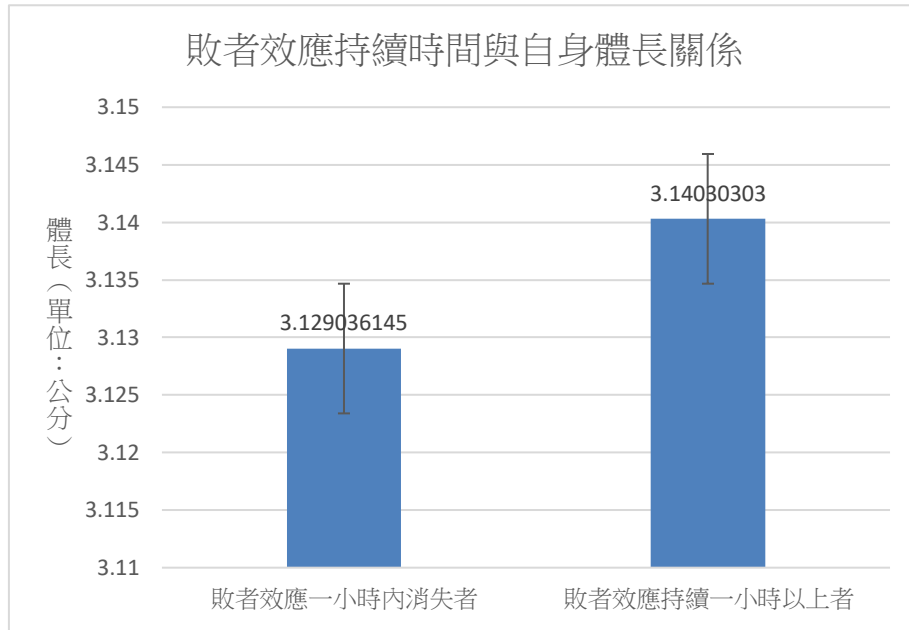
而依據其數據比例，我們發現鬥敗後的蟋蟀，在再次接受刺激的實驗中，呈現兩極化的反應，因此其結果可歸類為「一小時內敗者效應即消退」和「效應持續一小時以上」。如圖十六所示。



圖十六、將蟋蟀依敗者行為模式持續之時間的長短分成兩大組，為一小時內恢復以及持續一小時以上。

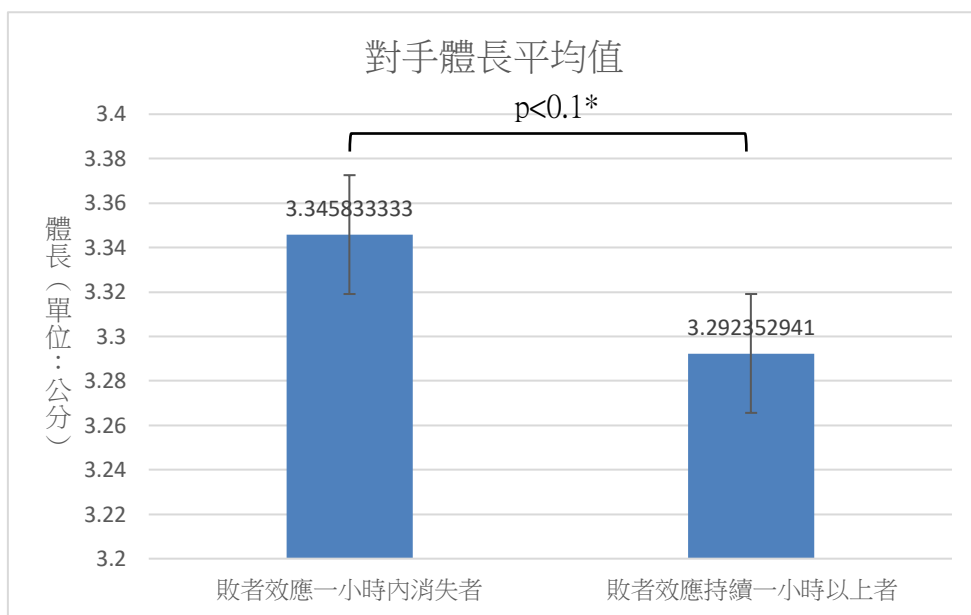
我們針對此兩個組別進行分析比較。我們比較了這兩組蟋蟀在各項變因方面的不同；包括敗者自身的體型大小、對手和自己的體型差距、纏鬥時間的長短等項。

效應持續時間與體型大小之檢驗結果如圖十七，一小時內即恢復的蟋蟀，其平均體長為 3.12 公分，而效應持續一小時以上者，平均體長為 3.14 公分，然而根據 student t-test 之檢定，兩組數據之間的 p 值為 0.41，未達顯著差異程度 ( $p=0.41 < 0.05$ )，因此可以說兩組的體長大小對敗者效應並無顯著影響。



圖十七、敗者效應持續時間與自身體長關係，平均之後比較其結果，在統計上未達到顯著差異。

效應持續時間與對手體型大小之結果，一小時內恢復的蟋蟀，其對手之體長平均約為3.34公分，而效應持續一小時以上者，其對手之平均體長為3.29 (圖十八)。依其檢驗結果，在 t-test 中其 p 值為 0.048，達到顯著差異。此一結果顯示，在一小時內行為恢復之蟋蟀，其對手之絕對體長反而是顯著較大的；敗者效應持續時間短的蟋蟀，大多都是敗給體型較大的對手。而相反的若是一隻蟋蟀敗給越小的對手，其敗者效應反而持續較長的時間。



圖十八、敗者效應持續時間與對手體長關係，平均之後進行比較，其結果存在顯著差異：效應維持較久的蟋蟀，將其打敗的對手，平均而言是較小的。可以推測當敗給較小蟋蟀時，可能會觸發較久的敗者效應

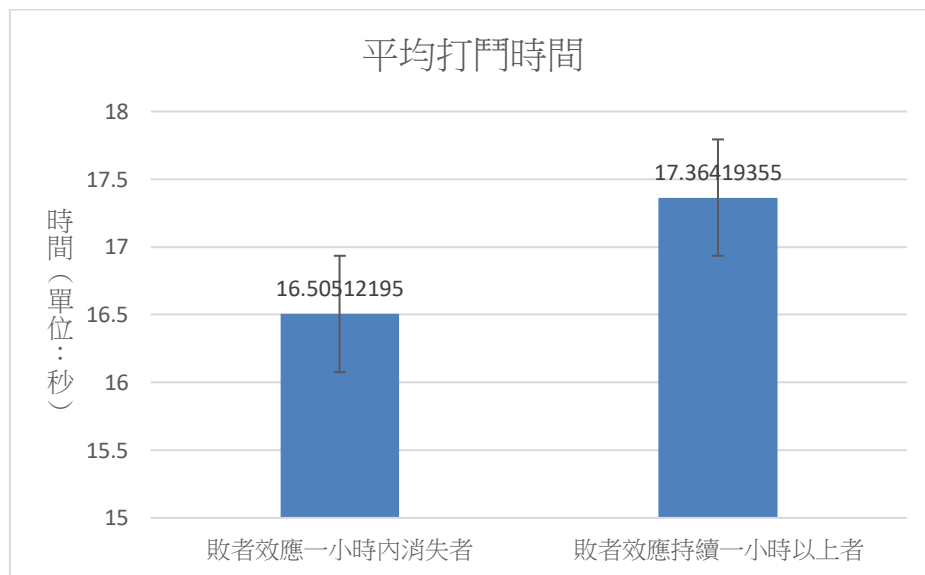
除了自身體長的絕對關係之外，我們也針對效應持續時間和對手之性質進行分析如表五，其結果在 86 組一小時內效應即消失的蟋蟀當中，有 66 組是輸給比自身大的蟋蟀，而有 20 組是輸給比自己小的蟋蟀。在敗者效應持續一小時以上的 35 個組別，有 23 組是輸給比自己大的蟋蟀，而有 12 組輸給小於自身長度之對手。可整理成表五如下：

表五、體長差距在 0.4 公分以上時，雙方勝利經驗與其打鬥結果（單位：組），根據卡方檢定可知相對體長與敗者效應持續時間是互相獨立的。

	輸給比自身大的蟋蟀	輸給比自身小的蟋蟀
	組數(百分比)	組數(百分比)
敗者效應一小時內消失	66 (76.7%)	20 (23.3%)
敗者效應持續一小時以上	23 (65.7%)	12 (34.3%)

我們利用卡方檢定這兩個組別在對手的大小方面是否為互相獨立，其結果 p 值為 0.14，以自由度為 1 的狀況下，並未達到顯著的標準。雖然敗者效應的持續時間長短與對手的相對大小，是互相獨立的，但實際實驗數值仍顯示當敗給比自身小的蟋蟀時，其敗者效應持續一小時以上的比例仍有增加趨勢。

效應持續時間與歷經打鬥時間之檢驗結果，如圖十九所示：敗者效應一小時內效應即消失的蟋蟀，所歷經的打鬥時間平均為 16.51 秒，而效應持續一小時以上的蟋蟀，所歷經的打鬥時間平均為 17.36 秒，以 t test 檢驗之結果，兩組平均值之差異並未達到顯著。亦即是兩組蟋蟀所歷經的打鬥時間沒有顯著的不同，因此效應持續時間和歷經的打鬥時間應該不存在明顯關係。



