

# 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學科

030809

給我一個安全護網-劃時代改良式創新護網之研發

學校名稱：新北市立二重國民中學

作者：  國二 陳柏翰  國二 李賀婷	指導老師：  鍾兆晉  李訓安
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：棒球護網、螺旋結、硬式棒球

## 摘要

在本研究中，我們同時探討市售安全護網與製作創新安全護網，發現市售安全護網並非安全，曾讓很多選手和球迷受傷過，因此我們嘗試自製安全護網以達到更良好的保護效果。經過層層比較與改良後，自製安全護網優於市售安全護網，價錢是市售安全護網的十分之一；吸收力方面，因為有螺旋結能吸收更多力；張力方面也比原先的市售安全護網大；可承受球數方面，自製安全護網能承受的球數比原先的多了2.5倍；破洞處的地方，自製安全護網僅網眼撐大，故自製安全護網優於市售安全護網。第四代自製安全護網達到了經濟實惠、方便好用、極具安全性、保護球員及球迷四項重要條件，我們將從本校開始推廣，讓台灣棒球訓練能夠更安全，並將其應用在更多運動項目。

## 壹、研究動機

我們學校棒球運動風氣興盛，但有很多的選手在練習打擊和防守時，因為護網的破損，讓球直接穿過破損處，傷及選手們的腳、手、臉等。有位老師也曾經因為網子的破損，造成球穿過護網而導致眼睛差點失明。為了避免運動傷害的增加，學校對於運動安全的保護也日益重視，所以我們更加了解安全護網的重要性。而我們發現破洞處竟位於安全護網的中心！安全護網真的是安全護網嗎？還是他只是個不安全的護網但掛名為安全護網呢？

因此我們決定改良安全護網的性能，讓它能夠更加穩固、耐用、安全且壽命更長，以減少球迷在看球賽時及選手練習時的傷亡，讓大家能夠在運動時無後顧之憂，盡情享受運動的樂趣，給他們也給我們一個安全護網。

## 貳、研究目的

- 一、了解目前市售護網的所有特性及缺點
- 二、製作改良式護網
- 三、比較創新安全護網與市售安全護網的各項方面
- 四、探討改良式護網的實用生產

## 參、研究設備及器材

表一、研究設備及器材

編號	設備名稱	型號	數量	用途
一	直尺	無	1枝	測繩子長度、網眼寬度
二	剪刀	無	1把	裁剪尼龍繩
三	鐵管	無	1根	輔助製作護網
四	軟式棒球	B	數顆	進行各項實驗
五	打火機	無	2-3枝	固定繩頭
六	計算機	無	1台	計算張力
七	捲尺	無	1把	測量護網長度、距離
八	釘子	無	10根	配合木桌、框架使用
九	測速器	無	1個	測量球速
十	市售安全護網	棒球打擊練習用	3張	與自製安全護網進行實驗
十一	發球機	無	1台	進行實驗
十二	尼龍繩	包心繩	2捆	製作自製安全護網
十三	框架	無	2組	固定安全護網
十四	木桌	課桌	2張	配合框架使用



圖一、市售安全護網的照片。



圖二、自製安全護網使用的尼龍繩。

## 肆、研究過程或方法

### 一、製作改良式護網

#### (一) 製作第一代自製安全護網：

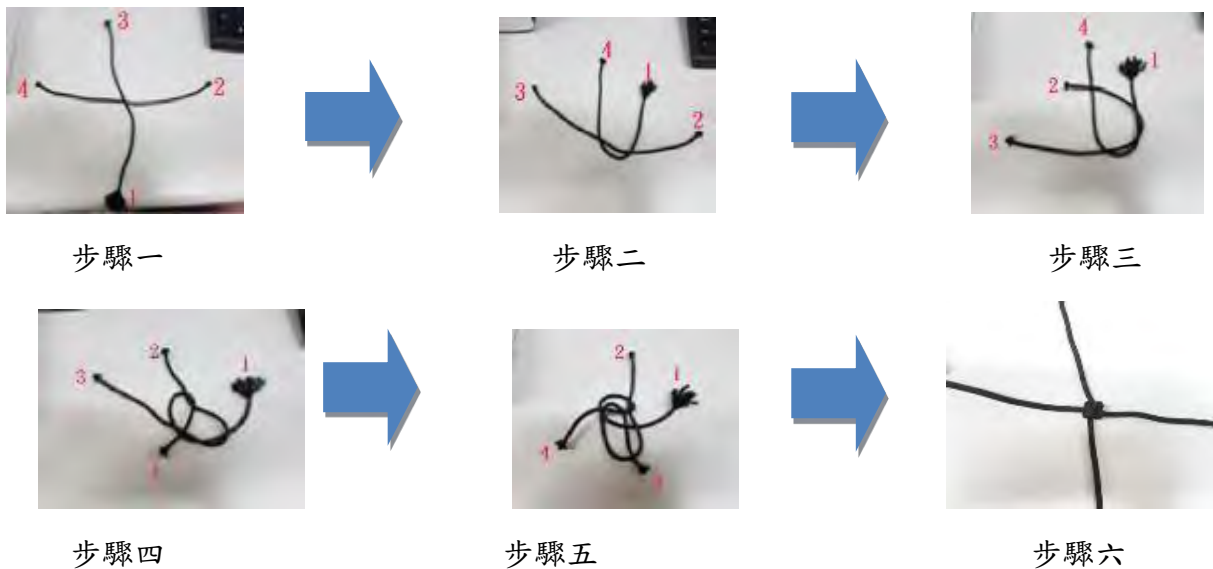
1. 使用材料：橫桿1枝、尼龍繩(包心)200m。
2. 製作過程：
  - (1) 將橫桿置於兩桌間。
  - (2) 把繩子套上，兩條為一列，共20列。
  - (3) 使用單結將網子製作為菱形。
3. 問題：由於變化過於簡單，只有網眼的形狀有變化，與原來的市售護網沒有太大的差別。



圖三、第一代安全護網製作步驟流程圖。

#### (二) 製作螺旋結：

- 1、使用材料：尼龍繩一捲。
- 2、製作步驟：
  - (1) 取兩條尼龍繩。
  - (2) 取兩線終點。
  - (3) 把兩根線成交叉狀，下面的是1號、右邊是2號、上邊是3號 左邊是4號。
  - (4) 1號壓2號。
  - (5) 2號壓3號。
  - (6) 3號壓4號。
  - (7) 把4號穿過1號的洞。
  - (8) 2號壓在3號上面、拉緊，變成形狀為「田」字的結。
- 3、特點：繩結呈螺旋狀，來自四方的繩子可以互相牽制，受到力時可以越拉越緊，放開後繩結有稍稍放鬆，完全符合原先的構思。



圖四、螺旋結製作流程圖。

(三) 製作第二代自製安全護網：

1、 使用材料：尼龍繩200m、框架2m×2m。

2、 製作流程：

- (1) 先打一螺旋結當中心。
- (2) 再打一螺旋結使用平結將兩個螺旋結綁在一起。
- (3) 使用此方法依此類推，至護網完成。

3、 問題：這次雖然套入了螺旋結，但接縫處太多，一個網眼便有4個螺旋結、4個單結，共8個結，所以容易斷裂，數據比市售安全護網差，而不採用。



圖五、第二代自製安全護網步驟流程圖。

(四) 製作第三代自製安全護網：

1、 使用材料：尼龍繩 200m、框架 50cm×50cm。

2、 製作過程（與第四代自製安全護網製作方式大致相同）：

- (1) 先打一螺旋結當中心。

- (2) 再打一螺旋結，置於任一方。
- (3) 再打兩個平結，形成一網眼。
- (4) 使用此方式，持續打完整個安全護網，但由於繩子不夠長，因此使用焊接的方式接繩。

3、 問題：修正了第一代自製護網變化太少的問題，並加入螺旋結來增強結構；亦修正第二代自製護網繩結太多的問題，但因為有焊接點的問題，造成護網的耐受度變弱，而產生了反效果，數據也比市售安全護網差。

(五) 製作第四代自製安全護網：

- 1、 使用材料：尼龍繩 200m、框架 50cmx50cm。
- 2、 製作過程：
  - (1) 先打一螺旋結當中心。
  - (2) 再打一螺旋結，置於任一方。
  - (3) 再打兩個平結，形成一網眼。
  - (4) 使用此方式，持續打完整個安全護網。
- 3、 特點：修正了第一代自製護網變化太少的問題，並加入螺旋結來增強結構；亦修正第二代自製護網繩結太多的問題，也改變了第三代自製安全護網的焊接點之問題，並且因應螺旋結(步驟四圈起處)的特性，網子的形狀呈階梯狀，可以產生極為可觀的形變，加上螺旋結可以越拉越緊，讓網子的張力更大，可承受球數也能更多，而採用此當實驗組。



