

# 中華民國第 56 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

030808

呼吸模型最佳化

學校名稱：新北市立二重國民中學

作者：  國二 潘亮邑  國二 沈 靜  國二 蔡佳穎	指導老師：  鍾兆晉  陳盈秀
---	-----------------------------

關鍵詞：呼吸模型、肋骨、橫膈

## 摘要

生物課時在呼吸運動教學上，老師使用的教學模型只簡略顯示出肺部與橫膈象徵式的運作模式，此方式並未把真正的呼吸運動顯現出來，呼吸運動並非只有在肺部以及橫膈兩個部分，其中也包括了肋骨、肌肉群與相關器官的連結；一般教學上的實驗模型在製作與經費的考量上，通常只呈現肺部以及橫膈兩個部分的運作，而市售的呼吸模型雖然較精緻，但大都屬於靜態無法運作的形式，可進行呼吸運動的動態模型在價格上，往往是一至三萬元左右不夠實惠。基於上述原因本研究製作出一個價格1211元且部位顯示分明的呼吸模型，可供學校呼吸運動教學的觀察使用。呼吸模型共研發了三代，尤其是第三代呼吸模型，達到了美觀實惠、取材方便、便於觀察、操作省力四項。

## 壹、研究動機

上生物課時，老師帶我們以寶特瓶與氣球製作呼吸模型，藉此來演示人類進行呼吸運動時，肺部空間變化如何影響肺臟體積。寶特瓶代表胸腔，氣球表現橫膈及肺臟的運動，但此模型並沒有呈現出肋骨的運動與作用，只著重在橫膈運動對胸腔的影響在偶然的機會我們詢問了幾位生物老師，所得到的回應是：「肋骨的模型較難製作，因此大部分的動態模型都是以肺和橫膈做示範。」而一般市面上的呼吸模型，雖能清楚的呈現肋骨的樣貌，但多為靜態的模式，無法進行動態演示。我們不禁思考，若是在教學方面，能清楚呈現周邊重要的器官樣貌，甚至於更清楚地呈現呼吸運動過程，如肋骨、肺及橫膈的相互作用，這樣可提升生物、健教課程上的觀察與研究？因此在本研究中期許自己以方便觀察與容易取材的素材組裝，希望能確實讓肋骨、肺和橫膈一起運動，最後更希望能將模型自動化，以達到呼吸模最佳化的狀態。

## 貳、研究目的

- 一、使用簡易的素材製作更精細的呼吸模型。
- 二、使呼吸模型能在動態狀況下模擬呼吸時胸腔的運動。
- 三、讓呼吸模型自動化，以運用在生物與健康教育教學。

## 參、參考文獻

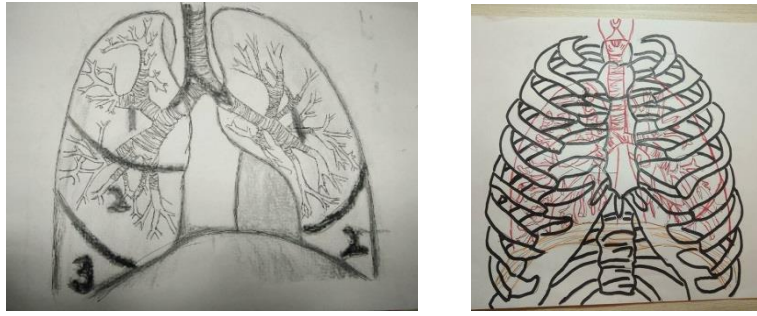
一、呼吸系統包含鼻、咽、喉、氣管、支氣管及肺等器官。其中鼻、咽合稱為上呼吸道，喉、氣管、支氣管及肺稱為下呼吸道。以下我們針對器官、呼吸作用以及骨骼作介紹。