圖十九、敗者效應持續時間與歷經打鬥時間，將其平均之後比較其結果，在統計上未達到顯著差異。



## 柒、討論

### 一、蟋蟀的打鬥行為和產生

動物的打鬥行為，通常是爭奪某項資源，又常常牽涉領域意識，許多大家耳熟能詳的動物打鬥行為，都是因為爭奪地盤所致，而並不是直接牽涉到食物和交配權等等資源。雖然現在我們所觀察到的蟋蟀打鬥行為已經偏向人為的操作，但是從過程當中仍然可以看到和領域意識的關聯性：首先，根據我們專家諮詢的結果，如果蟋蟀羽化之後，沒有被限制在較小的空間內，那麼這隻蟋蟀可能將無法表現出打鬥的行為，針對這點我們認為蟋蟀在表現出打鬥行為之前，可能必須先建立一個完善的領域，其次在逗弄蟋蟀的技術當中也表現出這一點，我們是利用貓撿這種道具，去連續接觸蟋蟀的頭部，可能就對應著在自然環境中其他蟋蟀的觸角，在不斷接觸到其他蟋蟀觸角的狀況下，蟋蟀便會表現出威嚇甚至打鬥的行為。

蟋蟀的整個鬥爭模式當中，包含張開大顎威嚇和發出鳴叫，之後才會正式的開始進行打鬥行為，這點與許多具有打鬥行為的動物不謀而合；諸如锹形蟲、鬥魚等等，在雙方互不相讓、維持威嚇動作之後，才會進入正式的打鬥行為。在蟋蟀打鬥行為之中，我們並沒有找到每隻蟋蟀完成整個威嚇行為的時間和個體大小之間的關聯，可能顯示對於雄性蟋蟀成蟲而言，打鬥行為的開始方面，其個體間的差異和體長為獨立事件。

### 二、經驗對於打鬥行為的影響

在自然界當中，體長或「武器」大小，往往並不是影響動物爭鬥行為和結果的唯一要素。其中，動物之前的經驗和是否具有特定資源，都會對於它們的打鬥增添不同的變數。以紅樹林鱗魚(*Kryptolebias marmoratus*)為例，研究中即發現，若是同一尾鱗魚在一場爭鬥中得勝，雖然它本身的體力已經有所消耗，但是在下一場爭鬥當中卻往往更有獲勝的機率。

關於經驗對於打鬥行為的影響，有多種不同的假設，最常見的有兩種：一、

在獲勝之後，動物體內的生理狀態可能維持在高度緊張的狀態，因此在下一場爭鬥中，可能具有較佳的行為模式，例如較高的攻擊動作頻率。二、在行為模式上符合賽局理論，因獲勝的動物可能已經具有某項資源，如此在接下來的打鬥中，為了保護資源而更加的激烈打鬥，壓倒本來無法戰勝的對手。總之，勝利經驗對於打鬥行為的正面效果，已確定存在許多動物身上，而本研究則以蟋蟀為目標，嘗試探討蟋蟀勝利經驗對於打鬥前、打鬥中、及打鬥結果之影響。

### 三、經驗對打鬥開始的影響

在我們的實驗當中，我們比較了具有勝利經驗的蟋蟀和沒有勝利經驗的蟋蟀，他們受刺激達到鳴叫程度所需的時間，我們的結果顯示，具有勝利經驗的蟋蟀，比較容易達到鳴叫的程度(所需時間較短)，就這點上可以說，似乎當一隻蟋蟀有勝利經驗時，它的鬥爭慾望可能是更強的，更短的時間便能表現打鬥的行為。

### 四、經驗對於打鬥過程的影響

當我們想要研究經驗對於打鬥過程的影響時，我們的切入點在於兩隻蟋蟀的打鬥時間，因為蟋蟀的打鬥停止於某一方主動放棄爭鬥，而非打到某一方失去性命，因此我們認為有勝利經驗的蟋蟀如果具有較好的「鬥志」，那麼應該比較不會放棄爭鬥，爭鬥時間應該會維持得比較久。然而我們的實驗結果顯示並沒有這樣的趨勢，對於纏鬥時間的影響，結果只單純地反映了體長關係：如果兩隻蟋蟀體察差距很大，那麼決鬥時間應該就會比較快的結束，至於經驗組合，無論是雙方或是其中一方有勝利經驗，皆無法從結果統計分析上認為是有差異的。足見雖然從前面的結果來看，有勝利經驗的蟋蟀可能較容易發起鬥爭，但是兩隻蟋蟀彼此纏鬥到分出勝負所花的時間可能無法單純找出與經驗的關係。

## 五、經驗對打鬥結果的影響

上段討論當中提到，經驗對於他們的打鬥時間長短具有正向之影響，而是對於打鬥的結果而言，也可以找到相當直觀的結果：於體型差距較小（差距未達 0.4 公分）的對戰組合，如果只有小的蟋蟀具有勝利經驗，那麼小蟋蟀的獲勝機率將明顯會提升。而如果只有大蟋蟀具有獲勝組合，那麼大蟋蟀的獲勝機率又更有加成作用。從這點來看，足見之前的勝利經驗，對體型較小蟋蟀的打鬥能力具有正向的幫助，可能更有機會能打敗體型較大的對手。

然而這項經驗的加成效果似乎有它的極限；當蟋蟀之間的體長差距達到 0.4 公分以上時，便無法在統計上得到同樣的結果，在體長差距 0.4 公分以上的對戰組合當中，小蟋蟀的勝率無論如何都是較低的，但仍有具有某種程度之幫助。

綜合這兩項實驗結果顯示，勝利經驗對於打鬥結果是有加成作用的。打鬥之結果可能為體長和之前經驗所共同決定；而勝利經驗可能可以補償一定程度體型的差異(以我們的實驗結果而言，是 0.2 公分到 0.4 公分之間)，讓小蟋蟀有較高的勝率。

## 六、蟋蟀的敗者效應

各種動物打鬥行為當中必有其勝利和落敗，而對行為的影響的研究也不在少數。對於蟋蟀的打鬥行為，其實亦曾有人做過類似的研究，然而較為常見的是嘗試在此物種身上找到勝者效應的存在或是探討其影響幅度，敗者效應在蟋蟀身上的探討卻十分少見，蟋蟀打鬥中的落敗者會有何種行為變化，此影響會維持多久等等，尤其蟋蟀的打鬥往往需要兩造皆在亢奮之狀態，一但有一方認輸，打鬥即停止，換言之蟋蟀之間較不會出現打鬥致死的狀態，那麼敗者應該都時能存活下來的，因此探討敗者的行為變化，即是本研究的獨特之處。

若是鬥魚或是偶蹄目動物，雖然在決鬥當中總會有落敗的角色，但是這些落敗者仍能表現出爭鬥的行為，而根據前人的研究，其行為的模式和強度可能

會略有變化，因此可以說在動物的行為模式上，勝者能產生勝者效應，敗者也有所謂的敗者效應，也就是說鬥敗的動物，同樣會產生只有打鬥中落敗才會出現的行為變化。

但蟋蟀的打鬥和一些其他動物的打鬥行為略有不同之處，落敗者將會有很長一段時間無法再次表現鬥爭行為，因此我們首先在操作當中，詳加記錄了落敗蟋蟀在一段時間內的行為模式，其結果顯示，蟋蟀再次受到刺激時，皆表現出逃竄的行為，可以說蟋蟀在這方面，可能演化趨向避免鬥爭以免造成更多的傷害。

在一般鬥蟋蟀當中，已經有類似敗者效應的說法；經專家諮詢我們可以得知，民間鬥蟋蟀時，一度鬥敗的蟋蟀大概都會讓它休息一天以上。然而我們發現，所謂敗者行為模式維持的時間，似乎存在著個體差異，因此我們除了記錄行為方面的結果，也希望找到敗者效應持續時間在個體間的差異，體型上的差異對敗者效應是有所影響的。

首先在持續時間的紀錄上，結果呈現兩極化，大部分的蟋蟀其實靜置很短的時間之後(68 隻/121 隻鬥爭中落敗之蟋蟀可於十分鐘內恢復鬥爭行為)，再次逗弄就會表現正常的行為，但也有約三分之一的蟋蟀，靜置了一個小時之後，仍然表現逃竄的行為反應，因此我們將其分組成「一小時內恢復」和「一小時內無法恢復」兩組，比較兩組的各項變因差異。

而我們的結果顯示，兩組間只有對手的絕對體長這一個變向，可以觀察到顯著的差異，但結果也十分特殊，敗者效應維持較久的蟋蟀，竟然較多是輸給較小的對手，這點和一般的印象似乎大相逕庭，根據目前的研究暫時無法得到進一步的結論。只能說可能可以代表蟋蟀的打鬥行為當中，面對較大蟋蟀和較小蟋蟀可能存在著不同的策略和模式，在面對較大蟋蟀時，可能對較小蟋蟀本身即是存在著威脅，導致其敗者效應持續時間延長，然而未來可能需要更細緻地進行探討。

