

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學科(一)
(鄉土)教材獎

082801

Lusa-----圈起泰雅獵人的智慧

學校名稱：南投縣仁愛鄉力行國民小學

作者： 小五 高志忠 小四 陳乃苹 小四 陳鴻光	指導老師： 傅身健 林奕達
---------------------------------------	-------------------------

關鍵詞：彈力 、 摩擦力 、 束腳陷阱

摘要

Lusa 是泰雅族的傳統束腳陷阱，泰雅祖先及獵人們在這小小的機關中，利用了許多植物的特性及物理科學原理。獵人們為了要提高束腳陷阱捉住動物的機會，在製作陷阱時，材料的選擇及使用有些偏好，在觸動陷阱機關的消息棒上，做了些巧思來加速陷阱的運作。我們在老師的指導下，設計了多組的實驗來探討。實驗結果驗證了，在祖先流傳下來的陷阱選材及安裝之中蘊藏了許多的智慧。我們也以科學的方法測試出消息棒的最佳組合。身為泰雅子孫的我們，能以科學的方法，來探討及驗證祖先的智慧，也是於有榮焉。

壹、前言

我們在學校的本位彈性課程中，學習到了泰雅狩獵文化中的傳統陷阱。其中泰雅語 Lusa 束腳陷阱，在操作過程中，老師為我們解說束腳陷阱利用的科學原理有一—慣性、彈性、槓桿及摩擦力。我們覺得很有趣，也覺得泰雅祖先很有智慧，能利用簡單的材料和機關組合，製作陷阱來捕捉動物。同學們實際操作束腳陷阱後，老師提問：「試想自己是個獵人，利用束腳陷阱，要如何操作及安置，才能增加捕獲動物的機會？」大家七嘴八舌的討論、發表。最後老師建議並鼓勵我們，設計實驗來驗證獵人的智慧，並且彙整實驗結果參加科展，目的是希望能和大家分享泰雅祖先的生活智慧。

貳、研究設備及器材

陷阱製作：鋸子、刀子、鉗子、鋼索

操作模型製作：鐵絲、釘子、木板、角材、滑輪、繩子、5公斤啞鈴

測量工具：拉力彈簧秤、推力彈簧秤、秤、捲尺、皮尺、游標尺、量角器

其他：凡士林、豬油、砂紙、200克砝碼、培養土

紀錄工具：紙、筆、相機

參、研究過程或方法

一、我們的先備經驗及知識

(一) 我們會操作束腳陷阱

(二) 我們認識束腳陷阱的科學原理（彈力位能、槓桿、摩擦力、慣性）

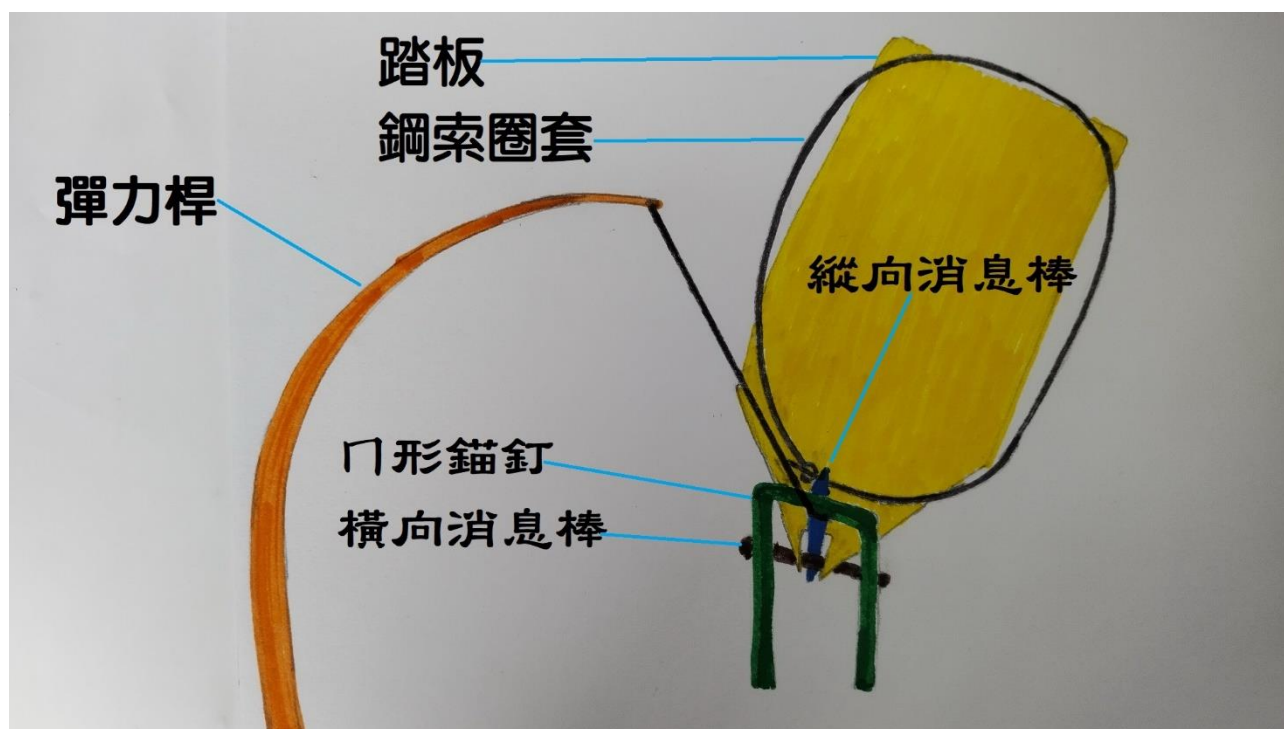
二、探討獵人提高束腳陷阱命中率的技巧

- (一) 提高彈力位能加快繩圈縮小速度
- (二) 減少觸動機關的摩擦力
- (三) 其他

三、設計實驗驗證獵人的技巧

獵人的技巧與實驗規劃對應表

獵人的技巧	實驗規劃
提高彈力位能 加快繩圈縮小速度	彈力桿變形程度與彈力的關係
	彈力桿材質與彈力的關係
	彈力桿粗細與彈力的關係
	彈力桿枝條鮮嫩與彈力的關係
減少觸動機關的摩擦力	縱向消息棒長短與摩擦力的關係
	橫向消息棒形狀與摩擦力的關係
	縱向、橫向消息棒接觸面平滑度與摩擦力的關係
	縱向消息棒寬、窄與摩擦力的關係
	橫向消息棒寬、窄與摩擦力的關係
其他	縱向消息棒之槓桿原理探討
	探討動物踩踏點位置與觸動力的關係
	∩型錨釘承拉力的探討



Lusa 束腳陷阱 構造圖

四、實驗過程

實驗一：探討束腳陷阱之彈力桿變形程度與彈力大小的關係

實驗方法：

1. 將束腳陷阱彈力桿基部，垂直插入土中。
2. 彈力桿末端綁上繩圈並連結拉力彈簧秤。
3. 拉力彈簧秤垂直向下拉，每下拉20cm，(20cm、40cm、60cm…) 註1
4. 紀錄彈簧秤拉力值，至彈簧秤碰觸地面前停止。
5. 重複步驟4，三次。

控制變因：彈力桿材質---青剛櫟

彈力桿長度---200cm

彈力桿粗度---7cm

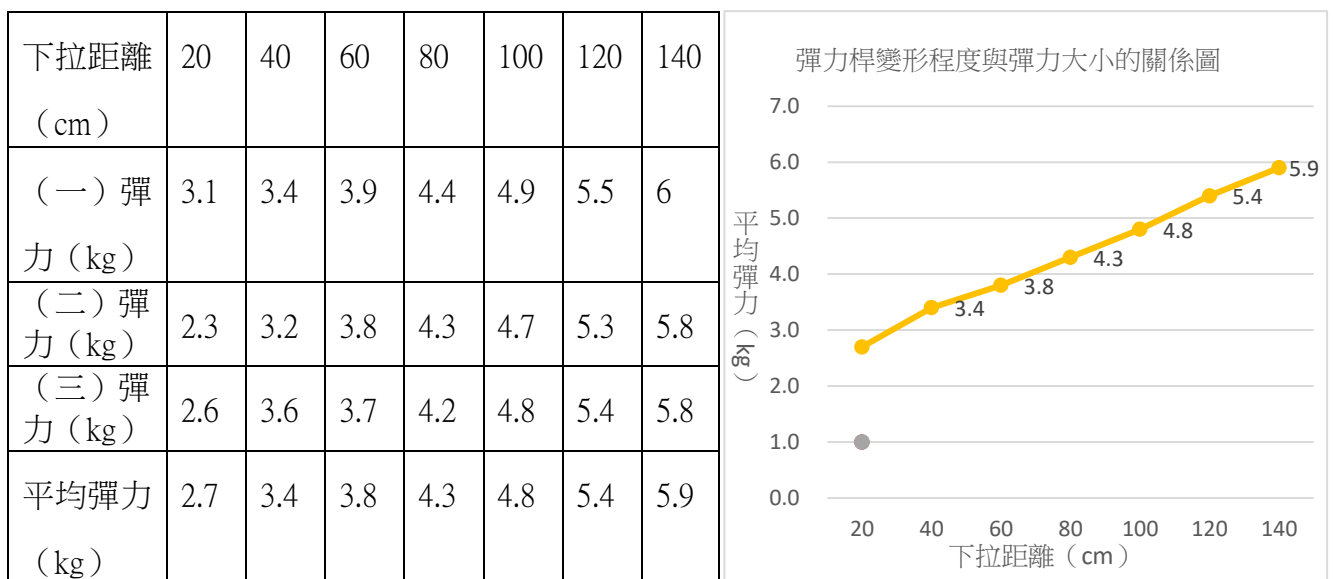
彈力桿需垂直插入土中基部不搖晃

彈力桿插入土中深度---40cm

彈力桿在地面上長度---160cm

操縱變因：彈力桿下拉距離

實驗數據記錄表格



實驗結果：彈力桿下拉距離越大，束腳陷阱之彈力桿變形程度越大，彈力桿彈力越大。

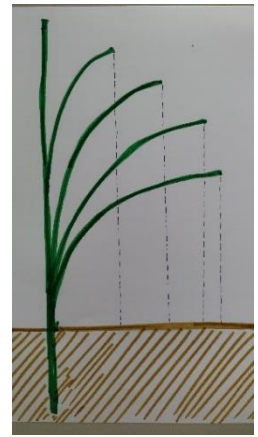
實驗討論：因未曾使用的彈力桿，下拉的前兩次彈力數值變化跳動，不採計。

註1：彈力桿多次下拉後有彈性疲乏情形，而下拉距離是以彈力桿未受力前的頂端為基準值。以實驗一之彈力桿在地面上長度160cm 為例，下拉20cm 是指將彈力桿頂端拉至離地面140cm 處，依此類推。

