

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 物理科

第二名

080103

握在掌心的音樂—手笛

學校名稱：臺北市文山區私立靜心中小學（小學部）

作者：	指導老師：
小六 張維純	陳慧娟
小六 余鈺庭	謝智偉
小六 李宗澄	
小六 許哲瑋	
小六 翁英僑	
小六 廖方齊	

關鍵詞：手笛、音高、手勢

## 摘 要

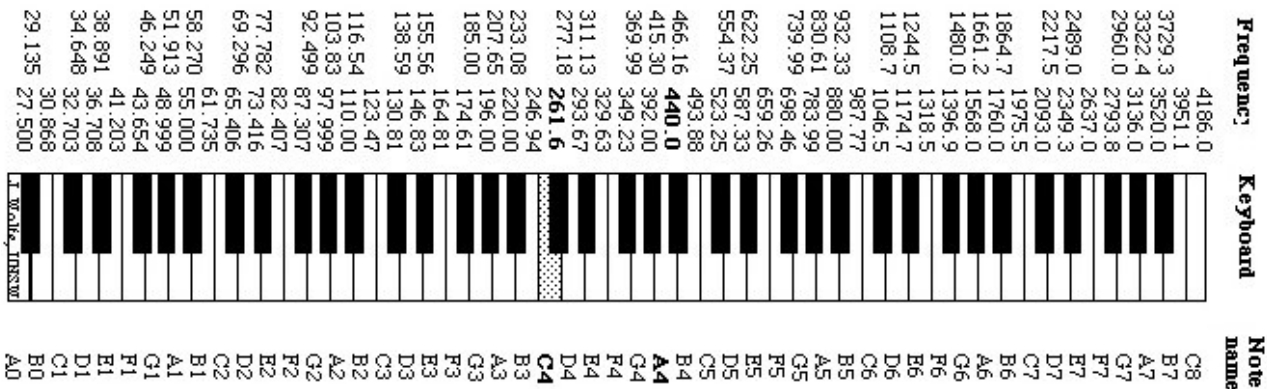
用雙手合攏當樂器，掌心空間當共鳴箱，用嘴吹氣在兩大拇指之間的空隙，吹出的聲音像笛音一般，這就是「手笛」。能吹出笛音跟嘴形無關，要成功的吹出笛音而不是氣音，須符合 3 個條件：1.吹孔空隙要小( $<0.15$  公分);2.吹孔空隙兩旁要有彈性物質(兩大拇指的肉);3.要順著掌心空間切線位置吹氣。而我們也發現：1.掌指關節間愈寬，笛音愈低；2.掌心空間直圓周長愈長，笛音愈低；3.愈用力吹手笛，笛音愈高；4.吹孔寬不影響音高；5.掌根開洞愈大，笛音愈高；6.掌心空間愈大，開洞要更大才有明顯的音高變化；7.手指開洞會比掌根開洞影響手笛音高來的明顯；8.手笛開洞的位置會影響它的音高，距離氣流其始位置較近，影響音高較明顯。

## 壹、研究動機

有次看電視，看到有人居然不用拿任何樂器，兩手空空，竟然可以用不同的手勢吹出一首歌，且吹出來的聲音像笛音一樣優美，讓我們感到相當的神奇，這到底是怎麼一回事呢？每個人都能吹得出來嗎？還是這跟「口技」一樣，是極少數的人才會？於是我們利用所學（五下康軒版「聲音與樂器」），想探討「怎樣吹才能吹出笛音」和「如何才能吹出不同音高的笛音」。

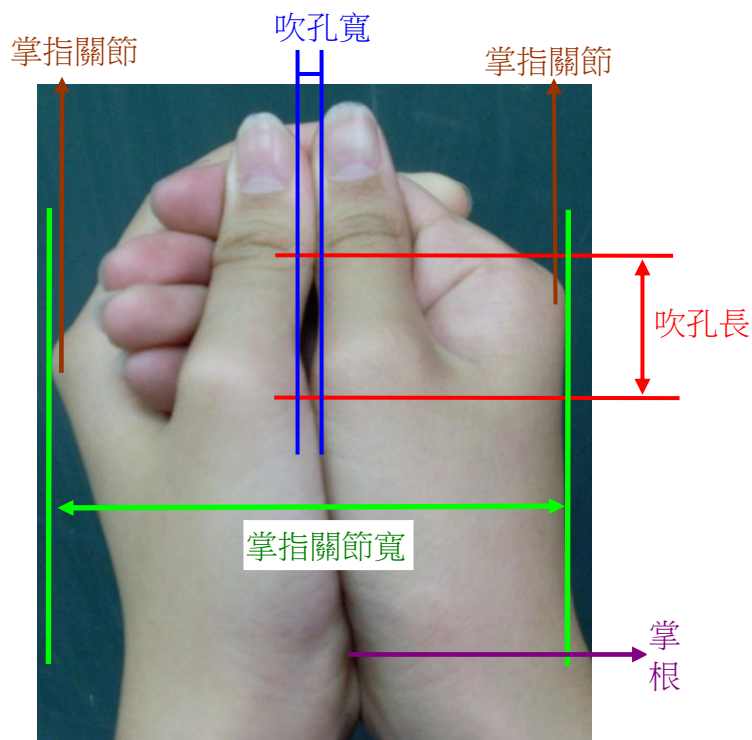
## 貳、名詞解釋

- 一、**手笛**：用雙手合攏當樂器，掌心空間當共鳴箱，用嘴吹氣在兩大拇指之間的空隙，吹出的聲音像笛音一般。
- 二、**音階**：音階就是依照 Do、Re、Me、Fa、Sol、La、Si 依序排列的一組音，用音名 C、D、E、F、G、A、B 分別代表 Do 到 Si，而 C4 代表中央 Do，C5 代表高八度 Do，C3 代表低八度 Do，依此類推。
- 三、**音高**：音高是指聲音的高低，以頻率（赫茲：Hz）來表示，# 代表升記號，表示該音高半個音，b 代表降記號，表示該音低半個音。



圖一：各音高頻率、鍵盤與音名的對照

### 四、手笛各部位名稱：



## 參、研究目的

想研究出如何用手笛吹出一首歌，所以列了下列兩個研究目的與相關的問題進行探究：

### 目的一：探討怎樣吹才能吹出笛音？

問題一：手笛有哪些不同的手勢？

問題二：能用手笛吹出笛音跟嘴形有關嗎？

問題三：手笛吹孔空隙要多大灌氣進去才能聽到笛音？

問題四：找出吹手笛的最佳吹氣角度。

### 目的二：探討如何才能吹出不同音高的笛音？

問題五：掌心空間大小不同，對笛音音高的影響？

問題六：吹氣力道大小不同，對笛音音高的影響？

問題七：吹孔寬不同，對笛音音高的影響？

問題八：掌根開洞大小不同，對笛音音高的影響？

問題九：手指開洞大小不同，對笛音音高的影響？

## 肆、研究設備及器材

打氣筒 1 個	透明膠帶 1 捆	白膠 1 包	紅線 1 捆	掏耳棒 1 支
竹筷子 1 雙	強力磁鐵 2 塊	吸管 1 支	公升杯 1 個	手電筒 1 支
調音器 1 個	30 公分鐵尺 1 把	黏土 10 包	報紙 1 份	紙黏土 5 包
分貝計 1 個	黑色油性筆 1 支	CD2 片	抽籤棒 5 支	量杯 1 個

## 伍、研究過程與結果

問題一：手笛（雙手合攏，掌心留有空間，兩大拇指間有空隙）有哪些不同的手勢？

一、研究過程：嘗試用手做出手笛的模樣，以相機拍下符合手笛定義的樣子。

二、研究結果：符合手笛定義的手勢共可分為「小狗」、「交叉」、「排球」、「拜拜」4 種，分別敘述如下：

手勢名稱	小 狗	交 叉	排 球	拜 拜
說明	將一隻手握在另一隻手的虎口上，雙手做出會形成小狗影子的手勢，兩個大拇指並排形成 1 個空隙。	把除了大拇指以外的手指 <u>交叉</u> ，掌心留有空隙，兩個大拇指並排形成 1 個空隙。	把雙手手心向上，上下相疊，像打 <u>排球</u> 時拖球的手勢，兩個大拇指並排形成 1 個空隙。	將 5 隻手指頭併攏，左右兩手合併，像用手 <u>拜拜</u> 一樣，掌心留有空隙，大拇指與食指間形成 2 個空隙。
握法				

手勢名稱	小 狗	交 叉	排 球	拜 拜
正 面				
左 側 面				
右 側 面				

## 問題二：能用手笛吹出笛音跟嘴形有關嗎？

### 一、研究想法：

在嘗試用手笛吹時，有時會成功吹出笛音，有時失敗吹不出來，只有氣音，而有些人同樣擺出一樣的手勢，卻怎麼吹也吹不出笛音來，讓我們很好奇這是否跟「口技」一樣，跟嘴形、嘴唇的厚薄度有關，是極少數的人才會的技能。於是我們設計實驗，不用嘴吹，用打氣的方式，灌氣進入手笛裡，看是否能發出笛音，如果能，就證明能吹出笛音跟嘴形、嘴唇的厚薄度無關。

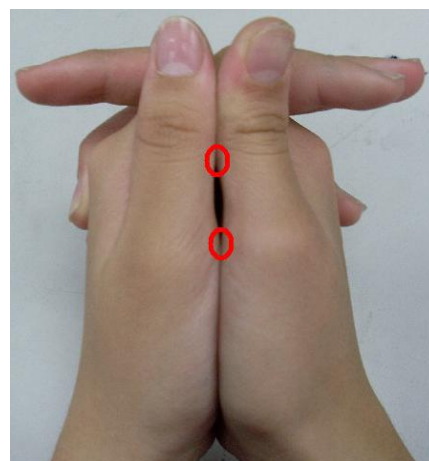
### 二、研究過程：

- 1.將打氣筒出氣位置套上吸管，用膠帶黏住固定，使氣能集中不散。
- 2.分別擺出4種不同的手笛手勢，在兩大拇指之間的空隙灌氣進去，調整灌氣的位置與角度，聽聽是否能發出笛音。



### 三、研究結果：

- 1.不用嘴吹，用打氣的方式，灌氣進入手笛裡，確實能發出笛音，可見**能吹出笛音跟嘴形無關**。
- 2.並不是在手笛吹孔每個位置與角度灌氣進去都能發出笛音，**只有在吹孔的上面與下面**（紅色圈圈位置）**灌氣進去才聽得到笛音**，而且可以看到灌氣部位手上的肉在震動。
- 3.將吸管放在吹孔的上面或下面，在打氣筒壓下去的瞬間，可以很清楚的聽到笛音，手可以感覺到**有空氣擠過兩大拇指之間的肉**。