## 捌、結論

- 一、蟋蟀的打鬥模式經過確認，應該是對應在自然環境中，雄蟋蟀領域意識的結果。
- 二、蟋蟀接受刺激而表現出鬥爭前行為所需的時間存在個體差異，目前已知和蟋蟀體長無關。
- 三、在相同的操作之下，具有勝利經驗的蟋蟀，將會更容易表現出打鬥行為。
- 四、蟋蟀的勝利經驗對於蟋蟀的打鬥持續時間具有正向之關聯性。
- 五、承繼第四點，雖然與打鬥時間無關，但是對於鬥爭結果卻有影響力。
  - (一) 勝利經驗能使體長差距未達0.4cm的較小蟋蟀在面對較大蟋蟀時，有更高的獲勝機率。
  - (二) 當蟋蟀的大小差異超過0.4cm時，勝者效應的加成效果即不明顯。
- 六、蟋蟀的敗者效應對行為模式的影響，可能使其在同樣的刺激操作之下，視個體差異於一段時間內無法表現打鬥行為，並表現出逃竄的行為。
- 七、敗者效應持續的時間差異大，可以歸納為「一小時內恢復」和「一小時內無法恢復」。
- 八、蟋蟀的敗者效應的持續時間，應和對手的大小有關；輸給較大的對手，其敗者效應持續的時間反而較短。

## 玖、未來展望

### 一、精確的勝敗條件

希望可以找到除了體長之外，更多在體型上影響蟋蟀打鬥勝敗的因子。諸如在其他動物當中，可能體重或打鬥器官的長短大小。如此方能確認更多影響勝敗的因素，並探討其交互作用。

### 二、行為模式的精確化

雖然可以知道蟋蟀能受刺激並表現鬥爭行為，然而其產生的行為模式，

希望可以有更精細的描述紀錄。

### 三、打鬥過程的其他因子探討

在打鬥時間的探討當中沒有結果，可能是因為打鬥時間所牽涉的因子較為複雜，希望之後可以找到更多代表打鬥激烈因子的程度。

### 四、敗者效應時間探討的精確化

本次研究中敗者效應的探討僅以十分鐘為時間尺度，希望可以做更精細的分野。

### 五、配合蟋蟀生理實驗

以激素調控之方式，可以培養出體型更大或更小的蟋蟀，可觀察其在打鬥上和對於經驗的反應是否會有如本研究所提之趨勢。

## 拾、參考文獻

- 一、許育蓁、洪季嬋、王馨（104）。勝敗兵家吾可期－探討蟋蟀之勝者效應及影響蟋蟀打鬥的因子。中華民國第 55 屆中小學科學展覽。
- 二、陳思宇、林安柔、黃筑煙（98）。決鬥吧！小蟀哥！－探討不同因子對黃斑黑蟋蟀打鬥攻擊傾向之影響。中華民國第 49 屆中小學科學展覽。
- 三、林祐陞、蕭煜軒、李慧姿、林昕儀（96）。大指蝦蛄打鬥行為與居所競爭研究。中華民國第 47 屆中小學科學展覽。
- 四、高祥等三名（70）。鬥牛？鬥雞？不！鬥魚！探討鬥魚打鬥的原因。中華民國第 21 屆中小學科學展覽。
- 五、陳昱儒（102）。體型差異與近期勝敗經驗如何共同影響動物的打鬥決策。國立臺灣師範大學生命科學研究所碩士論文。

## 【評語】 030317

1. 本研究主旨在於探討雄性黃斑黑蟋蟀的打鬥行為與勝負經驗(勝者效應/敗者效應)之關聯。本作品的題目名稱有趣，容易吸引讀者的目光。
2. 研究過程選擇大量蟋蟀進行飼養，並請教相關領域專家進行實驗設計，富有鄉土性。
3. 研究方法中，作者適切地針對動物打鬥行為的許多名詞先行定義，以避免判斷混淆。實驗設計多以文字呈現，若能將各種實驗操作在材料方法中以表格加以呈現會更容易理解。
4. 所採用的實驗設計及方法大致可行。雖有些數據有使用統計方法進行分析，然而，有些數據並未適當地使用統計方法來分析或呈現所得數據，也不清楚各組別使用的蟋蟀數量及實驗的重覆數，例如表二及圖十二。目前的實驗設計似乎僅考量最近一場打鬥的勝利經驗，若能考慮累計的勝利及落敗經驗，或許會更有意義。體長差距以 0.4 公分為臨界點的理由並未說明。勝利經驗及體型，哪個因子對打鬥獲勝較具顯著影響力？
5. 蟋蟀打鬥行為與勝負經驗分析，最根本問題在於為什麼打鬥？如果不知理由，人工挑起的打鬥，可能就不是真實的行為。
6. 解說還可以，但是音量小，回答問題可以加強。
7. 本作品與 55 屆高中組「勝敗兵家吾可期—探討蟋蟀之勝者效應及影響蟋蟀打鬥的因子」為相關研究，建議列表呈現兩份作品的特殊發現、延續性以及相異之處。

## 作品海報



# 壹、研究動機

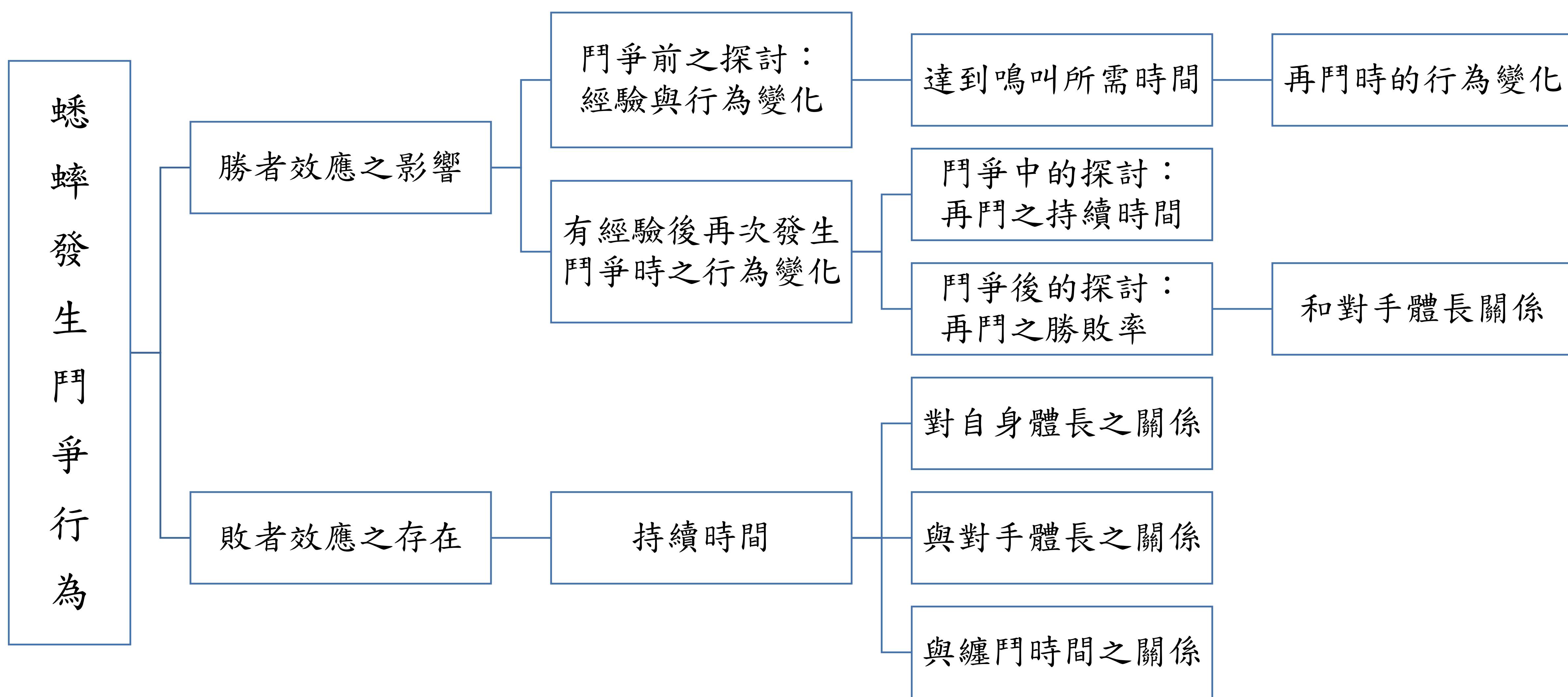
我們曾經在電視上看到鬥蟋蟀的活動介紹，讓我們留下了深刻的印象。

除了本身體型的大小之外，也存在著其他控制勝敗的因素，而其中所謂的勝者效應更讓我們覺得有趣；其他動物竟然也和人類一樣，會因為過去的成功或失敗的經驗而更加鬥志高昂或是士氣低迷。因此我們決定以黃斑黑蟋蟀(*Gryllus bimaculatus*)的打鬥行為作為研究的目標，希望可以更深入的了解蟋蟀經驗和打鬥勝負的關係。

# 貳、研究目的

- 一、探討蟋蟀鬥爭行為模式
- 二、勝者效應對鬥爭前行為模式的影響
- 三、經驗與纏鬥時間的關係
- 四、經驗對鬥爭結果的影響
- 五、落敗者的行為模式與產生
- 六、敗者效應持續時間與其他因子之探討