實驗二：探討束腳陷阱之彈力桿材質與彈力大小的關係

實驗方法：

1. 分別取枝條周長相近的水麻、狹葉櫟、青剛櫟、光臘樹、長葉木薑子、桂竹作為彈力桿，並將上列彈力桿裁成等長。
2. 將束腳陷阱彈力桿基部，垂直插入土中。
3. 彈力桿末端綁上繩圈並連結拉力彈簧秤。
4. 拉力彈簧秤垂直向下拉，每下拉20cm，
(20cm、40cm、60cm……) 紀錄彈簧秤拉力值，
至彈簧秤碰觸地面前停止。
5. 重複步驟4，三次。



下拉距離示意圖

控制變因：彈力桿長度---200cm

彈力桿粗度---基部周長約7cm、末端周長約5.5cm

彈力桿需垂直插入土中基部不搖晃

彈力桿插入土中深度---40cm

彈力桿在地面上長度---160cm

操縱變因：彈力桿材質

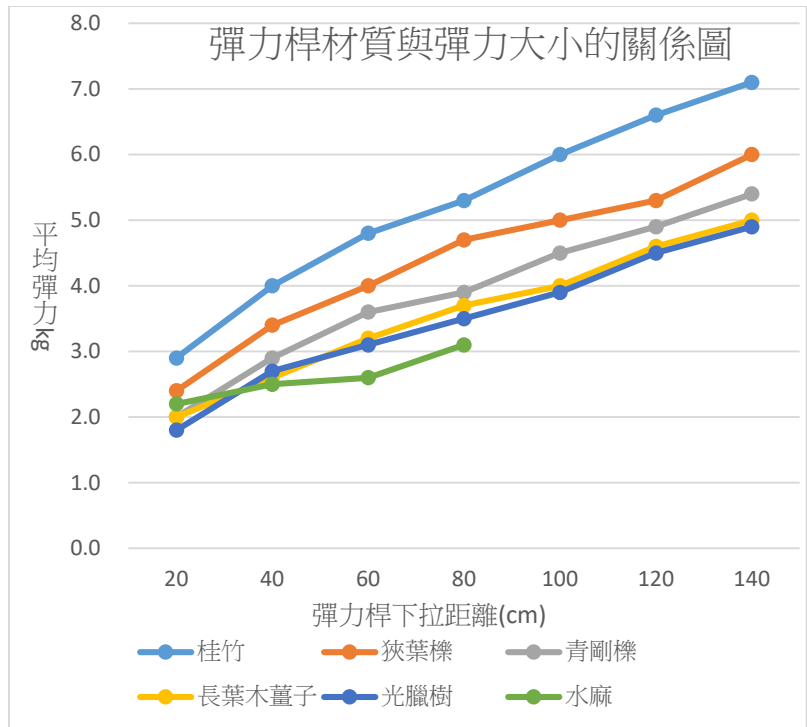
實驗數據記錄表格

彈力桿材質	彈力桿下拉距離 平均彈力 kg	20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100 cm	120 cm	140 cm
桂竹		2.9	4	4.8	5.3	6	6.6	7.1
狹葉櫟		2.4	3.4	4	4.7	5	5.3	6
青剛櫟		2	2.9	3.6	3.9	4.5	4.9	5.4
長葉木薑子		2	2.6	3.2	3.7	4	4.6	5
光臘樹		1.8	2.7	3.1	3.5	3.9	4.5	4.9
水麻		2.2	2.5	2.6	3.1	-----	-----	-----

實驗結果：不同材質彈力桿彈力大小順序：桂竹、狹葉櫟、青剛櫟、長葉木薑子、光臘樹。水麻材質太脆，不適合做彈力桿。



← 測量記錄彈力桿長度



實驗三：探討束腳陷阱之彈力桿材質鮮嫩度與彈力大小的關係

實驗方法：

1. 分別取不同竹齡，周長相近的桂竹作為彈力桿，並將彈力桿裁成等長。
2. 將束腳陷阱彈力桿基部，垂直插入土中。
3. 彈力桿末端綁上繩圈並連結拉力彈簧秤。
4. 拉力彈簧秤垂直向下拉，每下拉20cm，(20cm、40cm、60cm……) 紀錄彈簧秤拉力值，至彈簧秤碰觸地面前停止。
5. 重複步驟4，三次。

控制變因：彈力桿材質---桂竹

彈力桿長度---210cm

彈力桿粗度---基部周長約6.8 cm、末端周長約5.7 cm

彈力桿需垂直插入土中基部不搖晃

彈力桿插入土中深度---40cm

彈力桿在地面上長度---170cm

操縱變因：彈力桿鮮嫩度

實驗數據記錄表格

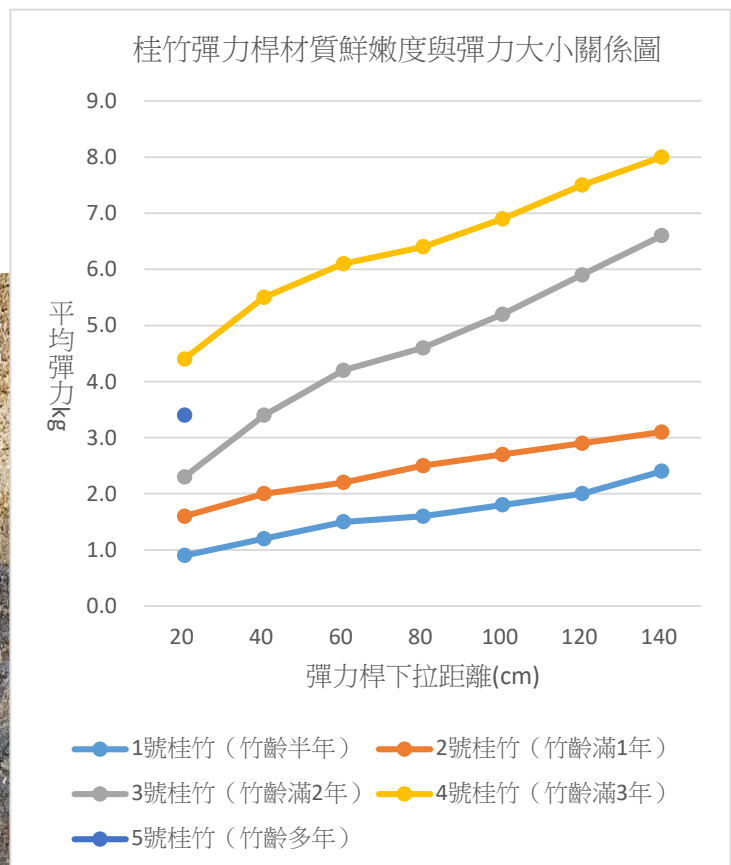
不同成熟度桂竹	彈力桿下拉距離	20	40	60	80	100	120	140
	平均彈力 kg	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
1 號桂竹 (竹齡半年)	0.9	1.2	1.5	1.6	1.8	2	2.4	
2 號桂竹 (竹齡滿 1 年)	1.6	2.0	2.2	2.5	2.7	2.9	3.1	
3 號桂竹 (竹齡滿 2 年)	2.3	3.4	4.2	4.6	5.2	5.9	6.6	
4 號桂竹 (竹齡滿 3 年)	4.4	5.5	6.1	6.4	6.9	7.5	8	
5 號桂竹 (竹齡多年)	3.4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	

不同竹齡之桂竹外觀



實驗結果：不同竹齡之桂竹彈力桿彈力不同，竹齡滿2、3年以上的桂竹彈力較大適合做彈力桿較鮮嫩竹齡未滿2年的桂竹，彈力不足不適合做彈力桿。枯黃的竹子容易折斷，也不適合做彈力桿。

觀察植物枝條表面的顏色及附生的地衣、青苔生長情形，可以大致判斷植物枝條的鮮嫩成熟度。



實驗三--1：探討束腳陷阱之彈力桿材質鮮嫩度與彈力大小的關係

實驗方法：

1. 分別取不同鮮嫩度，周長相近的青剛櫟做為彈力桿，並將裁成等長。
2. 將青剛櫟彈力桿基部，垂直插入土中。
3. 彈力桿末端綁上繩圈並連結拉力彈簧秤。
4. 拉力彈簧秤垂直向下拉，每下拉20cm，(20cm、40cm、60cm……)紀錄彈簧秤拉力值，至彈簧秤碰觸地面前停止。
5. 重複步驟4，三次。

控制變因：彈力桿材質---青剛櫟

彈力桿長度---200cm

彈力桿粗度---基部周長約7 cm、末端周長約5.5 cm

彈力桿需垂直插入土中基部不搖晃

彈力桿插入土中深度---40cm

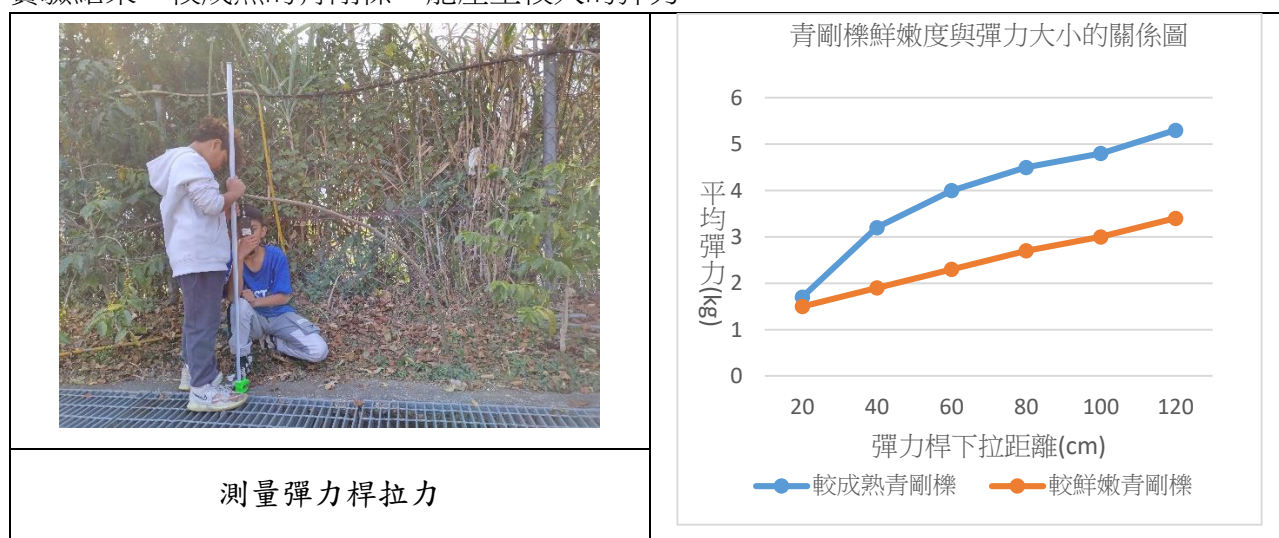
彈力桿在地面上長度---160cm

操縱變因：彈力桿鮮嫩度

實驗數據記錄表格

彈力桿下拉距離 平均彈力 kg 青剛櫟	20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100 cm	120 cm
較成熟青剛櫟	1.7kg	3.2kg	4kg	4.5kg	4.8kg	5.3kg
較鮮嫩青剛櫟	1.5kg	1.9kg	2.3kg	2.7kg	3kg	3.4kg