### (一) 器官：

1. 鼻：由外鼻部與內鼻部組成鼻腔。內鼻位於頭骨下、口腔上方，前半部與外鼻結合。硬骨與軟骨組成外鼻。鼻中膈主要由軟骨構成，將鼻腔分成左右兩邊。可執行三大功能：

(1) 對吸進空氣進行加溫、濕潤、過濾作用。

- (2) 接受嗅覺的刺激。
- (3) 說話時的共鳴箱。
- 2. 咽：長度約 13 公分似漏斗形的管子，又稱喉嚨，是連接口腔、鼻腔至食道與氣管的通道，分成鼻咽、口咽、喉咽三部分。
  - (1) 鼻咽：位上半部，由鼻後延伸至軟顎平面，與鼻腔交換氣體。
  - (2) 口咽：位在中間口腔後方，只有一個開口，由軟顎延伸至與舌骨平行。
  - (3) 喉咽：位在底部，前段與氣管相連，後段與食道相連，與喉咽為食物與空氣的共同通道和聲音的共鳴箱。
- 3. 喉：由軟骨與肌肉組成是呼吸系統的起點，位於氣管上端第 4~6 頸椎前，氣管和食道分開的位置。主要保護氣管與作為發聲構造。
- 4. 氣管：長 12 公分由喉部延伸至第五胸椎處的左右支氣管，寬 2.5 公分，位於食道前方。由柱狀細胞、杯狀細胞和基底細胞組成具纖毛的上皮組織，可對抗灰塵；平滑肌與彈性結締組織組成氣管壁；氣管上有透明軟骨(16 到 20 塊)，這些軟骨排列方式如英文字母 C，開口的部分朝向食道，食道進行吞嚥食物時可擴張到氣管，這一系列的透明軟骨使氣管壁不會向內塌陷阻塞氣管的通道。
- 5. 支氣管：氣管在第二胸椎角分為右主支氣管與左支氣管，(含有不完整的軟骨環與具有纖毛的上皮組織)。右支氣管比左支氣管短寬並與地面垂直，因此外物較容易由右主支氣管進入。主支氣管進入肺臟分枝成次級支氣管，肺臟的肺葉皆有一次級支氣管，次級支氣管繼續分支成三級支氣管再繼續分支為細支氣管、中末支氣管。經過氣管不斷的連續分支如同樹幹和其分支，稱氣管樹。氣管樹越來越分支時，可看見氣管構造上的變化(如圖一)
- 6. 肺：為位於胸腔內成對圓錐形器官，被心臟及縱膈腔內的器官分開，受到胸膜的包圍與保護。兩層漿膜，外層附著於胸腔壁，肺由橫膈膜延伸至鎖骨上約 1.5~2.5 公分，前後與肋骨相對。基部內凹面與橫膈凸面配合，肋表面呈圓形，配合肋骨的彎曲。(如圖一)



圖一、 肺臟與肋骨結合，其肺葉左 2 葉、右 3 葉

(二) 呼吸作用的基本過程可分為一肺換氣作用、外呼吸及內呼吸，所作的實驗多採用肺換氣作用。

1. 肺換氣作用：大氣與肺泡之間的氣體交換過程。由壓力差改變空氣在大氣中與肺的流動。空氣在大氣與肺之間的流動是由壓力差所改變。肺內壓力大於大氣，呼出氣體。肺內壓力小於大氣，則吸進氣體。每一次呼吸，肺與大氣皆交換不同量的空氣。正常成人平均一分鐘呼吸 12 次。呼吸氣體的交換運用一些氣體定律：

(1) 亨利定律：溫度為定值時，氣體溶於液體內的量與此氣體的分壓及其溶解係數成正比。因此在海面時，各個呼吸氣體的分壓分別為： $P_{O_2}=160\text{mmHg}$ ， $P_{CO_2}=0.3\text{mmHg}$ ， $P_{N_2}=597\text{mmHg}$ ；而溶解係數分別為 0.024( $O_2$ )、0.57( $CO_2$ )及 0.012( $N_2$ )。

(2) 波以耳定律：在固定溫度下，密閉空間中，氣體體積越小壓力越大。

2. 外呼吸：肺泡與肺微血管之間氧與二氧化碳的交換。
3. 內呼吸：組織微血管與組織細胞之間氣體的交換。

(三) 骨骼系統：由 206 塊骨組成，分為兩類：中軸骨骼 80 塊、附肢骨 126 塊。其中中軸骨骼由顱骨、舌

正常脊椎的側位圖

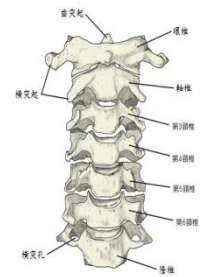


圖二、 脊柱

骨、聽小骨、脊柱(如圖二)、肋骨、胸骨組成，其中脊椎、肋骨及胸骨在呼吸運作上佔極重要的角色。

1. 頸部(如圖三、四)：椎體較胸椎的椎體小，椎弓則較胸椎的椎弓大。外側質塊（可動關節）與第二頸椎形成關節，而第二頸椎的齒狀突能使環椎與頭部轉動。

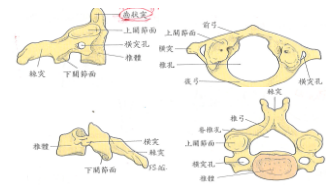
- (1) 第一頸椎（環椎）：由外側質塊（可動關節）、前、後弓形成股環，缺少椎體及棘突，環突孔很大。



圖三、 頸椎

- (2) 第二頸椎（軸椎）：由椎體、齒狀突形成。
- (3) 第三～六頸椎：為典型脊椎構造相似。
- (4) 第七頸椎（隆椎）：棘突大而分支。

2. 胸椎：棘突長且朝下方，橫突較頸椎的橫突長、重，且均有一面能與肋骨結節形成關節，椎體則與肋骨頭型形成關節。



圖四、 第 1、2、4 頸椎

3. 胸廓：由肋骨、胸骨、胸椎的椎體構成骨質籠子。

- (1) 胸骨：骨為扁平、狹窄，長約 15 公分，位於胸壁中線。由三部分組成：

- (a) 胸骨柄：上面的三角形骨，與第 1、2 肋骨形成關節，表面凹陷為頸切邊，兩邊為鎖骨切邊與鎖骨內側形成關節。
- (b) 胸骨體：位在中間，直接或間接與 2~10 的肋骨形成關節。
- (c) 胸骨劍突：下面小部分，由透明軟骨組成，未與肋骨接觸。

- (2) 肋骨：共 12 對，組成胸廓邊緣，長度由 1~7 肋骨先增加，後減少。肋骨在後端與相關胸椎形成關節，分別以幾種方式形成關節：

- (a) 椎胸肋：以軟骨直接附著在胸骨上。
- (b) 假肋：第 8、9、10 肋骨互相依附，並附著至第 7 肋骨。第 11、12 肋骨前端不附著至胸骨，後端則附著至胸椎。