圖六、第四代安全護網製作步驟流程圖。

測試創新安全護網的各項方面

- (一) 將市售安全護網與第四代自製安全護網套入指定框架中支流程圖：

1、 使用器材：框架 50×50cm 2 組、市售安全護網 50×50cm、第四代自製安全護網、木桌 75cm。

2、 套入過程：

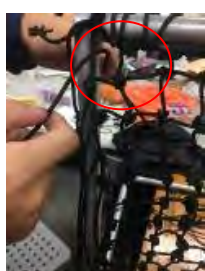
(1)將繩子穿入第一網眼中。

(2)打一平結，固定網子。

(3)再打一平結，變成死結。

(4)接著把原先的繩子穿過第二網眼，拉緊。以此類推穿到第十網眼。

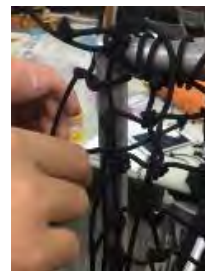
(5)在其框邊形成螺旋狀。



步驟一



步驟二



步驟三



步驟四



圖七、將安全護網固定在框架上流程圖。

(二) 實驗組：第四代自製安全護網；對照組：市售安全護網。

(三) 測試發球機速度步驟：

1、 使用器材：發球機、測速器、市售護網。

2、 實驗步驟：

(1) 將發球機對準放軟的安全護網。

(2) 站在放軟的安全護網後將測速器對準球。

(3) 依序測試 1 檔到 10 檔。

(四) 測試市售安全護網與第四代自製護網可承受多少球並進行比較。

1、 使用器材：課桌 75cm 高、第四代自製安全護網網子 50cm×50cm、市售安全護網、發球機、攝影機。

2、 實驗步驟：

- (1) 將第四代自製安全護網用鐵釘固定於課桌上。
- (2) 使發球機距離網面 3m 處。
- (3) 使用發球機以球速 130km/hr 投射於護網中心。
- (4) 使用攝影機記錄球打到護網的情形。
- (5) 計算可承受的球數後，紀錄球網情況並進行比較。
- (6) 將第四代自製安全護網改為市售安全護網。
- (7) 重複步驟(1)到(5)。

(五) 計算市售安全護網與第四代自製安全護網的張力並進行比較。

1、 使用材料：課桌 75cm 高、第四代自製安全護網 50cm×50cm、市售安全護網、發球機、攝影機。

2、 實驗步驟：

- (1) 將第四代自製安全護網固定於課桌上。
- (2) 使發球機距離網面 3m 處。
- (3) 使用發球機以球速 130km/hr 投射於護網中心。
- (4) 將攝影機架設在發球機上方並記錄。
- (5) 計算張力並進行比較。
- (6) 將第四代自製安全護網改為市售安全護網。
- (7) 重複步驟(1)到(5)。

(六) 球打到市售安全護網與第四代自製安全護網上的範圍：

1、 材料：課桌 75cm 高、第四代自製安全護網 50cm×50cm、市售安全護網、發球機、攝影機、捲尺。

2、 實驗步驟：

- (1) 將第四代自製安全護網固定於課桌上。
- (2) 使發球機距離網面 3m 處。



- (3) 使用發球機以球速 130km/hr 投射於護網中心。
- (4) 將攝影機架設在發球機上方並記錄。
- (5) 計算範圍並比較。
- (6) 將第四代自製安全護網改為市售安全護網。
- (7) 重複步驟(1)到(5)。

(七) 發球機的使用方式：

- 1、 使用材料：照相機、發球機、棒球一箱。
- 2、 使用步驟：
  - (1) 準備一箱棒球，發球機離護網 3 公尺處。
  - (2) 將發球機檔速歸 0 檔。
  - (3) 把發球機調到 3 檔。
  - (4) 接著將球放入即可發射。



圖八、發球機的使用方法流程圖。

- 3、 發球機與市售安全護網、第四代安全護網之距離：三公尺

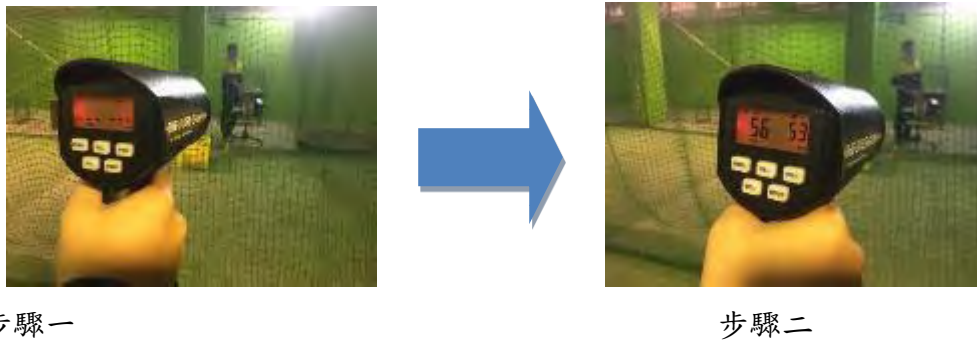


圖十二、發球機與護網距離示意圖。

(八) 測速槍的使用方式：

- 1、 使用材料：發球機、球、測速槍、放軟的市售安全護網。
- 2、 使用方式（圖中球速為英里）：
  - (1) 將發球機與護網距離 3 公尺。

- (2) 站在放軟的市售安全護網後，並將測速槍歸零。
- (3) 測速並計算發球機 1 檔至 10 檔的球速。

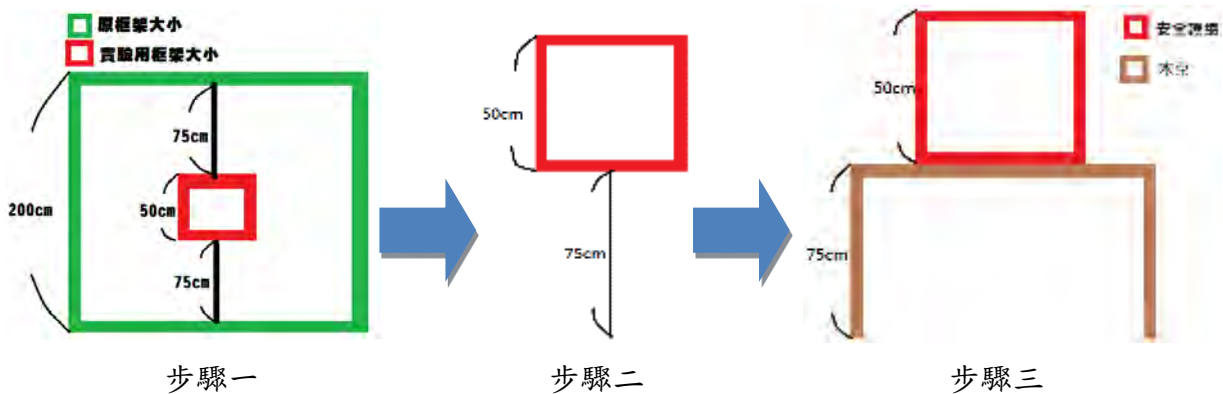


圖九、測速槍使用方法流程圖。

(九) 將市售安全護網與第四代自製安全護網依特定比例同步縮小

1、 縮小步驟：

- (1) 市售安全護網尺寸為 200cm×200cm，等比例 (1 : 16) 縮小至 50cm×50cm，所以先測量裁切長度。
- (2) 為了使護網的中心位置相同，所以我們去除了上、下 75cm 的網子，保留中間的部分。
- (3) 採用 75cm 的學生用木桌來墊高形成了一組安全護網的等比例 (1 : 16) 縮小版。



圖十、市售安全護網與自製安全護網等比例縮小流程圖。

## 伍、研究結果

### 一、了解目前市售護網的所有特性及缺點

#### (一)球種介紹

##### 1、硬式棒球：

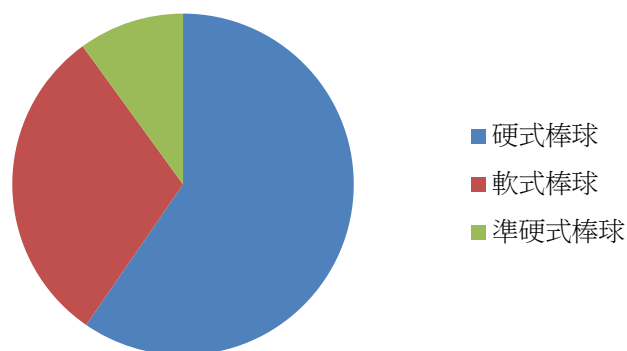
- (1) 特色：硬式棒球就是俗稱的「紅線球」，球面上總共有108針的縫線。
- (2) 用途：普遍用於國小到職業棒球，在比賽中此球使用率高達80%，是目前使用頻率最高的棒球。
- (3) 材質：硬式棒球是由軟木、橡膠或類似材料為芯，捲以絲線並由兩片白色馬皮或牛皮緊緊包覆並縫合108針而成。

##### 2、軟式棒球：

- (1) 特色：不需要像硬式棒球那樣必須真的縫，只是類似縫線的突出橡膠，而縫線部分的握球感觸與非縫線部分差別很大，若是沒有握在縫線部份，球會容易滑掉，縫線凸起的設計，是為了使球的回轉受到空氣抵抗等影響，讓直球的尾勁更好，變化球的幅度更大。
- (2) 用途：軟式棒球是目前使用頻率較低的棒球，比較常出現於青少棒與少棒的相關賽事。A號球為一般大眾皆可使用；B號球多用於少年；C號球多用於兒童；D號球多用於8歲以下的兒童。
- (3) 材質：以橡膠製作外表，且用空心軟木填充，由於中心是空的，因此又稱為「空心球」。