### 問題三：手笛吹孔空隙要多大灌氣進去才能聽到笛音？

#### 一、研究想法：

由問題二我們研究出只有在吹孔的上面與下面灌氣進去才聽得到笛音，而且可以看到灌氣部位手上的肉在震動，並感覺到**有空氣擠過兩大拇指之間的肉**。而在吹孔的上面與下面縫隙都很小，所以**我們想研究到底吹氣要經過多細小的空隙吹出來才有笛音**。因為用手很難調整出空隙很小的吹孔，所以我們想做出手笛模型來探討這個問題。

#### 二、研究過程：

##### (一)製作手笛模型：

- 1.先用手比出半開式的手笛模型，將黏土塞滿整個掌心空間和手指間的空隙(圖二)，雙手再用力合併做出手笛的手勢，捏塑出手笛的內部空間，並用黑筆畫出吹孔的輪廓。
- 2.將白膠與水以 1：1 的方式攪拌均勻調配成黏膠。
- 3.把用黏土做出的手笛內部空間模型整個塗上黏膠，放置一段時間等黏膠乾掉。
- 4.將報紙撕成小塊，整個泡入黏膠裡，撈起後依照模型的樣子一塊塊黏上，每一小塊報紙都交錯重疊黏三層，只有吹孔處不用黏。(圖三)(圖四)
- 5.等報紙乾硬掉後，用掏耳棒將黏土全部挖出來(圖五)，並用手電筒照報紙模型內部做確認(圖六)，如果模型內部也看得到報紙，就代表黏土已經全部挖出來了，手笛的內部空間模型就做出來了。



圖二



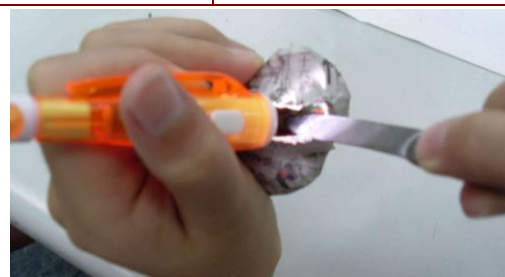
圖三



圖四

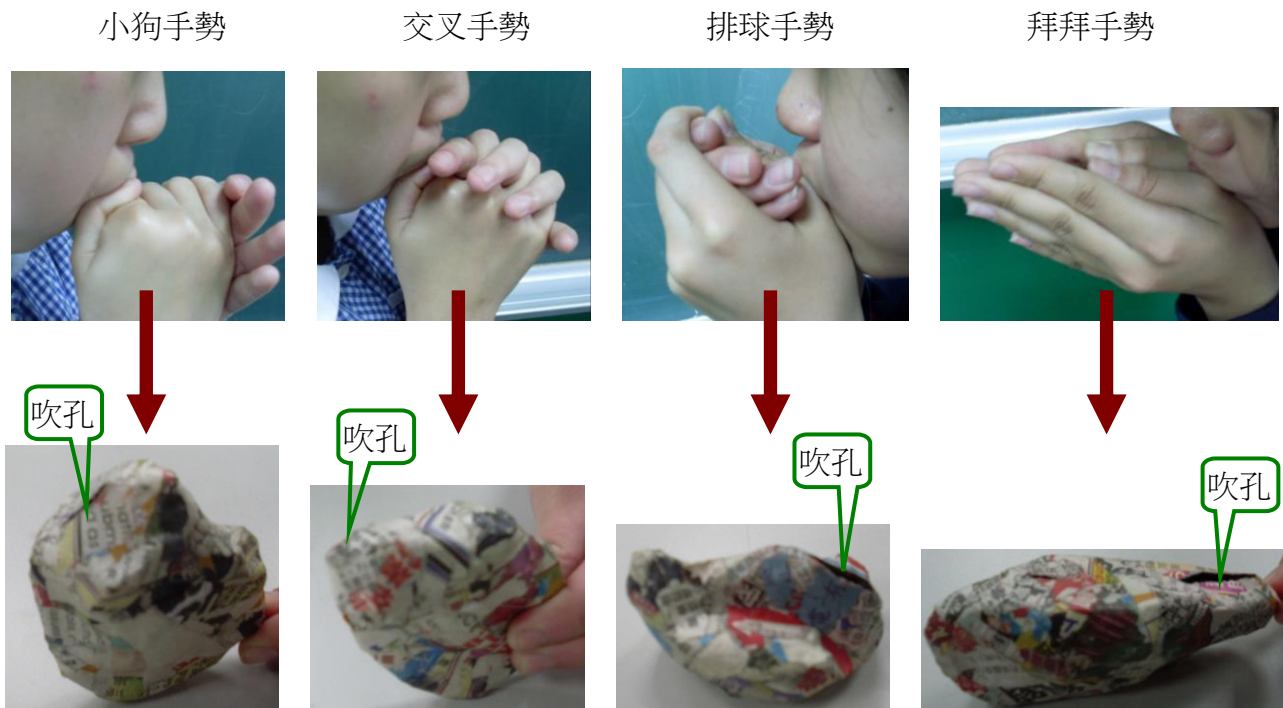


圖五



圖六

## 各手勢的手笛內部空間模型



### (二)實驗過程：

- 1.將報紙模型吹孔下面分別留 0.05、0.1、0.15、0.2 公分空隙，灌氣進入此空隙，聽聽看是否有笛音出現。
- 2.同上述 1，在空隙兩旁貼上 1 公分厚的黏土，灌氣通過黏土進入空隙裡，聽聽看是否有笛音出現。
- 3.同上述 1，在空隙兩旁用兩大拇指圍住，灌氣通過大拇指的肉進入空隙裡，聽聽看是否有笛音出現。

### 三、研究結果：

- 1.將實驗結果整理如下：(○：能發出笛音；△：能發出氣音；X：沒有聲音)

吹孔下面 空隙寬	0.05 公分	0.1 公分	0.15 公分	0.2 公分
空隙兩旁 放的東西				
無	△	△	△	△
1 公分厚的黏土	X	X	X	△
兩大拇指圍住	○	○	○	△

- 2.由上表可知**只有吹孔下面空隙寬在 0.15 公分以下且空隙兩旁有用大拇指圍住，才能發出笛音。**
- 3.**光只有空隙很小還不夠，必須要在空隙兩旁有彈性的物質，才能讓空氣透過彈性物擠進小縫裡發出笛音，否則只能出現氣音或沒發出聲音。**可見發出笛音的關鍵在於空氣擠進肉縫中。

- 4.在空隙兩旁放上無彈性的東西（黏土）增加厚度，會使空氣更不容易灌進模型空間裡，所以連氣音都無法出現。
- 5.不管哪一種手勢的手笛，吹孔都呈現橄欖形，由問題二我們發現只有在吹孔的上面或下面（即橄欖形上下兩尖端）才能吹出笛音，由問題三再更進一步確認要發出笛音一定要讓空氣擠進肉縫中，這就是為什麼在吹孔中間較寬處吹氣並不能發出笛音的原因，因為空氣並無透過大拇指之間的肉擠入掌心空間內。

#### 問題四：找出吹手笛的最佳吹氣角度。

##### 一、研究想法：

由問題二與問題三我們已經找出吹手笛的最佳位置在吹孔的上面或下面（即橄欖形上下兩尖端），想知道同樣的吹孔大小、同一個吹氣位置、同樣的吹氣量，是否每一個吹氣角度都能發出笛音？**想找出不同手笛手勢最佳的吹氣角度為何？**

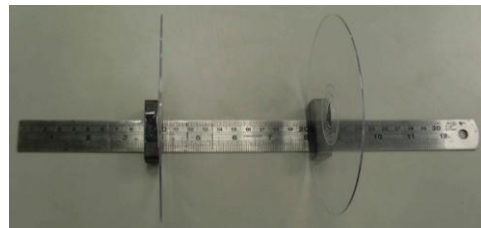
##### 二、研究過程：

###### (一)製作測量「掌指關節寬」儀器：

- 1.將兩 CD 片圓周切線上用膠帶分別貼上一個強力磁鐵(圖七)。
- 2.將其中一片 CD 用膠帶固定貼在鐵尺 10 公分處，另一片 CD 以強力磁鐵吸附在鐵尺上，可以在鐵尺上移動(圖八)。
- 3.測量掌指關節寬時，一隻手的掌指關節輕靠在已黏緊固定的 CD 片旁，移動另一片 CD，使另一隻手的掌指關節也輕靠到 CD 片，CD 片下刻度減 10 即為掌指關節間的寬度(圖九)。



圖七



圖八



圖九

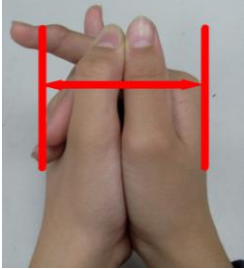
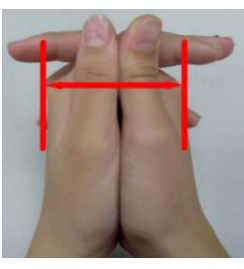
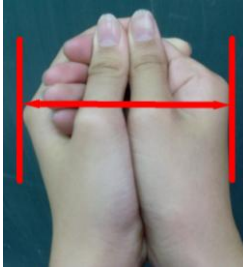
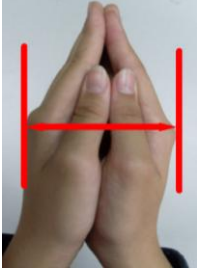
###### (二)實驗過程：

- 1.固定吹孔大小（吹孔長 2.5 公分，吹孔寬 0.3 公分），分別做出 4 種手笛手勢的最大掌心空間與最小掌心空間，量出掌指關節間的寬度。
- 2.固定吹孔大小（吹孔長 2.5 公分，吹孔寬 0.3 公分），比出掌心空間最大的小狗手勢，在吹孔下面同一位置以打氣筒灌氣，調整吸管角度，讓吸管與吹孔夾角呈現 0 到 180 度，記錄可以聽到笛音的角度範圍。
- 3.同上述 2.步驟，吹氣位置改在吹孔上面。
- 4.改變手笛手勢，重複上述 2.、3.步驟，記錄可以聽到笛音的角度範圍。







