

# ~ 波后尼、波內嚕 ~

## 原住民傳統弓箭的製作與研究

### 摘要

古早的原住民部落，每個原住民男子都要有射箭的好身手，因為這項技能可以獵得足夠的食物，讓族人得以溫飽；而且，弓箭還是項保家衛國的武器，學習射箭和擁有一把自己專屬的弓，是原住民小朋友跨入成人殿堂的第一步。

本研究針對原住民傳統弓和箭的製作方法、過程、材質、弓弦材料、射擊方式…等，進行探究；更針對弓長、拉距、拉力、竹箭長短、射擊仰角…等變因和弓箭射擊的「射程」、「準確度」、「箭速」，進一步分析研究。

我們研究發現：「拉距越長，拉力越大」；「拉距(拉力)越大，射程就會越遠」；「箭越短，射程越遠」；「射擊仰角大約  $35^{\circ}$  時，射程最遠」；「以 22 磅拉力的弓測試，箭速大約為每小時 79 公里」；「箭的行進路線是以拋物線方式進行的」；「箭的重心，才是影響箭的飛行和穩定性的主要因素」；「我們可以調整《拉力》或《射擊仰角》來使弓箭射擊更準確」。

曾在台灣原住民狩獵文化扮演重要角色的弓箭，不只是獵具，也是工藝品，更是一個民族的文化濃縮。原住民傳統弓箭，雖然造型看似簡單，卻是蘊含著原住民的技藝，也傳承了狩獵文化，彌足珍貴。最後，我們期待以「弓箭」為媒，帶領著大家學習科學，並開始關心原住民族的傳統文化。

### 壹、研究動機

「一箭之遙」到底是多遠的距離呢？弓箭到底可以射多遠呢？看到水滸傳裡有提到「一箭之地」，於是查了一下成語辭典，是指不遠的距離。另外，「后羿射日」的神話故事，弓箭竟然可以將太陽射下來！子曰：「君子無所爭，必也射乎。揖讓而升、下而飲，其爭也君子。」俠盜「羅賓漢」的故事，數百年來一直是英國文學的一部份；春秋時代「百步穿楊」的射箭技藝高超，形容射箭技法高明準確；古今中外，有關「弓箭」的典故事跡，不勝枚舉。

聽部分原住民同學說：假日必須回到部落，要和部落裡的長輩到山上打獵！現在打獵還有人會使用弓箭嗎？聽耆老說過：「古早以前，射箭在原住民的生活中有重要地位，在我們部落中，年輕人必需要經過打獵這一關，能夠射中獵物才有資格成為部落的勇士。」而且，到目前為止，還繼續辦理著原住民弓箭射箭比賽唷！

到底弓是怎麼製作的呢？是用些什麼材質？箭又是怎麼製作的呢？什麼材質呢？弦的材質又是什麼？到底弓箭可以射多遠？弓箭的射擊是應用什麼原理呢？怎樣才可以射得準？如何可以讓弓箭射得遠？我們新一代的原住民，還真的是不知道呢！

弓箭的泰雅族語：「Bhoni 弓 Bnenu 箭」(波后尼，波內嚕)。這一次，我們請老師協助，和一些同學組成研究團隊，深入我們原住民部落，開始我們原住民傳統弓箭的製作和研究。

## 貳、研究目的

一、探討原住民傳統弓、箭的製作方式、方法、材質

二、探討影響原住民傳統弓箭「射程」的因素

- 1.探討「拉距」和「拉力」的變化關係
- 2.探討「拉距」和「射程」的變化關係
- 3.探討「弓長」和「射程」的變化關係
- 4.探討「箭長」和「射程」的變化關係
- 5.探討「竹箭重量」、「箭的重心」和「射程」的變化關係
- 6.探討「射擊仰角」和「射程」的變化關係

三、探討弓箭射擊「箭速」的變化關係

四、探討如何可以讓弓箭「射準」

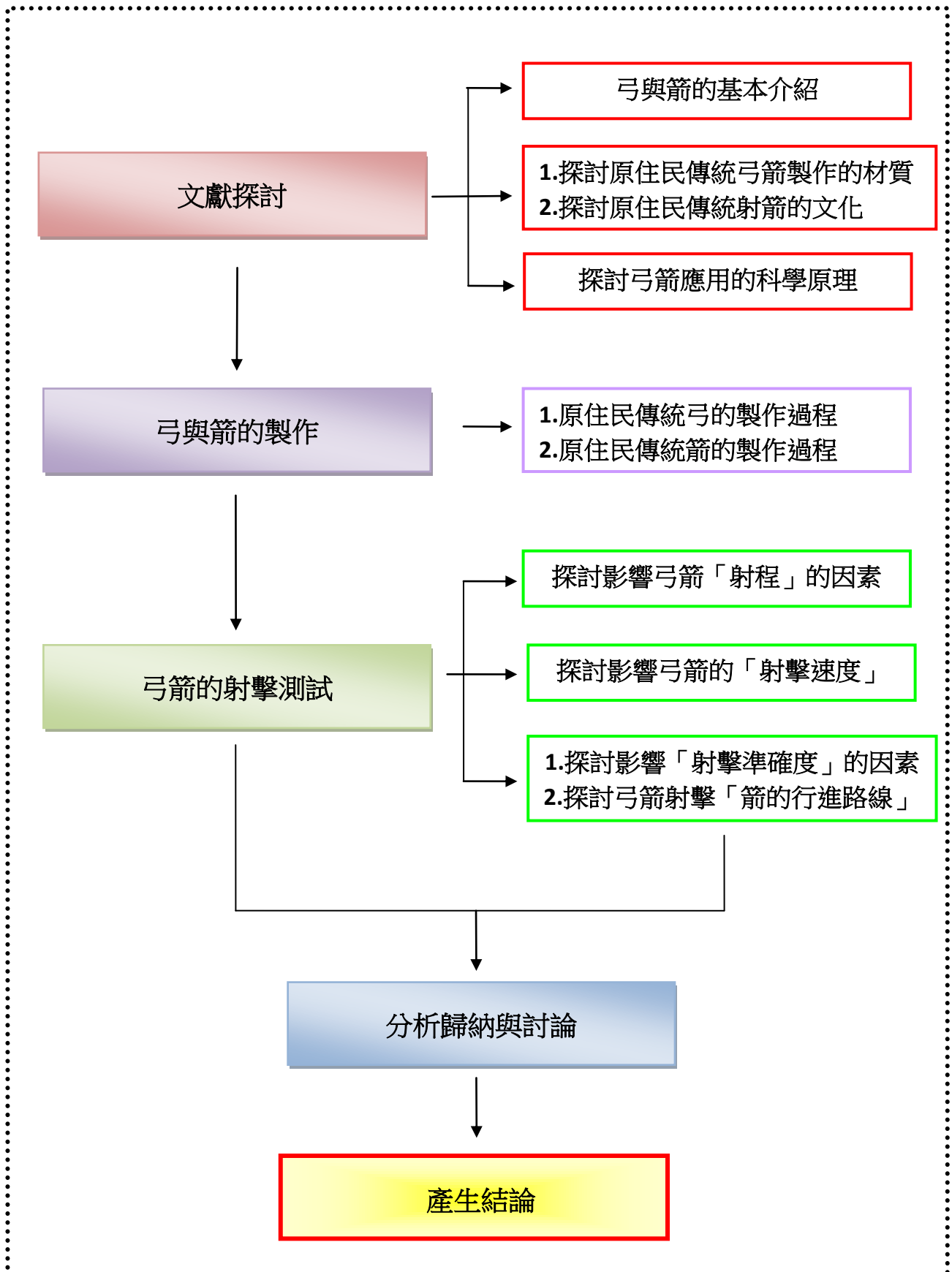
- 1.探討弓箭射擊時「箭行進路線」的變化關係
- 2.探討如何調整「拉距」、「射擊仰角」可以讓弓箭「射準」

## 參、研究設備與器材

木弓 	竹箭 	拉力測試器 	電子拉力測試機 
弓箭發射架(自行設計) 	高速攝錄影機 	垂直、水平測試儀 	角度測試儀 
靶紙 	測速槍 	捲尺 	束帶 

## 肆、研究方法

### 一、擬定架構



## 二、文獻探討

### (一)弓與箭的基本介紹

射箭，可謂是中國古代體育項目的鼻祖了。據考古發現，它在距今二萬八千多年前就已經出現了。譬如：射箭在周代就被列入當時教育的內容之一，**當時的六藝：禮、樂、射、御、書、數**。其中射箭就是一項很重要的內容。當時的孔子、荀子以及墨子等等，都是射箭愛好者，不僅自己身體力行，同時也鼓勵學生射箭。

遠古時期人類就已知道使用弓箭狩獵，以取得食物，後來演變成戰爭兵器。時至今日，弓箭已逐漸由武器的觀念，轉為運動休閒用品，雖然使用目的漸漸轉變，但人們對於射箭的熱情卻有增無減，顯現出射箭運動的歷久靡新。箭的發展也是隨著弓的材質發展不斷的改良，弓的材質也隨著科技的進步由早期的木材、竹子、籐材轉變為今日的複合材質〈玻纖、碳纖、鋁合金〉。

### (二)如何選擇適合的弓

- 1.如何選擇一把弓，最重要的兩項考量重點：「**拉力**」與「**拉距**」。
- 2.弓的主要構造、功能，我們以圖解方式呈現，如圖 4-2-1 所示。

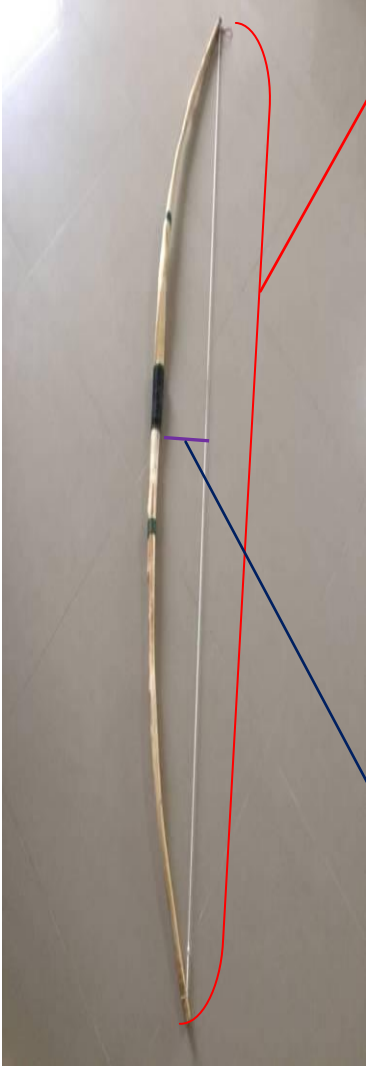


<p><b>弓重：</b> 指弓未裝上任何配件前的重量。一般傳統弓的重量約在 1~2.5 磅之間，越重的弓較不會震動，比較穩定。</p>		<p><b>弓長：(紅色線段)</b> 指弓弦線固定在弓臂兩端時弓的長度。越短的弓，其視角也越小，對於搭箭瞄準以手放箭的位置會越窄。</p>
<p><b>拉力：</b> 拉弓弦所付出的力量。 12~16 歲的青少年約使用 20~30 磅(9~13.6 公斤)拉力的弓；成年人一般是拉 30~60 磅(18~27 公斤)的弓。</p>		 <p><b>拉距：(紅色線段)</b> 拉弓弦時，弓弦和弓的距離。 通常以拉滿弓所需最大的力量，計算弓的磅數。</p>
<p><b>初速：</b> 指箭從拉緊的弓弦線釋放出去時所測得的箭速。是箭在離弦後其初始飛行的速度。 箭速快的好處有以下幾點： 1.箭的滯空時間短避免受風力、雨水等外在因素影響箭的準確性。 2.箭的飛行路線較平直，擊中目標的誤差率較低。</p>		 <p><b>弓窗：(圓圈處)</b> 在弓的握把處上方，會有一個凹陷處，可以搭放竹箭，也可以利用來瞄準。</p>
<p><b>弓弦高：(紫色線段)</b> 未拉弓弦時，握弓處弓弦線與握把的距離。 一般傳統弓的<b>弓弦高</b>約在 17~22 公分間，標準的約在 20 公分左右。</p>		

圖 4-2-1 弓的主要構造及功能圖解說明圖



### (三)如何選擇適合的箭

箭的選擇須配合弓的**拉距**及**拉力**，這個箭才能飛的穩定，一支太輕的箭對弓來說尤如放空弓弦，對弓的損傷非常大；相對的一支太重的箭，它的有效飛行距離將會縮短，也就無法發揮弓應有的效能。