# 參、研究架構



# 肆、實驗方法與過程

## 一、研究對象之安置飼養

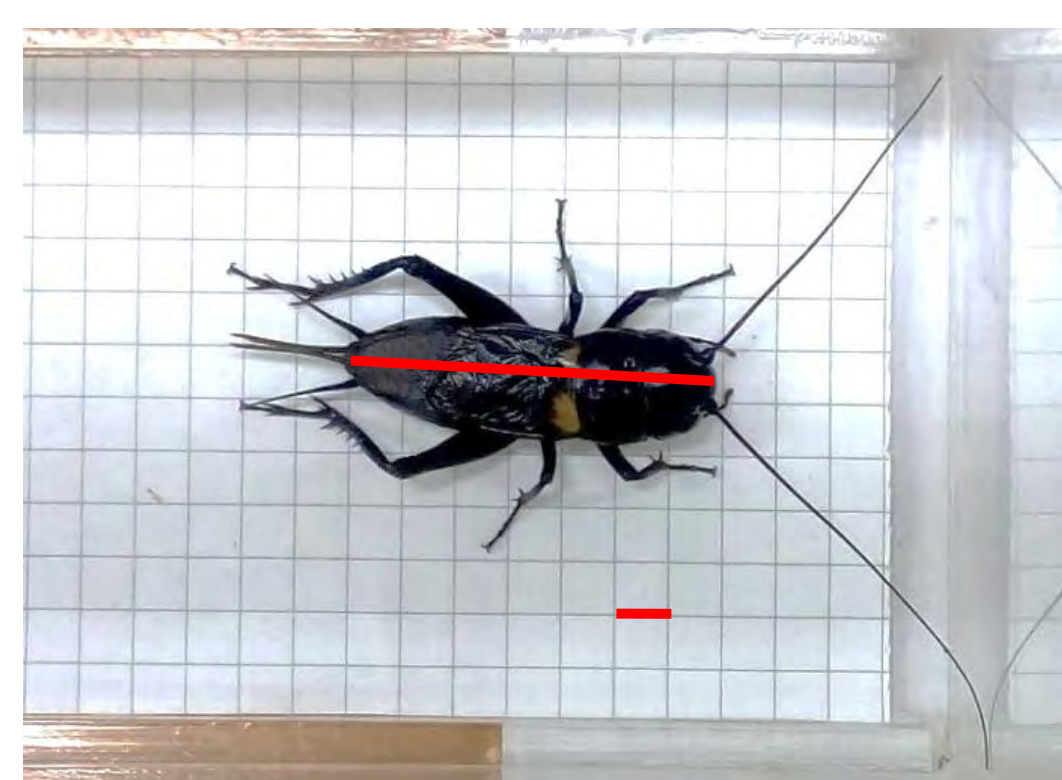


購置未羽化之蟋蟀七齡和八齡雄性若蟲，混養於大型飼養箱內。



將蟋蟀成蟲挑出，單獨置於小型飼養箱，使其無法和其他隻蟋蟀接觸。

## 二、前置處理—量測體長



1. 以Image J開啟相片，在圖上描過方格並定義其長度為0.5公分。

2. 在同一張圖上畫線描過蟋蟀體長，即可得到蟋蟀體長。

## 三、實驗流程

①		挑選適合打鬥之二蟋蟀，將兩隻蟋蟀置於同一自製打鬥區內。
②		以貓捋刺激蟋蟀，致使其展現鬥爭前的行為，並記錄所需之時間。
③		兩隻蟋蟀皆經過刺激並發出鳴叫後，移去中間隔板。
④		以雙方大顎咬合為基準開始計時。

## 四、實驗設計—分組方式

	差距未達0.4cm	差距0.4cm以上
W大W小		
W大N小	紀錄實驗結果	
N大N小		
N大W小		

我們挑選體長差距在0.2cm以上之蟋蟀進行打鬥，而在這之上又以0.4cm為界分出兩種級距。

而每個組合當中除大小差異之外，再搭配蟋蟀近期是否具有勝利經驗，設計四種組合，W代表近期有勝利經驗，N代表近期無打鬥經驗。



# 伍、研究結果

## 一、蟋蟀鬥爭行為之紀錄

以貓捋刺激其頭部或觸角後，致其發生打鬥的一連串行為模式如下：

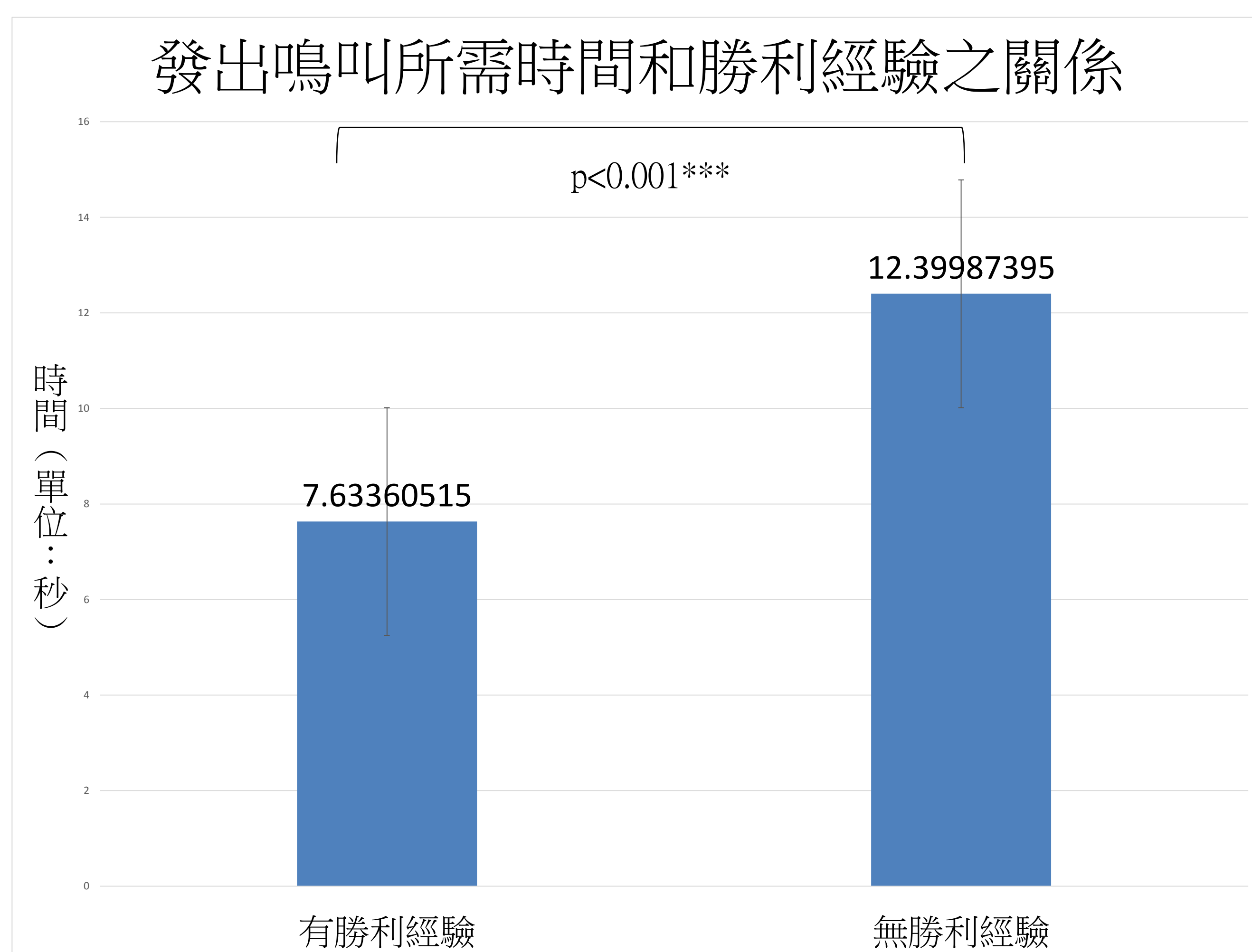
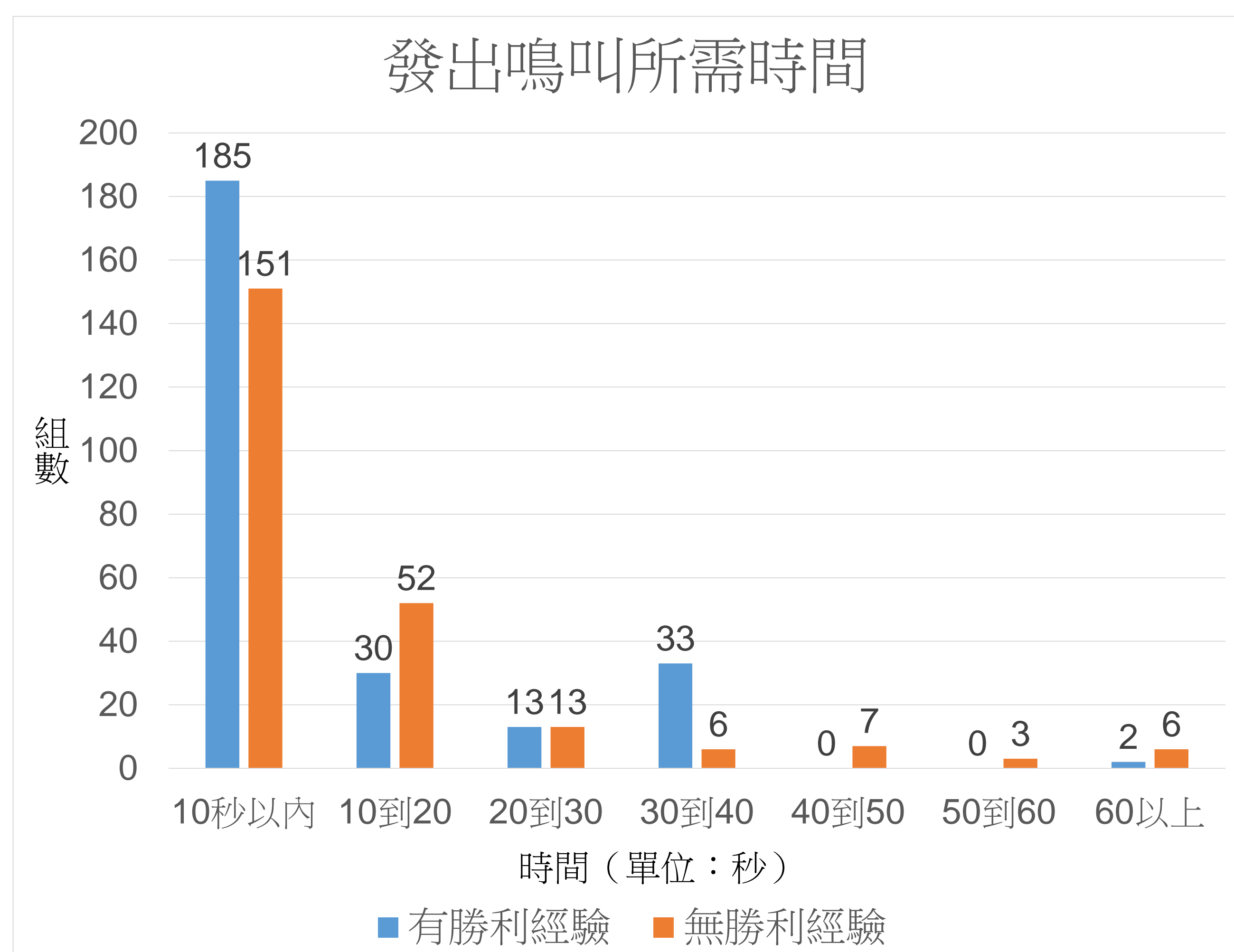
		