## 二、呼吸模型的文獻探究

### (一) 模型探究

現有之呼吸模型(如表一)

表一、市售與自製呼吸模型的價格

擬真版模型				
樣式				
出處	醫模館	將博科學館	綠龍企業	星宇儀器有限公司
售價	8100 元	約 100 元	21000 元	12600 元
抽象模型				
樣式				
出處	阿簡生物筆記	淘寶網	虎林市進修學校	科學自製教具
成本	約 55 元	540 元	約 30 元	約 150 元

### (二) 彈力：

1. 發生形變的物體，若能恢復原狀，這樣的形變叫做彈性形變；反之，若過了一定的限度則不能恢復原狀，這樣的形變叫做塑性形變。這個限度稱作彈性限度。
2. 指發生彈性形變的物體由於要恢復原狀，對他接觸的物體產生的力。但如果形變過大，即超過了彈性限度則不再產生彈力。
3. 彈力產生時，發生彈性形變的物體為施力物體，和它接觸的物體為受力物體。平時所指的彈力一般是壓力、支持力和拉力。
4. 任何物體都能發生形變，不發生形變的物體是不存在的。

### (三) 塑膠材料成分和特性介紹(如表二)

表二、 塑膠材料成分和特性介紹

聚氯乙稀(PVC)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 熱安定性較差，耐熱度（60℃~80℃）。</li> <li>2. 添加塑化劑的 PVC 較軟，未添加則較硬。</li> <li>3. 不易被酸、鹼腐蝕。</li> <li>4. PVC 燃燒後的副產物：戴奧辛（世紀之毒）。</li> </ol>
酚醛樹脂(PF)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 耐熱性、耐燃性、耐水性和絕緣性優良。</li> <li>2. 耐酸性較好，耐鹼性差</li> <li>3. 機械和電氣性能良好，易於切割。</li> <li>4. 合成時加入不同組分，可獲得功能各異的改性酚醛樹脂，具有不同的優良特性，如耐鹼性、耐磨性、耐油性、耐腐蝕性等。</li> </ol>
矽膠	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 熱穩定性（在 -100℃ to 250℃ 間能保持穩定性質）</li> <li>2. 儘管沒有親脂性，矽氧樹脂具有拒水性，可用作水密封。</li> <li>3. 對氧氣，臭氧氣和陽光有很好的抗氧化能力</li> <li>4. 具有彈性</li> <li>5. 良好的電絕緣性</li> <li>6. 防粘連</li> <li>7. 低化學活性</li> <li>8. 無毒</li> <li>9. 透氣性：室溫下（25℃）矽膠對氣體例如氧氣的滲透能力是丁基橡膠大約 400 倍，使得矽膠在醫療方面非常有用。</li> </ol>
EVA	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 具有良好柔軟性、彈性</li> <li>2. 在-50℃的溫度下有較好的可凹折性</li> <li>3. 透明性以及表面光澤高</li> <li>4. 化學定性穩定</li> <li>5. 抗老化奈臭氣性極差</li> <li>6. 具有毒性</li> </ol>
尼龍	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 性質強韌耐磨，不容易產生靜電及毛球</li> <li>2. 觸感平滑</li> <li>3. 重量輕</li> <li>4. 抗蟲抗霉效果佳</li> <li>5. 不耐熱</li> </ol>
聚乙烯(PE)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 無臭、無毒，手感像蠟</li> <li>2. 具有優良的耐低溫性能（最低使用溫度可達-100~-70℃）</li> <li>3. 化學穩定性好</li> <li>4. 吸水性小</li> <li>5. 電絕緣性優良</li> </ol>

## 肆、 研究設備及器材

(一) 使用的常備器材（如表三）

表三、使用的常備器材

編號	設備名稱	數量	用途
1	電腦	1 台	查詢資料 編輯報告
2	Sketch Up 繪圖軟體	一式	繪製設計圖
3	打洞機	1 台	製作胸腔模型
4	針、線	一式	縫合軟肋



5	軟尺	1 把	測量物品
6	剪刀	1 把	切割物品
7	銅線	1 捲	固定物品
8	電工膠帶	3 卷	固定銅線，透明塑膠管
9	銼刀	一把	裁圖用具

(二) 第一代呼吸模型所用器材 (如表四)

表四、第一代使用器材

編號	器材名稱	數量	用途	成本
1	3/8 透明管	5 條	製作胸腔	1.7
2	1/4 鉚釘	4 個		1
3	銅線	一條		0
4	透明薄膜 0.3mm	包覆模型大小	製作外膜	20
5	海綿	一塊	製作脖子	15
6	塑膠手套	兩個	製作肺部	10
7	透明薄膜 0.3mm	一片	製作橫膈	20

(三) 第二代呼吸模型所用器材(如表五)


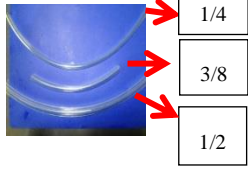

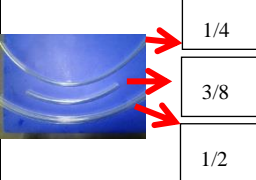
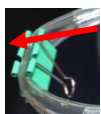