實驗結果：較成熟的青剛櫟，能產生較大的彈力。



實驗四：探討束腳陷阱之彈力桿材粗細與彈力大小的關係

實驗方法：

1. 分別取同竹齡，周長不同的桂竹作為彈力桿，並將彈力桿裁成等長。
2. 將束腳陷阱彈力桿基部，垂直插入土中。
3. 彈力桿末端綁上繩圈並連結拉力彈簧秤。
4. 拉力彈簧秤垂直向下拉，每下拉20cm，(20cm、40cm、60cm……)紀錄彈簧秤拉力值，至彈簧秤碰觸地面前停止。
5. 重複步驟4，三次。

控制變因：彈力桿材質---桂竹、彈力桿長度---230cm

桂竹鮮嫩度---較成熟的桂竹，竹齡約滿2年

彈力桿需垂直插入土中基部不搖晃

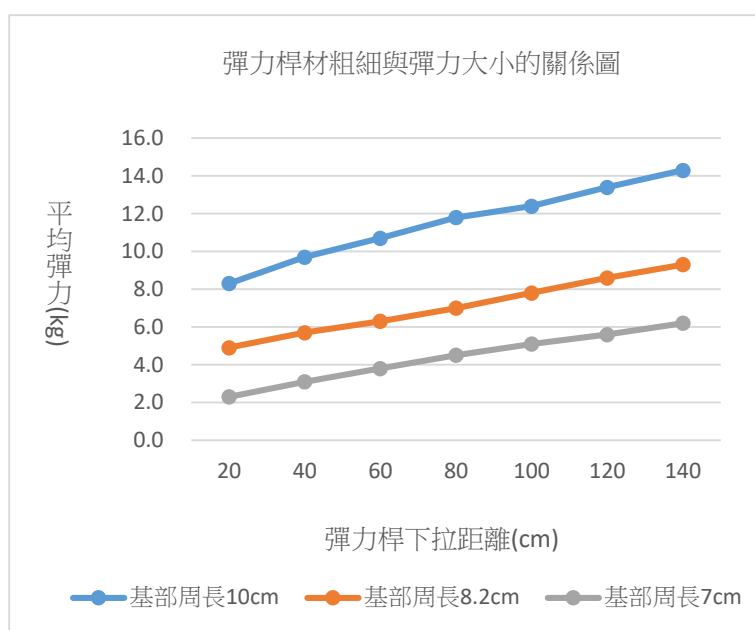
彈力桿插入土中深度---40cm、彈力桿在地面上長度---190cm

操縱變因：彈力桿粗度

實驗數據記錄表格

彈力桿下拉距離 平均彈力 kg 不同成熟度桂竹	20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100 cm	120 cm	140 cm
基部周長 10cm	8.3	9.7	10.7	11.8	12.4	13.4	14.3
基部周長 8.2cm	4.9	5.7	6.3	7	7.8	8.6	9.3
基部周長 7cm	2.3	3.1	3.8	4.5	5.1	5.6	6.2

實驗結果：不同粗細之桂竹彈力桿
彈力不同，較粗的桂竹
變形，能產生較大的
彈力。



實驗五：探討束腳陷阱的縱向消息棒長短與抗力的關係

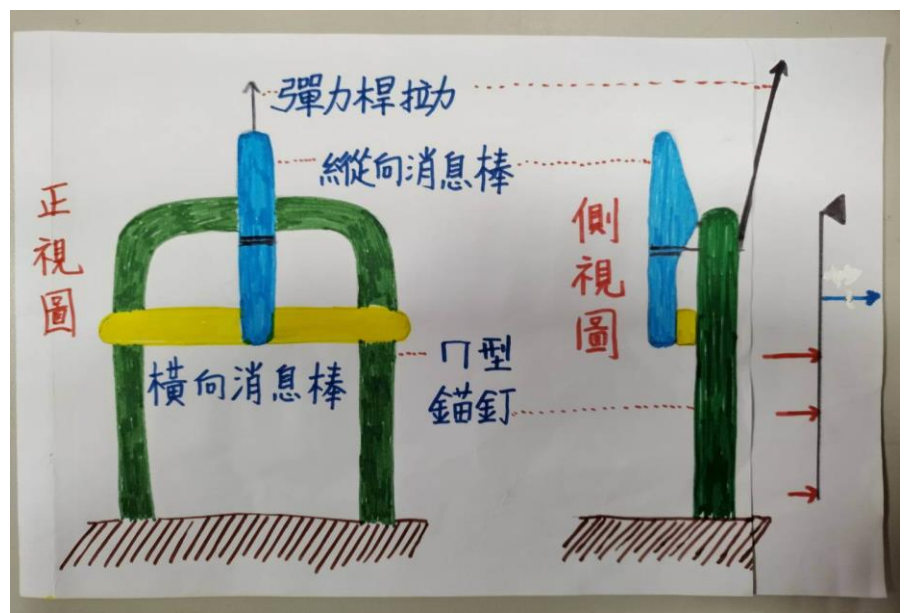
實驗方法：

1. 製作束腳陷阱模型，以之在室內操作，方便且不受天候影響。
2. 選用固定彈力桿，下拉距離固定，控制彈力。
3. 彈力桿末端綁上鋼索，並連結不同長度之縱向消息棒。
4. 縱向消息棒綁線繞過U形錨釘，以拉力彈簧秤勾住縱向消息棒末端，將縱向消息棒拉至與地面垂直，紀錄彈簧秤拉力值。
5. 重複步驟4，三次。

控制變因：彈力桿材質、粗度、長度、鮮嫩度及安置方式（同一根彈力桿）
 彈力桿下拉，離地面距離50cm（以上是要保持相同之彈力位能）
 縱向消息棒的材質--桂竹、縱向消息棒的寬度11mm、厚度4mm、
 縱向消息棒頂端至綁繩處距離18mm（彈力桿拉力力臂2.5mm）

操縱變因：縱向消息棒的長度（消息棒支點到末端的長度、抗力臂不同）

縱向消息棒
 橫向消息棒
 U形錨釘
 三者安裝位置關係圖



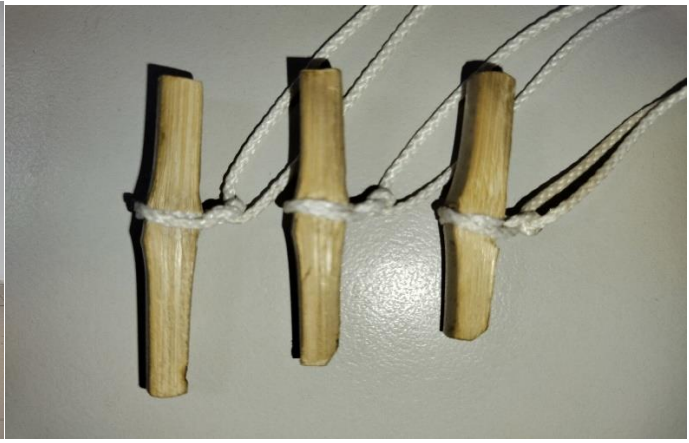
實驗數據紀錄表格

縱向消息棒編號及長度	縱向消息棒末端抗力			平均值
	1KG	1KG	1.1KG	
A 總長 44mm 抗力臂 31mm	1KG	1KG	1.1KG	1KG
B 總長 40mm 抗力臂 27mm	1.6KG	1.7KG	1.7KG	1.7KG
C 總長 44mm 抗力臂 23mm	2KG	1.9KG	1.9KG	1.9KG

實驗結果：縱向消息棒越長（抗力臂越長），測得的抗力越小。



束腳陷阱1：2模型



不同長度的縱向消息棒

實驗討論：1. 縱向消息棒，是一種槓桿原理利用，支點在縱向消息與 \cap 形錨釘的接觸點。

拉力來自彈力桿的彈力，拉力力臂是 \cap 形錨釘的半徑2.5mm。

2. 縱向消息棒末端測得的抗力，可視為作用於橫向消息棒的正向力。

實驗檢討：彈力桿使用多次後會彈性疲乏，彈力變小。改進方式是將消息棒之拉力由彈力改為重力，利用5公斤的啞鈴綁上繩子，繞過兩個定滑輪，含摩擦力測得另一端繩子拉力為5200克。

利用啞鈴重力位能
產生拉力的實驗裝置



實驗五--1：探討束腳陷阱的縱向消息棒長短與摩擦力的關係

實驗方法：

1. 製作啞鈴重力位能的拉力的實驗裝置
2. 拉力繩連結縱向消息棒，與橫向消息棒卡接在 \cap 形錨釘上。
3. 使用推力彈簧秤將橫向消息棒輕輕垂直往下推，直至機關跳起，讀取極大值並記錄。