(一) 蟋蟀張開大顎, 並揮動第一對步足	(二) 兩隻蟋蟀會再度張開大顎並互相面對。	(三) 兩隻蟋蟀向前衝刺並以大顎互相咬合。

打鬥進行至蟋蟀不再以大顎互相咬合，並有一隻轉向為止。在打鬥停止之後，如果再以貓捋刺激蟋蟀，則只有勝利者能夠產生鳴叫之行為，落敗者則呈現不同的行為模式。

## 二、鬥爭前之探討：勝者效應對行為模式的影響

我們記錄了每隻蟋蟀從接受刺激到發出鳴叫所經過的時間，並比較有無經驗之蟋蟀在時間上之差異，結果如下表左（將其以十秒為單位分組計次）。

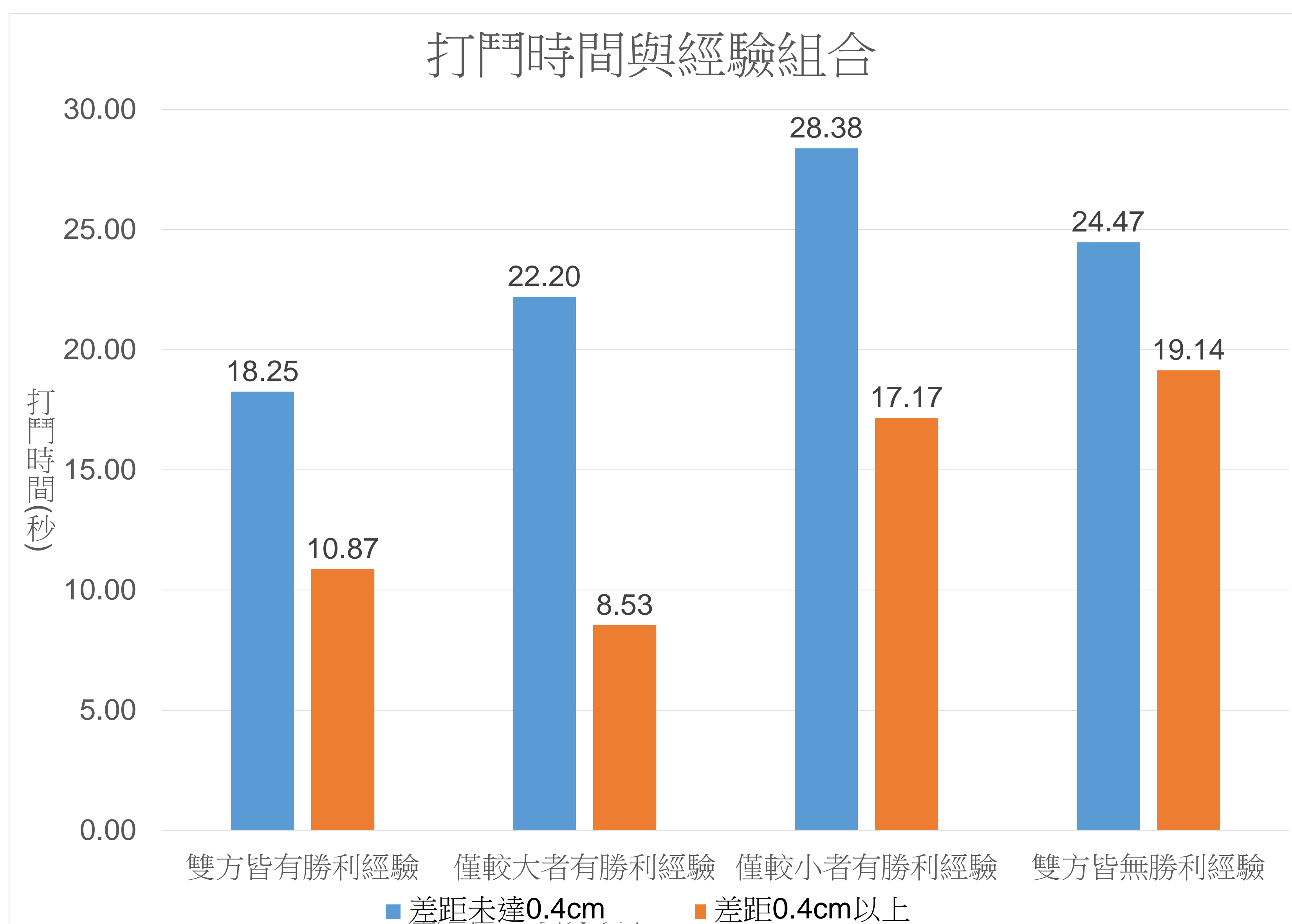
將兩組全部的時間數據進行平均比較並進行t檢驗。結果顯示，有勝利經驗的蟋蟀所需時間較短，統計上具顯著差異。



## 三、鬥爭中之探討：經驗與打鬥時間的關係

我們以體長大小和勝敗經驗之分組進行統計分析，得知當體長差距較大，打鬥時間即較短，然而不同經驗分組之間，其打鬥時間均未達到顯著差異。

	差距未達 0.4cm	差距0.4cm 以上
W大W小	18.25秒	10.87秒
W大N小	22.20秒	8.53秒
N大W小	28.38秒	17.17秒
N大N小	24.47秒	19.14秒