##### 3、準硬式棒球：

- (1)用途：目前使用頻率較低，偶爾用於青少棒與青棒的相關賽事。
- (2) 材質：橡膠製成，與硬式和軟式棒球相向。



圖十一、各類棒球的使用頻率。

表三、各球種的比較

	直徑 (毫米)	重量 (公克)	球種	備註
硬式棒球	71.5 - 72.5	141.8 - 148.8	硬式棒球	目前使用頻率最高
A號球	71.5 - 72.5	134.0 - 137.8	軟式棒球	一般大眾皆可使用
B號球	69.5 - 70.5	133.0 - 136.8	軟式棒球	多用於少年
C號球	67.5 - 68.5	125.0 - 129.0	軟式棒球	多用於兒童
D號球	64.0 - 65.0	105.0 - 110.0	軟式棒球	多用於8歲以下的兒童
H號球	71.5 - 72.5	140.7 - 144.3	準硬式棒球	偶爾用於青少棒與青棒的相關賽事中

(二) 查詢尼龍繩的相關資料：

- 1、尼龍繩是由尼龍材料製成的繩子，尼龍 (Nylon) 化學學稱叫聚酰胺(英文名稱 Polyamide 簡稱 PA)。尼龍的用途廣泛，可製成性質各異的硬性及柔性產品。
- 2、繩子的組成，繩皮(編織)，繩芯(絞織)力量的分佈大約是繩皮三分之一，繩芯三分之二。繩皮粗糙，相對厚，重量也會增加，同時也會比較耐磨；繩芯比較光滑，相對薄，重量較輕，較不耐磨。
- 3、現代編制尼龍繩分為心線和繩鞘，中間的心線是平行並列或編制成辮狀的

尼龍絲，它提供大部分抗拉力和緩衝作用。外層覆以平滑編制的尼龍繩鞘，主要作用是保護繩心。

4、尼龍繩雖然好用，但應適當的使用於對的地方，以免造成危險。

表四、尼龍繩的各種型號、名稱

	型號、名稱	主要用途	各項比較
尼龍繩(一)	AL 系列啟動繩	主要用於小型汽油機啟動	繩徑太細，不適合用於安全護網
尼龍繩(二)	BL 系列編織繩	主要用於編織含有意義的結，例：中國結	不夠堅固，不適合用於安全護網
尼龍繩(三)	CL 系列船用繩	主要用於船舶配備	繩徑太寬，不適合域於安全護網
尼龍繩(四)	DL 系列牽引繩	主要用於訓練動物用	價格太高，不適合用於大面積的安全護網
尼龍繩(五)	EL 系列吊裝繩	主要用於工業、運動、電機和軍事	繩徑太寬，不適合域於安全護網
尼龍繩(六)	FL 系列強力繩	主要用於營繩	價格太高，不適合用於大面積的安全護網
尼龍繩(七)	GL 系列登山繩	主要用於登山	繩徑太寬，不適合域於安全護網
尼龍繩(八)	HL 系列安全繩	主要用於安全設備	各項皆符合安全護網的需求
尼龍繩(九)	IL 系列引紙繩	主要用於工地施工	不夠堅固，不適合用於安全護網
尼龍繩(十)	JL 系列三股繩	主要用於童軍項目	不夠堅固，不適合用於安全護網
尼龍繩(十一)	KL 系列特種繩	主要用於救災救難	價格太高，不適合用於大面積的安全護網

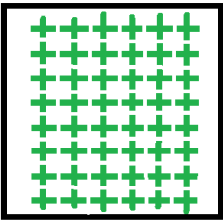
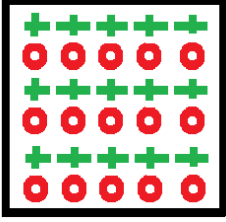
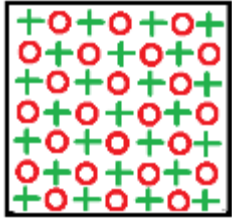
表五、棒球打擊練習用護網各項資料

	棒球三面式打擊練習用護網
繩子材質	尼龍繩
材料	聚乙烯纏繞繩 4mm × 10m (長) 4 條、鐵管框架寬 200cm×高 200cm
尺寸	寬 200cm × 高 200cm
打結方法	由四條繩子以接繩結組成的正方形網眼

表六、安全護網網眼大小的決定比較(單位:cm)

	各項網眼的比較
1x 1	網眼太小不好綁，且結太多容易斷，不適用於安全護網。
2x 2	網眼太小不好綁，且結太多容易斷，不適用於安全護網。
3x 3	網眼大小稍可，但結太多容易斷，不適用於安全護網。
4x 4	網眼大小適中，球不容易穿過，適用於安全護網。
5x 5	網眼大小適中，球不容易穿過，適用於安全護網。
6x 6	網眼太大，球極容易穿過，不適用於安全護網。
7x 7	網眼太大，球極容易穿過，不適用於安全護網。
比較結果	若網眼小於 4 公分，便會太小，且結太多，不適用；若網眼大小大於 5 公分則容易穿過，不適用；所以網眼介於 4-5 公分之間最為恰當。

表七、螺旋結的應用 (綠色十字為螺旋結；紅色圓形為單結)

	全部螺旋結	螺旋結、單結整齊排列	單結與螺旋結交錯打完
圖片			
問題	全部使用螺旋結，是不可能，因為螺旋結的四條線需要在無拉扯的狀況下才能打。	若要將螺旋結和單結整齊排列就需要多打一個單結，這樣就會和第二代自製安全護網一樣，所以不採用。	因為螺旋結的結呈 X 狀，所以先將其一層一層的打上，用單結填滿，可成立。

## 二、發球機的球速變化：

表八、發球機的各项比較

	發球機
球到安全護網的時間	0.3 秒

- 1、發球距離：3 公尺。
- 2、球速換算：1 英里  $\doteq$  1.6 公里。

表九、發球機的球速變化

	英哩	公里
1 檔	36	57.6
2 檔	45	72
3 檔	56	89.6
4 檔	65	104
5 檔	75	120
6 檔	86	137.6
7 檔	95	152
8 檔	106	169.6
9 檔	115	184
10 檔	125	200

### 三、製作改良式護網

表十、比較改良式護網與市售安全護網的各項方面

	市售安全護網	第一代安全護網	第二代安全護網	第三代安全護網	第四代安全護網
結法	全部單結	全部單結	單結與螺旋結交叉	單結與螺旋結交叉	單結和螺旋交叉
與市售安全護網的差別	無	網眼形狀	結法與綁法	結法與綁法	結法與綁法
結論	由於目前市售安全護網不夠牢固，所以打算對此進行改變。	與市售安全護網太過於相像，所以效果會差不多。	雖然加入了螺旋結，但一個網眼卻必須以八個結組成，反而容易造成反效果。	修正第一代及第二代的問題，且增加螺旋結加強結構，但焊接處極容易斷裂。	修正前三的問題，所以決定以第四代安全護網進行實驗。

#### (一) 市售安全護網的破洞面積。

##### 1. 破洞面積：

- (1) 中心點向外 2500 平方公分（如圖十三紅色區域中心）。
- (2) 外框向內約 3900 平方公分（如圖十三紅色區域外圍）。



圖十二、大致破洞區域示意圖。

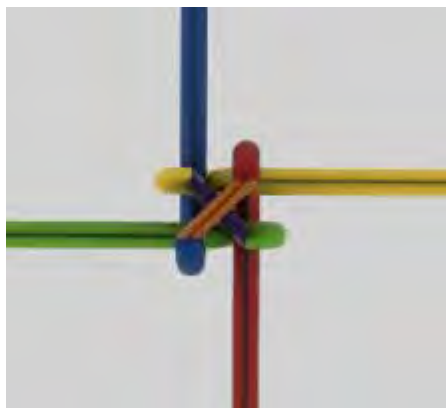
(二) 了解安全護網的打結方式，並且加以改善。

表十一、比較市售安全護網與 1 至 4 代自製安全護網的各項比較結果

	市售 安全護網	第一代 自製安全護網	第二代 自製安全護網	第三代 自製安全護網	第四代 自製安全護網
網眼(公分)	5x5	5x5	5x5	3x3	5x5
繩徑(公分)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
繩子材質	尼龍繩	尼龍繩	尼龍繩	尼龍繩	尼龍繩
繩子結法	單結(全部)	單結(全部)	4 個單結及 4 個螺旋結構成 一網眼	2 個螺旋結 2 個單結形成一 網眼	2 個螺旋結 2 個單結形成一 網眼
價格(元)	5800~10400	1350	1350	1350	1350
比較結果	<p>原本的市售安全護網是由「漁網」改為尼龍後而成的，雖看似耐用，但張力和結法都不適用於安全護網；第一代安全護網的變化只有網眼，並無太大差別，所以與市售安全護網的數據相差較少，不適用於安全護網；第二代安全護網雖加入了螺旋結，但是一個網眼卻有 8 個結，所以極容易斷裂；第三代安全護網雖然改善了結太多的問題，但是繩子的焊接處非常容易斷掉；第四代安全護網的改善了前三代的問題，且因應螺旋結的特性，網子的形狀呈階梯狀，可產生極為可觀的型變，使網子的張力和可承受球數變的更大，所以採用此當實驗組。</p>				