箭的主要構造：有「**箭頭**」、「**箭桿**」、「**羽葉**」、「**箭扣**」四個主要部份，如圖 4-2-2 所示。

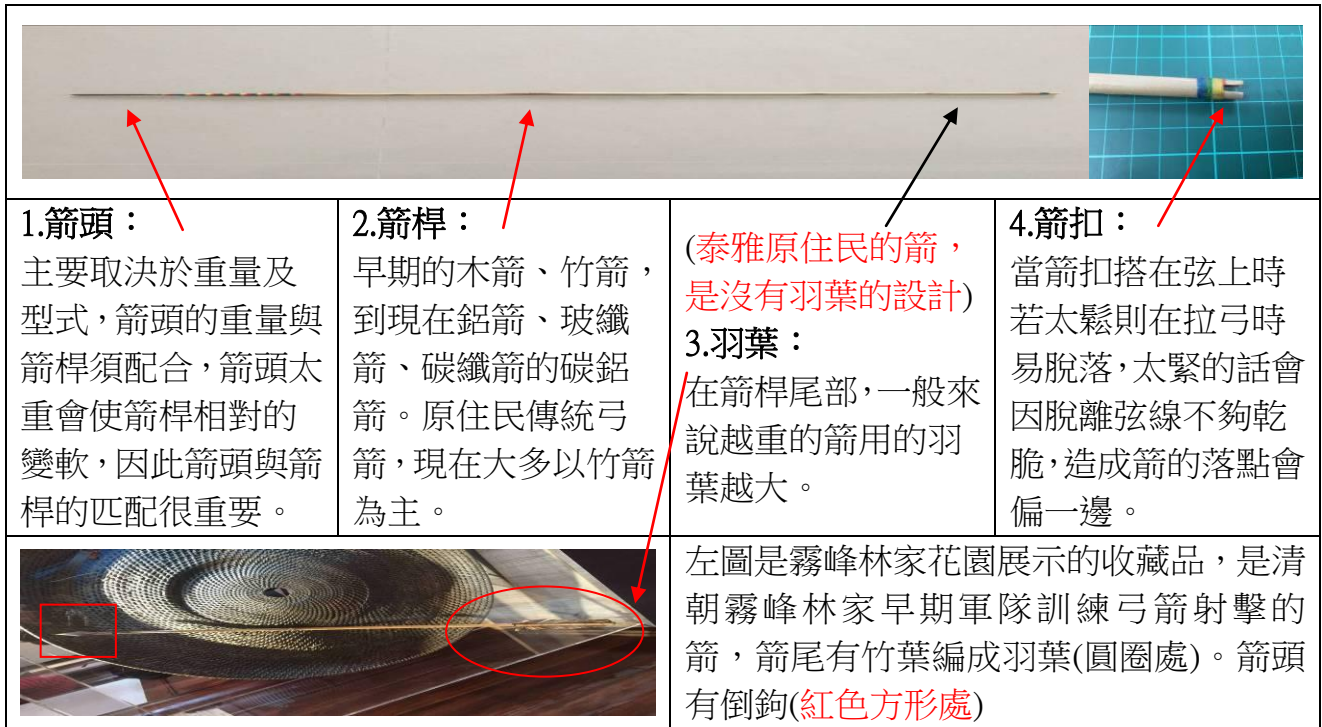


圖 4-2-2 箭的主要構造及功能圖解說明圖

### (四)原住民弓箭的探討

「**狩獵**」曾是台灣原住民族生活中最重要的一環，還能延續傳統文化。既然是「**文化**」，注重的便是「**過程**」與「**傳承**」。

弓箭一直是台灣原住民最重要的武器，舉凡狩獵、保護家園、出草…等。狩獵，可說是泰雅族中，重要性僅次於農耕工作的「**產業**」。狩獵所捕獲的獵物，除了供族人及部落所需外，更可以和其他族交換部落所缺乏之物品。弓箭是狩獵中非常重要的武器，尤其是當遇到如山豬或熊等大型猛獸時，**弓箭可以遠距射擊**，是狩獵時不可或缺的武器。

泰雅男孩在約九歲至十歲左右，就會由父親帶領指導如何使用弓箭。在某些部落中年輕人必需要經過打獵這一關，**能夠射中獵物才有資格成為部落的勇士**。因為，打獵獲取獵物及保護部落，是泰雅勇士不可避免的責任。傳統的泰雅弓箭，弓身是採用「**呂宋夾迷**」植物為材料，只是現在的**呂宋夾迷**已不多見，取而代之的是「**七里香**」。箭桿則是以箭竹為材料，**玉山箭竹**是最佳的箭材；通常箭桿的尖端會加上鐵鏃或石鏃，再用硬石琢磨成各種不同的箭尖；至於箭的**末端**，則不加上**羽毛**。弦，以前都是用草藤或黃藤做為材料，現在則是進步到以尼龍繩索為材料了。

我們將傳統原住民的弓和箭分類介紹，如圖 4-2-3 所示。

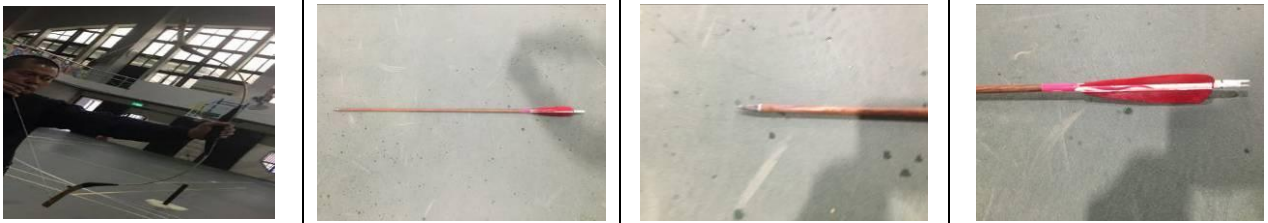
### 一、原住民傳統「狩獵專用」的弓和箭



#### 特色介紹：

- 1.弓長大約在 140cm~150cm 左右，弓長比一般的弓更短小，主要是方便在叢林中活動，追逐獵物時更方便。
- 2.搭配狩獵的箭，箭桿的材質一樣是竹子製作；最大的差異在於箭頭，箭頭設計有倒鉤，主要在打到獵物時，可以讓獵物放血，攻擊性強大。

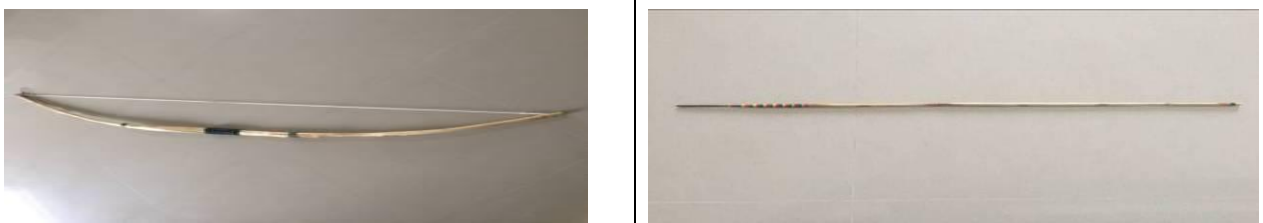
### 二、國際傳統射擊比賽專用弓箭(國際賽專用)



#### 特色介紹：

- 1.弓長大約 160 cm~180cm 左右，弓身為複合材質，部分材質為玻璃纖維製作，為反曲弓造型，拉力磅數高達 40 磅，射程可超過 100 公尺。
- 2.搭配射擊的箭，箭桿為碳纖維材質或木質，箭頭比較短小，箭長比較短，大約 80cm 左右。最大特色是箭尾有三片羽毛，主要是因為射擊比賽距離較遠，箭需要比較穩定的飛行，才能準確命中目標。

### 三、原住民傳統弓箭(一般練習及原住民射箭比賽專用)



#### 特色介紹：

- 1.主要是平常練習、教學、介紹、體驗或原住民傳統弓箭射擊比賽使用。
- 2.弓長不限，可隨意製作，大多數弓長約 180cm~220cm，目前大多數為七里香材質。
- 3.搭配射擊的箭為竹箭，箭頭以鐵釘嵌入，箭尾沒有羽毛，比賽規格，箭長大約 90cm。
- 4.後續的實驗操作，我們將以此款的弓箭，當成實驗研究器材。

圖 4-2-3 各類原住民傳統弓箭的介紹

## (五)原住民弓箭製作的原理與射擊探討

### 1. 弓箭製作的原理

弓箭的技術是祖先流傳下來的智慧。在科學老師眼中，弓箭也具有科學意義。弓可分為**弓身**及**弓弦**兩部分，弓身利用有彈性的材料才能提供彈性能。選用的材料因地制宜，早期多是使用彈力好的樹枝，例如泰雅族與布農族常用木材製作弓體，木製的弓身以整塊原木削製而成，但竹林多了之後，也可以用竹製。

弓的二側削得又細又薄，容易「形變」，使拉弓的時候更容易彎曲。那麼，為何中央要厚呢？弓體中央粗厚，除了易於掌握，拉弓時二端的形變大，中間的形變小，可使力被分散，使中央不容易斷裂。施力越大彎曲越大，如果是厚薄一致的單層弓，在受外力時，容易在弓的中央處斷裂。弓的製作科學原理說明，如圖 4-2-4 所示。

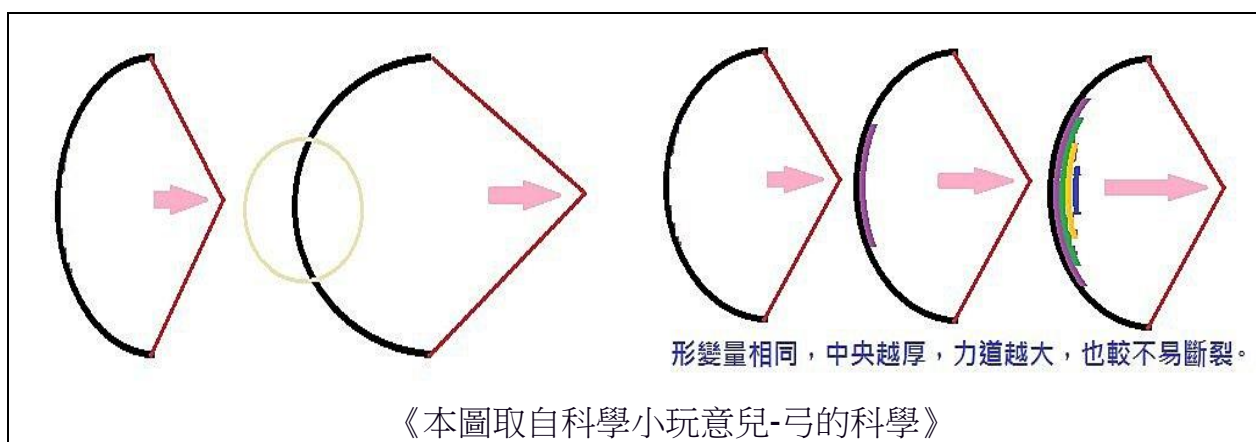


圖 4-2-4 原住民傳統弓的製作原理說明圖

### 2. 弓箭射擊的原理：

原始弓箭的射擊原理，是透過人力拉緊弓弦，使弓臂彎曲變形，同時儲存彈力，然後鬆開弓弦，弓臂馬上恢復原狀，並迅速釋放能量，把扣在弦上的箭大力地彈射出去。當我們把弓拉開時，就已將拉弓所需的能量貯藏在弓內。放箭時，貯存的能量就釋放出來，使箭在空中以頗高的速度飛射出去。

現在假設將一支箭，以一定能量發射，如不計空氣及風力之影響，則箭在空中飛行，其軌道依牛頓運動定律，必為拋物線。此拋物線之形狀及位置，視箭之質量、發射箭之能量、箭所在空間之位置(箭的高度)、以及箭與水平線所成之角度而定。如果每一支箭的長度、大小、形狀及質量一定，且箭所在空間之位置一定，發射箭的能量一定，則每支箭必沿著同一軌道飛行。如果標靶中心恰好在軌道上，則每支箭必能射中靶心。

如果靶心不在其軌道上，則可藉調整之飛行軌道，以達到每箭都能射中靶心的目的。

如何調整箭之飛行軌道呢？理論上有下列三種方法。

- (1)調整箭之長短、大小及質量。
- (2)調整發射能量。(調整「拉力」或「射擊仰角」)
- (3)調整正待發射時箭在空間的位置。(手握弓的高低)



### 三、實地訪查

#### (一)拜訪泰雅族部落長老

1.我們是屬於南澳泰雅族原住民部落，我們請家裡的長輩協助聯絡部落裡原住民的長老，約定時間前往部落，向精於弓箭製作的長老請益，了解原住民傳統弓箭的歷史、演進、材質、製作、文化、傳承等相關問題。

2.原住民傳統弓箭的文化，有各自部落的特色，但是其原理、功能、材質、大小，其實是大同小異的，因為我們是泰雅族，我們這次的研究，以泰雅族的傳統弓箭為主要研究對象。

#### (二)實地學習弓與箭的製作

1.目前原住民傳統弓的製作，大多分為木製弓和竹製弓二種。木製弓，大多以七里香為材質，我們請部落長老協助製作三把長短不同的木弓。我們這次的研究以七里香木製弓為主要探討項目。

2.目前原住民傳統箭的製作，大多是以箭竹為材質，我們製作 5 支長短不同的竹箭，當成研究探討的項目。

### 四、規畫實驗

我們將蒐集到的文獻資料和實地訪查的記錄，彙整討論，當成我們實驗設計的方向，並嚴格控制變因。我們這次實驗設計的規劃如下：

- (一)探討「拉距」和「拉力」的變化關係
- (二)探討「拉距」和「射程」的變化關係
- (三)探討「弓長」和「射程」的變化關係
- (四)探討「箭長」和「射程」的變化關係
- (五)探討「竹箭重量」「竹箭重心」和「射程」的變化關係
- (六)探討「射擊仰角」和「射程」的變化關係
- (七)探討弓箭射擊「箭速」的變化關係
- (八)探討弓箭射擊時「箭行進路線」的變化關係
- (九)探討如何調整拉距、射擊仰角可以讓弓箭「射準」

### 伍、研究過程、結果和討論

#### 【研究一】原住民傳統弓箭的製作與射擊方法探討

我們這次的研究，主要是以原住民傳統的弓箭為研究方向。我們請部落的親戚協助，連絡曾經多次獲得原住民傳統射箭比賽冠軍，也是目前部落中最專精於弓箭製作的伯父，來指導我們有關弓箭的製作和射擊方法的探討。

#### (一)研究過程

##### 1.弓的製作

##### (1)彈木挑選：

- a.原住民傳統弓製作，主要有木弓和竹弓二種，木弓較為牢固耐用，我們這次以木弓為研究方向。
- b.木弓的材質選擇，每個原住民族習慣使用的材質不一定，會依照當地環境來