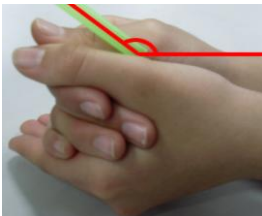


### 三、研究結果：

1.不同手勢的手笛，同樣的吹孔大小（吹孔長 2.5 公分，吹孔寬 0.3 公分），能比出最大和最小的掌心空間掌指關節間的寬度如下表：

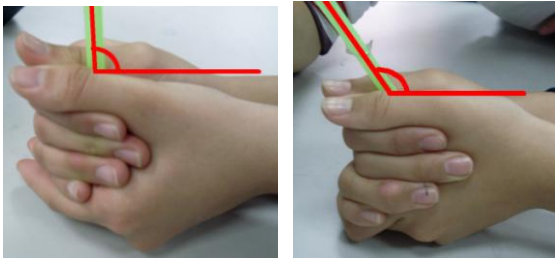
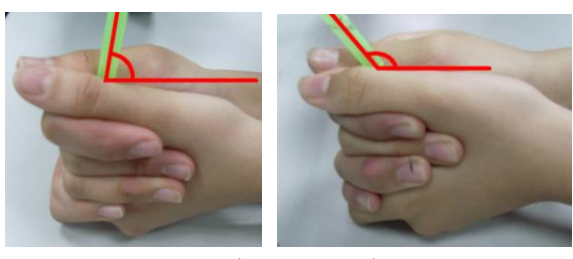
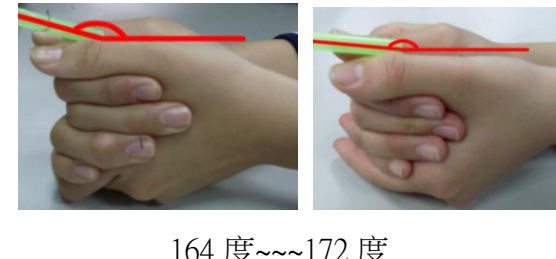
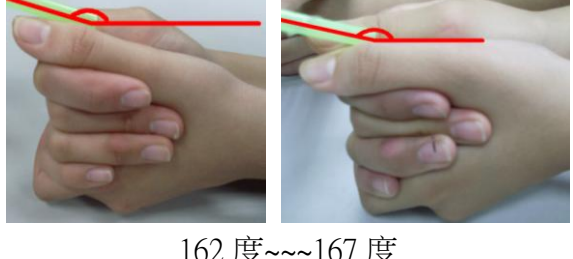
手勢名稱	小 狗	交 叉	排 球	拜 拜
掌指關節寬量法				
掌心最大掌指關節寬	9 公分	8.5 公分	11.8 公分	9.5 公分
掌心最小掌指關節寬	6.5 公分	6 公分	9.5 公分	7.3 公分

2.不同手勢的手笛，同樣的吹孔大小（吹孔長 2.5 公分，吹孔寬 0.3 公分），能發出笛音的角度範圍如下表：

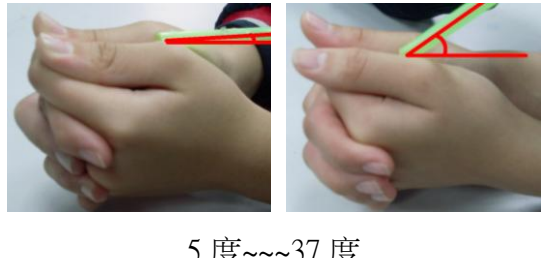
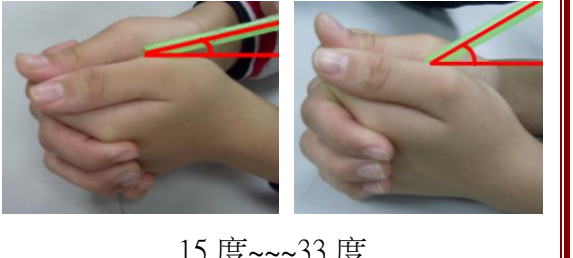

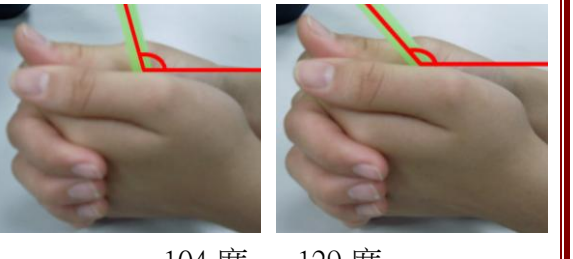
#### 【小狗手勢能發出笛音的角度範圍】

能發出笛音的角度 吹氣位置	掌心最大 (掌指關節寬 9 公分)		掌心最小 (掌指關節寬 6.5 公分)	
	吹孔上面			
	7 度~~~45 度		7 度~~~48 度	
吹孔下面				
	125 度~~~140 度		125 度~~~147 度	

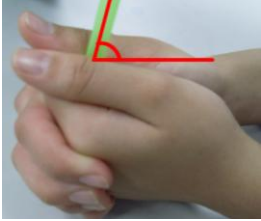
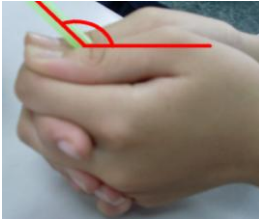
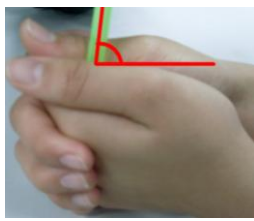



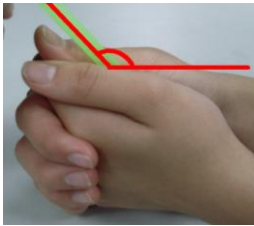
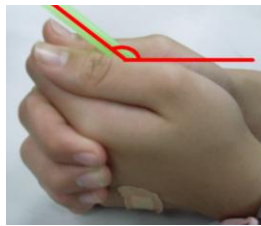
【小狗手勢能發出笛音的角度範圍】

能發出笛音的角度	掌心空間	掌心最大 (掌指關節寬 9 公分)	掌心最小 (掌指關節寬 6.5 公分)
	吹氣位置		
吹孔上面	吹孔上面		
		90 度~~~123 度	82 度~~~130 度
	吹孔上面		
		164 度~~~172 度	162 度~~~167 度

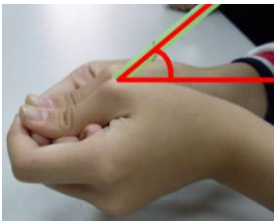
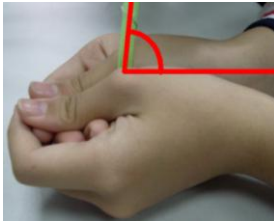


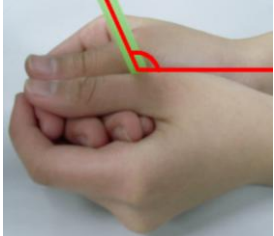
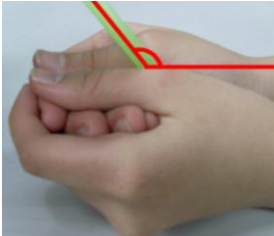
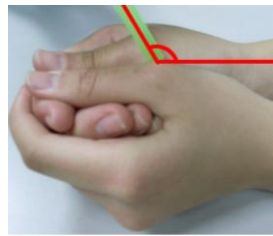
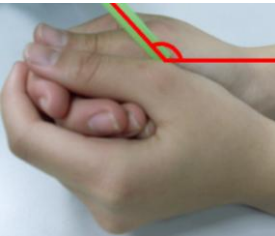
【交叉手勢能發出笛音的角度範圍】

能發出笛音的角度	掌心空間	掌心最大 (8.5 公分)	掌心最小 (6 公分)
	吹氣位置		
吹孔下面	吹孔下面		
		5 度~~~37 度	15 度~~~33 度
	吹孔下面		
		90 度~~~120 度	104 度~~~129 度

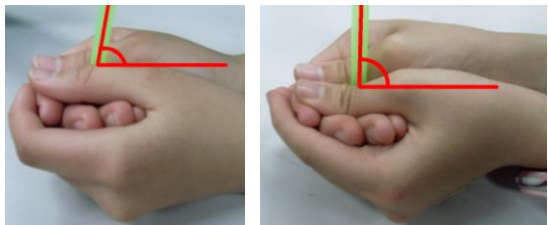
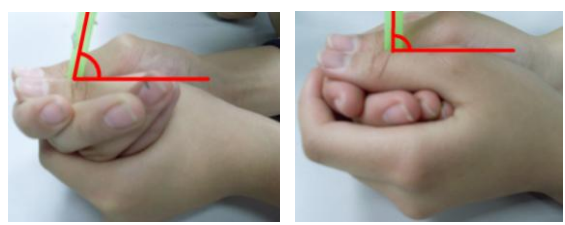
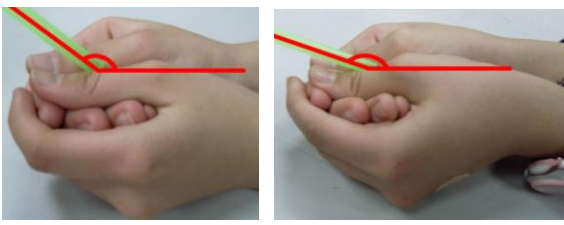
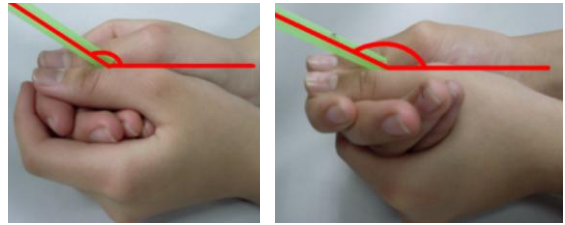
【交叉手勢能發出笛音的角度範圍】

能發出笛音的角度	掌心最大 (8.5公分)		掌心最小 (6公分)	
	吹氣位置			
吹孔上面				
	77 度~~~135 度		84 度~~~123 度	
				
	140 度~~~167 度		130 度~~~140 度	

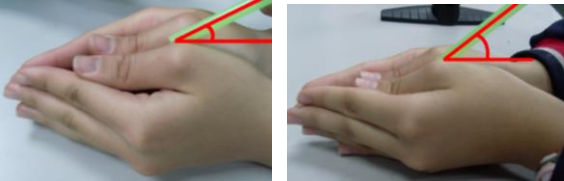
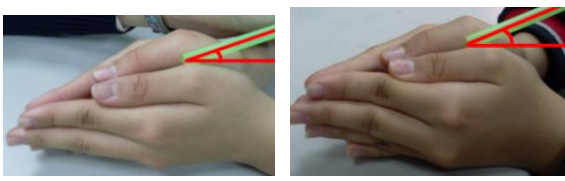
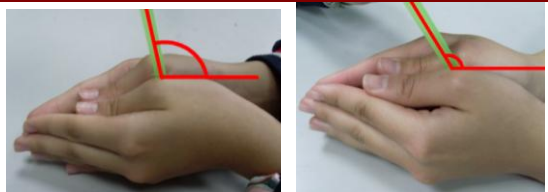