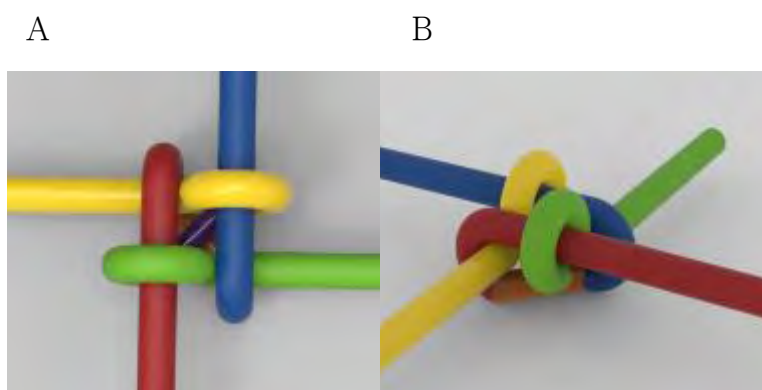


(三) 螺旋結的拉緊原因：



圖十三、螺旋結底面。

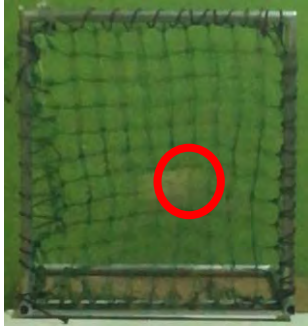



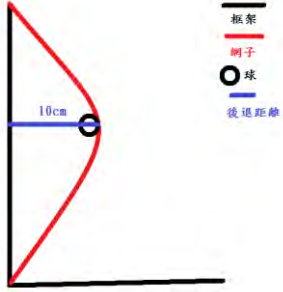
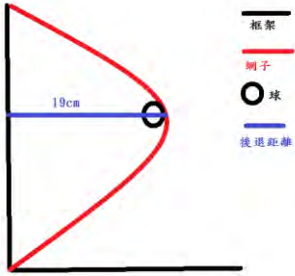
- 1、 黃色與綠色以紫色連接、藍色與紅色以橘色連接。
- 2、 拉藍色會牽動橘色、紅色，而黃色、紫色、綠色會牽制住藍色、橘色、紅色，所以不會鬆掉，但又可以拉緊。
- 3、 拉紅色會牽動橘色、藍色，而黃色、紫色、綠色會牽制住藍色、橘色、紅色，所以不會鬆掉，但又可以拉緊。
- 4、 拉黃色會牽動紫色、綠色，而藍色、橘色、紅色會牽制住黃色、紫色、綠色，所以不會鬆掉，但又可以拉緊。
- 5、 拉綠色會牽動紫色、黃色，而藍色、橘色、紅色會牽制住黃色、紫色、綠色，所以不會鬆掉，但又可以拉緊。
- 6、 特點：所以不論拉那一條都可以達到越拉越緊且不易鬆掉的效果。



圖十四、螺旋結的示意圖（A為螺旋結正面示意圖；B為螺旋結側面示意圖）

(四) 觀察球打到護網時的情形、力道。



表十二、拍攝球打到護網得情形比較

	市售安全護網	第四代自製安全護網
正面		
側面		
側面示意圖		
結果	<p>市售安全護網(一)的吸力效果極差，所以圖中網子後退較少。正面圖中形變也較少，較不安全。第四代自製安全護網的網眼呈階梯狀，且螺旋結可調節力的吸收，所以可以明顯地看到球打到網子時後退的較多。</p>	



表十三、第一次用發球機測試市售安全護網與第四代自製安全護網可承受球數之比較

	市售安全護網	第四代自製安全護網
第一次破洞球數	2569 球	5308 球 (網眼撐大)
破洞情形		



表十四、第二次用發球機測試市售安全護網與第四代自製安全護網可承受球數之比較

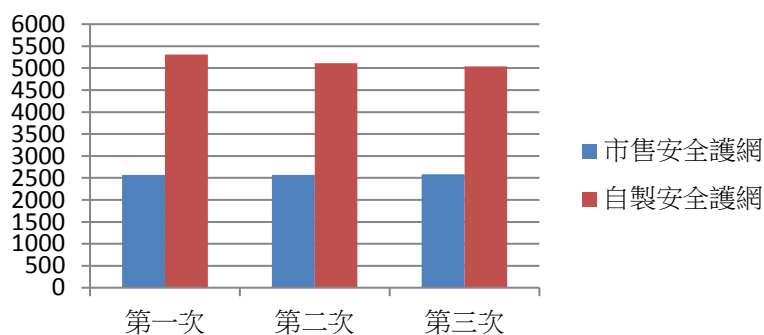
	市售安全護網	第四代自製安全護網
第二次破洞球數	2565 球	5109 球 (網眼撐大)
破洞情形		

表十五、第三次用發球機測試市售安全護網與第四代自製安全護網可承受球數之比較

	市售安全護網	第四代自製安全護網
第三次破洞球數	2580 球	5040 球 (網眼撐大)
破洞情形		

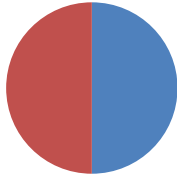
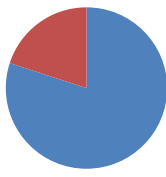
表十六、計算用發球機測試市售安全護網與第四代自製安全護網平均可承受球數之比較

	市售安全護網	第四代自製安全護網
平均破洞球數	1946 球	5101 球
平均破洞情形		
破洞備註	填滿區域易彈性疲乏無法減力，填充區域易破。	其實第四代自製安全護網沒有破洞只有網眼稱大而已。

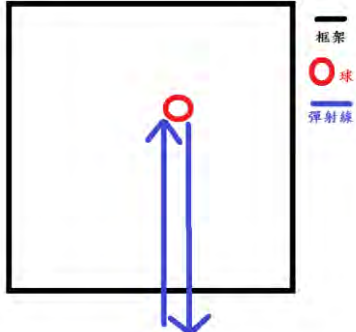
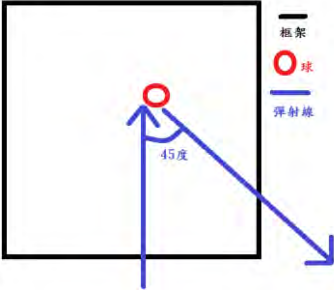


圖十五、各護網可承受球數

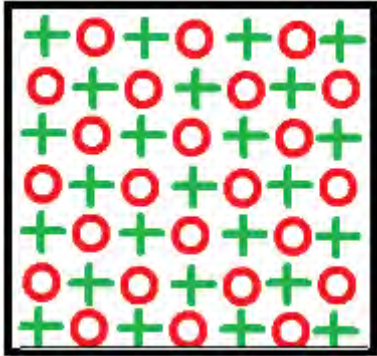
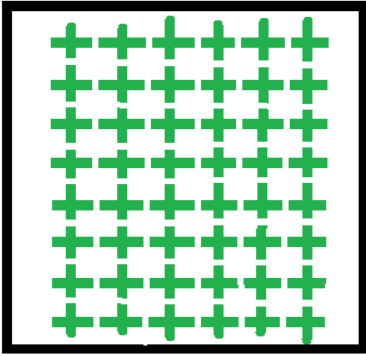
表十八、測量球打到市售安全護網與第四代自製安全護網的彈跳情形

	市售安全護網	第四代自製安全護網
球路偏移	50%	80%
球路重疊	50%	20%
示意圖	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 打到左右邊機率</li> <li>■ 打到中間機率</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 打到左右邊機率</li> <li>■ 打到中間機率</li> </ul>
結果	市售安全護網的彈跳方向會隨著球打到網子哪裡，便往那的前方彈。	第四代自製安全護網因為有螺旋結史的護網成階梯狀，造成球的形變，讓球彈到左右邊的機率較高。
比較結果	市售安全護網只會讓球往前彈，如欲強勁反彈球，有可能危害打者。第四代自製安全護網可以使大部分的球向兩邊彈，不僅可以吸收力，也可以保護打者。	

表十九、計算市售安全護網與第四代自製安全護網的彈射角度比較

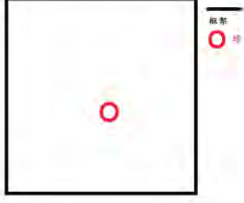

	市售安全護網	第四代自製安全護網
示意圖		
比較結果	<p>因為市售安全護網無法讓球形變，所以入射角等於反射角，球便往打到點的前方彈；但第四代自製安全護網有螺旋結的搭配，所以球較容易往打到點的左右方彈，角度大約為 45 度。</p>	

表二十、比較整面是螺旋結護網與第四代自製安全護網比較（綠色十字為螺旋結；紅色圓形為單結）。


	第四代自製安全護網	整面是螺旋結護網
打結方法	2 個螺旋結 2 個單結形成一網眼	螺旋結（全部）
繩子材質	尼龍繩	尼龍繩
破洞球數	5280 球	4587 球
護網示意圖		
比較結果	<p>第四代自製安全護網有階梯狀的外型，所以讓球有良好的偏移，但整面是螺旋結護網卻沒有此效果，因此對於削減球的力道這方面沒有第四代自製安全護網好，所以在保護打者方面又加強了一層。</p>	



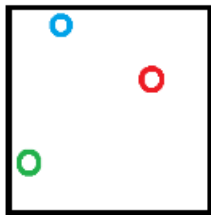
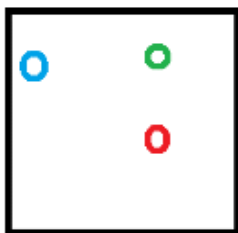
表二十一、比較市售安全護網與第四代自製安全護網的張力

	市售安全護網	第四代自製安全護網
示意圖		
比較	第四代安全護網明顯的比市售安全護網的張力大，所以吸的力大於其他，把球的力也消弱了很多，在張力這方面，第四代安全護網大幅勝過了市售安全護網。	