選擇，通常是以七里香、呂宋夾迷、黑皮樹、檫木、桃花心木等彈力較好的木材來當製作。

c.不管使用什麼材質，必須要挑選長度適中，比較挺直的木料才可以。

d.我們這次選用「七里香」為木弓的製作材質。

#### (2)定位重心：

a.先找出木材的中心點，做上記號。

b.中心位置必須是比較粗壯的，可以成為整個木弓的支撐中心點才可以。

#### (3)弓柄加工：

a.以電動刨刀，從中心點往二側刨除木材，兩側較薄。

b.中心點的位置，為木弓的支撐力量，中心點位置不能刨除過薄。

#### (4)弓窗設計：

a.木弓的中心點會設計凹槽，可以協助射擊時，箭的放置。

b.弓窗設計，相當於準星、瞻孔的設計，可以協助弓箭射擊瞄準。

#### (5)弓弦安裝：

a.弓弦材質，以一般家庭尼龍製窗簾繩安裝即可。

b.上弦時，必須配合木弓的張力和所需要的磅數調整鬆緊，不可過鬆或太緊。

#### (6)磅數測試：

a.一般弓箭的設計，是以磅數來衡量弓的強度。原住民傳統木弓的製作，也是以磅數來衡量弓的強度。

b.木工完成後，必須進行磅數測試，一般 12~16 歲青少年所使用的磅數大約 20~30 磅。磅數太重，會拉不動弓弦；磅數過輕，也失去弓箭射擊的效能。

c.我們這次的木弓製作，為了控制變因，就以約 20 磅的木弓為設計方向。

## 2.箭的製作

#### (1)箭竹挑選：

a.一般原住民傳統箭會用材質較堅硬的箭竹，約取 90 公分左右。

#### (2)磨平取直：

a.將竹節磨平，再以多次燒烤方式，慢慢將箭竹取直。

#### (3)箭頭裝置：

a.鐵釘的粗細大小須和箭竹的粗細配合。

b.竹箭前方鑽洞，鐵釘需沾些許熱熔膠協助固定，再放入鐵釘。接著將竹箭前方磨細，再纏繞細線固定。

#### (4)箭尾設計：

a.將箭的尾端削成凹槽，形成箭扣，再纏繞細線固定，此為箭可置放的空間。

## 3.弓箭射擊安全

(1)任何時刻，弓箭絕對不可以對著人！以確保安全！

(2)空弦拉弓時，請勿直接放弦，避免手部受傷，也避免木弓斷裂。

## 4.弓箭射擊規則

(1)射準比賽

(2)射遠比賽

## (二)研究結果

1.我們將原住民傳統弓箭製作過程記錄下來，如圖 5-1-1 所示。

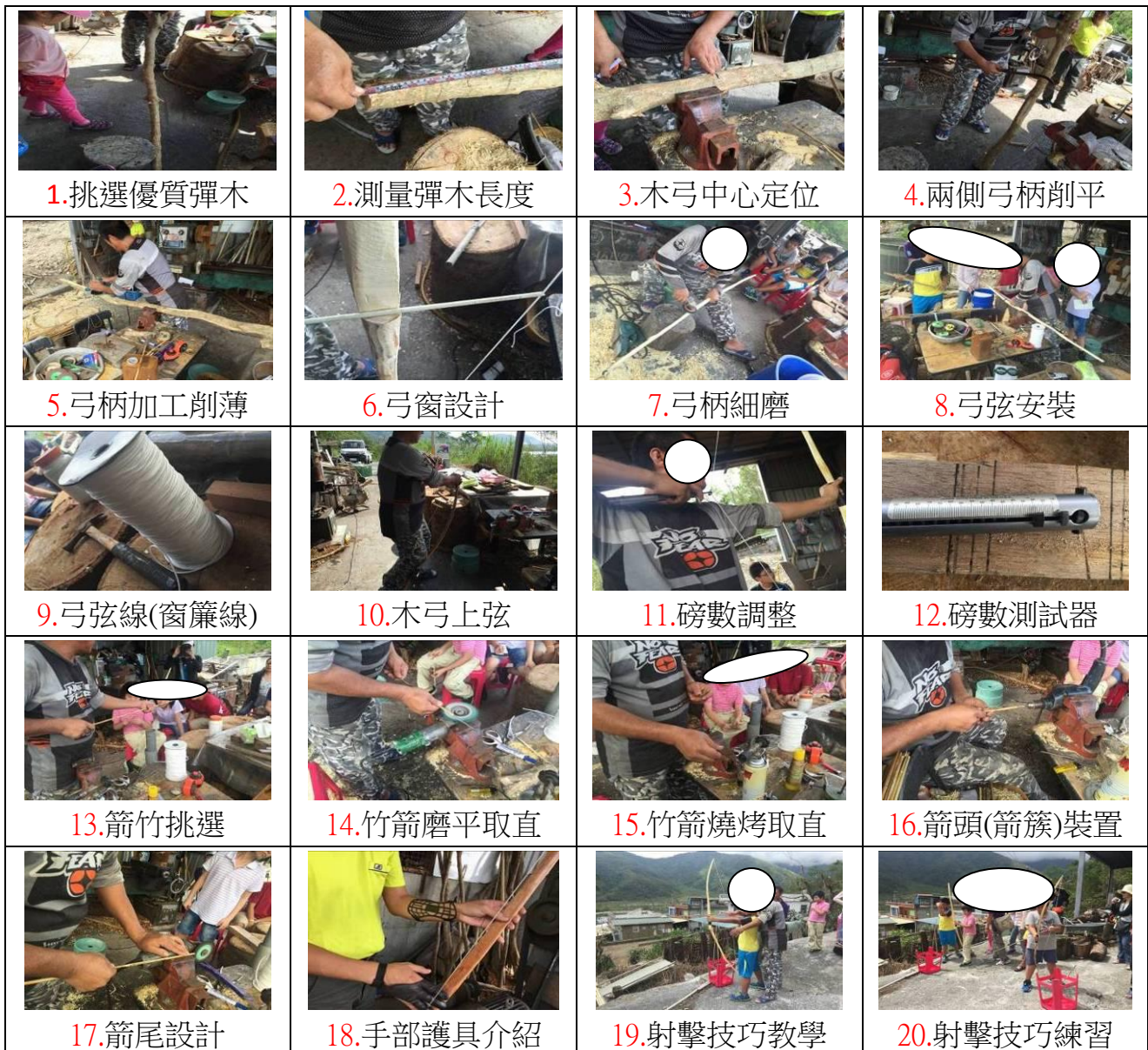


圖 5-1-1 原住民傳統弓箭製作過程說明圖

## (三)討論

- 1.製作木弓的七里香木料，從樹上擷取下來，必須先置放一個月以上，讓木材的濕度降低(不易變形)。而且木材不能有蟲蛀、龜裂…等狀況。
- 2.木弓製作完成後，還要再上一層薄薄的亮光漆，可以保養木弓，使木弓的壽命延長。
- 3.向部落長老請益，影響「射程」和「射準」的變因討論：

### 和部落長老的討論

- a.依據原住民長老的射箭經驗，「射程」是弓箭製作最重要的要素。「射程」，代表的是弓箭的力道、強度、更是準度的依據。有一把適合的弓，才能夠「射準」。
- b.影響「射程」的原因大概有以下幾項：第一是弓的「磅數」，也是最重要的因素。另外，必須要有好的彈木，還要適合個人的力道。磅數不足，射程就不夠；磅數過



大，臂力不足，弓就無法拉開。

c. 「**弓長**」、「**拉距**」、「**拉力**」、「**箭的長短**」、「**射擊仰角**」、「**射擊高度**」，都可能是影響「**射程**」的因素之一。

d. 實際的「**拉距**」，必須扣除「**弓弦高**」，要不然「**拉力**」會產生誤差。

※我們將以上這些和長老討論的經驗，作為我們測試弓箭「**射程**」的「**重要變因**」。

### 【研究二】應該由誰來射箭？

1. 考量我們的力道，我們總共製作了四把木弓：分別為 200cm、190cm、170 cm 三把弓，拉滿弓約為 22 磅(9.978 公斤)的拉力；另外一把為 170 cm 的弓，拉滿弓約為 15 磅(6.803 公斤)的拉力。

2. 四把弓的介紹說明，如圖 5-2-1 所示。




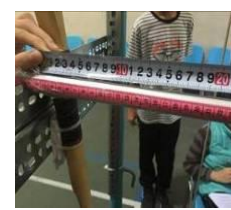

				
木弓四把 弓長都不一樣	拉滿弓 15 磅 弓長 170cm 弓弦高 15cm	拉滿弓 22 磅 弓長 170cm 弓弦高 23cm	拉滿弓 22 磅 弓長 190cm 弓弦高 20cm	拉滿弓 22 磅 弓長 200cm 弓弦高 18cm

圖 5-2-1 實驗測試的弓長和弓弦高介紹

### (一)研究過程

1. 弓箭的射擊，看起來好像很簡單，實際練習之後才知道「**真的很難**」。

2. 經過幾次的弓箭射擊練習之後，我們的弓箭射擊技巧稍有進步。但是，每個人的**拉力**、適合的**弓長**、**穩定性**、**高度**、**角度**…等，都不一樣！這必定會影響我們實驗的準確度，將會造成實驗的誤差。

3. 所以應該由誰來射箭呢？

4. 經過討論之後，為了控制變因，我們決定設計一個【**弓箭發射架**】。

### (二)研究結果

1. 為了要**嚴謹的控制變因**，我們設計一個【**弓箭發射架**】，如圖 5-2-2 所示。

#### 嚴謹的控制變因

為了**控制變因**，我們自行設計「**弓箭發射架**」將**弓固定住**。例如：弓箭架設是否垂直、水平，角度是否正確、拉距是否到位。我們利用水平、垂直測試儀、量尺、量角器等器材，來加強射擊前的測試和**變因控制**。先測試「**拉距**」和「**拉力**」的變化關係，再測試不同的「**變因**」和弓箭「**射程**」的變化關係，後續相關的實驗，也都是以**弓箭發射架**來射擊。

另外，我們也利用學校「**室內的體育館**」，**密閉的場地**來進行實驗，避免因為風力的強弱，影響實驗的準確性！



			
1.先利用角鋼和羽球架固定成H字型	2.利用水平儀測試水平	3.將木弓的握把處以束帶固定	4.測量射擊高度為135公分
			
5.弓箭發射架完成	6.發射架側邊固定量尺	7.測試弓弦是否垂直	8.測試竹箭是否水平
			
9.測試拉力和拉距的關係	10.在密閉的體育館準備射擊	11.以固定拉距測試射程	12.準備射擊、測試、實驗

圖 5-2-2 自行設計弓箭發射架製作過程說明圖

### (三)討論

1.自行設計的「弓箭發射架」是否可行？

(1)我們將弓箭固定在發射架後，再以水平測量儀、垂直測量儀來協助定位。

(2)接著我們測試射擊，我們讓不同的同學測試相同的拉距。

**我們發現：**不管由誰來射擊，在相同拉距、相同竹箭的情況下，我們射擊的方向幾乎都在都一條直線上，箭的落點也非常接近。

2.為什麼射擊高度設定為 135 公分？

(1)因為我們手臂握弓平舉的高度，大概在 130~140 公分左右，所以我們將射擊高度固定在 135 公分，以控制變因。

(2)箭靶架設規定，從地面垂直量起傾斜 10 至 15 度之角度，靶心需位於地表上 130 公分處，靶心必須在水平線上。詳細說明，如圖 5-2-3 所示。

		
弓箭射擊測試，落點皆在寬度大約 20 公分以內的紅線範圍	我們手臂握弓平舉的高度，大概在 130~140 公分左右，所以我們將射擊高度固定在 135 公分，以控制變因	

圖 5-2-3 自行設計《弓箭發射架》射擊落點範圍說明圖

## 【研究三】探討影響「射程」的變因？

### 《實驗一》探討「拉距」和「拉力」的變化關係

#### (一)研究過程

- 1.我們以自行設計的弓箭發射架，將弓固定住。
- 2.測量每一把弓的**弓弦高**(如圖 5-2-1 所示)，再加上我們設定的「拉距長度」。
- 3.以電子拉力測量器，測量不同的「拉距」和「拉力」之間的變化關係。
- 4.拉距和拉力的測試過程中，我們避免手的碰觸產生誤差。
- 5.研究的過程，如圖 5-3-1 所示。

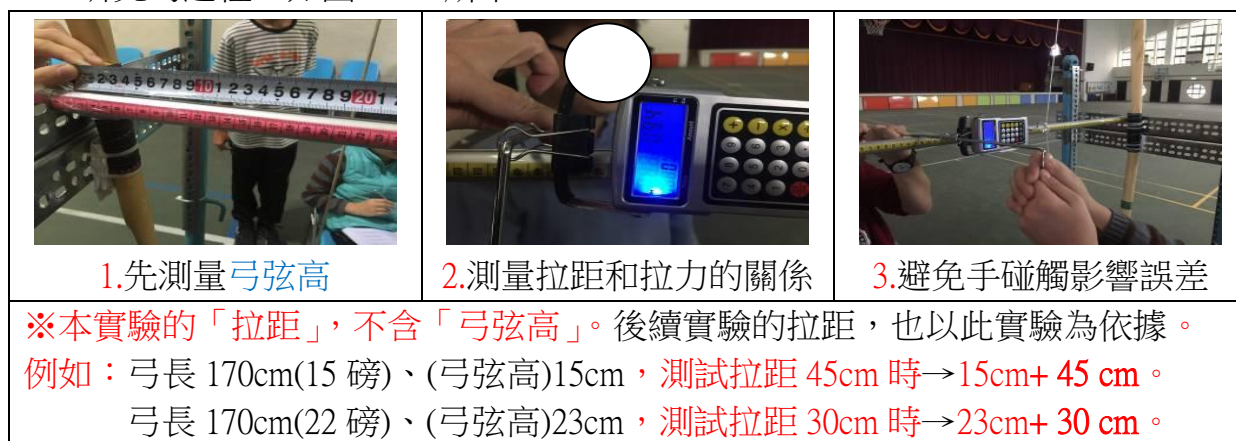


圖 5-3-1 弓的「拉距」和「拉力」變化關係測試過程說明圖

#### (二)研究結果

- 1.我們將圖 5-3-1 的研究結果記錄下來，結果如圖 5-3-2 所示。

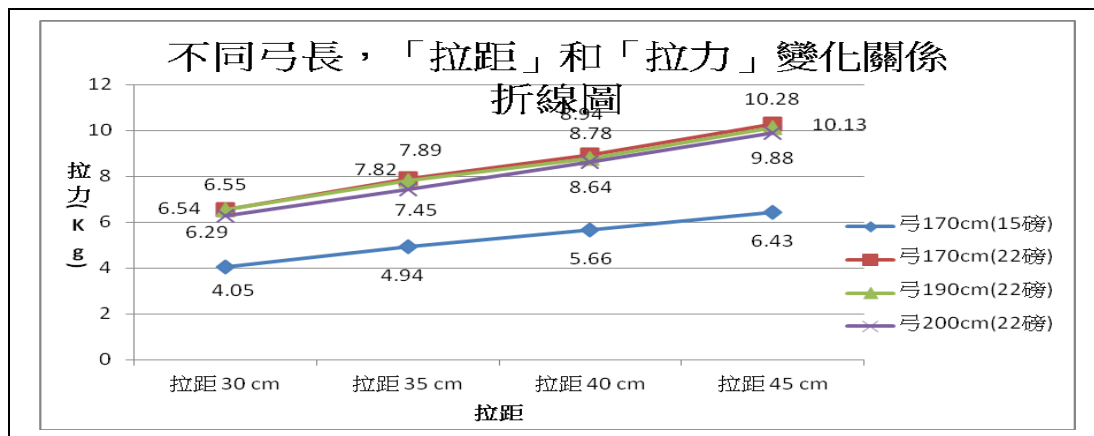


圖 5-3-2 不同弓長的「拉距」和「拉力」變化關係說明圖

- 2.由圖 5-3-2 所示，可以發現：

- (1)弓長 170cm(15 磅)，拉距 45cm 時，拉力約 6.43 公斤。(約 14.18 磅)
- (2)弓長 170cm(22 磅)，拉距 45cm 時，拉力約 10.28 公斤。(約 22.66 磅)
- (3)弓長 190cm(22 磅)，拉距 45cm 時，拉力約 10.13 公斤。(約 22.33 磅)
- (4)弓長 200cm(22 磅)，拉距 45cm 時，拉力約 9.88 公斤。(約 21.79 磅)
- (5)弓的「拉距」越長，「拉力」就會越大。
- (6)在相同的「拉距」下：弓越短，「拉力」也似乎就會越大。