4. 重複步驟3，每組10次。
5. 分別將10次紀錄去除極大值和極小值後算平均值。

控制變因：消息棒拉力5200克

縱向消息棒的材質—桂竹

縱向消息棒的寬度7mm 厚度3mm

縱向消息棒的彈力桿拉力力臂2.5mm

橫向消息棒長度87mm 寬度6mm 厚度3mm

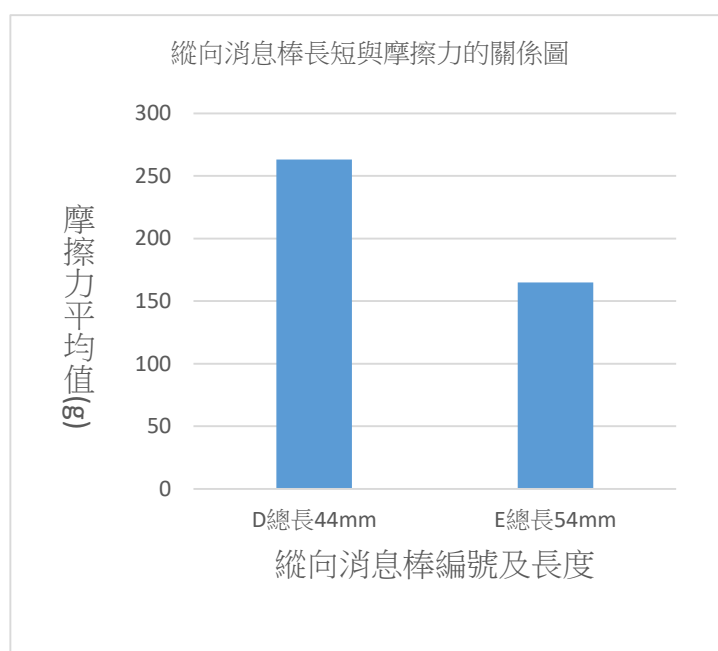
縱向消息棒下端與橫向消息棒下端對齊，接觸面貼合。

操縱變因：縱向消息棒的長度44mm、54mm

實驗數據紀錄表格

縱向消息棒編號及長度	摩擦力平均值
D 總長 44mm	263 克
E 總長 54mm	165 克

實驗結果：縱向消息棒越長，測得的摩擦力越小。



實驗討論：1. 每次測得摩擦力的差異較大，所以每組實驗做10次，去除極大值及極小值後，再算出平均值以減少誤差。

2. 為了使縱向消息棒與橫向消息棒，接觸面貼合，（控制正向力角度）縱向消息棒下端的設計較薄。

2. 影響橫向消息棒往下移動有3個摩擦面，2個是橫向消息棒與∩形錨釘的接觸面（當作控制變因不探討），另1個是橫向消息棒與縱向消息棒的接觸面。

3. 雖然使用較長的縱向消息棒，能產生較小的摩擦力，但過長的縱向消息棒會造成挖更深的洞，及踏板過斜，不易掩飾踏板的困難。

實驗六: 探討橫向消息棒之形狀與摩擦力的關係

實驗方法：同實驗五一1

控制變因：消息棒拉力5200克

縱向消息棒的材質—桂竹

縱向消息棒的長度44mm、寬度7mm、厚度3mm

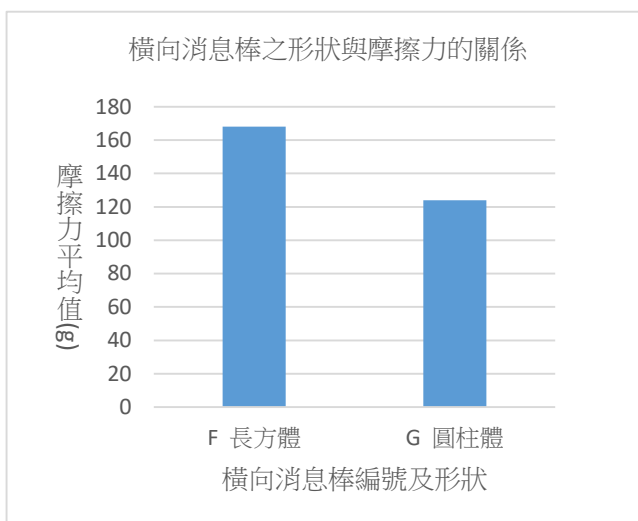
橫向消息棒的長度87mm、厚度寬度（長方體邊長、圓柱體直徑）4.5mm

縱向消息棒與橫向消息棒的卡接位置

操縱變因：橫向消息棒的形狀（圓柱體、長方體）

實驗數據紀錄表格

橫向消息棒編號及形狀	摩擦力平均值
F 長方體	168 克
G 圓柱體	124 克



實驗結果：圓柱體滾動產生的摩擦力，比長方體滑動產生的摩擦力小。

<p>推力彈簧秤將橫向消息棒垂直往下推</p>	<p>利用游標尺測量消息棒長度</p>
<p>縱向消息棒下端的設計較薄</p>	<p>不同形狀橫向消息棒側視圖</p>

實驗七: 探討縱向、橫向消息棒之接觸面平滑度與摩擦力的關係

實驗方法：準備2組縱向、橫向消息棒，其他同實驗五一1

控制變因：消息棒拉力5200克

縱向消息棒的材質—桂竹

縱向消息棒的長度44mm、寬度7mm、厚度3mm

橫向消息棒的長度87mm、寬度6mm、厚度3mm

縱向消息棒與橫向消息棒的卡接位置

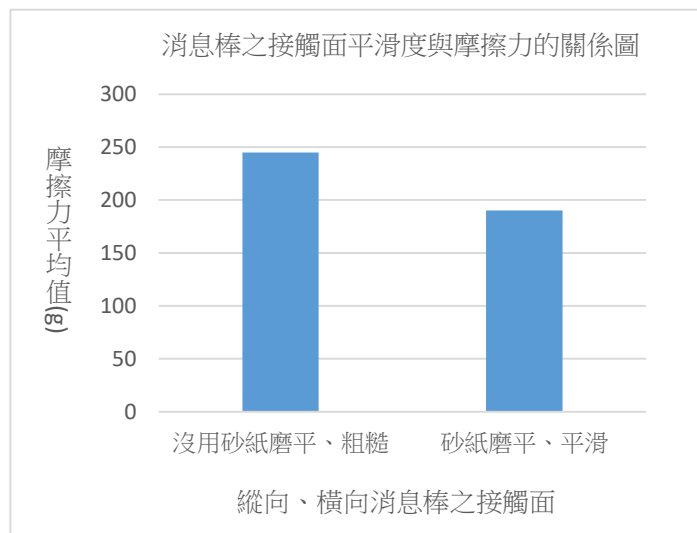
操縱變因：縱向、橫向消息棒之接觸面平滑度

(一組用砂紙磨平、另一組沒用砂紙磨平)