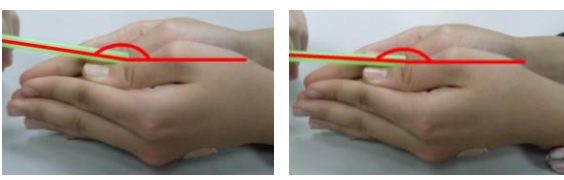
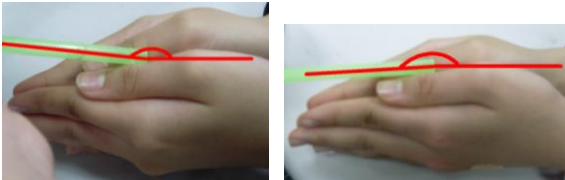
【排球手勢能發出笛音的角度範圍】

能發出笛音的角度	掌心最大 (11.8公分)		掌心最小 (9.5公分)	
	吹氣位置			
吹孔下面				
	42 度~~~85 度		45 度~~~72 度	
				
	112 度~~~125 度		117 度~~~129 度	

【排球手勢能發出笛音的角度範圍】

能發出笛音的角度	掌心空間	掌心最大 (11.8 公分)	掌心最小 (9.5 公分)
	吹氣位置		
吹孔上面		 <p>80 度~~~87 度</p>	 <p>80 度~~~90 度</p>
		 <p>138 度~~~160 度</p>	 <p>141 度~~~152 度</p>

【拜拜手勢能發出笛音的角度範圍】

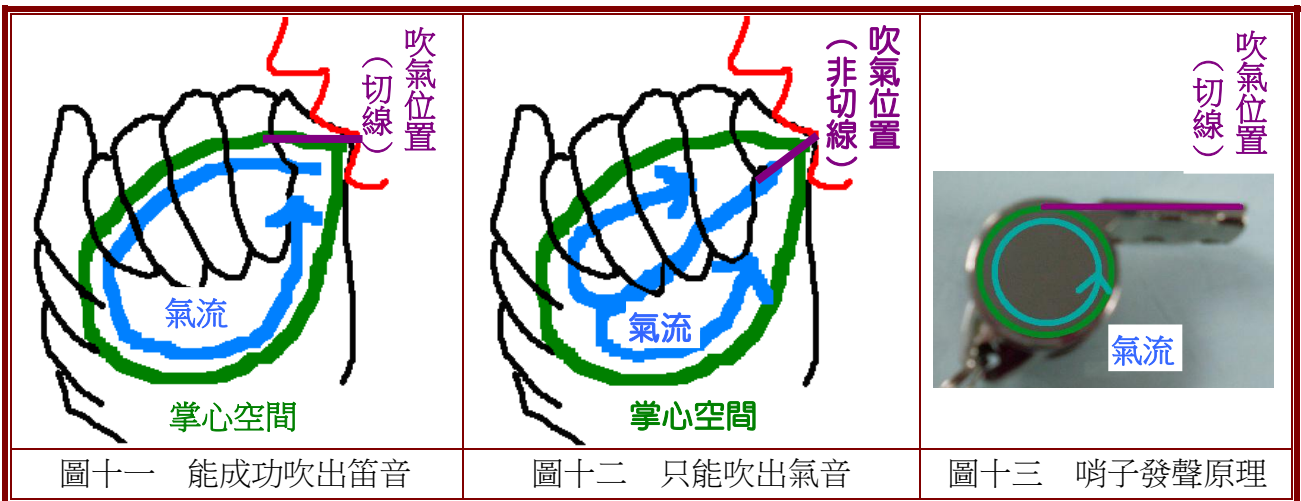
能發出笛音的角度	掌心空間	掌心最大 (9.5 公分)	掌心最小 (7.3 公分)
	吹氣位置		
吹孔下面		 <p>30 度~~~40 度</p>	 <p>20 度~~~23 度</p>
		 <p>102 度~~~118 度</p>	 <p>114 度~~~129 度</p>
吹孔上面		 <p>169 度~~~180 度</p>	 <p>173 度~~~180 度</p>

3.灌氣進入掌心裡，發出笛音時，可以感覺到有一股氣流迴繞在掌心裡（如圖十所示），若氣流在掌心裡沒有迴繞，則只會發出氣音。

4.由 3.知只要讓整個氣流在掌心裡一起迴繞，就能發出笛音。所以**只要順著掌心空間切線位置吹氣**（如下圖十一、圖十二所示），不要朝掌心空間中心吹氣，**就能成功發出笛音**。類似哨子的構造，吹氣位置在切線上(圖十三)。



圖十：紅色代表鼻子和嘴巴；  
黑色代表手；  
藍色代表氣流。



### 問題五：掌心空間大小不同，對笛音音高的影響？

#### 一、研究想法：

由問題二到四，我們探討出用手笛吹出笛音的條件，接著我們想研究如何才能吹出高低不同的音高出來。我們曾學過管樂器空氣柱長短不同，會使氣流震動速度快慢不同，就會產生不同的音高。而手笛是將氣吹入掌心空間裡，在掌心空間中迴繞才能發出笛音，所以我們想探討掌心空間大小不同對手笛音高的影響。

而**掌心空間大小主要由兩手的掌指關節寬來決定，掌指關節間愈寬，所形成的掌心空間就會愈大**。礙於時間、精力關係，我們挑選排球手勢（掌心空間像較鼓的長橢圓形）和小狗手勢（掌心空間像圓扁形）作代表，並以我們小組成員中，**手掌最小和最大的兩個人當做研究對象，分別用「小手」和「大手」來表示，並用分貝計音量大小來控制吹氣的力道，測出不同掌心空間手笛的音高**。

圖示		
手勢名稱	排球手勢	小狗手勢
掌心空間描述	較鼓的長橢圓形	圓扁形

## 二、研究過程：

1. 固定吹孔大小（吹孔長 2.5 公分，吹孔寬 0.3 公分），只有吹孔有空隙，其它地方（掌根、手指間）都不能有空隙，分別量出「小手」和「大手」比出排球、小狗手勢最大掌心空間與最小掌心空間掌指關節間的寬度。
2. 每隔 0.5 公分，定出排球、小狗手勢不同掌指關節寬。
3. 用「小手」比出排球手勢，固定吹孔大小（吹孔長 2.5 公分，吹孔寬 0.3 公分），掌根、手指間都不能留有空隙，將分貝計和調音器擺在手勢旁，在吹孔下面沿著掌心空間切線位置吹氣，重複吹 5 次，每次吹的力道要相同，分別記錄音高，再取平均值。
4. 重複 3.，分別測出「小手」和「大手」排球、小狗手勢不同掌指關節寬所吹出的平均音高。

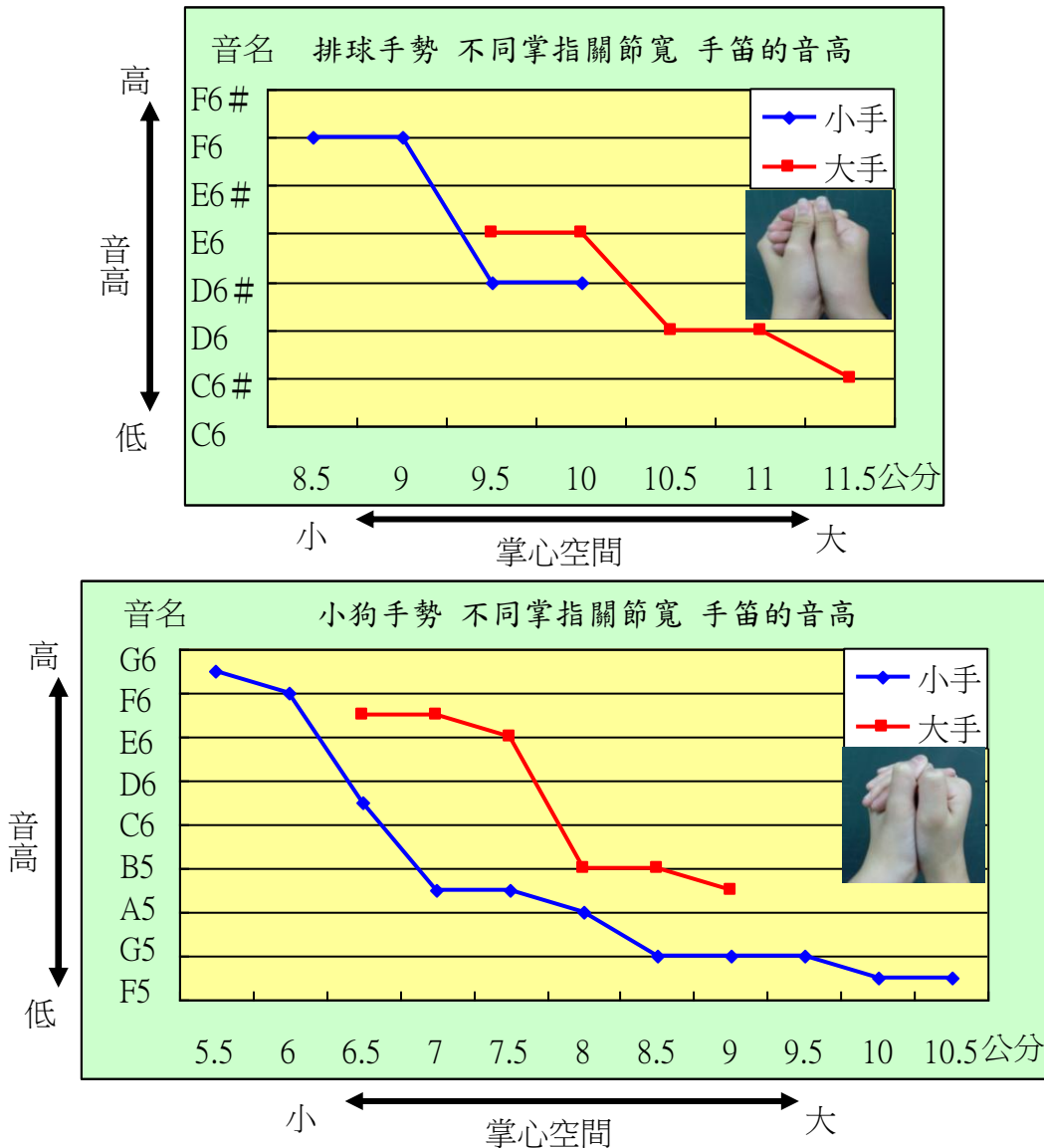


## 三、研究結果：

1. 下表是「小手」和「大手」比出排球、小狗手勢最大與最小掌心空間掌指關節間的寬度。

手勢名稱	排球手勢		小狗手勢	
	小手	大手	小手	大手
掌心最小掌指關節寬	8.2 公分	9.5 公分	5.5 公分	6.3 公分
掌心最大掌指關節寬	10.2 公分	11.8 公分	10.8 公分	9 公分