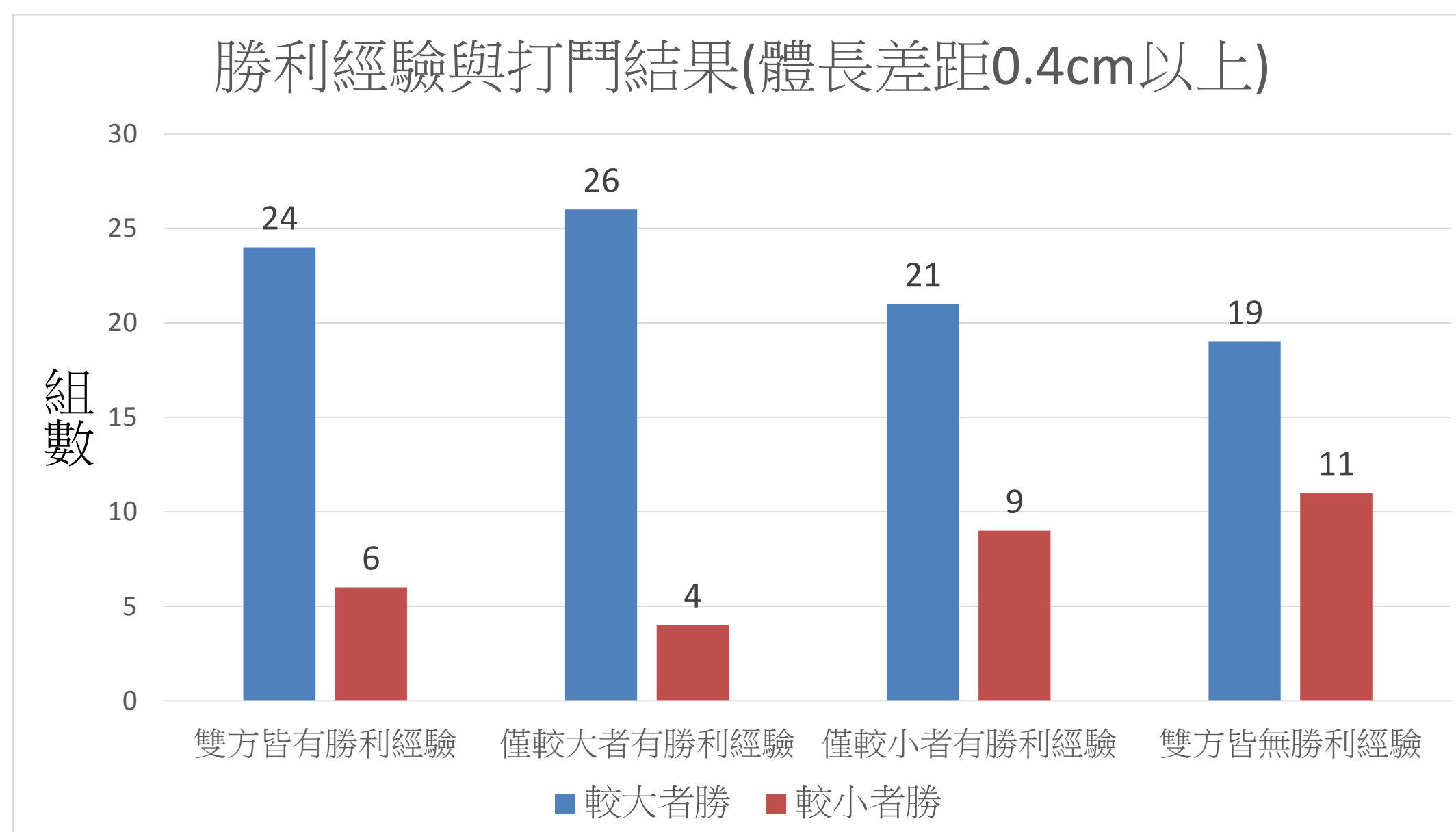
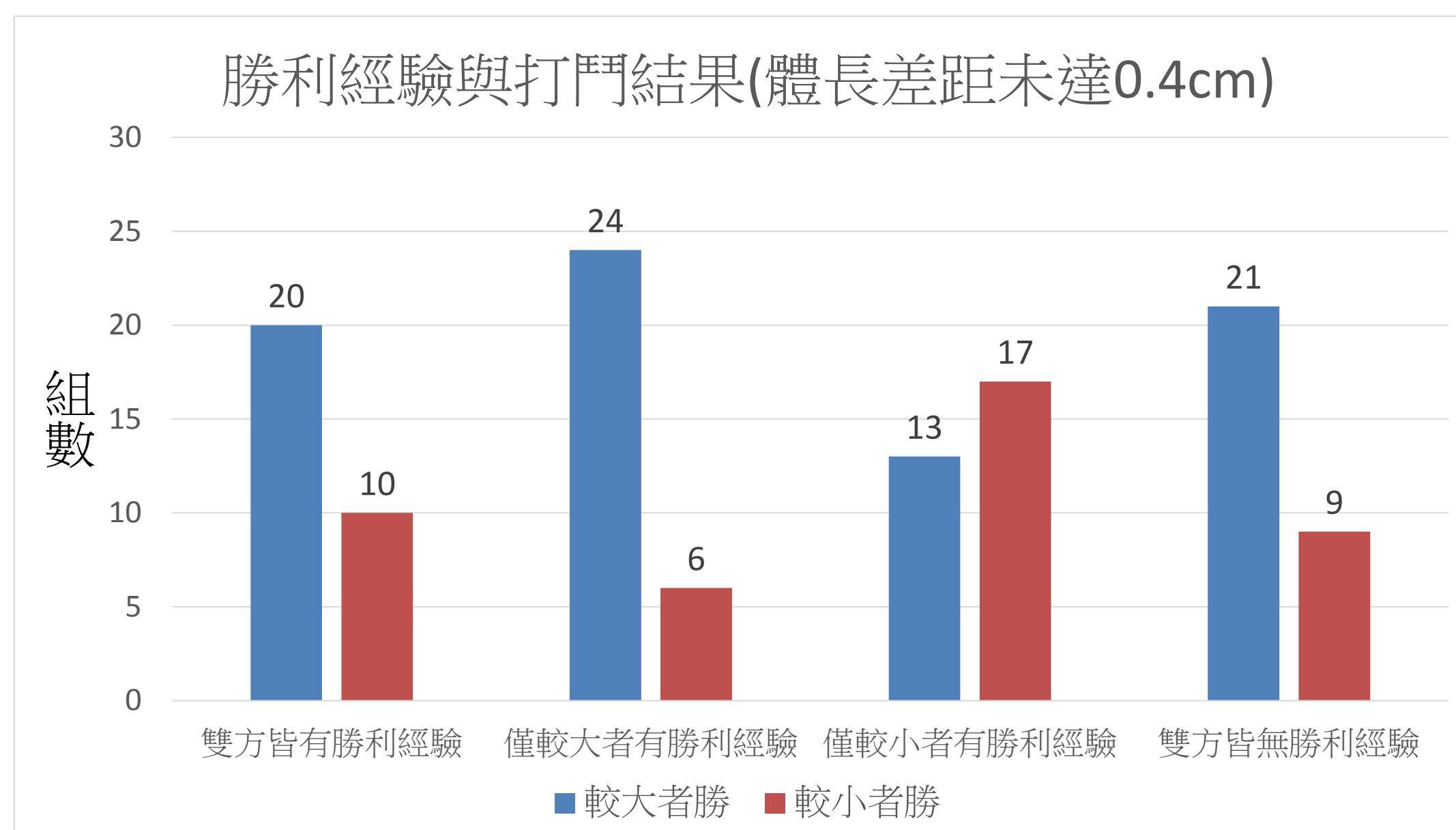