### (三)討論

1.我們用二台一般的電子秤，秤量不同的物體再和電子拉力機測試比較，經過不同的驗證和測試，結果是準確的。如圖 5-3-3 所示。

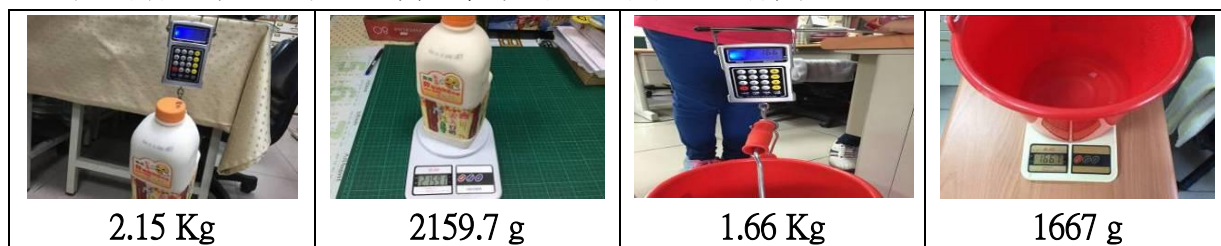


圖 5-3-3 電子拉力機和一般電子秤測試說明圖

2.「拉距」設定為 30cm、35 cm、40 cm、45 cm。是因為我們測試拉滿弓的拉距大約為 60~65cm 之間，再減去「弓弦高」，就得到以上大約的拉距。

另外，拉距如果太小，射程又太短了；拉距太大，箭長無法配合，也有可能弓無法負荷而斷裂。拉滿弓拉距測試過程如圖 5-3-4 所示。

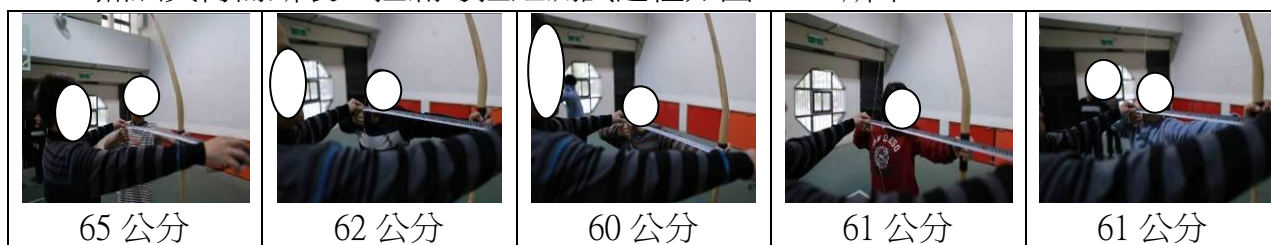


圖 5-3-4 每個同學拉滿弓拉距測試說明圖

3.為何「短弓」拉力，會比「長弓」的拉力還要大？

我們和老師、部落的長老一起討論，推測可能的原因有幾個：

- (1)因為原住民傳統弓箭，每一把都是純手工製造。磅數測試是一個大約值，是以美國進口彈簧拉力測試機來測試，磅數以目測方式判讀，產生些微誤差，以數據來看誤差很小(最大誤差值 0.4kg)，是合理的範圍。
- (2)以部落長老的經驗來看，同樣磅數的弓，短弓的拉力就會比長弓大一些。
- (3)因為弓弦高不一樣，「拉距」必須扣除「弓弦高」才準確。

舉例來說：磅數測試是以拉滿弓來測量，假設「拉滿弓」弓長為 65cm。

- a. 弓(170cm、15 磅、弓弦高 15cm)，磅數測試時的拉滿弓拉距： $65-15=50$  cm。測試「拉距」與「拉力」實驗時，拉距 45cm，比原來磅數測試 50cm 還小，所以「拉力」比較小。
- b. 弓(170cm、22 磅、弓弦高 23cm)，磅數測試時的拉滿弓拉距： $65-23=42$  cm。測試「拉距」與「拉力」實驗時，拉距 45cm，比原來磅數測試 42cm 還大，所以「拉力」比較大。
- c. 弓(190cm、22 磅、弓弦高 20cm)，磅數測試時的拉滿弓拉距： $65-20=45$  cm。測試「拉距」與「拉力」實驗時，拉距 45cm，和原來磅數測試 45cm 一樣，所以「拉力」比較差不多一樣。
- d. 弓(200cm、22 磅、弓弦高 18cm)，磅數測試時的拉滿弓拉距： $65-18=47$  cm。測試「拉距」與「拉力」實驗時，拉距 45cm，比原來磅數測試 47cm 還小，所以「拉力」比較小。



## 《實驗二》探討「拉距」和「射程」的變化關係

### (一)研究過程

- 1.我們使用不同磅數(15 磅、22 磅) ，相同 170cm 弓長的二把弓來比較測試。
- 2.我們用 5 支不同長度的箭(95cm、90cm、85cm、80cm、75cm) ，分別測試在這二把弓上發射的「射程」。
- 3.為了減少誤差，我們每次測試都射擊三次，求其射程的「平均值」。
- 4.實驗過程說明，如圖 5-3-5 所示。



圖 5-3-5 探討「拉距」和「射程」變化關係實驗說明圖

### (二)研究結果

- 1.我們將上述研究結果，以圖表呈現，如圖 5-3-6 所示。

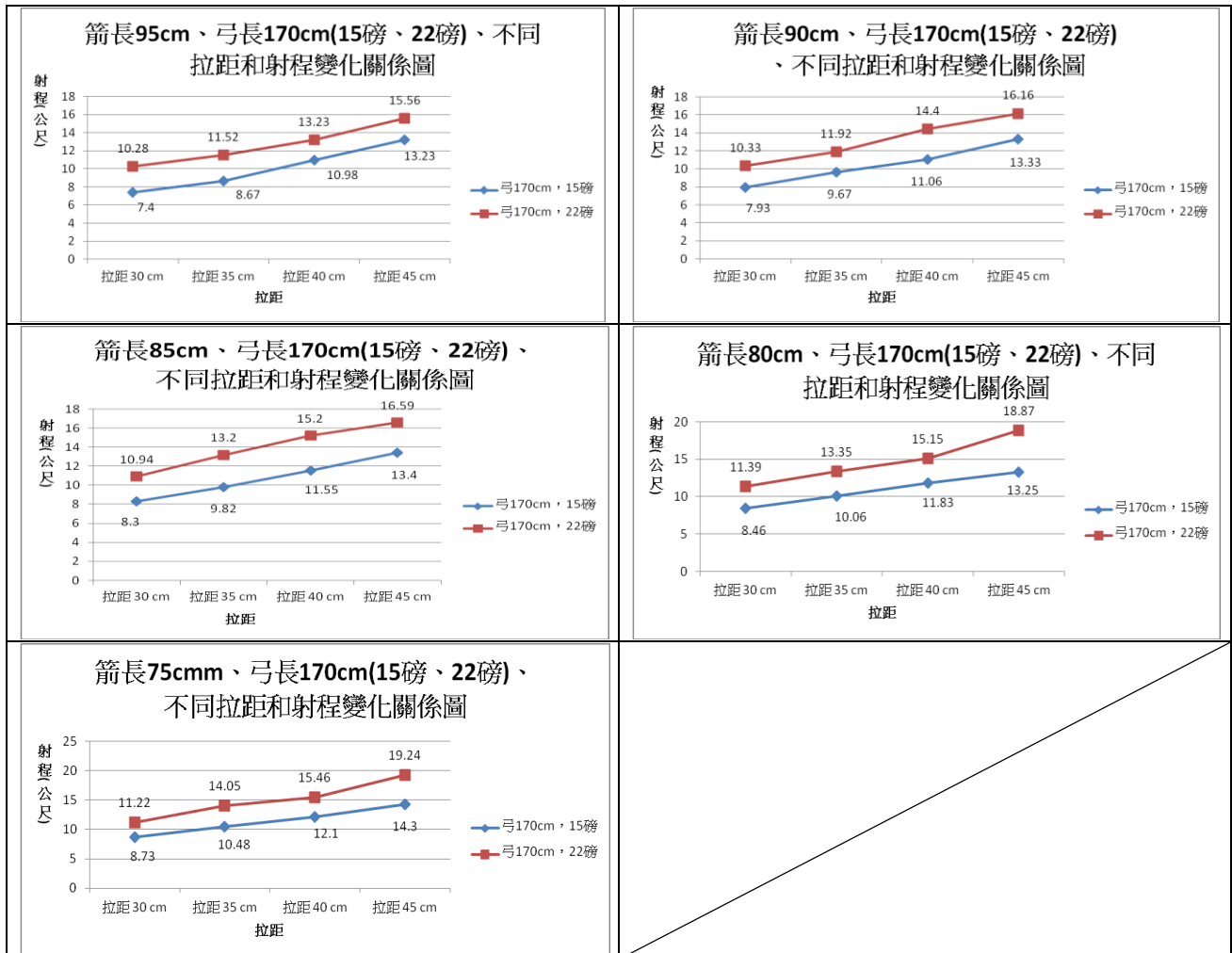


圖 5-3-6 弓的「拉距」和「射程」變化關係結果說明圖

- 由圖 5-3-6 的研究結果，我們可以發現：
  - (1) 不管箭的長短如何，**拉距(拉力)越大**，「**射程**」也會越遠。
  - (2) 相同弓長，**磅數越大的弓**，**射程**也會比較遠。

### (三)討論

- 為求精確，我們每次的測試，都**射擊三次**求其平均值。
- 在射擊的過程中，我們也發現：**比較短的竹箭**，「**射程**」好像比較遠。**有關「箭長」和「射程」的變化關係**，將在《實驗四》探討。
- 雖然在同樣拉距下，每把弓的拉力都不相同。我們舉例說明：箭長 85cm、不同弓長、不同拉距的拉力測試。**我們發現：「拉力越大，射程越遠」。**我們將結果以圖表呈現，如圖 5-3-7 所示。

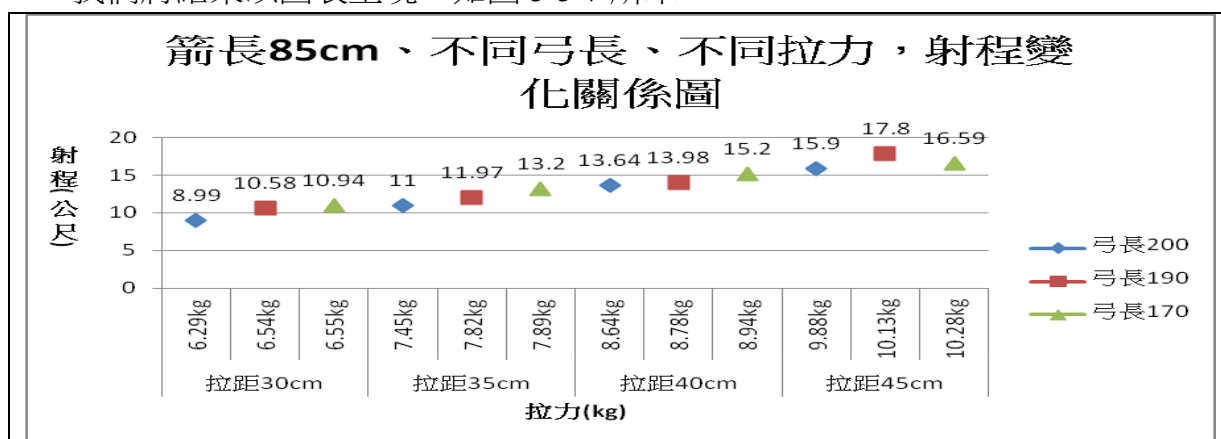


圖 5-3-7 不同拉力和射程變化關係圖

- 因為「**電子拉力機**」的器材限制，我們無法直接以「**拉力**」來測試「**射程**」。因此，後續的實驗測試，我們都以「**拉距**」來當成測試的變因。

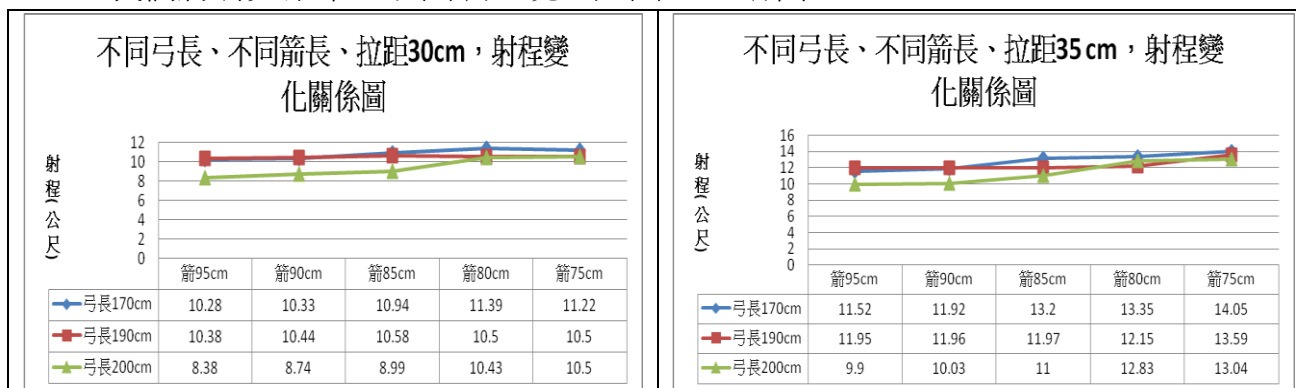
### 《實驗三》探討「弓長」和「射程」的變化關係

#### (一)研究過程

- 我們延續上述的實驗，將三把不同弓長、22 磅的弓，再搭配五支不同箭長的竹箭來測試，分別比較不同的「**弓長**」和「**射程**」的變化關係。
- 實驗過程、步驟、方式和說明，同(圖 5-3-5)所示。