2.下圖是不同掌指關節寬手笛的音高。

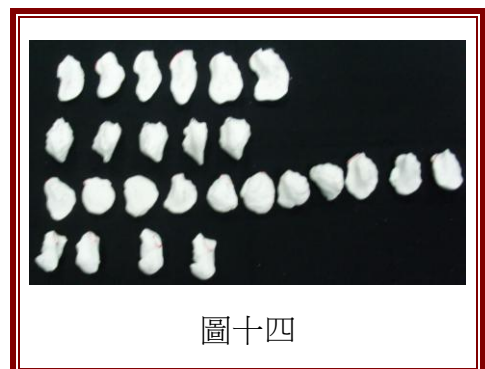


3.由上面折線圖可以看出：

- (1) **掌指關節間愈寬，笛音愈低。** 因掌指關節間愈寬，掌心空間愈大，氣流震動速度較慢，所以笛音會較低。
- (2) 有的掌指關節間寬度只相差 0.5 公分而已，但音高就相差很多，但有的掌指關節間寬度改變，音高卻沒變，於是我們用紙黏土將不同掌指關節寬的掌心空間做出來，希望藉由比較各個模型後，發現影響音高的關鍵因素，將做法與數據整理如下：

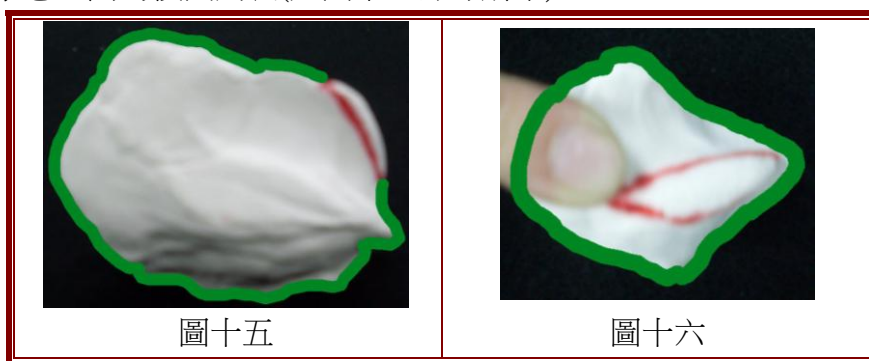
◎製作掌心空間模型的方式：

- 1.比出手笛手勢，打開吹孔處，將紙黏土沾水，塞進掌心空間裡。
- 2.手笛手勢合併，捏塑掌心裡的紙黏土，兩大拇指所圍的吹孔要用筆畫記號。
- 3.製作不同掌指關節寬的模型，等紙黏土模型晾乾後即完成(圖十四)。



◎量掌心空間圓周長的方法：

用線沿吹孔直立方向，將掌心空間模型外圍繞一圈，再將線拉直測量長度，即為掌心空間的直圓周長(如圖十五綠線所示)。沿著掌心空間橫向最寬的地方繞線圍一圈，再將線拉直測量長度，即為掌心空間的橫圓周長(如圖十六綠線所示)。



圖十五

圖十六

◎量掌心空間體積的方法：

用排水法測量，先記下原始量杯水位刻度，放入掌心空間模型，使它完全沉入水裡，看水位上升多高，減去原始水位刻度，即為掌心空間模型的體積。

◎研究結果：

「小手」排球手勢				
掌指關節寬（公分）	8.5	9	9.5	10
音名	F6	F6	D6#	D6#
直圓周長（公分）	14	14.3	15.3	15.5
橫圓周長（公分）	9.3	10.5	11	10.8
體積（立方公分）	12	14	15	18

發現：

觀察表格中的數據，發現掌指關節寬每多 0.5 公分，體積就會增加 2 或 3 立方公分，但音高並沒有依序降低。掌指關節寬由 8.5 公分到 9 公分，橫圓周長相差最多（差 1.2 公分），但音高卻沒有改變。只有當掌指關節寬由 9 公分到 9.5 公分，直圓周長相差最多（差 1 公分），音高有明顯改變（低 1 個半音）。

「大手」排球手勢					
掌指關節寬（公分）	9.5	10	10.5	11	11.5
音名	E6	E6	D6	D6	C6#
直圓周長（公分）	18.1	18.3	19.2	19.5	20.2
橫圓周長（公分）	11.9	12.2	13	15.3	15.1
體積（立方公分）	14	16	18	20	20

發現：

觀察表格中的數據，發現掌指關節寬每多 0.5 公分，體積就會增加 2 立方公分，但音高並沒有依序降低。掌指關節寬由 10.5 公分到 11 公分，橫圓周長相差最多（差 2.3 公分），但



音高卻沒有改變。當掌指關節寬由 10 公分到 10.5 公分，直圓周長相差 0.9 公分，音高低 1 個音，掌指關節寬由 11 公分到 11.5 公分，直圓周長相差 0.7 公分，音高低半個音，直圓周長相差較少（0.2、0.3 公分），音高就沒有變化。

「小手」小狗手勢											
掌指關節寬 (公分)	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5
音名	F6 #	F6	C6 #	A5 #	A5 #	A5	G5	G5	G5	F5 #	F5 #
直圓周長 (公分)	12.7	12.9	15.2	16.5	16.2	16.2	17	16.9	17.1	17.5	17.4
橫圓周 (公分)	9.4	9.2	9.9	10.3	10.8	11.6	12.5	12.9	12.9	13.1	13.6
體積 (立方公分)	4	5	6	7.5	8	9.5	10	11	12	13.5	13.5

#### 發現：

觀察「小手」小狗手勢的折線圖，發現當掌指關節寬由 6 公分到 7 公分，音高相差最多（低 4 個半音），觀察表格中的數據，發現掌指關節寬每多 0.5 公分，體積都很平均增加 1~1.5 立方公分，但音高並沒有依序降低。掌指關節寬每多 0.5 公分，橫圓周長都相差不大（最多差 0.9 公分），但折線最陡峭、音高改變最多卻不是在橫圓周長相差最大的地方。而掌指關節寬 6 到 6.5 公分，直圓周長相差最多（差 2.3 公分），音高明顯低 2 個半音，由此推測直圓周長是改變音高的關鍵。

「大手」小狗手勢						
掌指關節寬（公分）	6.5	7	7.5	8	8.5	9
音名	E6 #	E6 #	E6	B5	B5	A5 #
直圓周長（公分）	17.9	18.1	19.1	22.7	23	24.1
橫圓周長（公分）	9.3	9	9.2	9.8	10.5	12
體積（立方公分）	6	8	10	12	16	18

#### 發現：

觀察「大手」小狗手勢的折線圖，發現當掌指關節寬由 7.5 公分到 8 公分，音高相差最多（低 3 個音），觀察表格中的數據，發現掌指關節寬每多 0.5 公分，體積都很平均增加 2 立方公分，但音高並沒有依序降低。掌指關節寬每多 0.5 公分，橫圓周長最多相差 1.5 公分，但折線最陡峭、音高改變最多卻不是在橫圓周長相差最大的地方。而掌指關節寬 7.5 到 8 公分，直圓周長相差最多（差 3.6 公分），音高明顯低 3 個音，由此更確定直圓周長是改變音高的關鍵。

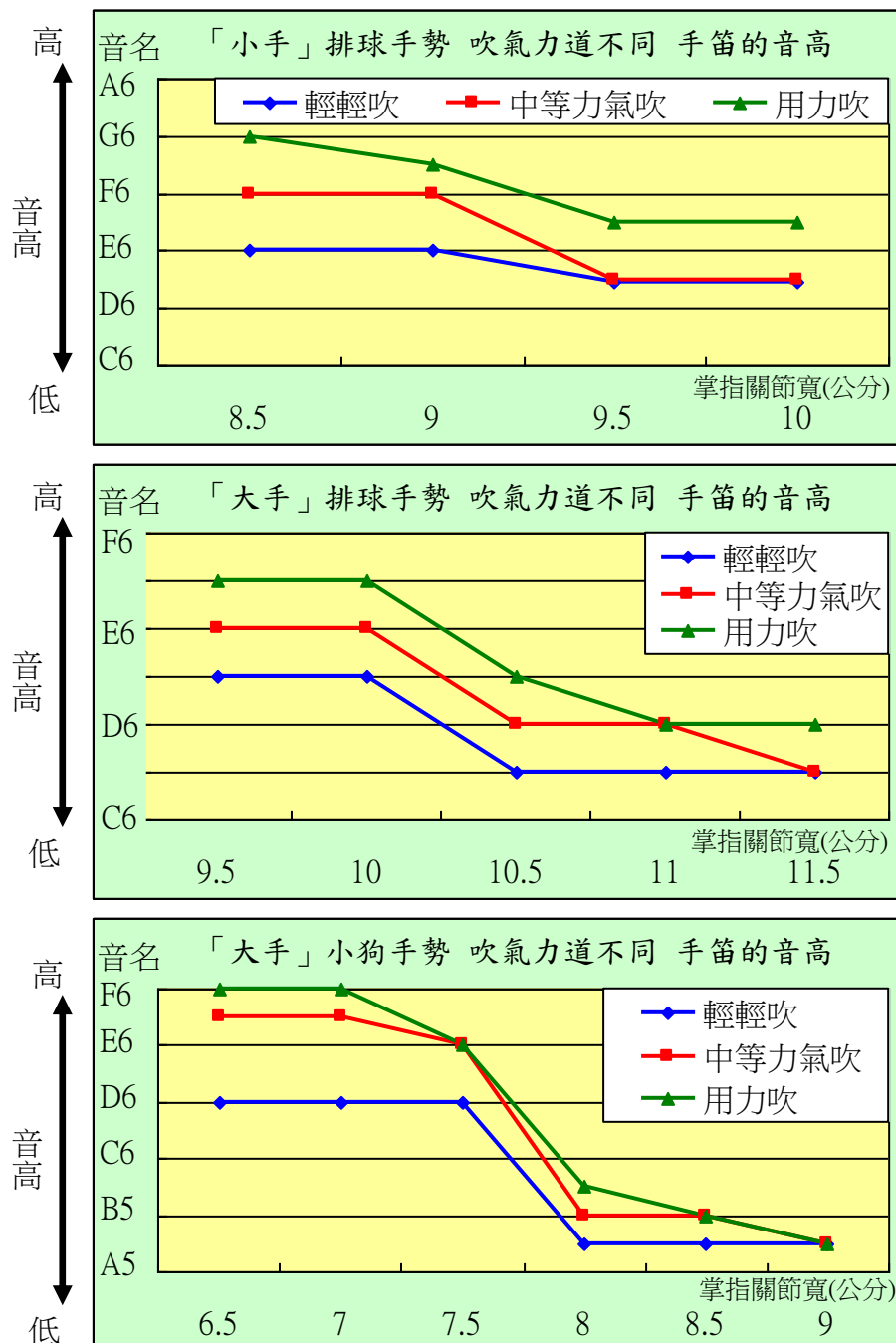
由以上 4 個表格比較掌心空間的直圓周長、橫圓周長、體積對音高的影響，發現**掌心空間直圓周長是改變音高的關鍵，直圓周長愈大，吹出的笛音較低**。猜測可能因為我們都是朝掌心空間直圓周切線吹氣，所以直圓周長愈大，氣流迴繞速度愈慢，所以笛音愈低。