表五、第二代使用器材




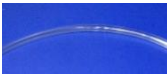



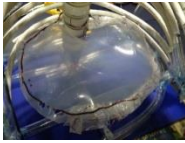






編號	器材名稱	數量	用途	成本
1	1/2 透明管	70cm	製作胸腔	8
2	3/8 透明管	65cm		1.7
3	1/4 透明管	12cm		2.8
4	0.18mm PVC 塑膠膜	包覆模型大小	製作外膜	25
5	針、線	一式		0
6	洗米杯	一個	製作脖子	5
7	水槽塞	一個		8
8	三頭水管快速接頭	一個	製作肺臟	30
9	浪管	3cm 兩條		0.3
10	氣球	2 顆		2
11	電工膠帶	一捲		30
12	0.18mm PVC 塑膠膜	一片	製作橫膈	25
13	針、線	一式		0
14	彈簧線	1 條		10















(四) 第三代呼吸模型所用器材(如表六.)

表六、第三代使用器材

編號	器材名稱	數量/長度	照片	機器部位名稱	成本(元)
1	1/2透明水管	1條/80cm	 1/4	基座	8

2	3/8透明水管	1條/17cm			1.7
3	1/4透明水管	1條/28cm			2.8
4	集線帶	4條		胸型支架	4
5	3/8透明水管	2條/27.5cm			5.5
6	1/4透明水管	4條/3cm			1.2
7	木條	4支/27cm 2支/9.5cm			0
8	3/8透明水管	2條/24cm		肩寬支架	4.8
9	1/4透明水管	2條/6cm			0.6
10	燕尾夾	2個			0
11	鋁線	1份			20
12	泡棉	1條			12
13	0.18mm PVC 透明塑膠模	可包覆模型大小			胸腔體外膜
14	矽膠管口	240cm		60	
15	銅線	一網		0	
16	透明塑膠罐 16cmx13cm	1個 (直徑11cm)		脖子	25

17	大型滴管	1支			10
18	管束5 1/8吋	1個			25
19	塑膠管	1支			0
20	塑膠管	2條		氣管和肺 臟	0
21	銅線	一網			0 (回收物)
22	電工膠帶 (紅/藍)	各一捲			30
23	0.18mmPVC	可包覆模型大小			25
24	矽膠片	18*16			橫膈
25	銅線	30cm		0 (回收物)	
26	矽膠管	240cm		肋骨	0
27	電工膠帶	一捲			15
28	1/4透明水管	2條/6cm			6
29	泡棉	1條		胸骨	12
30	銅線	一網			0

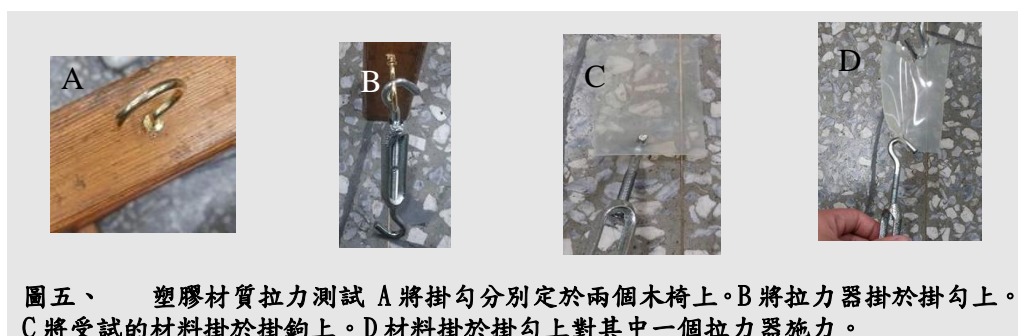
31	萬向油管	一條		脊柱	55
32	風管	19個			95
33	由令片	1個/5元 (共19個)			95
34	配線固定鈕	100個			129
35	½透明水管	25cm			2.5
36	鑰匙	1把			0
37	束帶	1包		運作材料	30
38	廢銅線	一網			0
39	釘書機	1個			52
40	彈簧	2個			4
41	矽膠管	2條			0
42	空氣吹塵球	3支			177
43	伸縮器	2個			0
44	強力磁鐵	一個			15

45	工型磁鐵	一個			13
總計					1211元

## 伍、 研究過程或方法

### 一、 塑膠材質拉力測試(如圖五)

1. 先將兩個掛勾分別固定於兩個木椅上
2. 將一個雙向伸縮器在其中一根木條上
3. 將要測試的材料在兩端打洞
4. 將材料兩端掛上掛勾，在其中一端施力
5. 當無法施力或材質斷裂時，即可獲得各材料拉力的數據。




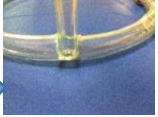



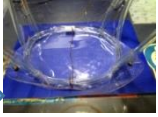


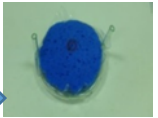



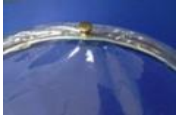
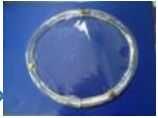
### 二、 呼吸系統塑膠模型實驗

#### (一) 第一款製作過程：

1. 先取一寶特瓶將瓶底割去
2. 取兩顆氣球，一顆完整，另顆剪掉 1/3 氣球口
3. 將剩餘的 2/3 氣球套在寶特瓶底口，完成實驗模型(如圖六)