實驗數據紀錄表格

縱向、橫向消息棒之接觸面	摩擦力平均值
沒用砂紙磨平、粗糙	245 克
砂紙磨平、平滑	190 克

實驗結果：縱向、橫向消息棒之接觸面較平滑產生的摩擦力較小。



實驗七--1: 探討縱向、橫向消息棒之接觸面塗抹凡士林及豬油與摩擦力的關係

實驗方法：同實驗五一1

控制變因：消息棒拉力5200克

縱向消息棒的材質—桂竹

縱向消息棒的長度44mm、寬度7mm、厚度3mm

橫向消息棒的長度87mm、寬度6mm、厚度3mm

縱向消息棒與橫向消息棒的卡接位置

縱向、橫向消息棒之接觸面用砂紙磨平

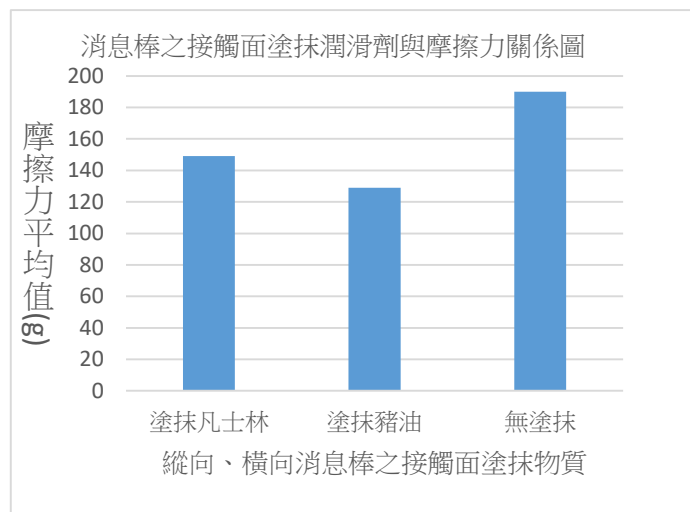
操縱變因：縱向、橫向消息棒之接觸面分別塗抹凡士林、豬油

實驗數據紀錄表格

縱向、橫向消息棒之接觸面塗抹物質	摩擦力平均值
塗抹凡士林	149 克
塗抹豬油	129 克

實驗結果：與實驗七結果比較，縱向、橫向消息棒之接觸面塗抹油脂物質，使摩擦力變小。

實驗討論：消息棒接觸面塗凡士林、塗豬油後雖然摩擦力較小，但產生的異味可能使動物不敢靠近。



實驗八: 探討縱向消息棒之形狀與摩擦力的關係

實驗方法：準備3支縱向消息棒（平面、10度斜面、20度斜面），其他同實驗五一1

控制變因：消息棒拉力5200克

縱向消息棒的材質—桂竹

縱向消息棒以砂紙磨平，縱向消息棒的長度51mm、寬度8mm

橫向消息棒使用的長度87mm、直徑4.5mm 之圓柱體

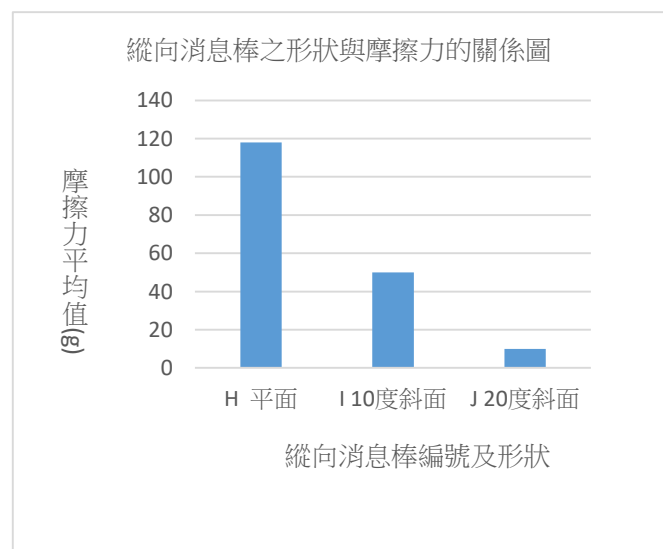
縱向消息棒與橫向消息棒的卡接位置

操縱變因：縱向消息棒的形狀（平面、10度斜面、20度斜面）

實驗數據紀錄表格

縱向消息棒編號及形狀	摩擦力平均值
H 平面	118 克
I 10 度斜面	50 克
J 20 度斜面	10 克…註 2

實驗結果：有斜面的縱向消息棒產生的摩擦力較小，斜面角度越大，摩擦力越小。




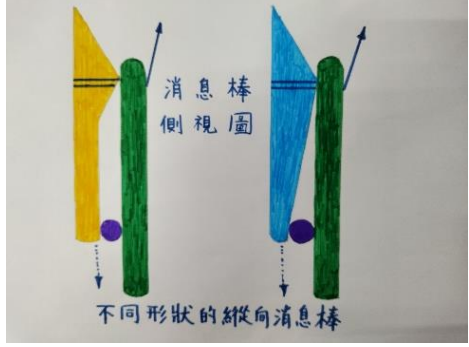
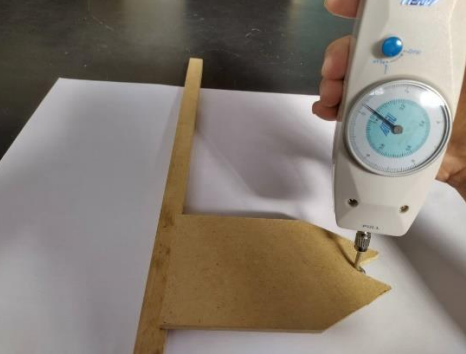



實驗討論：1. 縱向消息棒的形狀為斜面時會使正向力變小（製作放大模型，實測證明：2個200克法碼模擬作用於縱向消息棒末端的正向力是420克，而作用於20度的斜面後，正向力變為390克。）

2. 雖然摩擦力較小較好，但有其限度。摩擦力必須大於踏板尖端的作用應力。

3. 以束腳陷阱模型而言，10度斜面的縱向消息棒利用斜面減少正向力、以砂紙磨平減少摩擦、配合圓柱體的橫向消息棒，以滾動代替滑動，平均摩擦力50克大於踏板尖端作用應力30克，是測試出的最佳組合。

註2：縱向消息棒的形狀為20度斜面時，10次實驗中有3次直接跳起，剩餘7次的平均值為10克。

	
<p>400 克法碼加木板模型重 420 克</p>	<p>作用於 20 度的斜面，正向力變為 390 克</p>
	
<p>平面、10 度斜面、20 度斜面</p>	<p>不同形狀縱向消息棒側視圖</p>
	
<p>測量踏板尖端作用應力 30 克</p>	<p>縱、橫向消息棒的最佳組合</p>

實驗九：探討縱向消息棒的寬度與摩擦力的關係

實驗方法：同實驗五一1

控制變因：消息棒拉力5200克

縱向消息棒的材質—桂竹

縱向消息棒的長度44mm 及厚度3mm

橫向消息棒的材質

橫向消息棒的長度87mm、寬度6mm 及厚度3mm

縱向消息棒與橫向消息棒接觸面以砂紙磨平

縱向消息棒與橫向消息棒的卡接位置

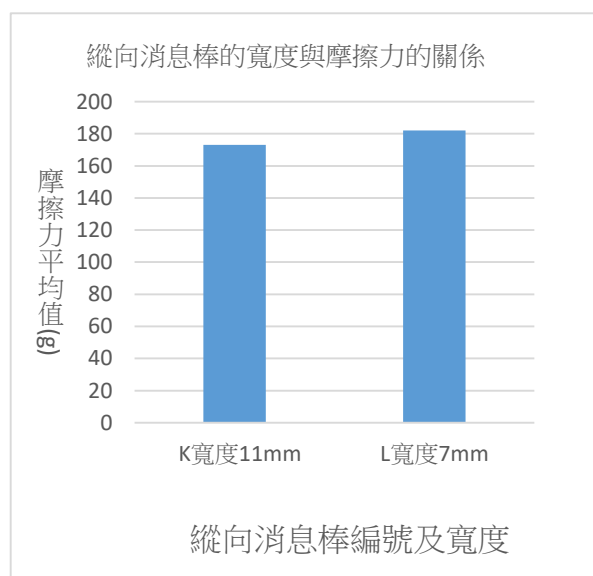
操縱變因：縱向消息棒的寬度11mm、7mm

實驗數據紀錄表格

縱向消息棒編號 及寬度	摩擦力 平均值
K 寬度 11mm	173 克
L 寬度 7mm	182 克

實驗結果：摩擦力分別是 173g、182g，
二者間無明顯差異。

實驗討論：摩擦力與接觸面積大小無關
，與資料查詢結果吻合。



實驗十：探討橫向消息棒之寬度與摩擦力的關係

實驗方法：同實驗五一1

控制變因：消息棒拉力5200克

縱向消息棒的材質

縱向消息棒的長度44mm、寬度7mm 及厚度3mm

橫向消息棒的材質

橫向消息棒的長度87mm、及厚度3mm

縱向消息棒與橫向消息棒接觸面以砂紙磨平

縱向消息棒與橫向消息棒的卡接位置

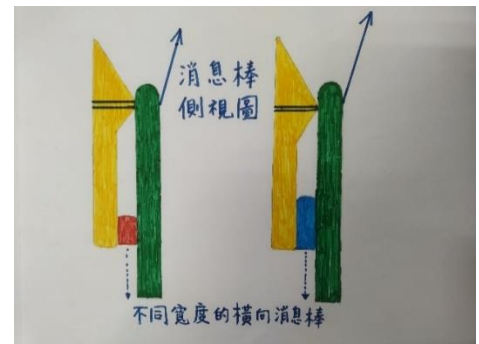
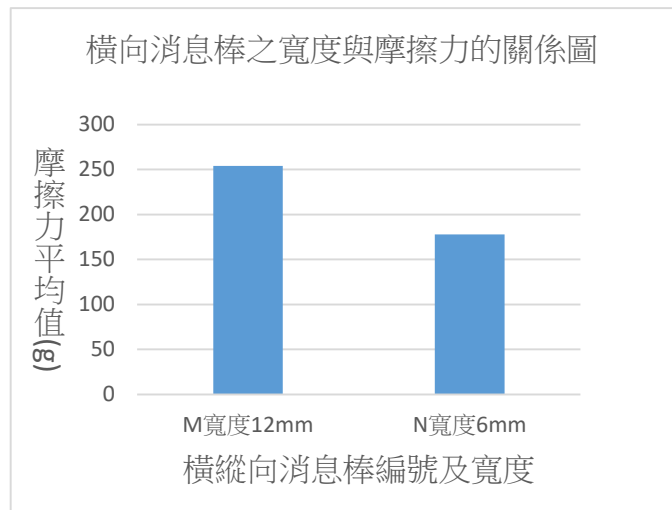
操縱變因：橫向消息棒的寬度12mm、6mm

實驗數據紀錄表格

橫向消息棒編號及寬度	摩擦力平均值
M 寬度 12mm	254 克
N 寬度 6mm	178 克

實驗結果：較寬的橫向消息棒產生的摩擦力較大。

實驗討論：摩擦力與接觸面積大小無關，造成此一實驗結果，推測原因是：較寬的橫向消息棒與縱向消息棒，因接觸點較高，平均力臂短，產生的正向力較大，所以測得摩擦力較大。



不同寬度橫向消息棒示意圖

實驗十一：探討動物踩踏點位置與下壓力（觸動力）的關係

實驗方法：1. 將機關踏板末端中點，至踏板前端凹入處畫一直線。

2. 測量機關踏板最末端至踏板前端凹入處之長度，並標記該線段中點。

3. 步驟2之中點，分別向左右兩方隔3cm、6cm 處標記。

4. 步驟2、3的5個標記處，依序放上200克砝碼，以踏板末端為支點，以拉力彈簧秤勾住踏板前端凹入處，測量數據並記錄。

5. 重複步驟4，3次後算出平均值。

控制變因：機關踏板材質—木板

機關踏板材長度25cm、重量 210克

機關踏板最末端至踏板前端凹入處之長度22cm

機關踏板安置支點位置----最末端

觸動消息棒點的位置----踏板前端凹入處

模擬動物踩踏力（200克砝碼）

操縱變因：踩踏點位置

實驗數據紀錄表格

踩踏位置與觸動力的關係紀錄表					
踩踏點距支點長度	5cm	8cm	11cm	14cm	17cm
下壓力平均值	135克	155克	200克	227克	283克

實驗結果：動物踩踏點位置距支點距離越大，觸動消息棒的力越大。越容易觸動機關。

<p>機關踏板示意圖</p>	<p>踩踏點位置與下壓力的關係圖</p>
<p>機關踏板上的模擬動物踩踏點</p>	<p>以拉力彈簧秤測量踏板前端凹入處下壓力</p>

實驗十二：探討U型錨釘表面切痕與錨釘之抗拉力（摩擦力）關係

實驗方法：1. 取3支長度粗度相同的箭竹，製作長度相同的U型錨釘。

- 2. 1支U型錨釘由上往下斜切出凹痕，1支U型錨釘由下往上斜切出凹痕，1支U型錨釘無凹痕。

3. 量取1公斤的培養土放入圓筒中並壓實至7公分高，以上動作共4次，圓筒

中的培養土共4公斤28公分高。(控制土壤緊實度)

4. 重複步驟3，3次。
5. 分別將步驟2的3支U型錨釘，垂直釘入步驟3的圓筒培養土中。
6. 以拉力彈簧秤分別向上垂直拉出，步驟5的3支U型錨釘。
7. 測量步驟6的極大值並記錄。
8. 重複步驟5、6、7，3次，並算出平均值。