表二十二、比較自製安全護網實用生產之比較。

	第一代機器打結手臂	第二代機器打結手臂
操作方式	使用螺旋結打結步驟	使用螺旋結打結步驟
圖片		
打結成品		
比較結果	第一代機器打結手臂因使用長尾夾與課桌固定，因此在操作時也相較不穩，加上木板間的螺帽因轉動而變鬆，雖然打的結比自製完整，但因底座、不穩長尾夾易落，不於採用。	

表二十三、比較市售安全護網與第四代自製安全護網破洞後之問題(紅色為第一次破洞區域；蘭素為第二次破洞區域；綠色為第三次破洞區域)。

	市售安全護網	第四代自製安全護網
破洞位置		
比較結果	在市售安全護網中破損的地方會完全毀損，四周得繩子也會因為受力而脫落，導致完全無法使用；但第四代自製安全護網在破損卻不會像市售安全護網一樣破洞了便無法使用，反而可以繼續打結。	

## 陸、討論

- 一、市售安全護網原本是由「漁網」演變而來，最初只為方便而使用，所以只將材質改為尼龍繩，但結法不便，看似耐用，但無論張力還是結法，都不適合套用在安全護網上。
- 二、其實市售安全護網的打結方法是從正方形的任一角開始打，一個網眼拉一個網眼，並使用單結固定，但結的表面容易受到球的力而裂開，其原因是：市售安全護網是用機器打的，但機器已把它拉到極限，所以無法將力完全吸收。
- 三、若將第四代安全護網與邊框綁的太緊，球打到護網時就不具有良好的吸收力，從觀察中我們發現，護網已經吸收了很多力，但還沒吸收完卻又反彈了出來，但網子的形變讓球回彈時有 80%的機率彈到左右兩邊的安全區，20%的機率往中間彈不安全之區，可知螺旋結在形變方面給了很大的幫助，所以必須將護網放鬆一點，以減輕護網的反彈力量。
- 四、將網子固定於框架上時綁的太緊，導致網子多承受了拉力，使網子更容易破；由於第一次製作時，發現繩子不夠長，所以使用打火機來接線，使其接縫處變得非常容易斷裂，使實驗失敗；第二次自製安全護網護網時將網眼編的過大，導致實驗時球可輕易地穿過網子，而使實驗失敗；第三次自製安全護網時將網眼編的過小，讓一張網子上的網眼及打結處增加，增加了網子破洞的機率，導致實驗失敗。第四代自製安全護網改變了第一~第三次自製安全護網的各項缺點，沒有焊接點、沒有加長點，網眼也固定沒有忽大忽小、沒有忽鬆忽緊，而

且一條繩大約兩公尺，所以我們發現 50x50cm 的護網都需要使用 2 公尺的繩子來綁才夠長，就能避免第二及第三代自製安全護網因繩子不夠長而造成的反效果。

- 五、 經過多次實驗，我們發現第一次實驗的數據與其他次相差太大，所以經討論與觀察後我們認為第一次實驗的市售安全護網斷裂處是焊點，所以比其他的市售安全護網更容易斷裂，跟第二代第三代自製安全護網產生的反效果。
- 六、 在第四代自製安全護網的實驗中，第四代自製安全護網的破洞球數大約是市售安全護網的 2 倍，因為第四代自製安全護網的螺旋結可以吸收大量的力，而且繩子也沒有破損，第四代自製安全護網的安全性完全可以保護選手們的安全。
- 七、 在製作第四代自製安全護網時，我們所耗的經費約為 1350 元，遠比市售安全護網最便宜的 5800 元差了大約 5 倍，也比最貴的 10400 元差了大約 10 倍的經額在經濟性我們完全贏過了市售安全護網，達到了既安全又經濟的效果。
- 八、 在第一代機器打結手臂中，因為底座使用的問題導致操作時容易搖晃甚至斷裂因此我們在第二代機器打結手臂中將第一代機器打結護網的底座部分移除，改為以手臂使用 L 型板固定於厚木板上，使第二代機器打結手臂在打結時能夠更穩更快。

## 柒、結論

經過多次實驗，我們發現安全護網的網眼大小介於 4 至 5 公分是最為合適的，因為小於 4 公分會使護網的結過多，讓護網更容易斷裂；大於 5 公分則會因為網眼過大，使球因增加力道後會輕易地穿過網子，造成反效果。在我們自製的網子裡加入了不易鬆脫的螺旋結來加強結構，且以螺旋結與單結編製的網子會呈階梯狀，球偏移的機率也較高，而自製安全護網的張力也比市售安全護網的張力還要大，有良好的吸收力，讓球反彈的力道減少，且可以承受的球數比市售安全護網多，價格也低於市售安全護網，所以第四代自製安全護網在安全性、耐用性、經濟性、壽命、還有吸收力的情形，都比市售安全護網進步了許多，可以說是市售安全護網的進化版，最後我們希望從自己的學校開始推行這個護網，給他們也給我們一個真正安全的護網。



## 捌、參考資料

### 一、網路資料：

(一) 棒球護網介紹

<http://www.075510101.com/goods.php?id=805557>。

(二) 棒球護網介紹、價格

<http://abcsssss.twbbs.org/?product>。

(三) 棒球護網鋁管

[http://chimeifarm.com.tw/ebid/find\\_product\\_02.php?pr\\_id=27307](http://chimeifarm.com.tw/ebid/find_product_02.php?pr_id=27307)

(四) 新聞報導學童受傷事件

<http://www.appledaily.com.tw/realtimenews/article/new/>

(五) 新聞報導職棒受傷事件

<https://www.sportsv.net/articles/23359>

(六) 棒球護網比價

<https://ezprice.com.tw/s/price/>

(七) 棒球護網材質介紹

<http://tw.classf0001.uschoolnet.com/css/cm4k-1292368025.doc>

(八) 動量、衝量、牛頓第二運動定律

1. [h.wikipedia.org/wiki/%E5%8A%A8%E9%87%8F](http://h.wikipedia.org/wiki/%E5%8A%A8%E9%87%8F)

2. <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%86%B2%E9%87%8F>

3. <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%89%9B%E9%A0%93%E7%AC%AC>

(九) 功能定理

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8A%A8%E8%83%BD%E5%AE%9A%E7%90%8>

(十) 動能

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8A%A8%E8%83%B>

### 二、書籍：

(一) 南一書局（105 學年度）八年級理化第四冊第六章：張力篇。

(二) 南一書局（105 學年度）九年級理化第五冊第二章：力的大小與方向。

### 三、口頭

(一) 銘記線，2017 / 1 / 16。

(二) 鐵工廠，2017 / 2 / 13。

(三) 棒球教練，2017 / 3 / 10。

## 玖、附錄

附錄一、市售安全護網的各項相關資料。

↻	市售安全護網↻	圖片↻
大小↻	2m×2m↻	
網眼大小↻	5cm×5cm↻	
製作方式↻	機器↻	
材質↻	尼龍繩↻	

↻

## 【評語】 030809

1. 同學以校園內棒球安全防護網的改善為出發點，使用了不同打結方法實現更安全之棒球護網，是個很有趣的研究。
2. 有思考到以機器人打結手臂之設計，是不錯的嘗試，另比較成本時，也應將量產之設備一併評估較客觀。
3. 但未考慮放大整體大小後是否還能維持該強度與韌性，且比較方式尚欠周延。



# 研究動機

我們學校棒球運動風氣興盛，但有很多的選手在練習打擊和防守時，因為護網的破損，讓球直接穿過破損處，傷及選手們的腳、手、臉等。有位老師也曾經因為網子的破損，造成球穿過護網而導致身體上的傷害。為了避免運動傷害的增加，學校對於運動安全的保護也日益重視，所以我們更加了解安全護網的重要性。而我們發現破洞處竟位於安全護網的中心！安全護網真的是安全護網嗎？還是他只是個不安全的護網但掛名為安全護網呢？

因此我們決定改良安全護網的性能，讓它能夠更加穩固、耐用、安全且壽命更長，以減少球迷在看球賽時及選手練習時的傷亡，讓大家能夠在運動時無後顧之憂，盡情享受運動的樂趣，給他們也給我們一個安全護網。