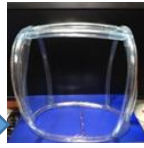
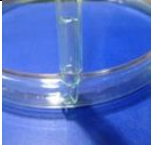
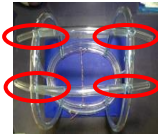

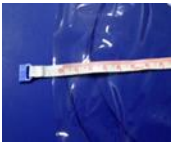





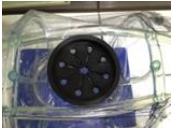




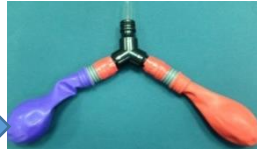
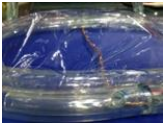




表七、第一代呼吸模型實際製造過程


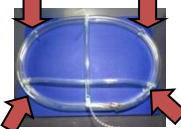
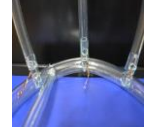
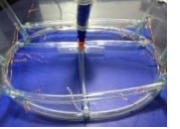

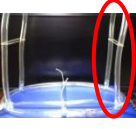
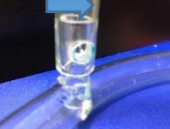
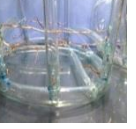
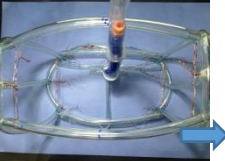


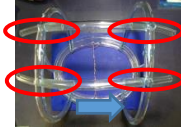
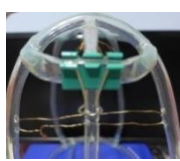





胸腔 支架	 <p>將 62cm 的塑膠透明管，圍成一個圓圈。</p>	 <p>將圓圈的 1/2 塑膠管打洞，使 1/4 塑膠管能夠結合</p>	 <p>將塑膠管打 6 個洞 呈現腹側。</p>	 <p>將塑膠管固定上方，完成胸腔支架。</p>
胸腔 體 外 膜	 <p>將胸腔支架外用塑膠膜包 覆</p>	 <p>以鉚釘固定塑膠膜，呈現胸腔 外膜</p>		
脖子	 <p>將海綿中間戳洞用塑膠膜 包覆住海綿呈現密封</p>	 <p>將兩個 41.6cm 的塑膠管彎成 圓形狀</p>	 <p>將海綿塞入圓形狀 塑膠管內，完成脖子。</p>	
肺 臟	 <p>將塑膠管插入塑膠手套，用 橡皮筋密封</p>	 <p>將塑膠管插入塑膠手套，用橡 皮筋密封</p>	 <p>將脖子與肺臟結 合，完成肺臟</p>	
橫 膈	 <p>將 61.2cm 的塑膠管打洞， 以鉚釘固定塑膠膜</p>	 <p>將塑膠膜固定，完成橫膈</p>		




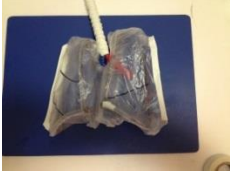
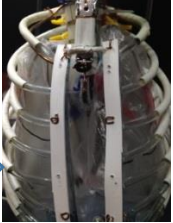




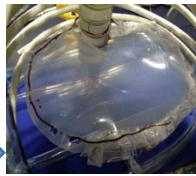





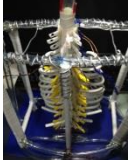

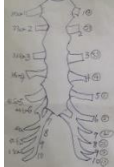





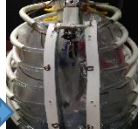
表八、第二代呼吸模型實際製造過程

胸腔 支架	 <p>接縫處都須以 3cm 的 1/4 透明水管再插入 3/8 透明水管，以穩固腔體</p>		<p>3/8 透明水管 cm 做為橫向支撐 兩頂端穿入 15cm 的 1/4 透明水管在套上</p>		<p>成胸腔支架以 19.5cm 3/8 透明水管為成肩型，即完成</p>
	 <p>運用 1/2 透明塑膠管裁剪出 70cm 長度圍成一個圓 (接口處用 1/4 透明塑膠管連接)</p>		<p>將 3/8 塑膠管折成半圓形連接至下方的 1/2 透明塑膠管</p>		<p>以一條 26cm 的 3/8 透明塑膠管支撐於圓弧中間處當作支撐點</p>
胸腔 體 外 膜	 <p>用軟尺在透明塑膠膜畫出寬度 2cm 的圓(預留接縫處)</p>		<p>將胸腔支架套上縫合好的塑膠膜</p>		<p>將前後面已及兩端部分，分別以針線將其縫合</p>
	 <p>在最後的封口處將塑膠膜完整封起</p>		<p>製作暗扣方便拆裝</p>		<p>完成外膜</p>
脖子	 <p>放置於胸腔體外膜下方將水槽塞子打洞，再用線綁住至於肩架 31cm 處</p>		<p>在洗米杯中底部中央開出一個洞，將洗米杯向下卡住在外膜下的水槽塞子</p>		<p>最後將肺部的部分卡入水槽塞的孔即可完成</p>
肺 臟	 <p>將三向水管其中兩端套入浪管並用電工膠帶黏著後套入兩個氣球</p>		<p>接著將剩下的一端套入 1/4 透明水管</p>		<p>將矽膠管插入有 1/4 透明水管的那一端</p>
橫 膈	 <p>在底座的內圍製作一個可卡住外圍 1/2 透明水管</p>		<p>將 PVC 往上拉高約 10cm 的高度再以彈性橡膠縫製成裕帽的樣子</p>		<p>將縫好的橫膈套在內、外圍中間</p>