#### (二)研究結果

- 我們將研究結果，以圖表呈現，如圖 5-3-8 所示。



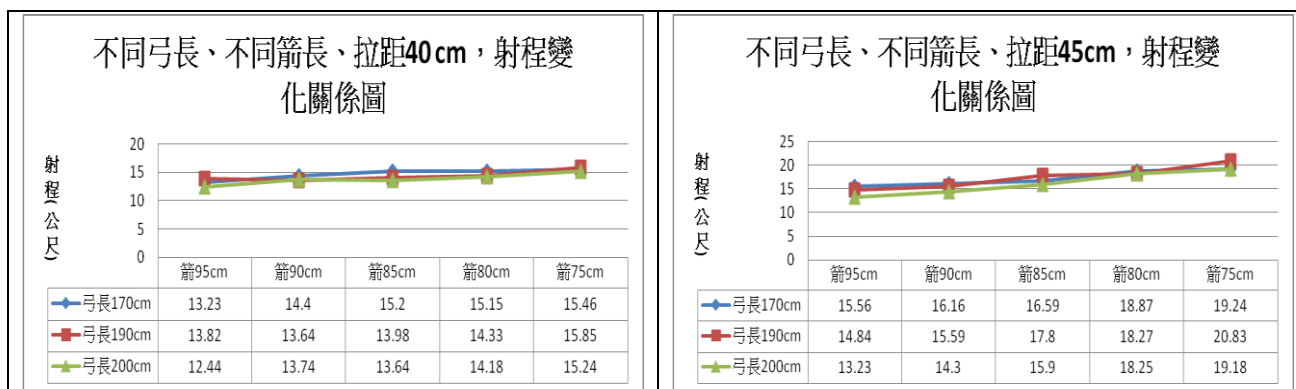


圖 5-3-8 不同「弓長」和「射程」變化關係結果說明圖

2.由圖 5-3-8 顯示的研究結果，可以發現：

- (1)以弓長 170cm 和 200cm 來比較，170cm 弓長的弓，(短弓)射程都比較遠。
- (2)以弓長 190cm 和 200cm 來比較，190cm 弓長的弓，(短弓)射程也比較遠。
- (3)以弓長 170cm 和 190cm 來比較，170cm 弓長的弓，(短弓)射程大多數會比較遠。
- (4)從以上的「弓長」和「射程」的研究結果分析比較：弓長越短，射程比較遠。

3.我們繼續分析：將不同的弓長，平均每每一公斤拉力的射程計算出來，計算結果以折線圖呈現，如圖 5-3-9。

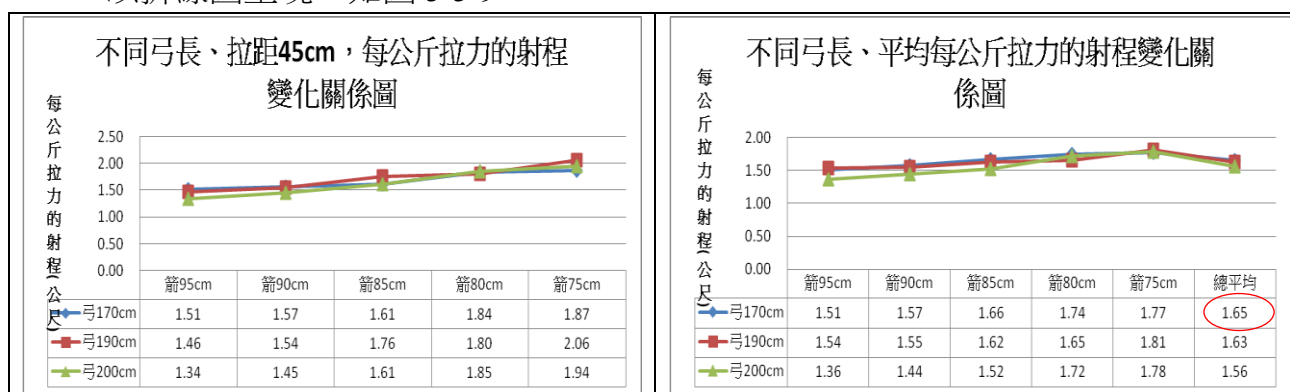


圖 5-3-9 不同弓長、(平均)每公斤拉力的射程變化關係圖

4.由圖 5-3-9 顯示的研究結果，我們發現：

- (1)不同弓長、拉距 45cm，每公斤拉力的射程變化關係圖，和(圖 5-3-8)拉距 45cm 的折線圖的走勢，幾乎相同。(其他拉距 40、35、30cm，和圖 5-3-8 的走勢也幾乎一樣)
- (2)我們再將「相同箭長、不同弓長、不同拉距」，每公斤拉力的「射程平均」，可以發現：弓長 170 cm 每公斤拉力的平均射程 1.65 公尺(紅色圓圈處)最遠，所以，我們判斷短弓的「射擊效能」比較好。

### (三)討論

1. 我們找老師、部落的長老一起討論，依據部落長老的經驗分析：

- (1)依部落長老的射擊經驗：同樣磅數的短弓，在射程上，確實會比較遠。
- (2)依實驗數據來看：多數短弓的射程比長弓遠；短弓的「射擊效能」也比較好。
- (3)依據科學原理討論：在「相同拉距」的情況下，短弓的形變量較大，「射程」應該會比較遠。
- (4)有時候「射程的誤差」是來自手指放弦的時間差，放弦時慢 0.1 秒，但「射程」可能就會差一公尺左右。依我們數據來看，大都是正確的，符合射擊經驗。



## 《實驗四》探討「箭長」和「射程」的變化關係

### (一)研究過程

- 1.我們使用上述四把弓，和上述五支不同箭長的竹箭，分別搭配射擊測試。
- 2.我們測試在「不同拉距」的情況下，「竹箭長短」和「射程」的變化關係。
- 3.我們同樣每次測試都射擊三次，求其射程的「平均值」。
- 4.實驗過程、步驟、方式和說明，同(圖 5-3-5)所示。

### (二)研究結果

- 1.我們將研究結果，以圖表呈現，如圖 5-3-10 所示。

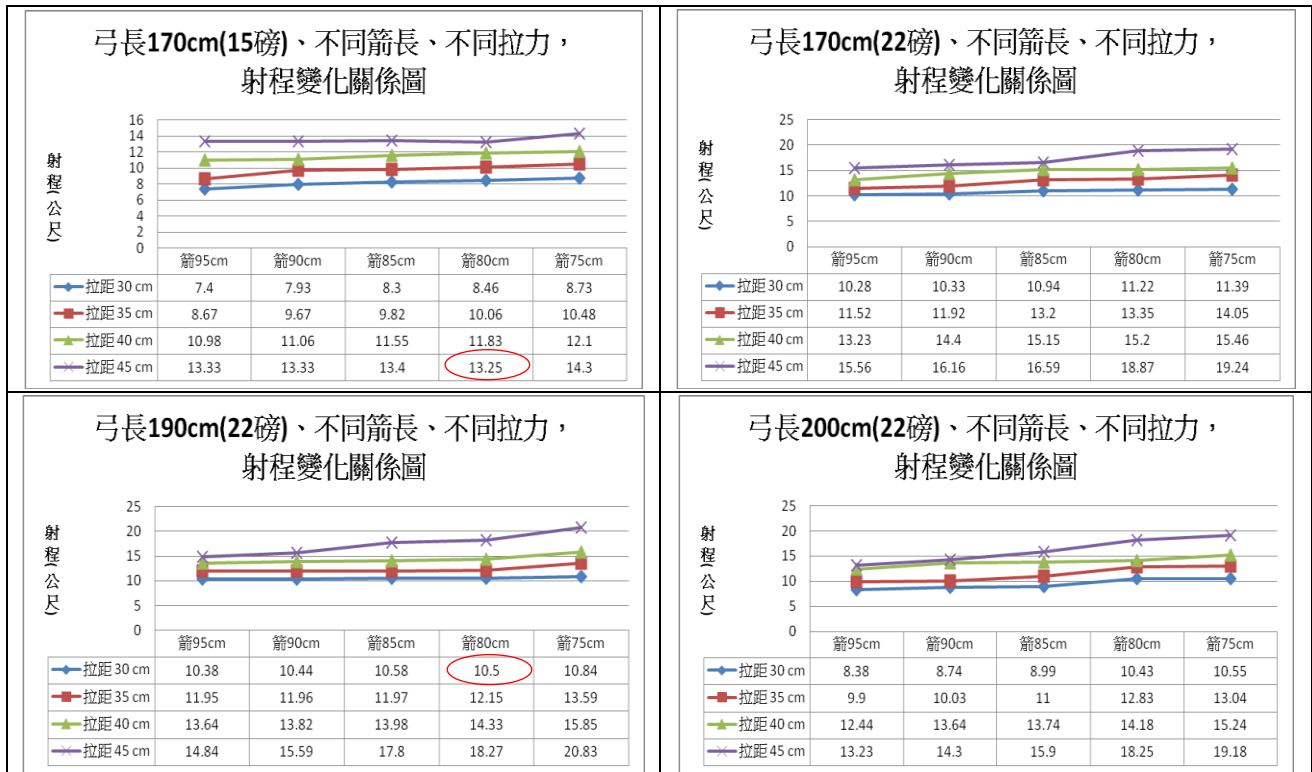


圖 5-3-10 不同「弓長」、不同「箭長」和「射程」變化關係說明圖

- 2.由圖 5-3-10 的研究結果，我們可以發現：

- (1)在弓長 170cm(15 磅)的弓，射擊測試中，除了拉距 45 公分(紅色圓圈處)，80 公分竹箭出現小誤差，其他的結果都是「箭長越短，射程越遠」。
- (2)在弓長 170cm(22 磅)的弓，射擊測試中，結果都是「箭長越短，射程越遠」。
- (3)在弓長 190cm(22 磅)的弓，射擊測試中，除了拉距 30 公分(紅色圓圈處)，80 公分竹箭出現小誤差，其他的結果都是「箭長越短，射程越遠」。
- (4)在弓長 200cm(22 磅)的弓，射擊測試中，結果都是「箭長越短，射程越長」。
- (5)歸納以上，我們發現：「箭長越短，射程越遠」；「箭長越長，射程越近」。

### (三)討論

- 1.我們發現：實驗過程中出現一些小誤差，而且都是出現在箭長 80 公分竹箭上，射程比較短。

經過和部落長老、老師一起討論，我們推測可能有以下的原因：

- (1)和「箭的重量」是否有關？我們測量竹箭的重量，確實 80 公分的箭是最輕的。

但是，這五支竹箭的重量，最大差距才 3.8g，測量結果如圖 5-3-11 所示。

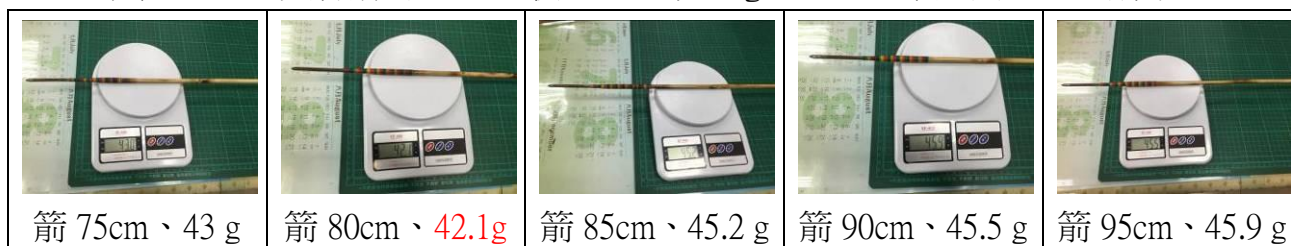


圖 5-3-11 竹箭的重量測量說明圖

(2)部落長老認為：因為誤差很小，也有可能是**放箭時的誤差**，因為手指放箭的時間差，會造成影響。

(3)因為採計三次射擊平均值，其中一次誤差值較大，也可能會影響平均數。

2.雖然出現一些小誤差，但以整體而言：箭長越短，射程是比較遠的。

3.我們繼續深入討論，「竹箭的重量」，會不會影響射程？還是有其他的因素？深入討論說明，如圖 5-3-12 所示。

### 深入討論「竹箭的重量」，會不會影響「射程」？

1.「竹箭的重量」，會不會影響「射程」？我們請部落長老協助，製作五支長短和之前一樣但沒有箭簇(箭頭裝鐵釘)的竹箭來測試。結果下圖所示。



2.接下來，我們以不同重量的黏土當成是箭簇，黏在箭頭上射擊，測試「箭的重量」和「射程」的變化關係。黏土的重量分別為 5、10、15、20g。實驗過程圖片說明，如下圖所示。



3.我們以弓長 170 公分(22 磅)的弓來射擊。

4.結果發現：其實「箭的重量」對「射程」影響不大，26g 和 45g 重量的箭，「射程」都差不多。因此，射擊過 3~5 次後，未再繼續測試。

我們也發現：沒有箭簇(箭頭)的箭，箭的飛行非常不穩定。應該是和箭的「重心」有關？

5.為何箭(箭簇)的重心要在前面？和箭的重心有關嗎？

- (1)箭的重心影響箭的飛行姿態和穩定性。重心在前則方向不容易偏，飛行較穩定。
- (2)簡單利用槓桿原理進行解釋(如右圖)：將重心視為支點，若支點在中，則高速飛行下，受到空氣與箭身的流體摩擦力作用，或是尾部紊亂氣流影響，容易偏。