## 四、打鬥後之探討：勝者效應與打鬥結果之間的關係

(一) 差距未達0.4公分時：若僅有較小蟋蟀具勝利經驗，則其勝率提升。

(二) 差距在0.4公分以上：若僅較小蟋蟀具勝利經驗，其獲勝比例不會明顯提升。



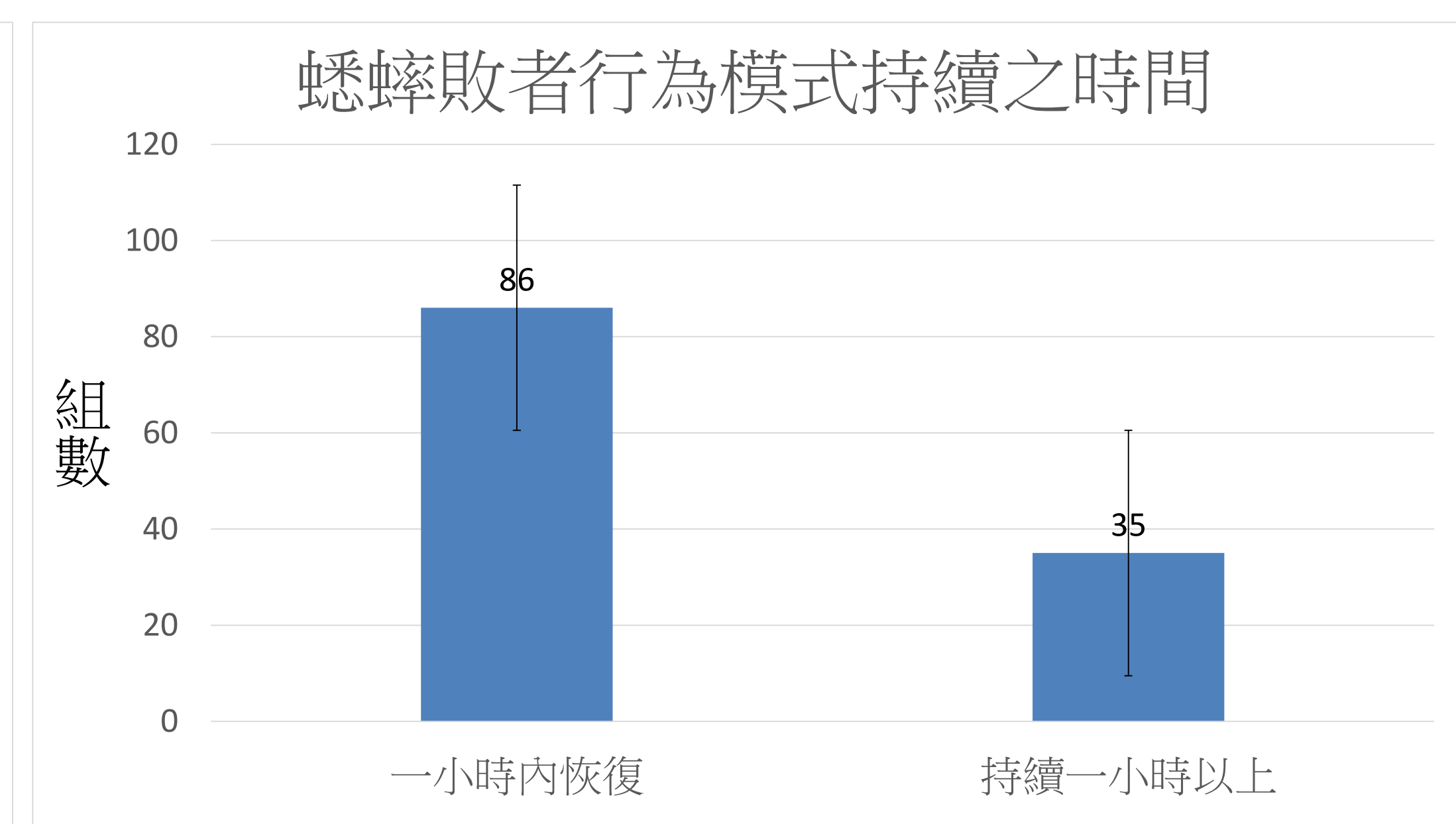
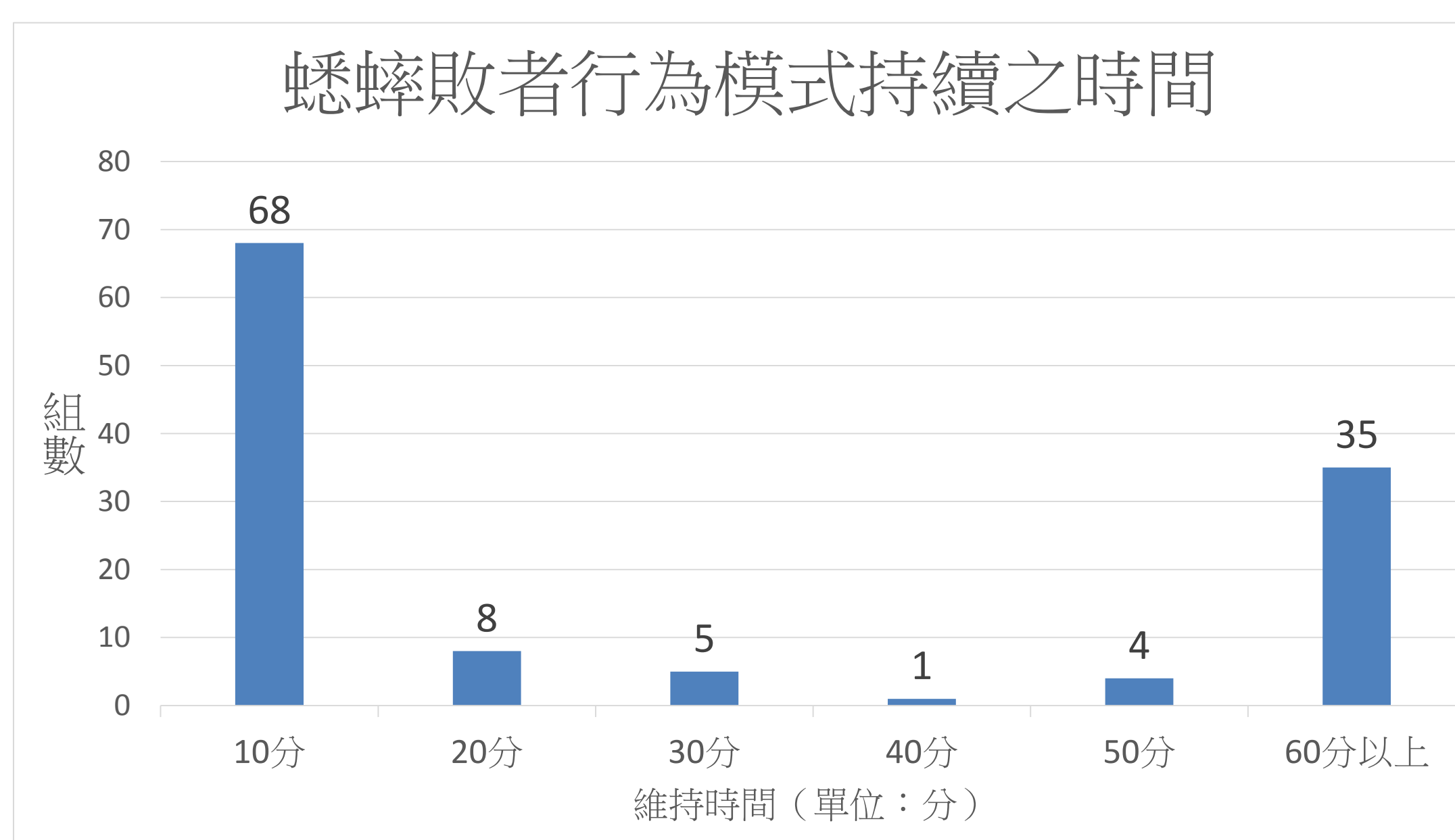
## 五、敗者效應：行為模式紀錄