表九、第三代呼吸模型實際製造過程

基座	 <p>運用 1/2 透明塑膠管裁剪出 80cm 的長度圍成一個圓 (交界處用 1/4 透明塑膠管連接)</p>	 <p>取中心點前後左右 15cm 處打 4 個洞 預備裝置模擬胸型支架，並將原型拉成橢圓形</p>	 <p>取中心點在前後端左右各 13cm 處打洞 預備支撐脊柱(橫向長度 26cm)</p>	 <p>以中心點出發左右 20cm 處打洞，準備將底做串成十字型，並預留脊椎孔</p>
胸腔 支架	 <p>切出兩根 3/8 透明管當作模擬胸型支架</p>	 <p>從基座算起 21cm 處須打兩個洞，作用用於穿入銅線，並能將前後端胸型綁緊並定型</p>	 <p>在側面 4cm 處打洞並以 13cm 銅線將胸型綁緊固定</p>	
	 <p>在側面 4cm 處打洞並以 13cm 銅線將胸型綁緊固定</p>	 <p>以脊柱當作支撐點，增加胸型支架的穩固度</p>	 <p>用穿入銅線的矽膠管固定在前端兩側的支架</p>	
模擬肩寬支架	 <p>先將 1/4 透明水管 5cm 穿入 3/8 透明水管兩端由頂點算起 6cm 處</p>	 <p>將 3/8 透明水管 13.5cm 彎折成半圓形並插入 1/4 透明水管兩端</p>	 <p>因套上 1/4 透明水管後會有稜角 必須使用長尾夾將稜角夾住</p>	 <p>最後在肩寬支架部份的水管包覆上鋁線增加硬度，完成肩寬支架</p>
脖子	 <p>以螺絲起子在 11*11 的空罐子中打洞</p>	 <p>將此兩洞與肩寬支架座連接</p>	 <p>把罐子套於做好的模型中以便觀察</p>	 <p>以管束套上作為封膜與脖子相連</p>



肺部	 <p>銅線加矽膠管</p>	 <p>塑膠袋套入肺膜型並標示左右兩肺的肺葉</p>	 <p>模型連接矽膠管已進行加壓打氣</p>	 <p>連接氣管、食道及喉定位</p>
橫膈	 <p>以3D紙模型模擬橫膈弧度</p>	 <p>將剪下的橫膈雛型紙片裝置上肋骨下方</p>	 <p>修改制服和橫膈大小與角度</p>	 <p>實際剪裁矽膠並用銅線做良好的支撐</p>
脊柱	 <p>將萬向油管套上已切開的28cm 3/8透明水管，在底部必須留下四格空格作為橫膈的空間</p>	 <p>以三片配線固定鈕修剪組合而成的7組頸椎和12組胸椎以一片油令片一組頸椎的方式組裝上</p>	 <p>在胸椎中央處的空間取中間點並打洞當作製作肋骨的定位點</p>	
	 <p>插入紅色塑膠管當作血管，黃色塑膠管當作神經</p>	 <p>在肋骨旁邊支撐一根鑰匙，增加脊椎的穩定度</p>	 <p>完成脊柱部分的製作</p>	
骨架	 <p>在切開的3/8透明水管穿入當作肋骨的矽膠管</p>	 <p>以做為肋骨的模型水管描繪在紙上</p>	 <p>將模擬出的胸骨剪下貼於沐浴乳瓶上，將其剪下完成胸骨的肋切邊</p>	 <p>將剪下的胸骨覆蓋上即可完成(最後用泡棉製作肋骨，因包覆型較大)</p>
	 <p>將矽膠管插入切開的3/8透明水管完成前6節肋骨</p>	 <p>第七節肋骨以1/4透明水管接插，再完成8-10的肋骨接點</p>	 <p>運用魚線完成6-10肋的製作</p>	 <p>在肋骨上以白色電工膠帶纏繞，(分辨真假肋)完成後固定於模型</p>

(二) 第二款製作過程：

1. 先取一寶特瓶將瓶底割去
2. 取兩顆氣球，一顆完整，另顆剪掉 1/3 氣球口
3. 將完整氣球套在寶特瓶口，接著將氣球灌水膨脹到與寶特瓶同大，這時氣球口要暫時封住避免水漬出
4. 再將剩餘的 2/3 氣球快速套在寶特瓶底口，倒出氣球內的水，完成實驗模型(如圖七)

(三) 第三款製作過程：

1. 先取一寶特瓶將瓶底割去
2. 取兩顆氣球，一顆完整，另顆剪掉 1/3 氣球口
3. 在將完整氣球套在寶特瓶口，接著將氣球灌水膨脹到與寶特瓶同大，這時氣球口要暫時封住避免水漬出
4. 再將剩餘的 2/3 氣球快速套在寶特瓶底口，倒出氣球內的水，完成實驗模型(如圖八)