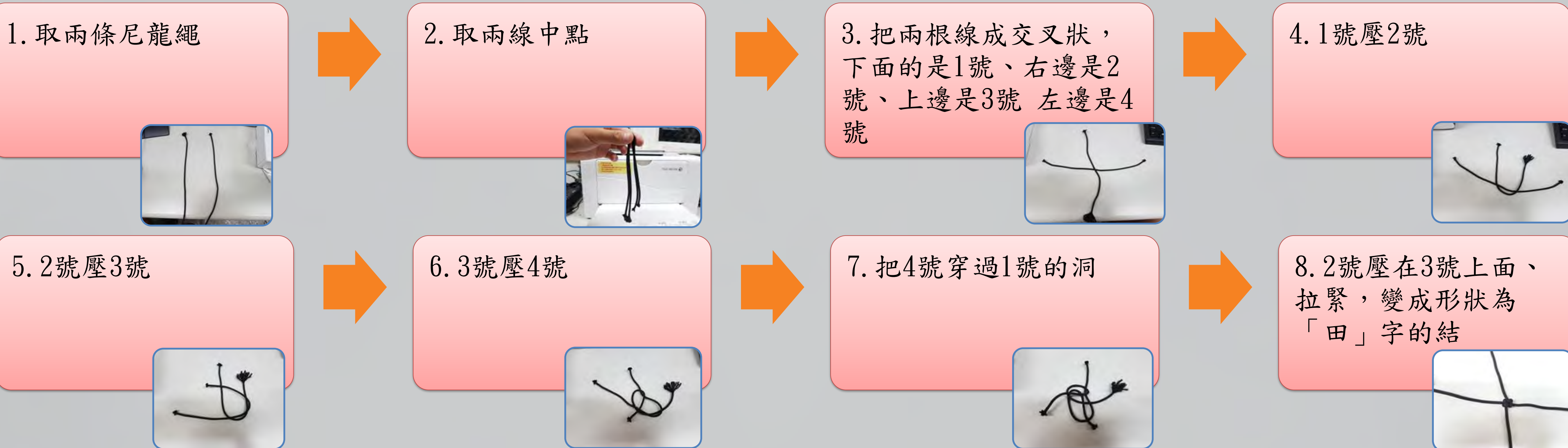
# 研究目的



# 研究過程與方法

## 1. 製作改良式護網

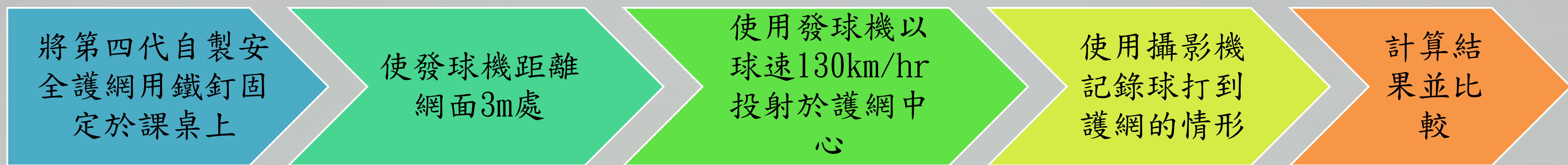
### A. 製作螺旋結



### B. 製作護網

代數	步驟	步驟一	步驟二	步驟三
第一代自製安全護網		將橫桿置於兩桌間	把繩子套上，兩條為一列，共20列	使用單結將網子製作為菱形
第二代自製安全護網			再打一螺旋結使用平結將兩個螺旋結綁在一起	使用此方法依此類推，至護網完成
第三代自製安全護網	先打一螺旋結當中心		再打一螺旋結，置於任一方。再打兩個平結，形成一網眼	
第四代自製安全護網				

## 2. 改良式護網與市售安全護網之比較實驗



## 統計可承受球數、護網張力、打到護網上的範圍

## 3. 螺旋節的示意圖和特性

	正面	側面
螺旋結示意圖		

**螺旋結特色** 繩結呈螺旋狀，來自四方的繩子可以互相牽制，受到力時可以越拉越緊，放開後繩結有稍稍放鬆，符合原先的構思。



# 研究結果

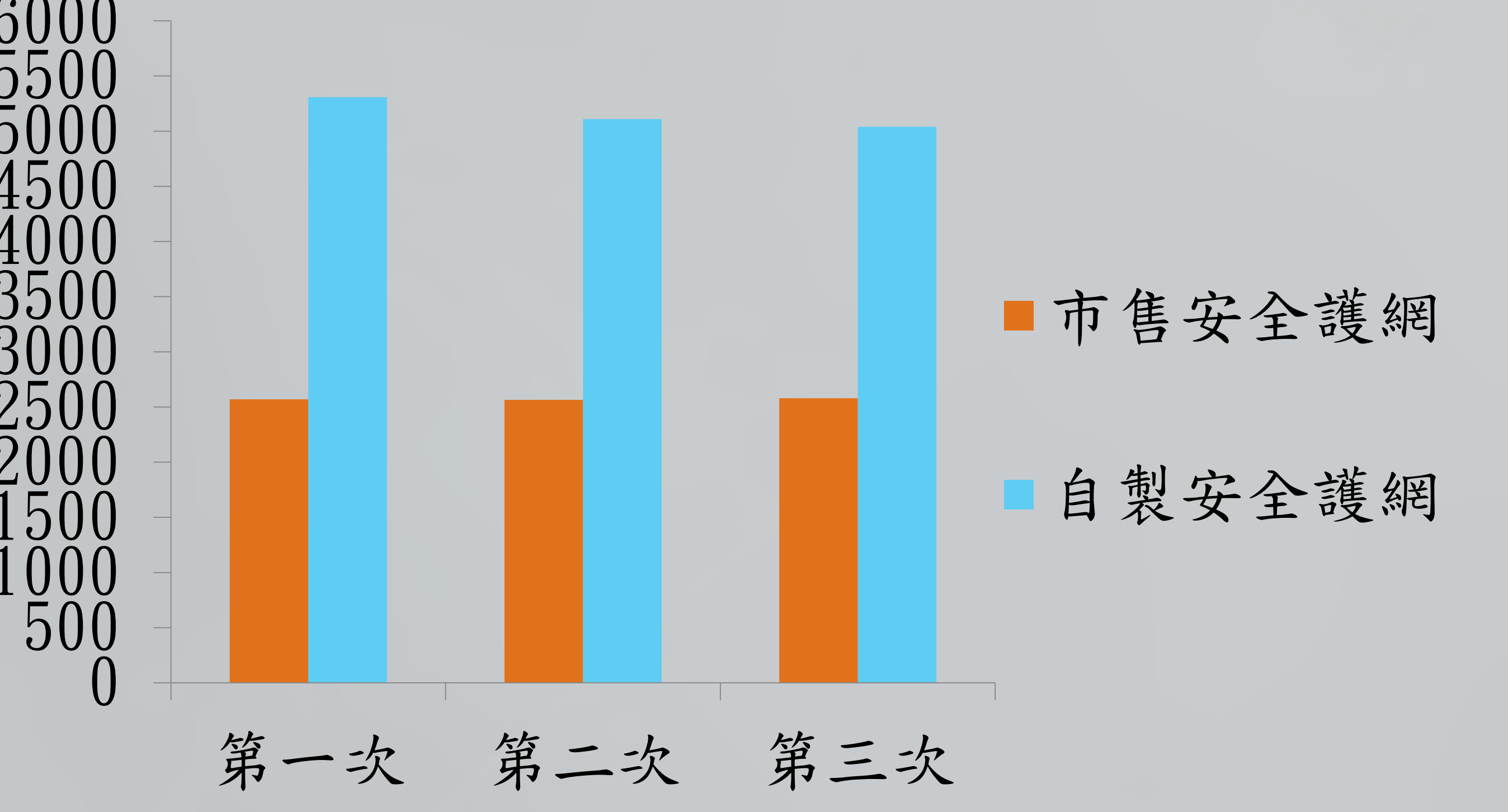
表一、市售安全護網與各代自製護網之比較

	市售安全護網	第一代自製安全護網	第二代自製安全護網	第三代自製安全護網	第四代自製安全護網
網眼(公分)	5x5	5x5	5x5	5x5	5x5
圖片					
繩子材質	尼龍繩	尼龍繩	尼龍繩	尼龍繩	尼龍繩
繩子結法	單結(全部)	單結(全部)	4個單結及4個螺旋結構成一網眼	單結與螺旋結穿插	單結和螺旋結穿插
價格(元)	5800~1040	1350	1350	1350	1350

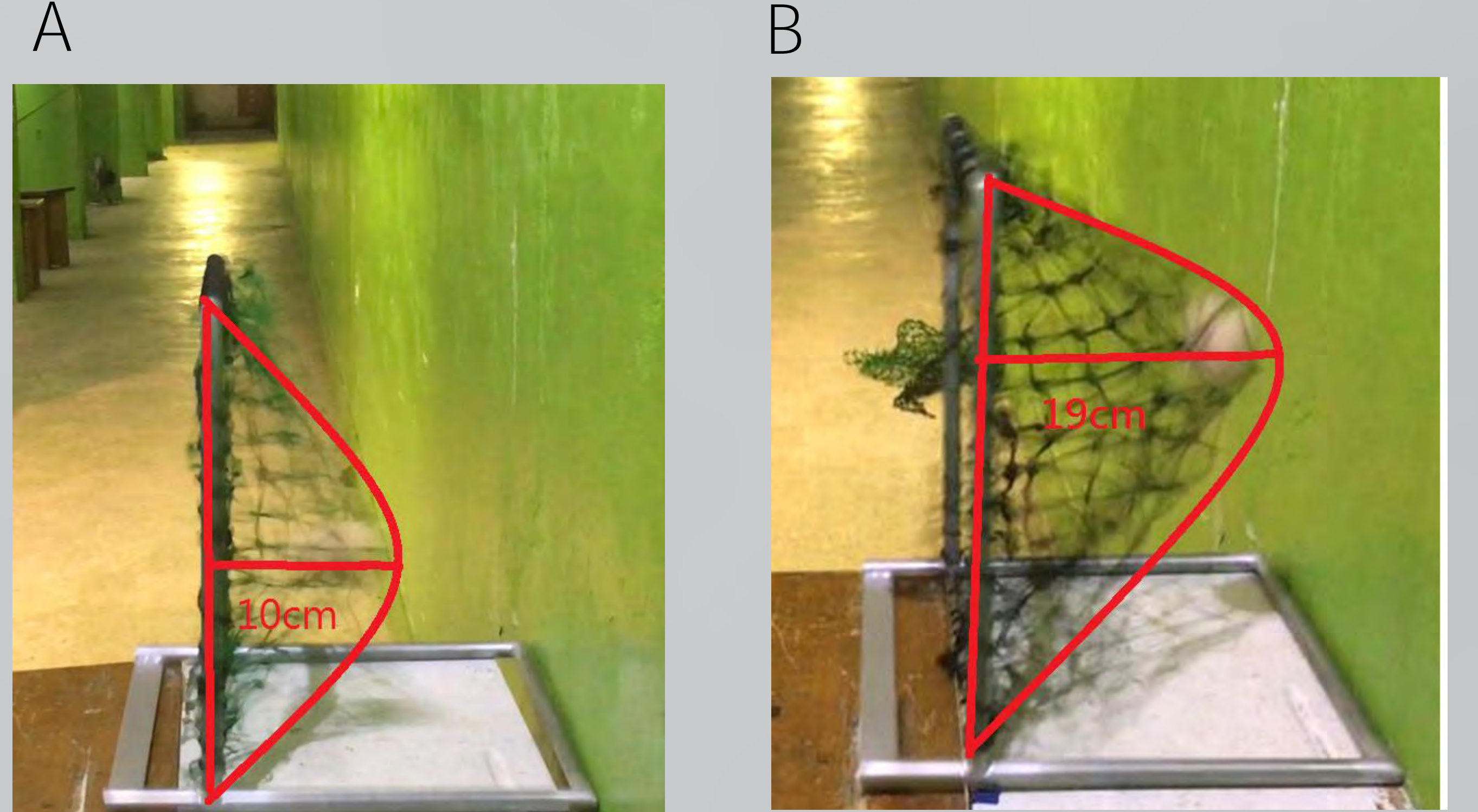
**比較結果** 原本的市售安全護網是由「漁網」改為尼龍後而成的，雖看似耐用，但張力和結法都不適用於安全護網；第一代安全護網的變化只有網眼，並無太大差別，所以與市售安全護網的數據相差較少，不適用於安全護網；第二代安全護網雖加入了螺旋結，但是一個網眼卻有8個結，所以極容易斷裂；第三代安全護網雖然改善了結太多的問題，但是繩子的焊接處非常容易斷掉；第四代安全護網的改善了前三代的問題，且因應螺旋結的特性，網子的形狀呈階梯狀，可產生極為可觀的型變，使網子的張力和可承受球數變的更大，所以採用此當實驗組。