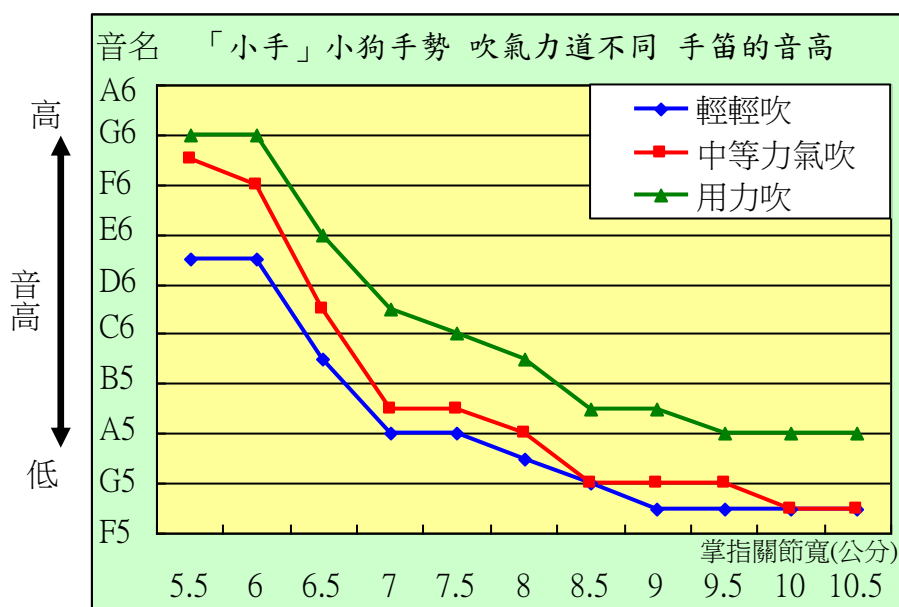
## 問題六：吹氣力道大小不同，對笛音音高的影響？

### 一、研究過程：

- 1.用「小手」比出排球手勢，固定吹孔大小（吹孔長 2.5 公分，吹孔寬 0.3 公分），只有吹孔有空隙，其它地方（掌根、手指間）都不能有空隙，將分貝計和調音器擺在手勢旁，在吹孔下面沿著掌心空間切線位置輕輕吹氣，重複吹 5 次，每次吹的力道要相同，分別記錄音高，再取平均值，量出不同掌指關節寬所發出的音高。
- 2.改變吹氣力道（輕輕吹、中等力氣吹、用力吹），同上述 1.的方式，分別測出不同掌指關節寬在不同的吹氣力道下，所發出的音高。
- 3.重複 1.2.步驟，分別測出「小手」和「大手」排球、小狗手勢不同掌指關節寬在不同的吹氣力道下，所發出的音高。

### 二、研究結果：





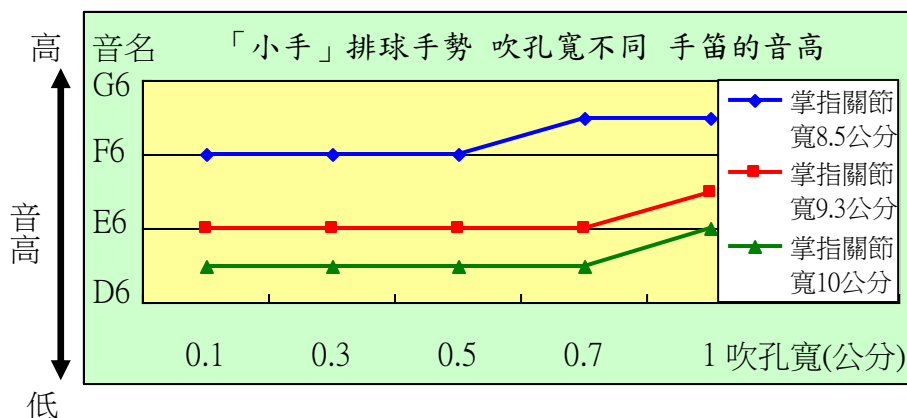
由4個折線圖可以看出「用力吹」的折線都在最上方，「輕輕吹」的折線都在最下方，所以愈用力吹手笛，音高會愈高。推測因為愈用力吹，氣流灌進掌心空間裡愈多，增加氣流振動頻率，愈用力吹，會加速氣流在掌心空間裡迴繞，所以音高較高。

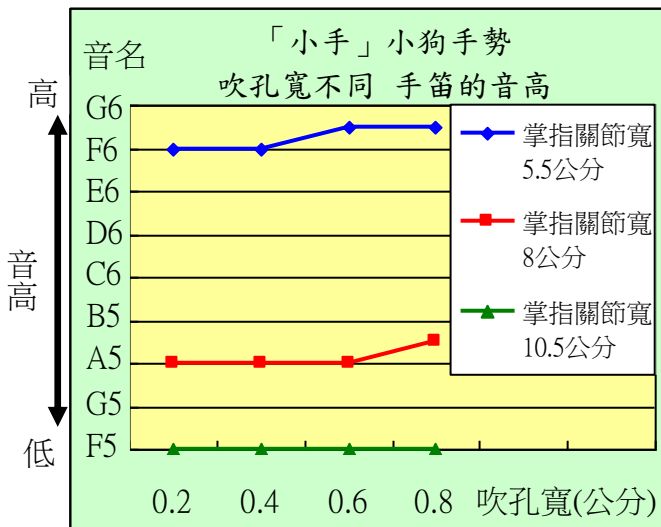
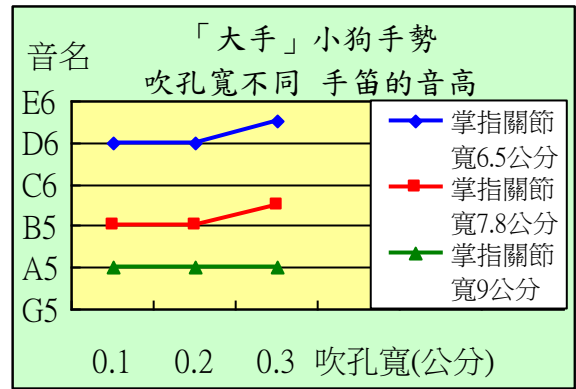
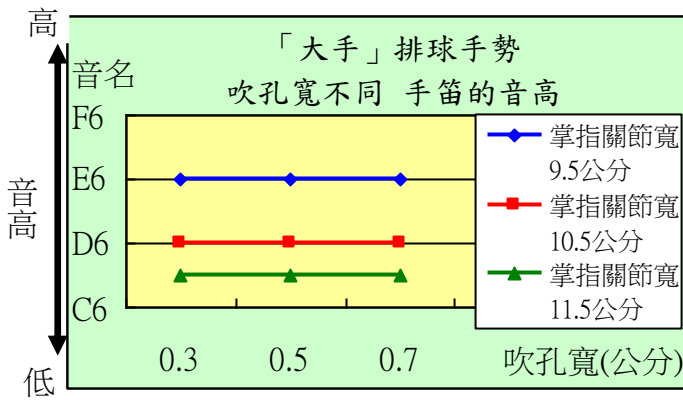
### 問題七：吹孔寬不同，對笛音音高的影響？

#### 一、研究過程：

- 1.將「小手」與「大手」的排球、小狗手勢，固定吹孔長 2.5 公分，其它地方（掌根、手指間）都不能有空隙，測量最大掌指關節寬和最小掌指關節寬所能形成的最大與最小吹孔寬，再每隔 0.2 公分為間距，定出不同的吹孔寬。
- 2.將分貝計和調音器擺在手勢旁，比出最小吹孔，在吹孔下面沿著掌心空間切線位置吹氣，重複吹 5 次，每次吹的力道要相同，分別記錄音高，再取平均值，測量不同掌指關節寬所發出的音高。
- 3.改變吹孔寬度，同上述 2.的方式，分別測出「小手」和「大手」排球、小狗手勢不同掌指關節寬在不同的吹孔寬度下，所發出的音高。

#### 二、研究結果：





由圖中的每一條折線可以看出**吹孔寬不同，對音高並不會造成多大的影響**，頂多在吹孔最寬時，笛音音高會高半個音，推測可能因為吹孔變寬，吹的位置空隙會變得大一點，所以吹氣進去的氣流變多，增加氣流震動頻率，所以音高會稍微高一點。