《本圖取自科學小玩意兒-弓的科學》

## 6. 實際測試我們「箭的重心」：

- (1) 以一根竹箭當成支點，放上竹箭，測試一個可以使竹箭平衡的中心點，此為箭的重心。
- (2) 將箭的重心畫上記號，並測量箭頭到箭重心的距離。
- (3) 測試過程、說明和結果如下圖所示。(下圖紅色線段，為重心和箭頭的距離，為重心距)





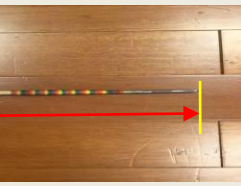
				
箭長 95cm 重心距 28 cm 重心位置 29.4%	箭長 90cm 重心距 28.5 cm 重心位置 31.7%	箭長 85cm 重心距 27cm 重心位置 31.8%	箭長 80cm 重心距 22.5 cm 重心位置 28.1%	箭長 75cm 重心距 23 cm 重心位置 30.6%
<b>※ 我們的箭，重心都在靠近箭頭約 1/3 處，重心在前面。</b>				

圖 5-3-12 「箭的重量」影響「射程」和「箭的飛行」討論說明圖

## 《實驗五》探討「射擊仰角」和「射程」的變化關係

### (一) 研究過程

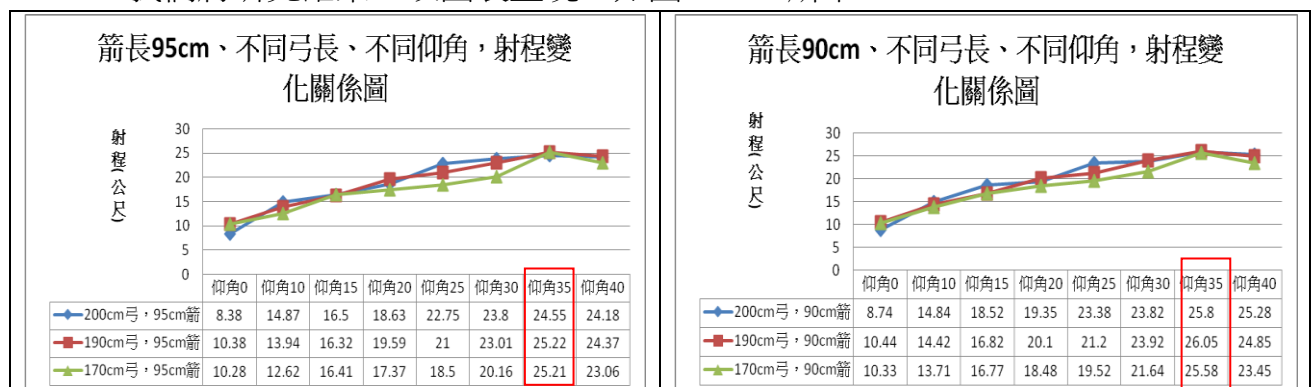
1. 我們使用三把不同弓長，磅數大致相同(22 磅)的弓來測試，搭配 5 支不同箭長的箭，分別測試在「不同仰角」的射擊，「射程」的變化關係。
2. 都以「拉距 30 公分」的力道來測試，射擊仰角設定為： $10^{\circ}$ 、 $15^{\circ}$ 、 $20^{\circ}$ 、 $25^{\circ}$ 、 $30^{\circ}$ 、 $35^{\circ}$ 、 $40^{\circ}$ 。
3. 我們以量角器來測量，且竹箭和弓弦的角度必須保持垂直，避免產生誤差。研究過程，如圖 5-3-13 所示。



圖 5-3-13 弓箭「射擊仰角」和「射程」的實驗過程說明圖

### (二) 研究結果

1. 我們將研究結果，以圖表呈現，如圖 5-3-14 所示。





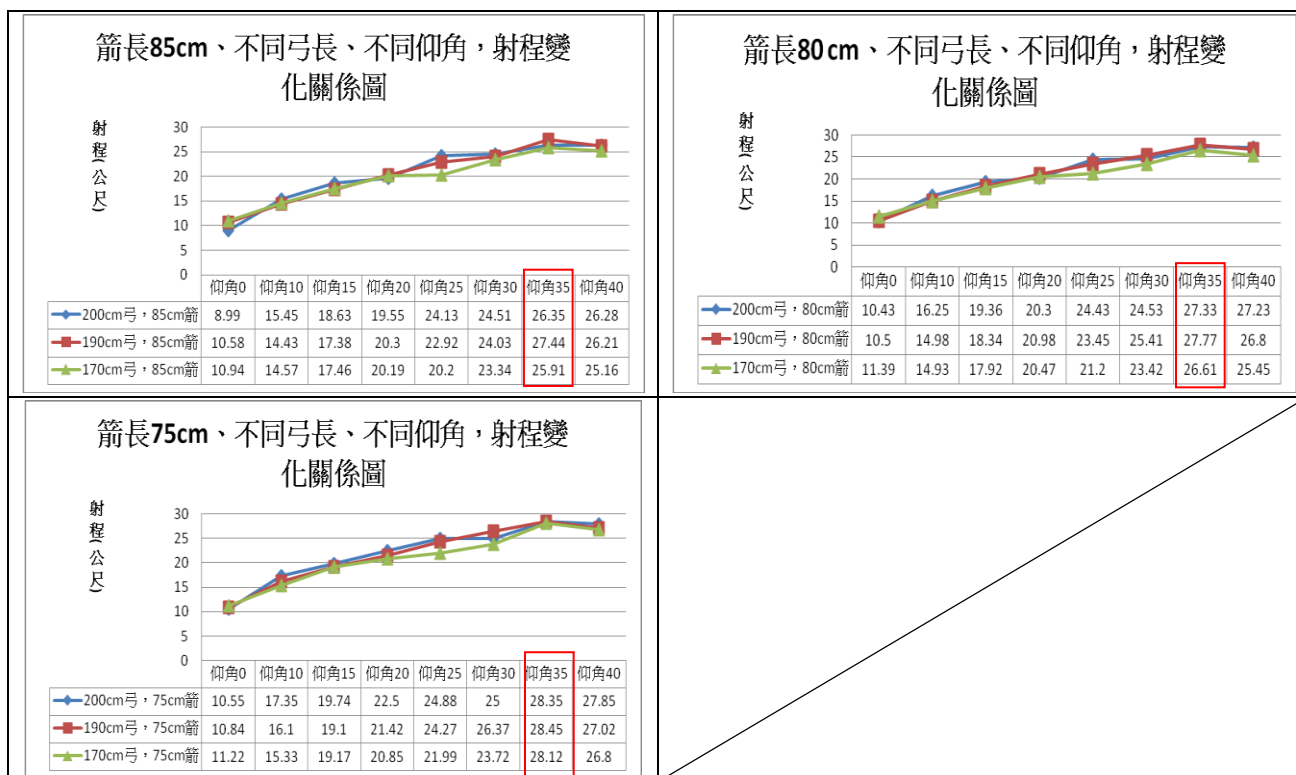


圖 5-3-14 不同「射擊仰角」和「射程」變化關係說明圖

2.由圖 5-3-14 的研究結果，我們可以發現：

- (1)不論弓的長短，也不管箭的長短，射擊仰角越大，射程越遠，當「射擊的仰角在 35° 的時候，射程最遠」。

### (三)討論

- 1.在測試的過程，因為拉距 40 公分、35 公分的力道，在射擊仰角超過 25° 時，「射程」就開始超過室內體育館的範圍，因此我們以「拉距 30 公分」的力量來測試。
- 2.我們以為射擊仰角在 45° 時，射程應該會最遠，結果不是。
  - (1)我們有觀察到：之前的實驗射擊過程中，射擊仰角都是和地面平行的，也就是 0°，但是箭的飛行都是先向上再向下，也就是「拋物線」。
  - (2)我們推測：因為箭的射擊飛行，原本就是以拋物線行進，所以「射擊仰角」大概在 35° 時，箭的射程最遠。有關箭的行進路線，我們後續再以高速攝影機輔助探討。

### 【研究四】探討弓箭射擊「箭速」的變化關係

我們想要知道，弓箭的「箭速」到底有多快？弓的磅數越大，射程會越遠，射擊速度也會越快嗎？和拉距也有關係嗎？箭的長短是否也會影響射擊的速度呢？

#### (一)研究過程

- 1.我們利用相同弓長 170cm(15 磅、22 磅)，二把弓來測試，再利用 95cm、90cm、85cm、80cm、75cm 五支箭，分別測試弓箭的射擊速度。
- 2.我們將測速槍放在準備發射的弓箭旁，測試弓箭射擊出去的瞬間速度。
- 3.為了更準確測試，每次的射擊都測試二次，再求其平均值。

4.測速槍的單位為(公里/小時)。研究過程說明，如圖 5-4-1 所示。



圖 5-4-1 弓箭射擊「箭速」測試說明圖

(二)研究結果

1.我們將研究結果以圖表呈現出來，如圖 5-4-2 所示。

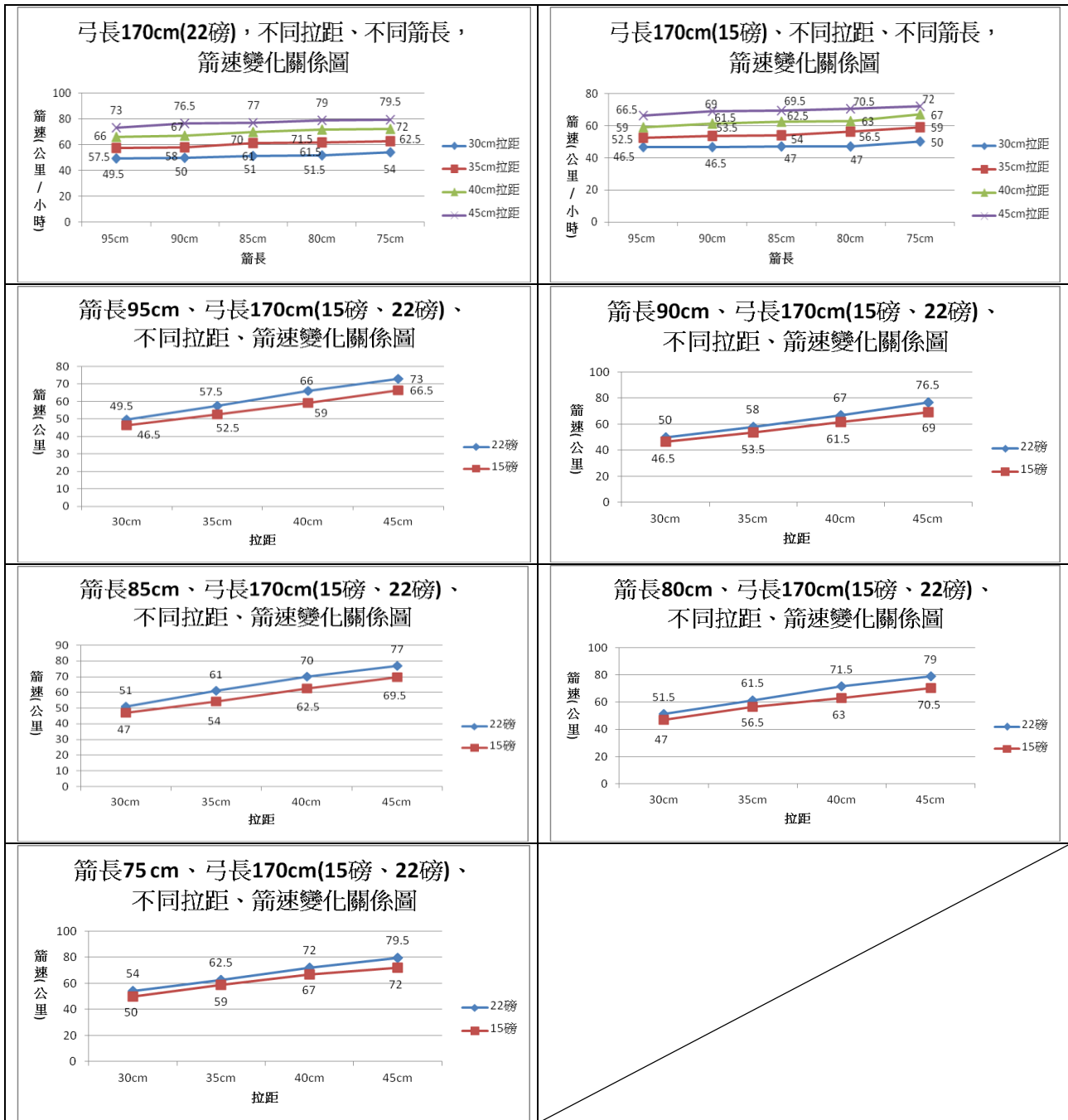


圖 5-4-2 相同弓長(15磅、22磅)、不同「箭長」和「箭速」變化關係說明圖

2.由圖 5-4-2 的研究結果，我們可以發現：

- (1)「拉距」越大，「拉力」越大，「箭速」就越快。
- (2)箭長越短，箭速就會越快。
- (3)弓的磅數越大，箭速就會越快。
- (4)弓長 170cm(22 磅)的弓，拉距 45cm，箭速大約在 73~80 公里/小時。
- (5)弓長 170cm(15 磅)的弓，拉距 45cm，箭速大約在 67~72 公里/小時。

### (三)討論

1.我們再以高速射影的照片時間來推算其速度，確認是否正確。

- (1)高速攝影，每秒可以拍攝 10 張，每一張是 0.1 秒。
- (2)我們以弓長 170cm(22 磅)的弓， 搭配箭長 95cm 的箭來計算，從射擊到中靶，共約 0.6 秒，說明如圖 5-4-3 所示。



圖 5-4-3 弓長 170cm(22 磅)的弓和 95cm 的箭射擊連拍說明圖

- (3)弓箭射擊點到靶架距離 12 公尺，總共約 0.6 秒，計算速度為  $12 \div 0.6 = 20$ (秒速 20 公尺/秒)， $20 \times 60 \times 60 \div 1000 = 72$ (時速 72 公里/小時)，與測速槍測得平均速度 73 公里/小時，非常接近。

### 【研究五】探討如何可以讓弓箭「射準」？

在我們前面的射擊實驗中，我們發現，每次箭射擊出去時，箭都會先往上飛，再掉下來。因此，我們很想要知道，弓箭射擊出去時，箭的行進路線？最後，再藉由箭的行進路線，調整射擊的「拉距」、「射擊仰角」…等其他因素，幫助讓弓箭可以射擊的更準確。