控制變因：U型錨釘長度：29.5cm 粗度：直徑1.9cm

U型地錨釘入土中的深度：25cm

U型錨釘垂直釘入土中

釘入U型錨釘之土壤成分為培養土、且土壤緊實度相同

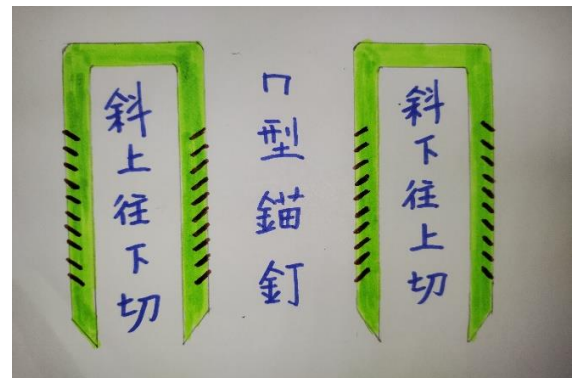
測量抗力時，垂直向上拉出U型錨釘

操縱變因：U型錨釘是否切出凹痕及切痕方向

實驗數據紀錄表格

是否切出凹痕	平均抗拉力
無凹痕	13.2kg
上往下斜切凹痕	16.5kg
下往上斜切凹痕	13kg

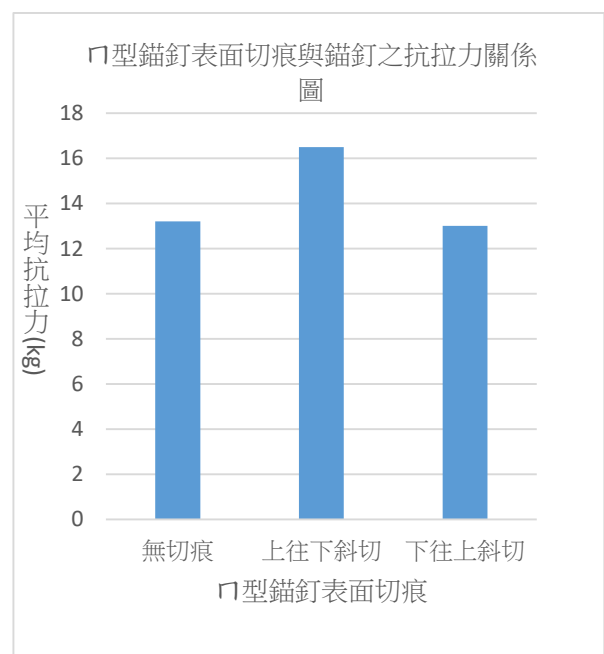
U型錨釘切痕示意圖



實驗結果：上往下斜切凹痕的U型錨釘，
抗拉力（摩擦力）較大。

下往上斜切凹痕的U型錨釘，
與無凹痕的U型錨釘，抗拉力
無明顯差異

實驗討論：上往下斜切凹痕的U型錨釘，
受向上拉力時，切痕與土壤產生
比較粗糙的摩擦面和阻力，所以
抗拉力較大。下往上斜切凹痕
的U型錨釘，向上拉力時，切痕
與受力方向一致，阻力較小。





量取 1 公斤的培養土放入圓筒中



控制圓筒中培養土的緊實度



使用拉力彈簧秤將口型錨釘向上垂直拉出



拉出後比較兩支不同方向切痕的口型錨釘

肆、研究結果

一. 為了提高彈力位能，加快繩圈縮小速度，Lusa 陷阱彈力桿的安置及選擇有下列原則：

1. 在一定的範圍內，彈力桿變形程度越大產生的彈力越大。
2. 彈力桿材質的選用，以桂竹或殼斗科植物，能產生較大彈力的植物，優先考量。
3. 彈力桿的選用，以較成熟的植物枝條，能產生較大彈力，優先考量。
4. 同材質、同成熟度的植物枝條，較粗的能產生較大彈力。

二. 為了減少觸動機關的摩擦力，加快彈力桿跳起，收起繩圈，Lusa 陷阱消息棒的安置及選擇有下列原則：

1. 較長的縱向消息棒，能產生較小的摩擦力。
2. 使用圓柱體的橫向消息棒，能產生較小的摩擦力。
3. 消息棒接觸面以砂紙磨平滑、塗凡士林、塗豬油，能產生較小的摩擦力。

4. 使用有斜面的縱向消息棒，能產生較小的摩擦力。
5. 使用 10 度斜面的縱向消息棒利用斜面減少正向力、以砂紙磨平減小摩擦、配合圓柱體的橫向消息棒以滾動代替滑動，是我們測得的最佳組合。

三. 其他

1. 動物踩踏點位置距支點距離越大，觸動消息棒的力越大。越容易觸動機關。
2. 切出斜上往下凹痕的∩型錨釘，抗拉力（摩擦力）較大。

伍、討論

一. Lusa 束腳陷阱利用的科學原理有下列：

1. **彈力位能**：藉彈力桿變形，蓄積能量。
2. **慣性**：鋼索被彈力桿快速拉起，圈套縮小。
3. **槓桿**：
 - (1) 縱向消息棒：支點位置是在與∩型錨釘的接觸點。
 - (2) 踩踏板：支點位置是在腳踏板的末端與地面接觸點。
4. **摩擦力**：
 - (1) 減少摩擦力：消息棒間的接觸。
 - (2) 增加摩擦力：∩型錨釘與地面的接觸。

二. 未曾使用的彈力桿，下拉的前兩次彈力數值變化跳動，故不採計。

三. 彈力桿多次下拉後有彈性疲乏情形，而下拉距離是以彈力桿未受力前的頂端為基準值。

四. 泰雅獵人設置束腳陷阱時，會依據目標獵物選擇粗細不同的彈力桿。雖然彈力桿變形程度越大能產生越大彈力，但實際設置束腳陷阱時，考量彈性疲乏問題及獵物的動線，通常不會把彈力桿拉到地面。

五. 資料查詢得知：摩擦力大小受正向力和接觸面平滑度有關，與接觸面積大小無關。要減小摩擦力，可以用力滾動代替滑動，或在接觸面添加潤滑劑，以上均有在消息棒的實驗中得到驗證。

六. 雖然使用較長的縱向消息棒，能產生較小的摩擦力，但過長的縱向消息棒會造成挖更深的洞，及踏板過斜，不易掩飾踏板的困難。

七. 消息棒接觸面塗凡士林、塗豬油後雖然摩擦力較小，但產生的異味可能使動物不敢靠近。

八. 雖然摩擦力較小較好，但有其限度。**摩擦力必須大於踏板尖端的作用應力。**

九. 獵人安置陷阱機關踏板時，會將踏板支點抬高。據獵人說法，如此會使動物踩踏點往觸動點接近的機率增加，加速觸動機關。實驗十一驗證了：動物踩踏點往觸動點接近，能增加觸動機關的應力。

十. 增加U型錨釘的摩擦力，能使U型錨釘承受較大彈力的彈力桿的拉力。

陸、結論

束腳陷阱是泰雅文化的生活智慧之一。泰雅獵人在山林中要捕獲獵物，除了對動物習性的了解外，在設置陷阱時，從選擇材料對植物的辨識及對植物特性的認知，以及製作、安裝陷阱時的巧思，都蘊藏了自然及科學的知識在裏頭。我們用科學的方法了解了泰雅獵人的智慧。希望未來，在兼顧泰雅文化傳承及保育的原則下，我們也能上山試試身手，做一個驕傲的泰雅獵人。



測量工具—推拉力彈簧秤



箭竹做的U型錨釘



垂直釘下U型錨釘



埋在土中、插彈力桿的固定座

柒、參考文獻資料

- 一、黑帶巴彥，泰雅人的生活型態探源：一個泰雅人的現身說法，新竹縣，新竹縣文化局，P97～106，2002。…….泰雅族傳統陷阱介紹
- 二、李亦園等，南澳的泰雅人，台北市，中央研究院民族學研究所，P509～525，1964。…….泰雅族傳統陷阱介紹
- 三、學習吧網頁資料（<https://www.learnmode.net/flip/video/6053>）…….摩擦力
- 四、Loxa 網頁資料 http://www.loxa.edu.tw/classweb/webView/index2.php?m_Id=72568&m_Type=4&m_Sort=9&webId=1698&teacher=cy-ysces033&postId=50532&page=1 ……槓桿原理

【評語】 082801

1. 本作品利用科學實驗方法，來驗證並改良傳統束腳陷阱的製作，
具有延續鄉土文化的精神。
2. 建議材料的選用，盡量配合現場的環境條件，誘捕效果會較好。

作品海報



Lusa—圈起泰雅獵人的智慧

關鍵字：彈力、摩擦力、束腳陷阱

摘要

Lusa是泰雅族的傳統東腳陷阱，泰雅祖先及獵人們在這小小的機關中，利用了許多植物的特性及物理科學原理。獵人們為了要提高東腳陷阱捉住動物的機會，在製作陷阱時，材料的選擇及使用有些偏好，在觸動陷阱機關的消息棒上，做了些巧思來加速陷阱的運作。我們在老師的指導下，設計了多組的實驗來探討。能以科學的方法，來探討及驗證祖先的智慧，也是於有榮焉。

壹、前言

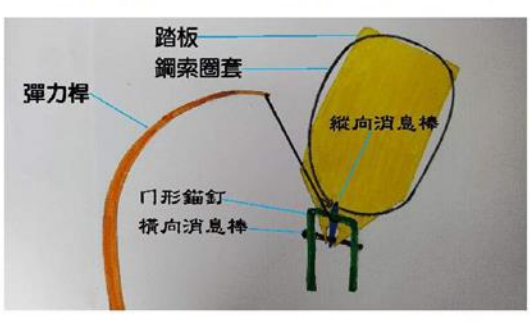
我們在學校的本位彈性課程中，學習到了泰雅狩獵文化中的傳統陷阱。在操作過程中，老師為我們解說東腳陷阱利用的科學原理有一慣性、彈性、槓桿及摩擦力。老師提問：「試想自己是個獵人，利用東腳陷阱，要如何操作及安置，才能增加捕獲動物的機會？老師建議並鼓勵我們，設計實驗來驗證獵人的智慧，並且彙整實驗結果參加科展，和大家分享泰雅祖先的生活智慧。

貳、研究設備及器材

- 陷阱製作：鋸子、刀子、鉗子、鋼索
- 操作模型製作：釘子、木板角材、滑輪、繩子、5公斤啞鈴
- 測量工具：推拉力彈簧秤、捲尺、皮尺、游標尺、量角器
- 其他：凡士林、豬油、砂紙、200克砝碼、培養土
- 資料查詢及紀錄工具：圖書、網際網路、紙、筆、相機