### 問題八：掌根開洞大小不同，對笛音音高的影響？

#### 一、研究過程：

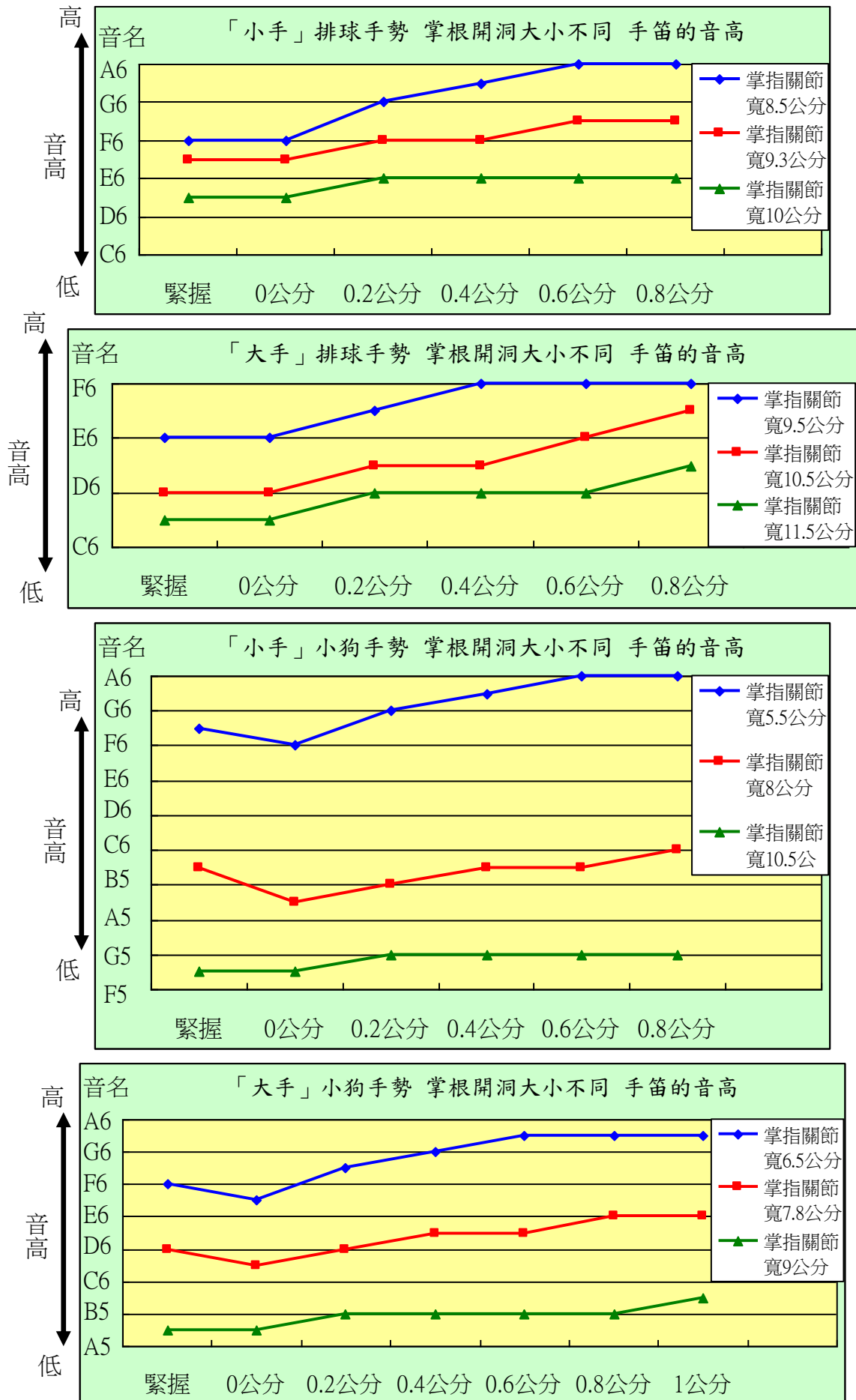
- 1.將「小手」與「大手」的排球、小狗手勢，固定吹孔長 2.5 公分，吹孔寬 0.3 公分，手指間不能有空隙，測量最大掌指關節寬和最小掌指關節寬所能形成的最大掌根開洞寬，再每隔 0.2 公分為間距，定出不同的掌根開洞大小。
- 2.將分貝計和調音器擺在手勢旁，先比出最大的掌根開洞，在吹孔下面沿著掌心空間切線位置吹氣，重複吹 5 次，每次吹的力道要相同，分別記錄音高，再取平均值，測量不同掌指關節寬所發出的音高。
- 3.改變掌根開洞大小，同上述 2.的方式，分別測出「小手」和「大手」排球、小狗手勢不同掌指關節寬在不同的掌根開洞大小下，所發出的音高。



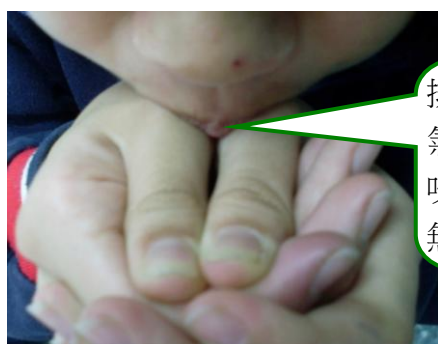
掌根開洞大小的量法：

1 支抽籤棒的寬度是 0.2 公分，以不擠壓掌根肉的方式，看掌根最多能放入多少根抽籤棒即為幾公分。

二、研究結果：



1. 不管是哪一個手勢，吹出笛音時，掌根開洞都有風，代表有氣流流出。
2. 由圖中的每一條折線可以看出：
  - (1) 排球手勢掌根緊握與掌根鬆握沒有開洞（0 公分），音高都沒有變化，可見排球手勢掌根緊握和鬆握對掌心空間不會有太大的改變，所以音高沒變化。但小狗手勢掌根緊握掌心空間會縮小，所以會比鬆握時約高半個音。
  - (2) 不管是哪一個手勢，**掌根開洞愈大，音高會愈高**，可能是掌根有開洞，掌心空間內的空氣震動較容易，因此頻率較大，音高較高。
  - (3) 掌根開洞大小從 0 公分到 0.2 公分都有明顯的音高變化，可見掌根有無開洞確實會影響音高，而**掌指關節間愈寬，掌心空間愈大，掌根開洞要更大才有明顯的音高變化**。
3. 做正式實驗前，我們有先試吹，爲了要量出同樣的吹氣力道掌根開洞最大能開多大，測試時發現掌根開洞愈大，就必須用更大的力道吹手笛，才有笛音出現，否則只有氣音或沒聲音，可能是掌根開洞過大，氣流無法在掌心空間內迴旋共鳴，所以沒有笛音出現。
4. **同樣都是開洞，但掌根開洞會影響音高，吹孔的洞並不影響音高**，猜測可能是在排球手勢吹孔下面空隙吹氣時，氣一直不斷地吹出，所以**吹孔並不是宣洩氣流的孔洞**，而小狗手勢在吹孔上面空隙吹氣，吹孔會被下嘴唇擋住，也不是主要宣洩氣流的孔洞，**所以吹孔寬窄並不會影響音高**。



排球手勢  
氣一直不斷從  
吹孔上方吹出  
無法宣洩氣流



小狗手勢  
吹孔被下嘴唇擋住  
無法宣洩氣流

吹孔

## 問題九：手指開洞大小不同，對笛音音高的影響？

### 一、研究想法：

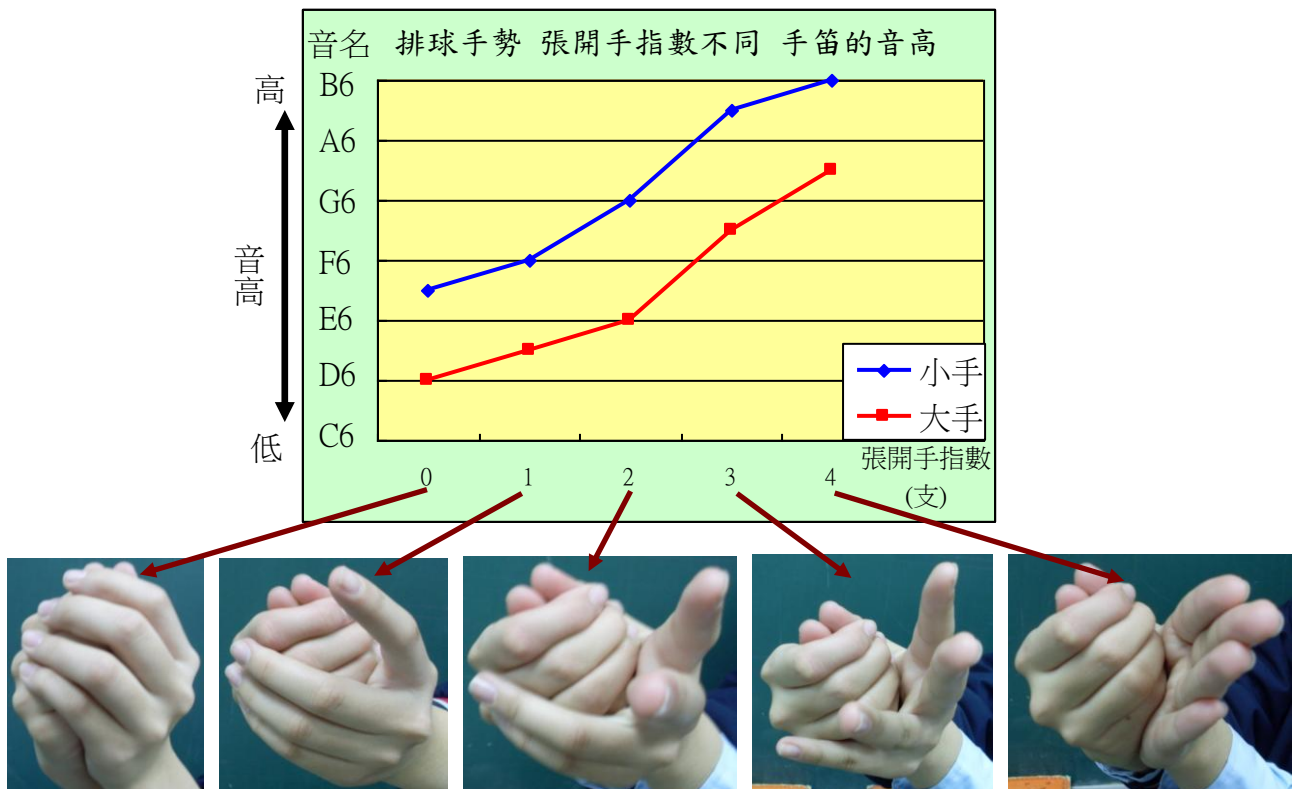
從問題七、問題八我們已經探討出能讓氣流宣洩出去的孔洞，才能改變手笛音高。而除了大拇指外，另外四支手指也能開闢，讓手勢產生孔洞，所以我們想探討手指開洞是否也能影響音高。在做正式實驗前，我們有先測試過，如果手勢的掌指關節寬太小，則手指張開並不能產生孔洞，但如果掌指關節寬太大，手指張開所產生的孔洞太大，則無法吹出笛音。又爲了想讓實驗結果能與問題八互相比較，看看孔洞位置不同對音高有什麼影響，所以我們設定掌指關節寬中間值，吹氣力道與問題八相同，來探討是否手指開洞大小與開洞位置不同，對手笛音高的影響。