這個研究，我們請老師協助，利用高速攝影機、相機的輔助，將弓箭射擊過程拍攝下來，再進行分析研究。

### 《實驗一》探討箭的「行進路線」

#### (一)研究過程

- 1.經過資料查詢，原住民射箭比賽，立靶的規定必須從地面垂直量起，傾斜 10~15 度之角度，靶心需位於地表上 130 公分處，靶心必須在水平線上。
- 2.射擊距離，成人組 18 公尺；國小組 12 公尺。我們以 12 公尺為測試標準。
- 3.為了方便拍攝，我們也在旁邊架設一條釣魚線，再標示距離。
- 4.射擊場地架設，研究過程，如圖 5-5-1 所示。

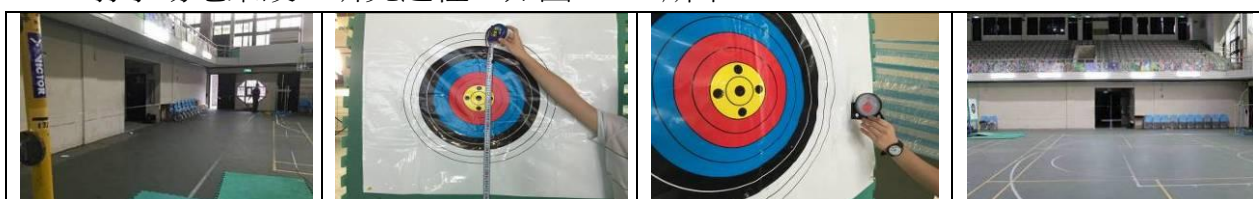


圖 5-5-1 弓箭射擊行進路線場地佈置過程說明圖



## (二)研究結果

1.請老師協助將射擊圖片以「Photoshop 電腦軟體」合成一張圖片，如圖 5-5-2 所示。



圖 5-5-2 弓箭射擊行進路線說明圖

2.由圖 5-5-2 的研究結果，我們可以發現：

(1)箭離開弓弦時，箭的行進路線是以拋物線的方式行進；和我們之前文獻探討以及《實驗五》的討論推測，相吻合。

3.老師建議：可以試著在合成相片上，將「箭的重心」標示出來，再將「重心」連線，應該可以更清楚看出箭的「拋物線」行進路線。如圖 5-5-3 所示。

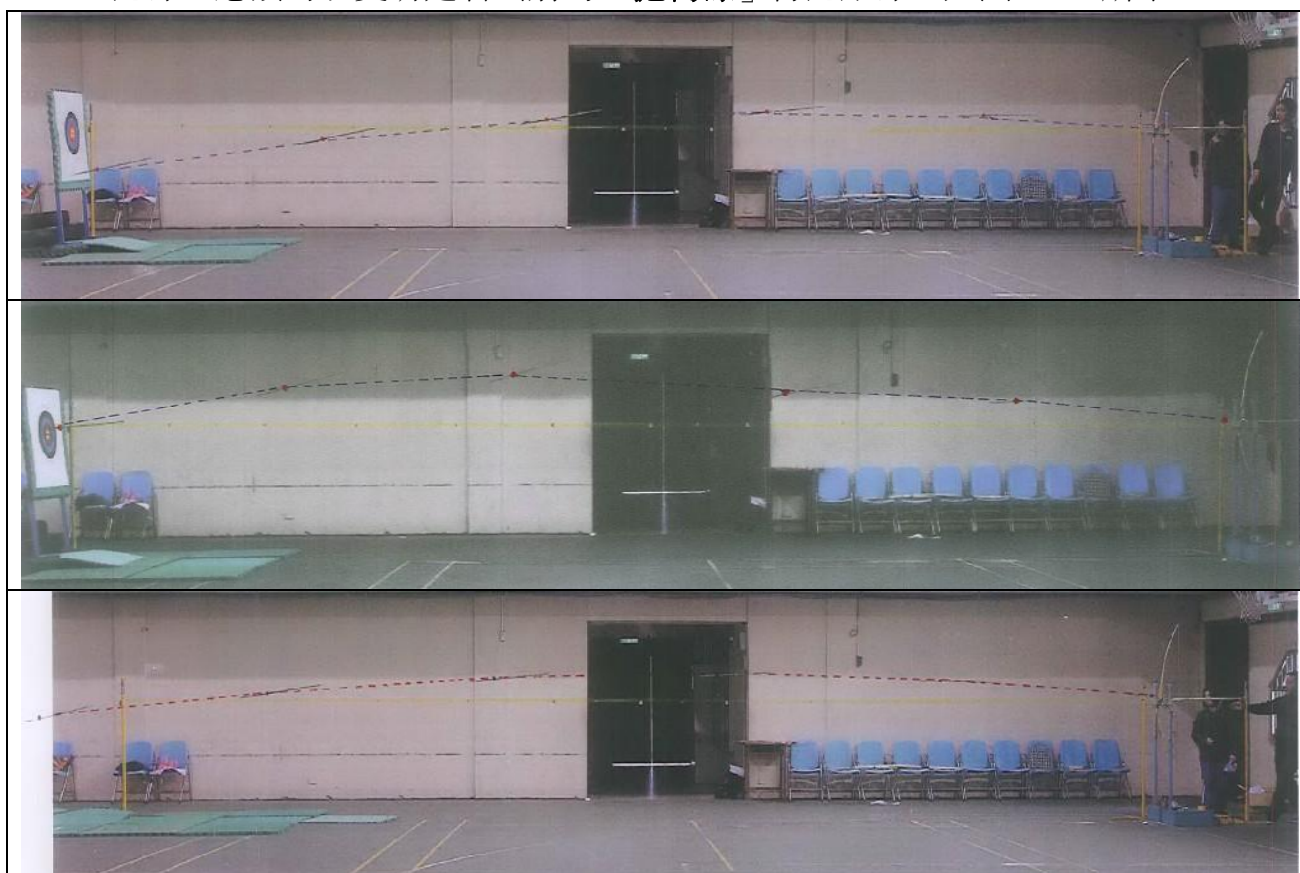


圖 5-5-3 以箭的重心標示連線，形成箭的拋物線行進路線說明圖

### (三)討論

- 1.因為「釣魚線」拉直時不會彎曲，而且會反光，用來標示 130 公分高度最恰當。
- 2.「拉力越大，拋物線的角度就會越高」；「拉力越小，拋物線的角度就會越低」。
- 3.我們以弓長 190cm(22 磅)的弓，搭配箭長 90cm 的箭進行測試。將「不同拉力」的射擊過程拍攝下來並將相片合成，分析箭的行進路線，如圖 5-5-4 所示。

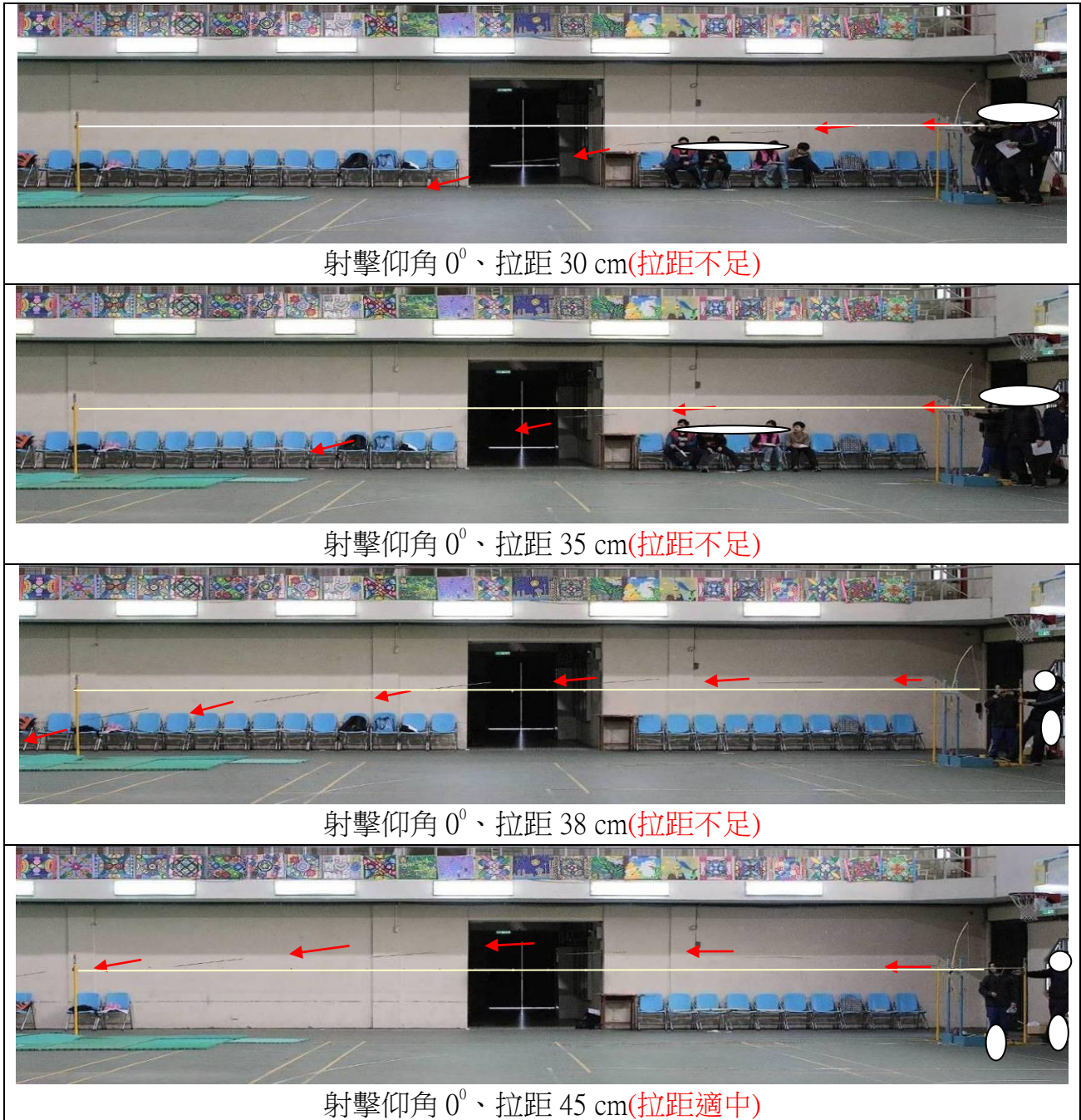


圖 5-5-4 弓長 190cm(22 磅)的弓、箭長 90cm、不同拉力射擊，箭的行進路線圖

- 4.「射擊仰角越大，拋物線的角度就越高」；「射擊仰角越小，拋物線的角度就會越低」。我們以弓長 190cm(22 磅)、90cm 的箭、拉距 35cm，進行測試。將「不同仰角」的射擊過程拍攝下來並將相片合成，分析箭的行進路線，如圖 5-5-5 所示。



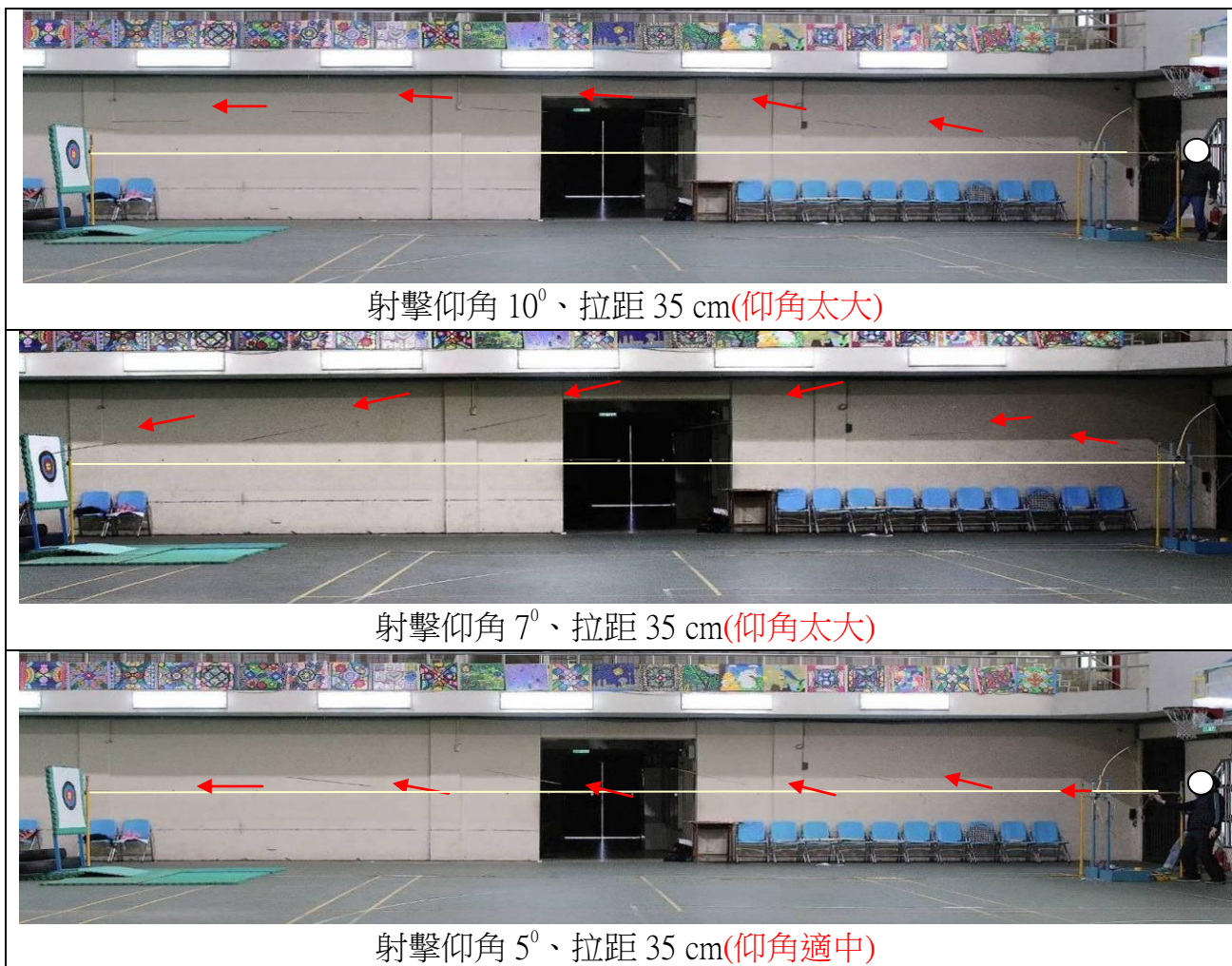


圖 5-5-5 弓長 190cm(22 磅)的弓、箭長 90cm、不同仰角射擊，箭的行進路線圖

5.從以上的討論，我們推測：調整「拉力」、「射擊仰角」的方式，應該都可以協助讓弓箭射擊更準確。

## 《實驗二》探討如何可以讓「弓箭射得更準」？

### (一)研究過程

1.我們以長 190cm、22 磅的弓，搭配 90cm 的箭，再慢慢調整「拉力」的方式；或者以調整「射擊仰角」的方式，將射擊過程記錄下來觀察判斷。就是要讓弓箭射擊「命中目標」。