圖七、第二款吐氣吸氣示意圖

三、目前做出了三代，第一代(如表七)、第二代(如表八)、第三代(如表九)



圖八、第三款吐氣吸氣示意圖

## 陸、研究結果

一、肺部模型實驗結果(如表十)

表十、簡易模型測試結果

	橫膈	肋骨	橫膈+肋骨
吸氣風速(km/h)	0.1	0.2	0.3
吐氣風速(km/h)	0.15	0.4	0.7
持續時間	皆為兩秒		

二、塑膠材質拉力測試實驗結果：

實驗結果(最大測試範圍為 10cm)

- (一) 0.018mmPVC 塑膠膜：4 cm
- (二) 0.05mmPVC 塑膠膜：6cm
- (三) 矽膠：>10cm
- (四) 塑膠袋：4cm

### 三、二代模型包膜密封度實驗結果

拿出計時器計時煙霧溢出時間(如表十一)

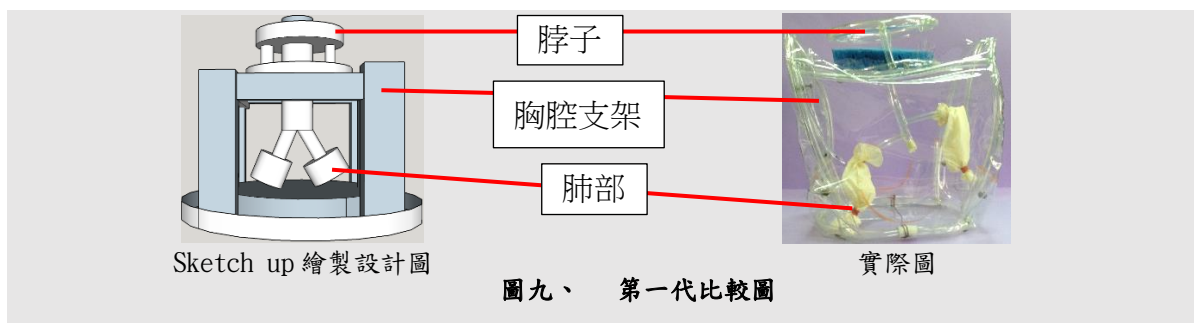
表十一、 密封度溢出時間表

煙霧溢出時間	第一次測試	第二次測試	第三次測試	平均值	標準差
第二代(秒)	4.15	4.18	4.13	4.15	0.0251
第三代(秒)	>90	>90	>90		