由表一可了解市售安全護網與各代自製安全護網的比較結果與其差別。

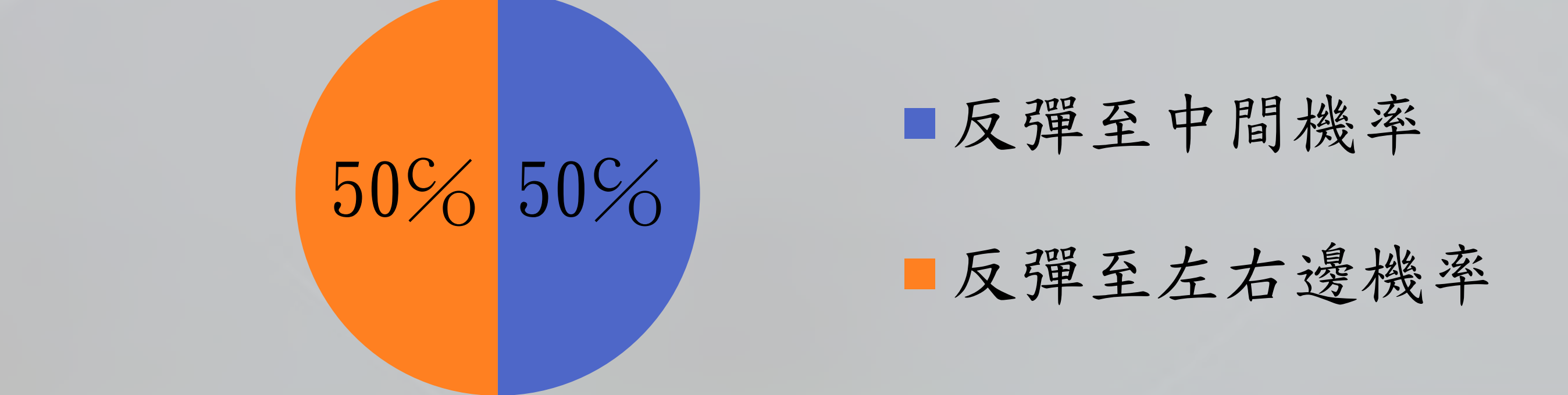
## 二. 市售安全與第四代自製安全護網的各項比較



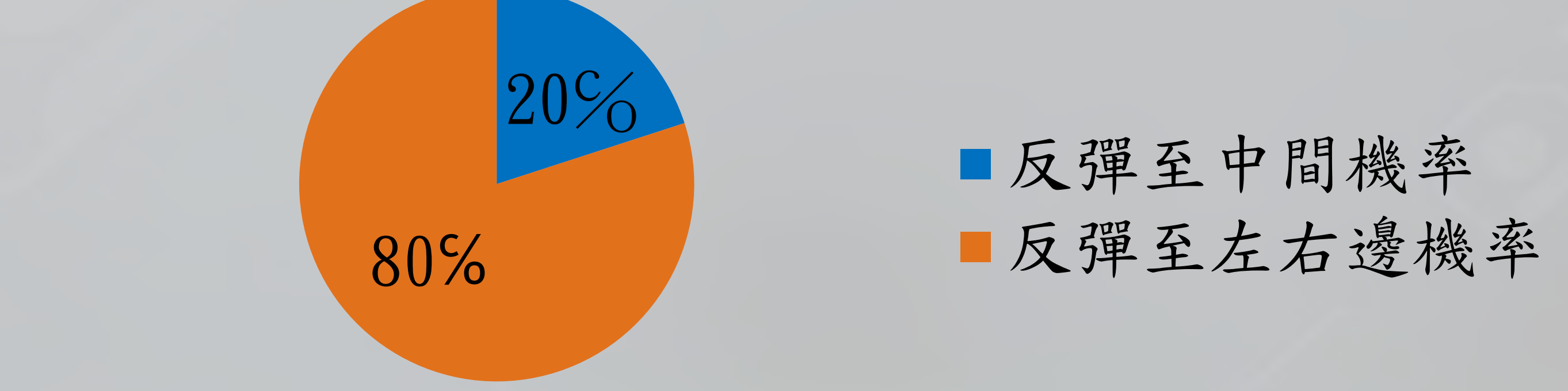
**圖一、市售安全護網與第四代自製安全護網之承受球數之比較。**  
由圖一可知，自製安全護網可承受球數遠遠大於市售安全護網，所以可知自製安全護網比市售安全護網還更安全。