### (二)研究結果

1.我們將研究結果的相片合成，來觀察判斷，如圖 5-5-6 所示。





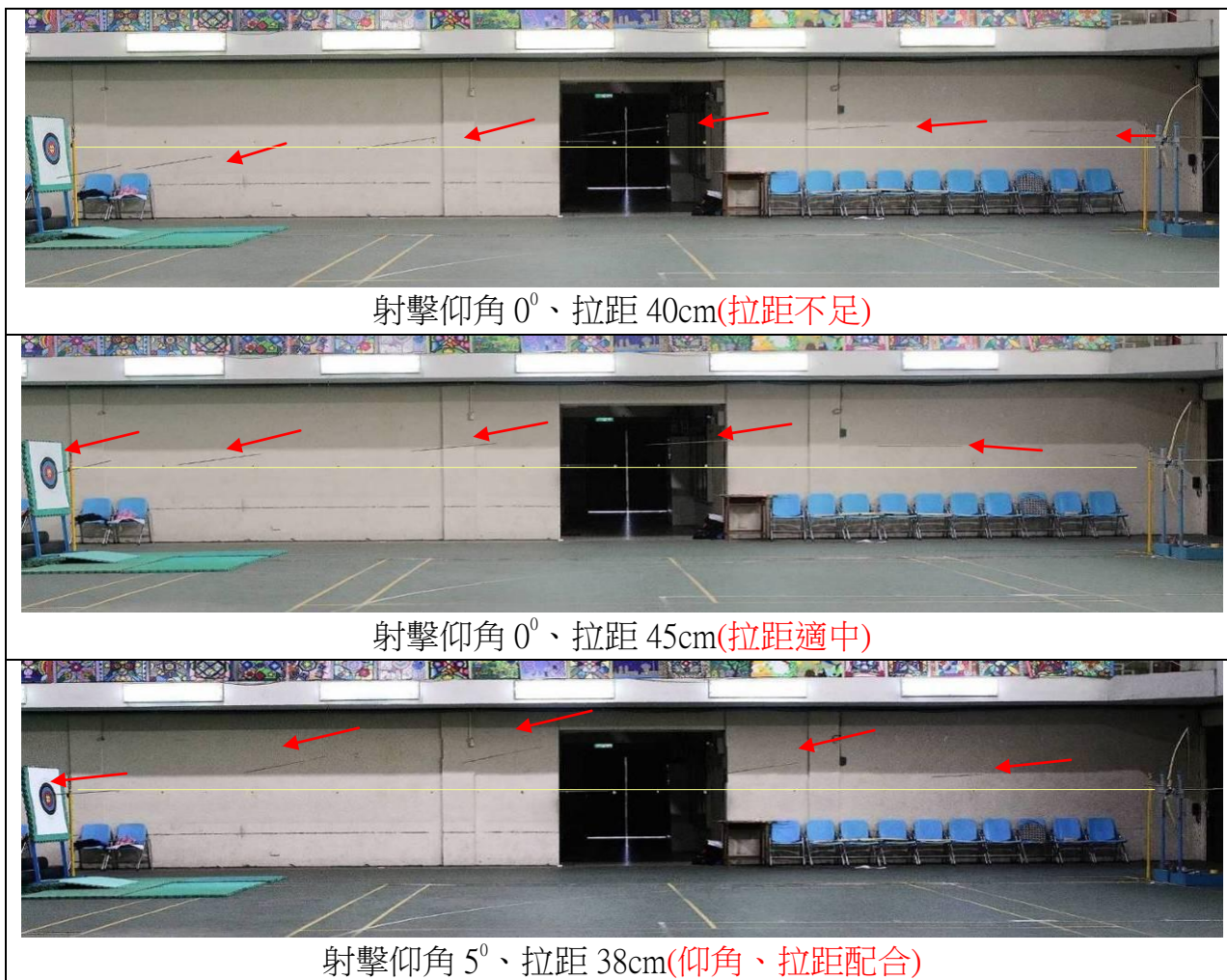


圖 5-5-6 弓長 190cm(22 磅)的弓、箭長 90cm 的箭，箭的行進路線圖

2. 由圖 5-5-6 的研究結果，可以發現：

- (1)當弓箭「射擊仰角  $0^{\circ}$ 、拉距 38cm」時，箭以拋物線方式行進，箭命中圓心靶的下方。**(必須再增加拉力)**
- (2)當弓箭「射擊仰角  $0^{\circ}$ 、拉距 40cm」時，箭以拋物線方式行進，箭命中圓心靶的下方。**(必須再增加拉力)**
- (3)當弓箭「射擊仰角  $0^{\circ}$ 、拉距 45cm」時，箭以拋物線方式行進，「命中靶心」。
- (4)當弓箭「射擊仰角  $5^{\circ}$ 、拉距 38cm」時，箭以拋物線方式行進，「命中靶心」。

### (三)討論

1.將我們拍攝的射擊影片、相片，和部落長老討論：

- (1)**部落長老表示**：他們都是以「經驗」來教學、傳承，現在以「科學的方法」，錄影、攝影並將箭的飛行路線記錄下來，**確實可以幫助弓箭射擊更準確**。
- (2)為了讓射擊更準確，弓箭手通常都會調整「拉力」或「射擊仰角」的方式的來改善；或者提高手握弓的高度。
- (3)有更多射擊過程的影片、相片，因為篇幅的關係，將在附錄中呈現。

## 陸、結論

### 一、泰雅原住民傳統弓、箭的製作方式、方法、材質：

- (一)弓的製作：目前大多以「七里香」為材質，只要是彈力夠，沒有蟲蛀、腐蝕情況，應該都可以製作，也有部分以竹子當成材料。
- (二)箭的製作：以竹子為箭桿，沒有羽葉，以鐵釘當成箭頭，須配合弓的拉距設計長度，大約 90cm。
- (三)弓和箭必須相互搭配使用。例如：狩獵專用的弓比較短小、箭頭有倒鉤。

### 二、影響原住民傳統弓箭「射程」的因素：(僅以部分實驗數據呈現說明)

1. 「拉距」越大，「拉力」就會越大。(製作弓箭時，就可以設定弓的最大拉力)
  - (1)弓長 170cm~200cm(22 磅)的弓，拉距 45cm，拉力大約 9.88~10.28Kg。
  - (2)弓長 170cm(15 磅)的弓，拉距 45cm，拉力大約 6.43Kg。
2. 「拉距」越大，「射程」就會越遠。
  - (1)弓長 170cm(22 磅)的弓，拉距 45cm，射程最遠大約為 15.56~19.24 公尺。
  - (2)弓長 170cm(15 磅)的弓，拉距 45cm，射程最遠大約為 13.23~14.3 公尺。
3. 在「相同拉距」的情況下：「弓長」越短，「射程」也會越遠。
  - (1)弓長 170cm(22 磅)的弓，箭長 90cm，拉距 45 cm，射程大約 16.16 公尺。
  - (2)弓長 190cm(22 磅)的弓，箭長 90cm，拉距 45 cm，射程大約 15.59 公尺。
  - (3)弓長 200cm(22 磅)的弓，箭長 90cm，拉距 45 cm，射程大約 14.3 公尺。
4. 「箭長」越短，「射程」就會越遠。
  - (1)箭長 95cm，弓長 170cm(22 磅)的弓，射程大約 15.56 公尺。
  - (2)箭長 90cm，弓長 170cm(22 磅)的弓，射程大約 16.16 公尺。
  - (3)箭長 85cm，弓長 170cm(22 磅)的弓，射程大約 16.59 公尺。
  - (4)箭長 80cm，弓長 170cm(22 磅)的弓，射程大約 18.87 公尺。
  - (5)箭長 75cm，弓長 170cm(22 磅)的弓，射程大約 19.24 公尺。
5. 我們實驗中的資料顯示：「竹箭重量」對「射程」，並沒有明顯的變化關係；「箭的重心」，才是影響箭的飛行和穩定性的主要因素。
6. 「射擊仰角」越大，射程越遠；大約為  $35^{\circ}$  的時候，「射程」最遠。
  - (1)弓長 170cm(22 磅)的弓，箭長 90cm，射擊仰角  $35^{\circ}$  時，射程大約 25.58 公尺。
  - (2)弓長 190cm(22 磅)的弓，箭長 90cm，射擊仰角  $35^{\circ}$  時，射程大約 26.05 公尺。
  - (3)弓長 200cm(22 磅)的弓，箭長 90cm，射擊仰角  $35^{\circ}$  時，射程大約 25.8 公尺。

### 三、弓箭射擊的「箭速」：

- 1.弓長 170cm(22 磅)的弓，拉距 45cm 時，箭速大約 73~79.5 公里/小時。
- 2.弓長 170cm(15 磅)的弓，拉距 45cm 時，箭速大約 66.5~72 公里/小時。
- 3.「箭長」越短，箭速越快；「拉力」越大，箭速也會越快。

### 四、我們可以探討箭的「行進路線」、「調整拉力」、「射擊仰角」，使弓箭「射準」。

- 1.箭的「行進路線」，是以「拋物線」的方式行進。
- 2.我們可以藉由觀察箭的行進路線，調整「拉距」或「射擊仰角」，讓弓箭「射準」。

## 柒、延伸思考與生活應用

我們從這次的科展研究中，看見了原住民傳統弓箭的文化。這一次實驗所有的弓箭器材，都是部落長老「純手工製作」；而這一項手工技藝，據長老表示：在部落裡可以傳承下去的已寥寥無幾了。

如何保存原住民弓箭的傳統工藝和文化呢？射箭有什麼好處優點呢？如何推廣應用呢？弓箭的製作和射箭的方法，是否蘊含一些科學原理呢？

### 一、弓箭是無聲武器，可祕密擊殺敵人，射程可達 20 到 30 公尺。

國軍有支神祕的部隊，平時無聲無息，戰時卻可迅速集結進行山地戰，這群部落戰士使用的都是無聲武器~弓箭。因為槍是有聲武器，殺傷力強但易暴露位置，這是國軍唯一使用弓箭的部隊，那就是後備指揮部的「山地連」。

### 二、中國古代，射箭被列入當時教育的內容之一，因為射箭有很多好處：

(1)可以增加注意力跟集中力。(瞄準時會一直處於精神集中狀態)

(2)可以增進身體肌肉的運用。(射箭是要用全身的力量去拉弓的)

(3)可以增加手臂力量。

(4)可以增加雙手持物的穩定度。(射箭會要求練習這個)

(5)能讓精神較容易平穩。

(6)除此之外，「品德教育」更是射箭教育的重心，從日常生活與練習過程中鍛鍊出懂禮貌、守規範、團體合作的美德。

### 三、根據中華民國射箭協會長期觀察，多數人參與正統訓練後，都能不同程度地改善了「寒背」、「斜視」及「斜立」等不良體姿。

### 四、當我們開始研究「弓箭」這個主題才知道：原來射箭是很不容易的！「要把弓弦拉開，就已經很吃力了」；「還要把箭搭在弦上；要將箭射中靶上，實在是難上加難」，因為射箭還需要「屏氣凝神、聚精會神」。

如何保存這一項原住民傳統的技藝和文化呢？我們邀請部落長老到學校來擔任講師，辦理一場有關「原住民傳統弓箭的教學、推廣和射擊體驗」。辦理此項活動過程相片，如圖 7-1-1 所示。



圖 7-1-1 原住民傳統弓箭的教學、推廣與射擊體驗活動圖片

### 五、曾在台灣原住民狩獵文化扮演重要角色的弓箭，其中含有「科學原理」的應用，它不只是獵具，也是工藝品，更是一個民族的文化濃縮。

**原住民傳統弓箭，不只是一項「科學」，更是一種「文化」！**

**期待透過科展的研究，在「科學」與「原住民文化」之間搭起橋梁，多少也能幫助一般的孩子接觸且認識原住民文化，並開始關心原住民族的傳統文化！**



## 捌、參考資料

- 一、怎樣學習射箭 [http://ind.ntou.edu.tw/~archery/how\\_to.txt](http://ind.ntou.edu.tw/~archery/how_to.txt)
- 二、科學小玩意-原住民的狩獵文化與射箭 <http://zfang.tc.edu.tw/677.html>
- 三、射箭百科-弓箭基本常識介紹 <http://zfang.tc.edu.tw/677.html>
- 四、世界新聞網-泰雅族人自製弓箭 <http://www.worldjournal.com/index.html>
- 五、維基百科-射箭 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/>
- 六、射箭知多少 [http://library.taiwanschoolnet.org/cyberfair2010/vhjh33/new\\_page\\_4.htm](http://library.taiwanschoolnet.org/cyberfair2010/vhjh33/new_page_4.htm)
- 七、飛鼠部落-原住民科學教育網站 <http://www.yabit.org.tw/index.php>
- 八、科學小玩意-箭簇與重心 <http://zfang.tc.edu.tw/672.html>
- 九、科學小玩意-弓的科學 <http://zfang.tc.edu.tw/675.html>
- 十、弓箭之美-華視新聞 <http://news.cts.com.tw/cts/sports/201011/201011080604295.html>
- 十一、射箭規則 <http://host.jh.jhs.tyc.edu.tw/~sport/arrow/rule/arrowrule.htm>
- 十二、飛鼠部落-原住民教育科學網站 <http://www.yabit.org.tw/>
- 十三、現代賽德克巴萊-國軍山地連 <http://www.ettoday.net/news/20120419/40234.htm>