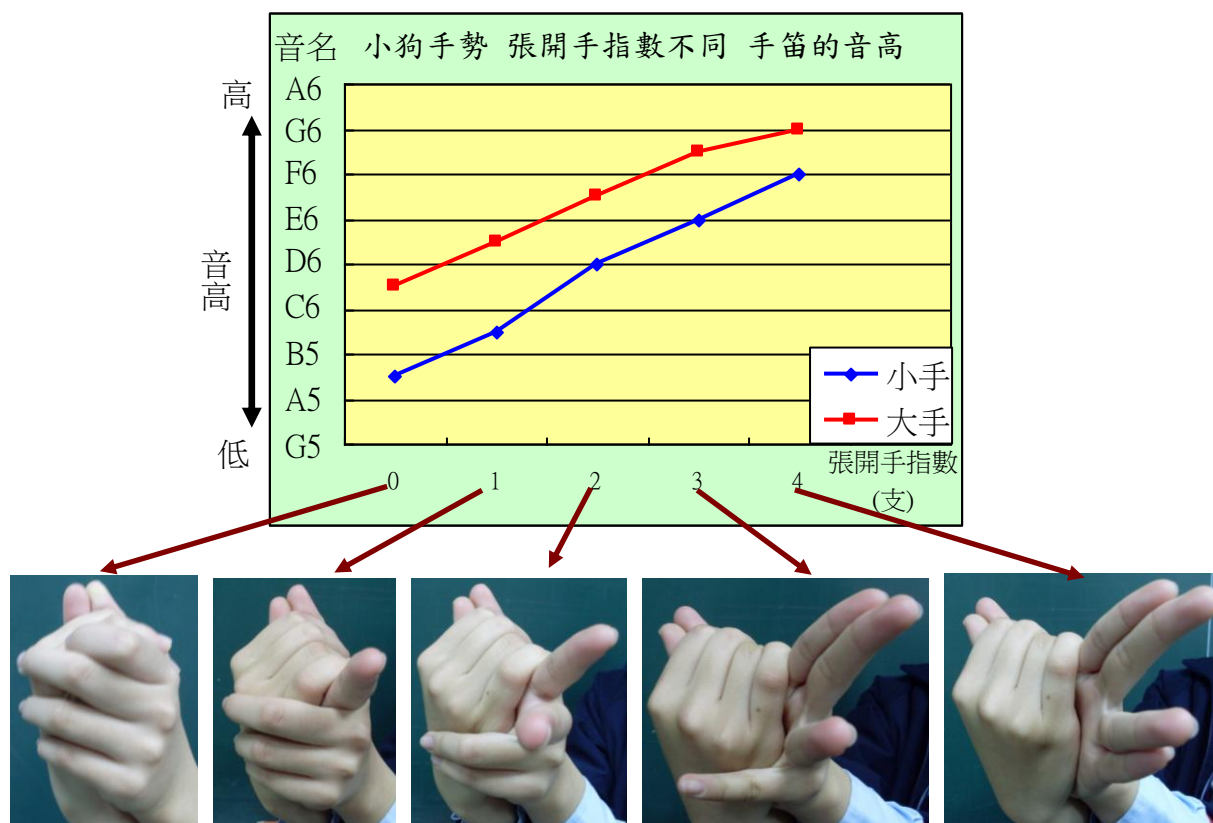
「大手」排球手勢		「大手」小狗手勢	
掌指關節寬最窄	掌指關節寬最寬	掌指關節寬最窄	掌指關節寬最寬
			
手指打開 無法產生孔洞	手指打開 孔洞太大 吹不出笛音	手指打開 無法產生孔洞	手指打開 孔洞太大 吹不出笛音

## 二、研究過程：

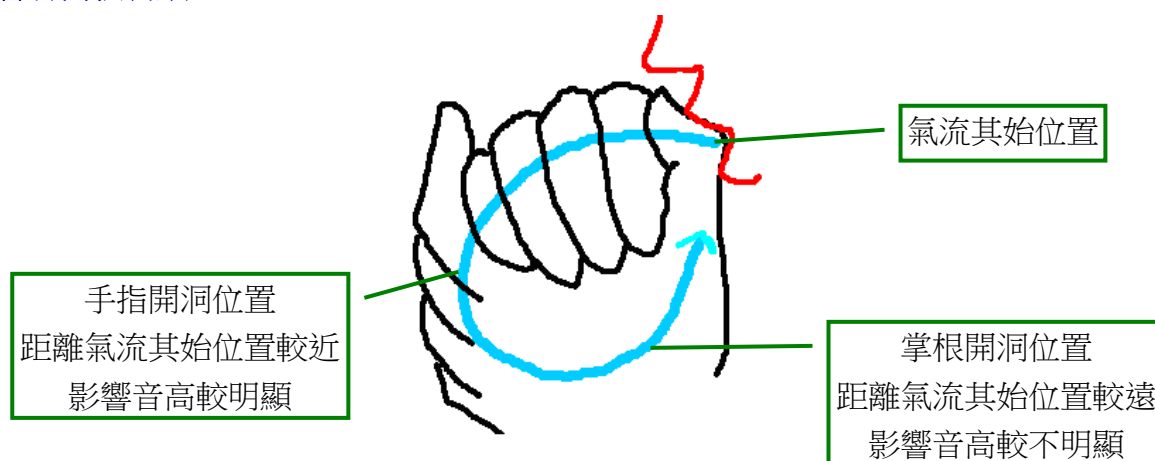
1. 固定吹孔大小（吹孔長 2.5 公分，吹孔寬 0.3 公分），只有吹孔有空隙，其它地方（掌根、手指間）都不能有空隙，比出「小手」排球手勢，掌指關節寬 9.3 公分，將分貝計和調音器擺在手勢旁，在吹孔下面沿著掌心空間切線位置吹氣，重複吹 5 次，每次吹的力道要相同，分別記錄音高，再取平均值。
2. 分別依序打開食指、食指 中指、食指 中指 無名指、食指 中指 無名指 小拇指，同 1. 的方式，測手指開洞愈來愈大的音高變化。
3. 重複 1.2.，分別測出「大手」排球手勢掌指關節寬 10.5 公分、「小手」小狗手勢掌指關節寬 8 公分、「大手」小狗手勢掌指關節寬 7.8 公分，手指開洞愈來愈大的音高變化。

## 三、研究結果：





- 1.由折線圖可以看出**手指張開數愈多，所形成的孔洞愈大，音高愈高。**
- 2.比較掌根開洞與手指開洞，排球手勢掌根開洞 0.4 公分會比掌根沒開洞音高高半個音，而排球手勢只張開食指，音高就比都沒張開手指音高高半個音，但張開食指所形成的孔洞比掌根開洞 0.4 公分洞還來的小，小狗手勢也有同樣的情況，所以我們知道**手指開洞會比掌根開洞影響手笛音高來的明顯，推測手笛開洞的位置會影響它的音高，距離氣流其始位置較近影響音高較明顯。**





## 陸、討 論

將研究結果整理如下：

研究目的一：探討怎樣吹才能吹出笛音？

變 因	研究問題	研究結果	原因探討
嘴 形	問題二	跟嘴形無關	用打氣筒打氣也能發出笛音
吹氣位置	問題二	吹孔成橄欖形 紅圈部位是正確的吹氣位置 	只有透過彈性物(兩大拇指的肉)讓氣流擠進小空隙裡，氣流較集中，力道也較強，才能發出笛音。這就是為什麼在吹孔中間較寬處吹氣並不能發出笛音的原因。
吹 孔	空隙大小	問題三 吹孔上下空隙寬 要在 0.15 公分以下	
	進氣方式	問題三 透過彈性物將空氣擠進去	
吹氣角度	問題四	順著掌心空間切線位置吹氣	要讓整個氣流在掌心裡一起迴繞

研究目的二：探討如何才能吹出不同音高的笛音？

變 因	研究問題	是否影響音高	研究結果	原因探討
掌心空間	問題五	是	掌心空間愈大， 笛音愈低。	掌心空間愈大，氣流震動速度較慢，所以笛音會較低。
			掌心空間直圓周長愈長， 笛音愈低。	朝掌心空間直圓周處吹氣，直圓周長愈長，氣流迴繞範圍愈大、速度愈慢，所以笛音愈低。
吹氣力道	問題六	是	愈用力吹， 笛音愈高。	愈用力吹，氣流灌進掌心空間裡愈多，增加氣流振動頻率。
孔 洞	吹孔洞	否	吹孔寬不影響音高	吹孔不是主要宣洩氣流的孔洞
	掌根開洞	是	掌根開洞愈大， 笛音愈高。	有開洞，可讓氣流宣洩出去，空氣震動較容易，因此頻率較大，音高較高。
	手指開洞	是	手指張開數愈多， 笛音愈高。	

## 柒、結 論

用雙手合攏當樂器，掌心空間當共鳴箱，用嘴吹氣在兩大拇指之間的空隙，吹出的聲音像笛音一般，這就是「手笛」。手笛的手勢可分為「小狗」、「交叉」、「排球」、「拜拜」4種手勢。我們用打氣的方式，不用嘴吹，灌氣進入手勢裡，確實能發出笛音，可見能吹出笛音跟嘴形、嘴唇的厚薄度無關。

能用手笛吹出笛音而不是氣音，須符合3個條件：

- 1.吹孔空隙要小（ $<0.15$ 公分），所以只能在吹孔的上面與下面吹氣進去才聽得到笛音。
- 2.吹孔空隙兩旁要有彈性物質（兩大拇指的肉），才能讓空氣透過彈性物「擠」進小縫裡。
- 3.要順著掌心空間切線位置吹氣，如此才能成功地吹出笛音。

而我們也發現：

- 1.掌指關節間愈寬，掌心空間愈大，笛音愈低。
- 2.掌心空間直圓周長是改變音高的關鍵，直圓周長愈長，吹出的笛音較低。
- 3.愈用力吹手笛，音高會愈高。
- 4.吹孔寬不同，對音高並不會造成多大的影響，頂多高半個音。
- 5.掌根開洞愈大，音高會愈高。
- 6.手指張開數愈多，所形成的孔洞愈大，音高愈高。
- 7.掌指關節間愈寬，掌心空間愈大，開洞就要更大才有明顯的音高變化。
- 8.同樣都是開洞，但掌根與手指頭開洞會影響音高，吹孔不會影響音高。因為吹孔並不是宣洩氣流的孔洞，且手指開洞會比掌根開洞影響手笛音高來的明顯。

因為每個人的手掌大小、手掌厚薄度、吹氣力道…等都不相同，所以每個人吹出不同的音高所擺出來的手勢可能會有所不同，但只要掌握我們所探討出來的原則，自己加以練習，就可以不用攜帶任何樂器，「隨手」吹奏一首歌了！

## 捌、參考資料

- 1.手笛。2010年9月20日，取自：<http://flower.kakiko.com/oidus/music/susume/001.html>
- 2.康軒文教編輯小組(2009)。國小自然與生活科技教師手冊第6冊(218-269頁)。新北市：康軒文教事業。
- 3.臺灣省政府教育廳兒童讀物編輯小組(1985)。中華兒童百科全書第12冊(4343-4345頁)。臺北市：台灣書店。

## 玖、心得感言

經過長時間的研究與練習，我們從完全不會吹到現在可以合吹一首歌，覺得好神奇喔！有時走在路上就隨手吹了一首歌，旁人看了、聽了都大吃一驚，我們就很有成就感，研究過程中的辛苦現在回想起來都甘之如飴，感謝大家容忍我們利用早自習、午休時研究所發出的笛音。

## 【評語】 080103

題材創新，思考周詳，表達生動，科學式定性定量探討，  
結果具學術價值。