**圖二、球打到市售安全護網與第四代自製安全護網側面。**  
由圖二可知，自製安全護網可以比市售安全護網更有效的吸收球的力，因此也更安全(圖A為市售安全護網；圖B為自製安全護網)。



**圖三、球打到市售安全護網反彈回來時偏移的情形。**  
由圖三可知，球打到市售安全護網時反彈回來時，反彈至中間區塊與左右邊區塊的機率相同。



**圖四、球打到自製安全護網反彈回來時偏移的情形。**  
由圖四可知，球打到自製安全護網時反彈回來時，反彈至中間區塊的機率比凡彈至左右邊區塊的機率小，故較為安全。

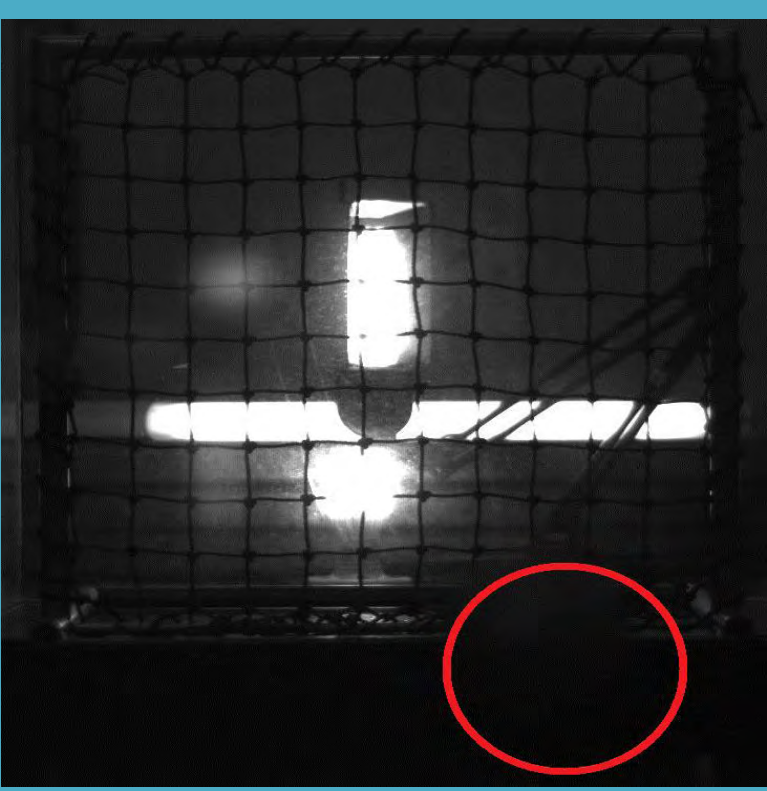


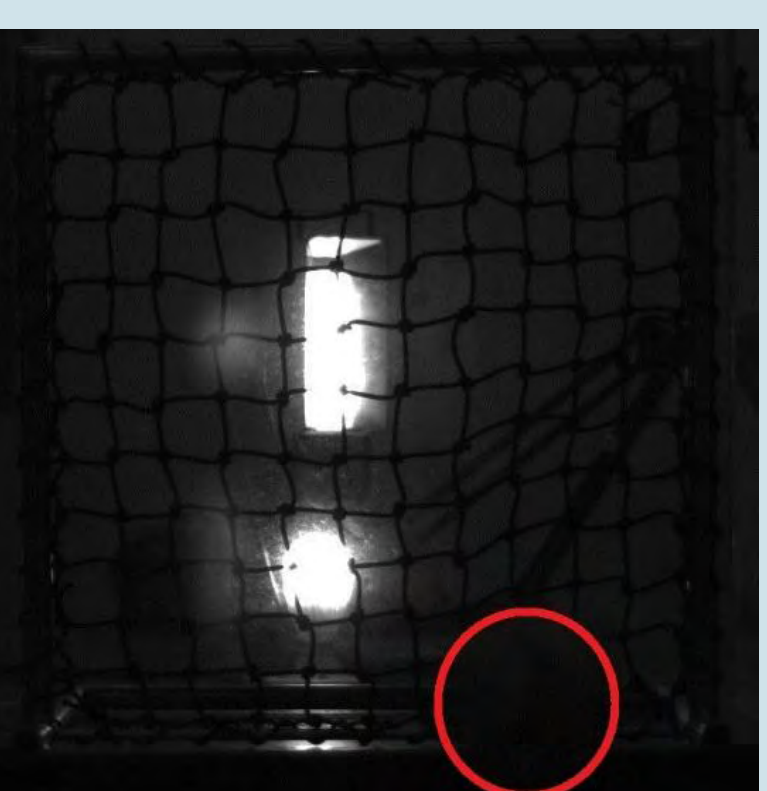
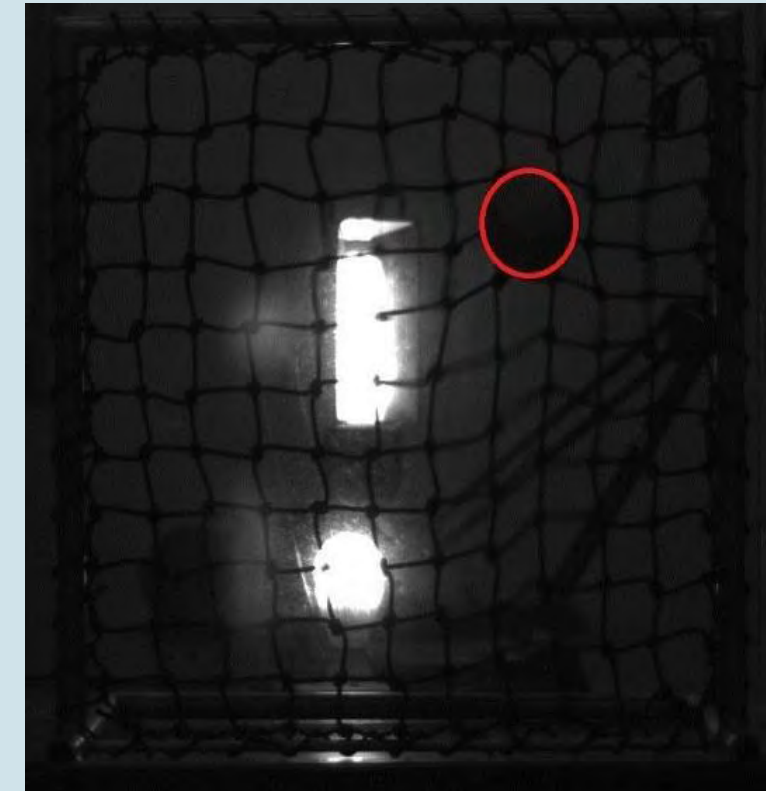
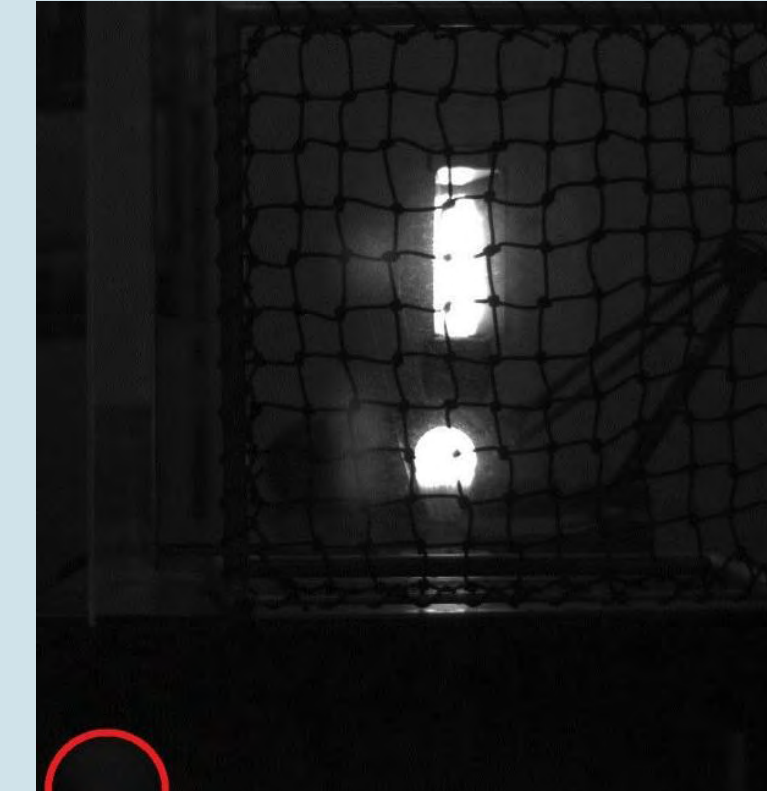
表二、螺旋結的分布及比較

	全部螺旋結	螺旋結、單結整齊排列	螺旋結和單結交叉排列
圖片			





**問題** 若以全部螺旋結進行實驗會發生與市售安全護網相同的問題，若要使單結及螺旋結整齊排列，那就必須在兩結之間多加一個單結，這樣就和第二代自製安全護網一樣，在實驗中都沒有優於第四代自製安全護網，所以不採用。 因為螺旋結與單節交錯，使得結一大一小，能有效地削弱球的力道，以有效保護打者。



表三、球打到護網後反彈回來的情形

市售安全護網	A 	B 	C 	A為剛出球情形 B為球打到市售安全護網的情形 C為球打到市售安全護網反彈回來的情形
自製安全護網	D 	E 	F 	D為剛出球情形 E為球打到自製安全護網的情形 F為球打到自製安全護網反彈回來的情形

表四、比較自製安全護網實用生產之比較。

	第一代機器打結手臂	第二代機器打結手臂
操作方式	使用螺旋結打結步驟	
圖片(A) 打結成品(B)	A  B 	A  B 
比較結果	第一代機器打結手臂因使用長尾夾與課桌固定，因此在操作時也相較不穩，加上木板間的螺帽因轉動而變鬆，雖然打的結比自製完整，但因底座、不穩長尾夾易落，不於採用。	

## 討論與結論

- 其實市售安全護網的打結方法是從正方形的任一角開始打，一個網眼拉一個網眼，並使用單結固定，但結的表面容易受到球的力而裂開，其原因是：市售安全護網是用機器打的，但機器已把它拉到極限，所以無法將力完全吸收。
- 若將安全護網與邊框綁的太緊，球打到護網時就不具有良好的吸收力。
- 我們發現50x50cm的護網都需要使用2公尺的繩子來綁才夠長，就能避免第二及第三代自製安全護網因繩子不夠長而造成的反效果。
- 在第四代自製安全護網的實驗中，第四代自製安全護網的穿破球數大約是市售安全護網的2倍，所以第四代自製安全護網的安全性可以更好的保護選手們。
- 在第一代機器打結手臂中，因為底座使用的問題導致操作時容易搖晃甚至斷裂因此我們在第二代機器打結手臂中將第一代機器打結護網的底座移除，改為以手臂使用L型板固定於厚木板上，使第二代機器打結手臂在打結時能夠更穩更快。

	市售安全護網	第四代自製安全護網
安全性 (圖三、四、表四)	使球偏移機率低	使球偏移機率高
耐用性 (圖一)	可承受球數少	可承受球數多
經濟性 (表一)	較貴	較便宜
吸收力 (圖二)	較不能良好的吸收力	較能良好吸收力
網眼大小 (表一)	安全護網的網眼大小介於4至5公分是最為合適的，因為小於4公分會使護網的結過多，讓護網更容易斷裂；大於5公分則會因為網眼過大，使球輕易地穿過網子	



## 未來展望

目前我們已研發出了一款以四隻手臂打螺旋結的機器，我們也將會模仿市售安全護網的打單結機器，將其與我們的機器手臂結合來使用半人工的方式完成整面護網，未來的我們也希望使用線控式、全機器化的方式完成護網；我們已將自製安全護網申請新型專利，也將會把打結機和自製安全護網推廣出去。

## 參考資料

- (一) 棒球護網介紹 <http://www.075510101.com/goods.php?id=805557>。
- (二) 棒球護網介紹、價格 <http://abcsssss.twbbs.org/?product>。
- (三) 護網材質 <http://tw.classf0001.uschoolnet.com/css/cm4k1292368025.doc>