參、研究過程或方法

獵人的技巧	實驗規劃
提高彈力位能 加快繩圈縮小速度	彈力桿變形程度與彈力的關係
	彈力桿材質與彈力的關係
	彈力桿粗細與彈力的關係
	彈力桿枝條鮮嫩與彈力的關係
減少觸動機關的摩擦力	縱向消息棒長短與摩擦力的關係
	橫向消息棒形狀與摩擦力的關係
	縱向、橫向消息棒接觸面平滑度與摩擦力的關係
	縱向消息棒寬、窄與摩擦力的關係
	橫向消息棒寬、窄與摩擦力的關係
	縱向消息棒形狀與摩擦力的關係
其他	縱向消息棒之槓桿原理探討
	探討動物踩踏點位置與觸動力的關係
	口型錨釘承拉力的探討



Lusa 東腳陷阱 構造圖



Lusa東腳陷阱 安置於地面圖



東腳陷阱 1：2模型



啞鈴重力位能 拉力裝置

實驗一：探討東腳陷阱之彈力桿變形程度與彈力大小的關係

- 實驗方法：**
1. 將東腳陷阱彈力桿基部，垂直插入土中。
 2. 彈力桿末端綁上繩圈並連結拉力彈簧秤。
 3. 拉力彈簧秤垂直向下拉，每下拉20cm (40cm、60cm...)
 4. 紀錄彈簧秤拉力值，至彈簧秤碰觸地面前停止。
 5. 重複步驟4，三次。

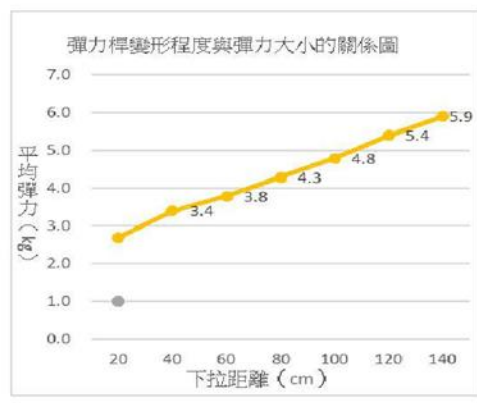
控制變因：彈力桿材質-青剛櫟、彈力桿長度-200cm
 彈力桿粗度-7cm、彈力桿垂直插入基部不搖晃
 彈力桿插入土中深-40cm、在地面上長-160cm

操縱變因：彈力桿下拉距離

實驗結果：彈力桿下拉距離越大，東腳陷阱之彈力桿變形程度越大，彈力桿彈力越大。



測量工具-推拉力彈簧秤



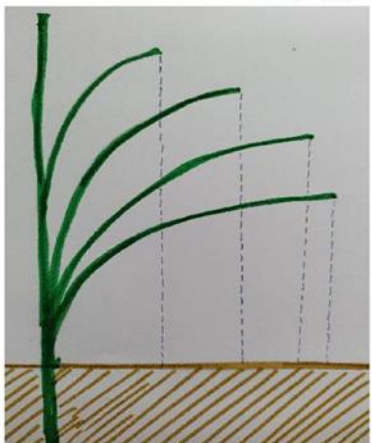
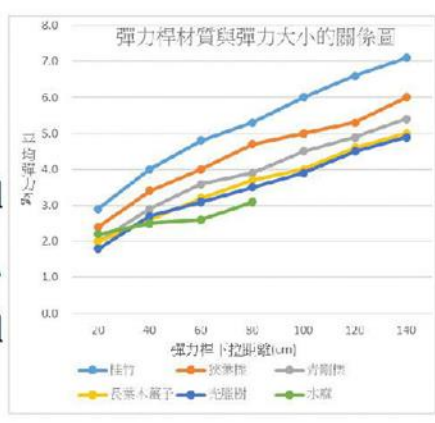
實驗二：探討東腳陷阱之彈力桿材質與彈力大小的關係

- 實驗方法：**
1. 分別取枝條周長相近的水麻、狹葉櫟、青剛櫟、光臘樹、長葉木薑子、桂竹作為彈力桿，並將彈力桿裁成等長。
 2. 其他同實驗一。

控制變因：彈力桿長度--200cm、彈力桿粗度--基部周長約7cm
 末端周長約5.5cm、彈力桿垂直插入土中基部不搖晃
 彈力桿插入土中深度--40cm、在地面上長度--160cm

操縱變因：彈力桿材質

實驗結果：不同材質彈力桿彈力大小順序：桂竹、狹葉櫟、青剛櫟、長葉木薑子、光臘樹。水麻不適合做彈力桿。



垂直下拉示意圖



測量記錄彈力桿長度



測量彈力桿拉力



彈力桿的固定處

實驗三：探討東腳陷阱之彈力桿材質鮮嫩度與彈力大小的關係

實驗方法：

1. 分別取不同竹齡，周長相近的桂竹作為彈力桿，並裁成等長。
2. 其他同實驗一

控制變因：彈力桿材質-桂竹、長度---210cm

粗度-基部周長約6.8 cm、末端約5.7 cm
彈力桿需垂直插入土中40cm、基部不搖晃
彈力桿在地面上長度---170cm

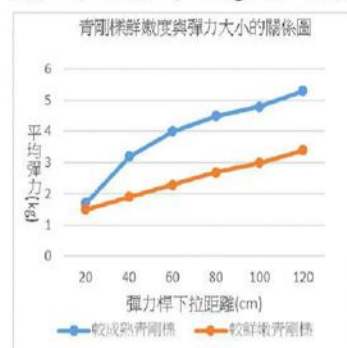
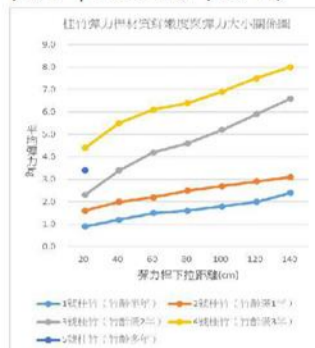
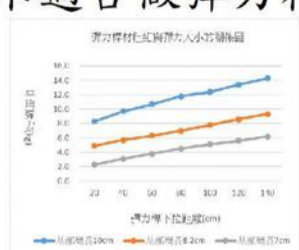
實驗結果：竹齡2、3年以上的桂竹 彈力較大適合做彈力桿，較鮮嫩的桂竹，彈力不足不適合做彈力桿。枯黃的竹子容易折斷，也不適合做彈力桿。



不同竹齡之桂竹



不同鮮嫩度的青剛櫟



實驗四：探討東腳陷阱之彈力桿材粗細與彈力大小的關係

實驗方法：

1. 分別取同竹齡，周長不同的桂竹作為彈力桿，並裁成等長。
2. 其他同實驗一

控制變因：彈力桿材質-桂竹、長度---230cm

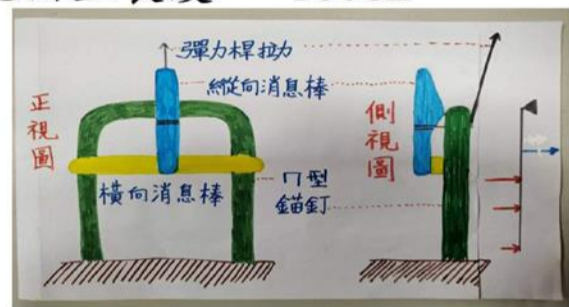
桂竹鮮嫩度--較成熟的桂竹，竹齡約滿2年
彈力桿需垂直插入土中40cm基部不搖晃
彈力桿在地面上長度---190cm

實驗結果：較粗的桂竹彈力桿變形，能產生較大的彈力。

實驗五：探討東腳陷阱的縱向消息棒長短與抗力的關係

實驗方法：

1. 製作東腳陷阱模型，以之在室內操作，方便且不受天候影響。
2. 選用固定彈力桿，下拉距離固定，控制彈力。
3. 彈力桿末端綁上鋼索，並連結不同長度之縱向消息棒。
4. 縱向消息棒綁線繞過U形錨釘，以拉力彈簧秤勾住消息棒末端，拉至與地面垂直，紀錄拉力值。
5. 重複步驟4，三次。



控制變因：相同之彈力位能、縱向消息棒的材質-桂竹、寬度、厚度，消息棒之拉力力臂5mm

操縱變因：縱向消息棒的長度（消息棒支點到末端的長度、抗力臂不同）

實驗結果：縱向消息棒越長（抗力臂越長），測得的抗力越小。

實驗五-1：探討東腳陷阱的縱向消息棒長短與摩擦力的關係

實驗方法：

1. 製作啞鈴重力位能的拉力的實驗裝置
2. 縱向、橫向消息棒卡接在U形錨釘上。
3. 使用推力彈簧秤將橫向消息棒輕輕垂直下推，至機關跳起，讀取極大值並記錄。
4. 重複步驟3，每組10次。
5. 10次紀錄去除極大、極小值後算平均值。

控制變因：裝置拉力5200克、消息棒的材質-桂竹

縱向消息棒寬度、厚度，拉力力臂2.5 mm、橫向消息棒長度、寬度、厚度
縱、橫向消息棒下端對齊，接面貼合。

操縱變因：縱向消息棒的長度44mm、54mm

實驗結果：縱向消息棒越長，測得的摩擦力越小

實驗六：探討橫向消息棒形狀與摩擦力的關係

控制變因：

消息棒拉力5200克、材質-桂竹
縱向消息棒的長度、寬度、厚度
橫向消息棒的長度、厚度、寬度
縱向、橫向消息棒的卡接位置

操縱變因：橫向消息棒形狀-圓柱體、長方體

實驗結果：圓柱體滾動產生的摩擦力比較小

實驗七：探討縱向、橫向消息棒之接觸面平滑度與摩擦力的關係

實驗方法：

準備2組縱、橫向消息棒，一組用砂紙磨平，其他同實驗五-1

控制變因：

消息棒拉力5200克、材質-桂竹
縱向消息棒的長度、寬度、厚度
橫向消息棒的長度、寬度、厚度
縱向、橫向消息棒的卡接位置

操縱變因：縱向、橫向消息棒之接觸面平滑度

實驗結果：接觸面較平滑產生的摩擦力較小。

實驗七-1：探討消息棒接觸面塗抹凡士林及豬油與摩擦力的關係

實驗方法、控制變因同實驗七

操縱變因：

縱向、橫向消息棒之接觸面分別塗抹凡士林、豬油

實驗結果：接觸面塗抹油脂物質，摩擦力變小。

實驗八：探討縱向消息棒形狀與摩擦力的關係

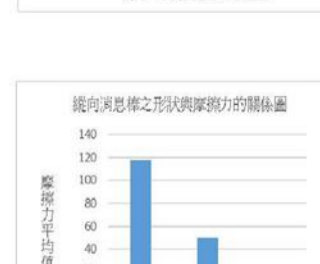
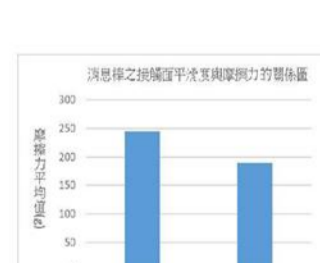
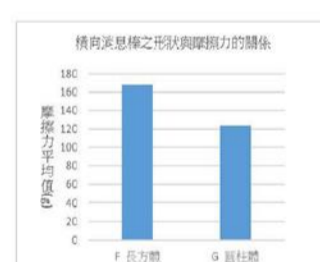
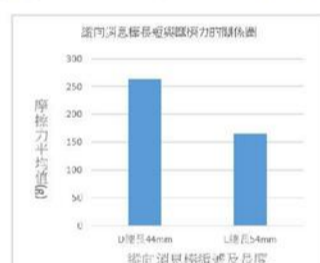
實驗方法：