(一) 敗者效應：

在決鬥中落敗的蟋蟀，受貓捋刺激後會迅速地往前衝，亦不會發出鳴叫。而敗者效應的持續時間存在個體差異，計次如下表。

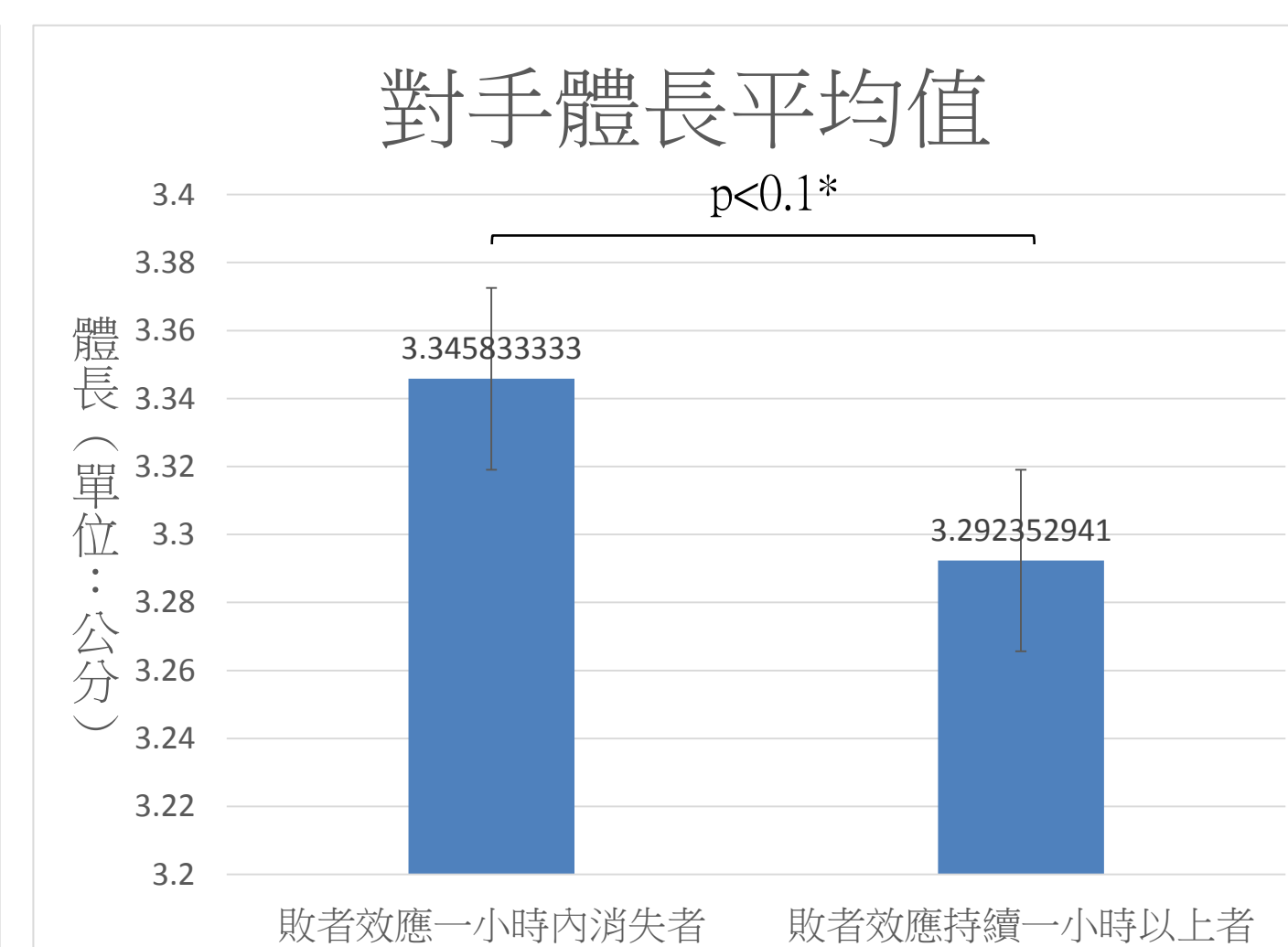
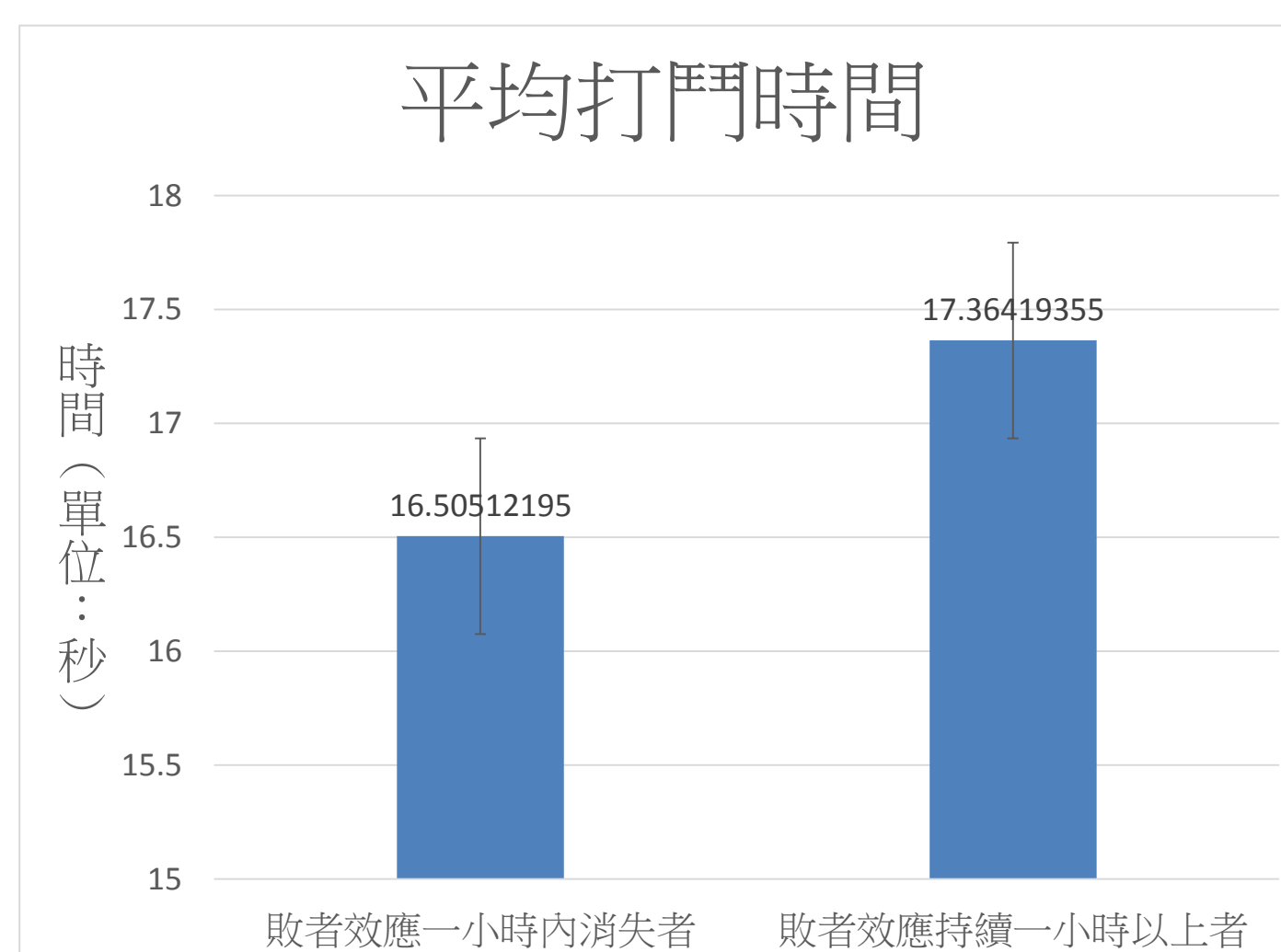
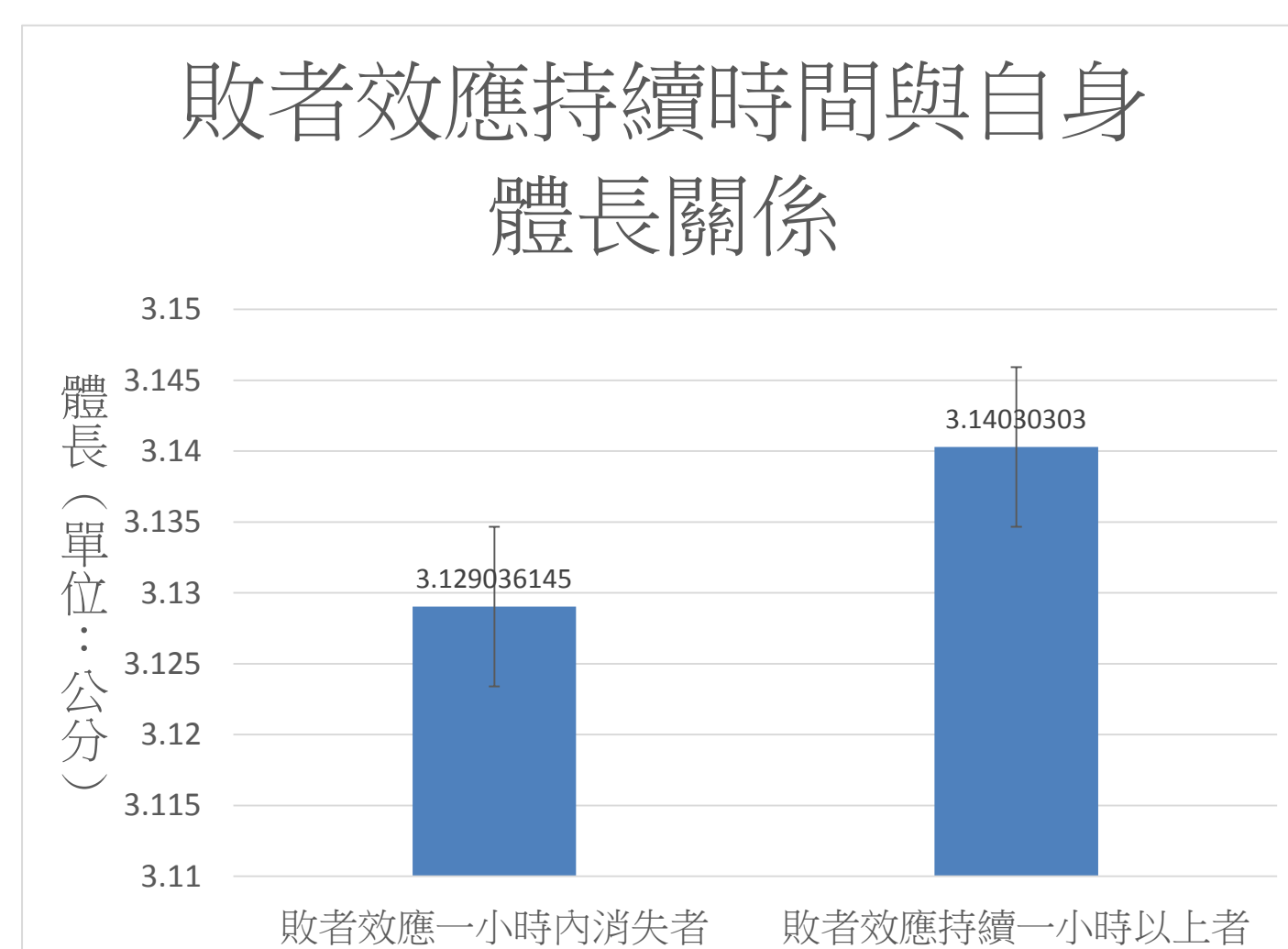
(二) 敗者效應持續的時間雖不同，然可大略分為：

1. 一小時內可恢復。
  2. 一小時後仍無法恢復。
- 因此可進一步整理如下表。



## 六、探討敗者效應持續時間與其他因子之探討

比較兩種蟋蟀(一小時內可恢復/一小時後無法恢復)之間各因子的差異性：敗者效應持續較久者，其對手平均體長較短，於統計上達顯著水準。



## 陸、結論

- 一. 蟋蟀接受刺激而表現出鬥爭前行為所需的時間存在個體差異，目前已知和蟋蟀體長無關。
- 二. 當蟋蟀有勝利經驗時，更短時間的刺激便能使其表現打鬥的行為。
- 三. 蟋蟀的勝敗經驗對於鬥爭結果有影響，當體長差距未達0.4cm時，勝利經驗能使較小蟋蟀有更高的獲勝機率。
- 四. 敗者效應將使蟋蟀在受同樣刺激時，無法表現打鬥行為並表現逃竄行為。
- 五. 敗者效應的持續時間，應和對手的大小有關，持續時間較短者，其對手平均體長較長。

## 柒、參考文獻

- 一. 陳昱儒 (102)。體型差異與近期勝敗經驗如何共同影響動物的打鬥決策。國立臺灣師範大學生命科學研究所碩士論文。
- 二. 許育蓁、洪季嬋、王馨 (104)。勝敗兵家吾可期—探討蟋蟀之勝者效應及影響蟋蟀打鬥的因子。中華民國第55屆中小學科學展覽。