準備3支縱向消息棒-平面、10度、20度斜面，其他同實驗五-1

控制變因：

縱向消息棒長、寬度，並以砂紙磨平
橫向消息棒用圓柱，其他同實驗五-1

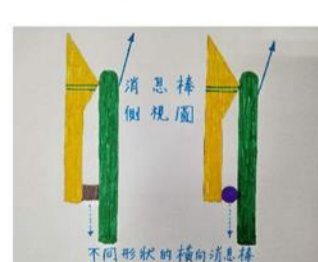
實驗結果：有斜面的消息棒產生的摩擦力較小，斜面角度越大，摩擦力越小。



推力彈簧秤將橫向消息棒垂直往下推



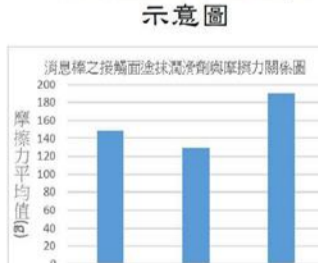
400克法碼及木板重420克



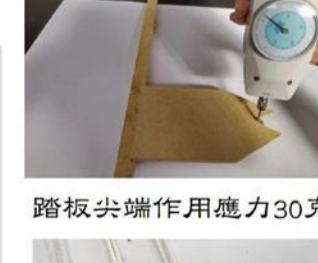
不同形狀橫向消息棒示意圖



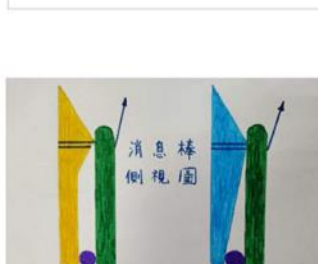
作用於20度的斜面正向力變為390克



消息棒之接觸面塗抹凡士林與無塗抹關係圖



踏板尖端作用應力30克



不同形狀縱向消息棒示意圖



平面、10度斜面、20度斜面

最佳組合的縱、橫向消息棒

實驗九：縱向消息棒的寬度與摩擦力的關係

操縱變因：縱向消息棒的寬度11mm、7mm

實驗結果：摩擦力二者間無明顯差異。

實驗十：橫向消息棒之寬度與摩擦力的關係

操縱變因：橫向消息棒寬度12mm、6mm

實驗結果：較寬橫向消息棒摩擦力較大。

實驗十一：探討動物踩踏點位置與下壓力的關係

- 實驗方法：
1. 踏板末端中點，至前端凹處畫一直線。
 2. 測量機關踏板長度，並標記該線段中點。
 3. 由中點，分別向左右隔3、6cm處標記。
 4. 將5個標記處，依序放上200克砝碼模擬動物踏力，以踏板末端為支點，以拉力彈簧秤勾住踏板前端凹入處，測量數據。
 5. 重複步驟4，3次後算出平均值。

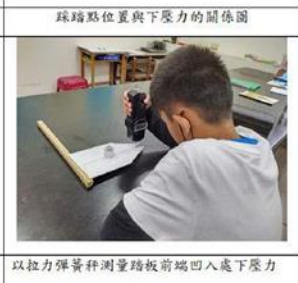
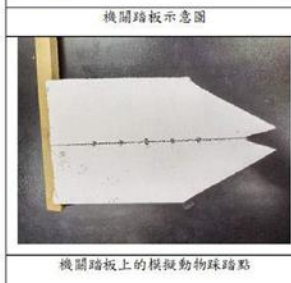
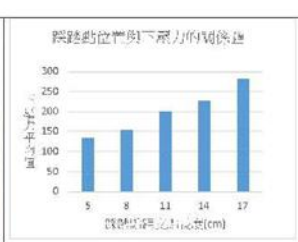
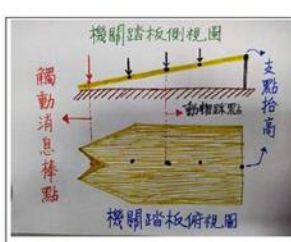
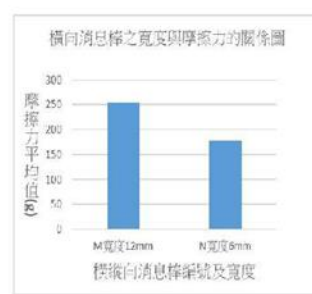
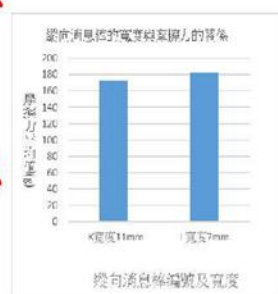
實驗結果：踏點距支點距離越大，觸動消息棒力越大。

實驗十二：口型錨釘表面切痕與之抗拉力關係

控制變因：口型錨釘長度、粗度、釘入土中的深度
口型錨釘垂直釘入土中、測抗力時垂直拉出
口型錨釘入緊實度相同的培養土

操縱變因：口型錨釘是否切出凹痕及切痕方向

實驗結果：上往下斜切凹痕的口型錨釘，抗拉力較大。



肆、研究結果

一. 為了提高彈力位能，加快繩圈縮小速度，彈力桿的安置及選擇有下列原則：

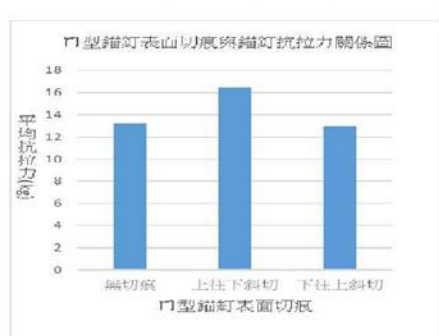
1. 在一定的範圍內，彈力桿變形程度越大產生的彈力越大。
2. 彈力桿的材質，以桂竹或殼斗科植物，能產生較大彈力的植物，優先考量。
3. 彈力桿的選用，以較成熟的植物枝條，能產生較大彈力，優先考量。
4. 同材質、同成熟度的植物枝條，較粗的能產生較大彈力。

二. 為了減少摩擦力，加快彈力桿收起繩圈，Lusa消息棒的安置有下列原則：

1. 較長的縱向消息棒，能產生較小的摩擦力。
2. 使用圓柱體的橫向消息棒，能產生較小的摩擦力。
3. 消息棒接觸面以砂紙磨平滑，能產生較小的摩擦力。
4. 使用有斜面的縱向消息棒，能產生較小的摩擦力。
5. 使用10度斜面的縱向消息棒利用斜面減少正向力、以砂紙磨平滑減少摩擦、配合圓柱體的橫向消息棒以滾動代替滑動，是我們測得的最佳組合。

三. 其他

1. 動物踩踏點位置距支點距離越大，觸動消息棒的力越大。越容易觸動機關。
2. 切出斜上往下凹痕的口型錨釘，抗拉力（摩擦力）較大。



控制圓筒中培養土的緊實度



彈簧秤將口型錨釘垂直拉出



拉出土後比較不同方向切痕的口型錨釘

伍、討論

- 一. 獵人設置Lusa時，會依目標獵物選擇粗細不同的彈力桿。雖然變形程度越大彈力越大，但考量彈性疲乏及獵物動線，不會把彈力桿拉到地面。
- 二. 資料查詢得知：摩擦力大小受正向力和接觸面平滑度有關，與接觸面積大小無關。要減小摩擦力，可用滾動代替滑動，或在接觸面添加潤滑劑，以上均有在消息棒的實驗中得到驗證。
- 三. 雖然使用較長的縱向消息棒，能產生較小的摩擦力，但過長的縱向消息棒會造成挖更深的洞，及踏板過斜，不易掩飾踏板的困難。
- 四. 塗凡士林、塗豬油後雖然摩擦力較小，但異味可能使動物不敢靠近。
- 五. 摩擦力較小較好，但有其限度。摩擦力必須大於踏板尖端的作用應力。
- 六. 據獵人說法：將踏板支點抬高，會使動物踩踏點往觸動點接近的機率增加。實驗11驗證了：踩踏點往觸動點接近，能增加觸動機關的應力。
- 七. 增加口型錨釘的摩擦力，能使口型錨釘承受較大彈力的彈力桿的拉力。

陸、結論

Lusa是泰雅文化的生活智慧之一。要捕獲獵物，除了對動物習性的了解外，在設置陷阱時，從選材對植物的辨識及對植物特性的認知，以及製作、安裝陷阱時的巧思，都蘊藏了自然及科學的知識。我們用科學的方法了解了泰雅獵人的智慧。希望未來，在兼顧泰雅文化傳承及保育的原則下，我們也能上山試試身手，做一個驕傲的泰雅獵人。

柒、參考文獻資料

- 一、黑帶巴彥，泰雅人的生活型態探源：一個泰雅人的現身說法，新竹縣，新竹縣文化局，P97?106，2002。
- 二、李亦園等，南澳的泰雅人，台北市，中央研究院民族學研究所，P509?525，1964。
- 三、學習吧網頁資料 (<https://www.learnmode.net/flip/video/6053>)
- 四、Loxa網頁資料