### 四、呼吸模型技術測試

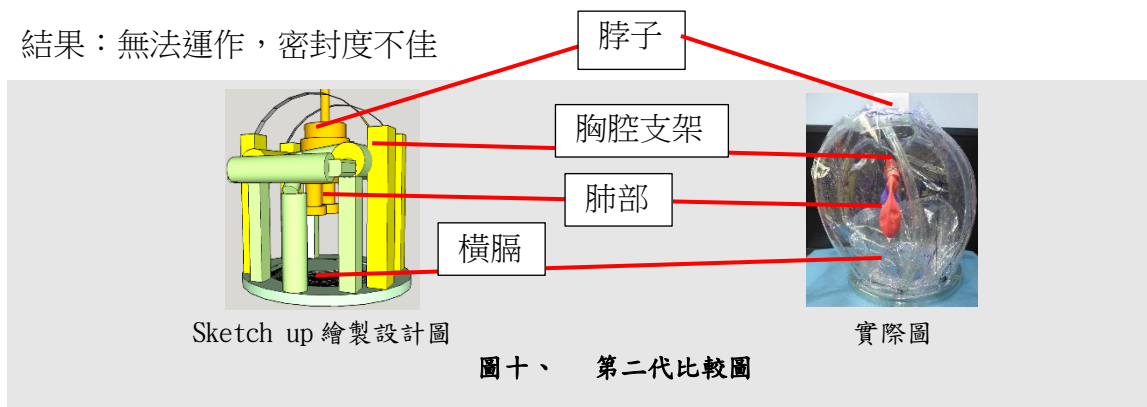
#### (一) 第一代

1. 第一代比較圖(如圖九)
2. 結果：無法運作，完全無法密封



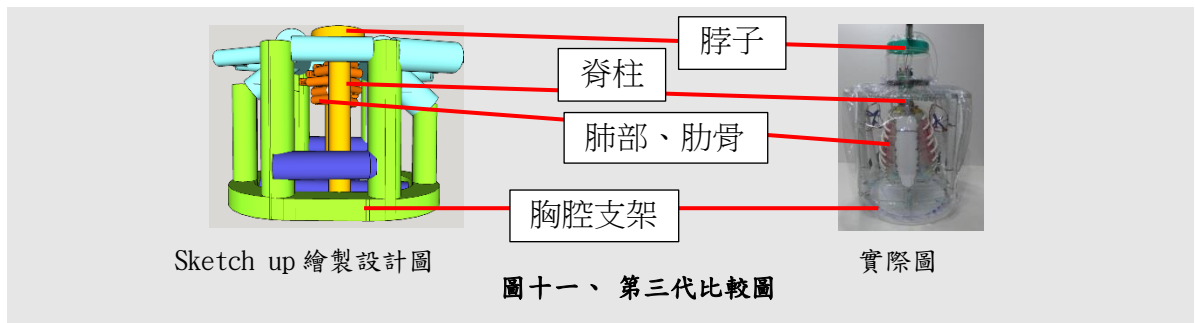
#### (二) 第二代

1. 第二代比較圖(如圖十)
2. 結果：無法運作，密封度不佳



#### (三) 第三代

1. 第三代比較圖(如圖十一)
2. 結果：可順利運作



## 柒、 討論

### 一、 各種塑膠材料使用處

- (一) PVC: 因為 PVC 較為柔軟容易彎折且材質透明, 因此在封膜的部分皆以 PVC 來製作。
- (二) PF: PF 管為材質較堅硬的材料, 因此可以在各水管的連接處進行連接固定整個胸型支架。
- (三) 矽膠管: 矽膠為回彈性較高也較輕的材料, 可以彎折出的曲度也較高, 因此助於肋骨的製作。
- (四) 尼龍: 為配線固定鈕原料, 因材質強韌耐磨, 能夠以打洞機研磨, 且重量輕, 因此將其用於脊柱的製作。
- (五) 矽膠: 因回彈性高, 所以當橫膈, 使其運動容易觀察。

### 二、 呼吸模型製作過程討論

#### (一) 胸腔支架(如圖十二)

1. 第一代: 以 3/8 透明水管做為支架, 以接點直接插孔, 會有不容易插入及管徑在插孔處過大容易將孔插破的問題, 因此需改善接口的問題。
2. 第二代: 加上 1/4 透明水管做為連結點連接 3/8 透明水管, 因為管徑較小, 比較沒有打洞方面上的問題, 也較牢固。但是因為兩邊支架沒有在包膜前綁線, 造成包膜時支架位移, 必須改進。
3. 第三代: 支架製作的方式跟第二代的方法一樣, 但第三代在包膜前已

先以集線帶、銅線、透明水管及木條進行固定。但因為水管為軟管，加上水管本身有紋理，因此必須克服水管缺乏硬力及本身原有的紋理，所以以脊椎作為力點，並在四邊的透明水管加入木條增加支撐，與第二代支架部分相比，第三代的穩定度極佳。



### (一) 胸腔體外膜

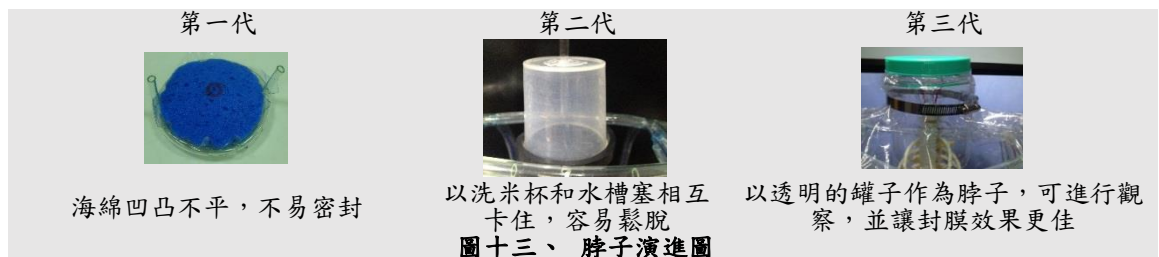
1. 第一代：將底座與腔體分開包覆製作，並用鉚釘固定，此做法在打鉚釘的位置會有漏洞導致無法密封，須對封膜的方式進行改良。
2. 第二代：以做衣服的方式，將塑膠膜以針線一片一片縫上，並製作暗釦方便打開，但因為在針線縫合處還是會有小空隙，無法達到密封，加上作為腔體的水管弧度較大，無法像人體一樣測量，所以在掌握尺寸的大小會有失精準，同時在包膜時會造成磨擦力，故在封膜上會有困難，因此需要改進模型弧度及穩固的問題。
3. 第三代，以不裁剪一體成型方式包覆：
  - (1) 在基座下放置壓克力盤，並用束線代指此壓克力綁緊，再用 0.13mmPVC 黏貼於壓克力底部，以旋轉之方式將膜固定。
  - (2) 另一邊封膜在脖子如後述。

### (二) 脖子(如圖十三)

1. 第一代：以水管相連結而成，並塞入較高密度的海綿密封，但因為海綿外表凹凸不平及水管的捏塑較不容易，無法達到密封效果，必須找到更好的脖子支架。



2. 第二代：將以打洞的水槽塞和洗米杯組合，此兩者可以剛好銜接卡住，放置在脖子處，雖是很好的支架，但如果晃動過大會造成水槽塞剝落，因此需要在固定方法上進行改進。
3. 第三代：以直徑 11cm 大塑膠罐底部開洞取肩寬支架中央處算起左右 1cm 處開洞，以集線帶綁緊，即可直接定型於支架上，但因塑膠罐較重，以軟管支撐較難，因此與脊柱綁在一起固定大塑膠罐，才能做較完善的支撐。



### (三) 肺臟(如圖十四)

1. 第一代：以 3/8 透明水管組裝而成，但因為管徑過大，在鑽動的過程中力道較難以控制，無法鑽出相符合的洞，導致會漏氣，無法讓當作氣球的肺部進行運動，因此須要找到已定型的器材來進行製作，才能夠避免無法密封的問題。
2. 第二代：以三向水管連接浪管套入兩個氣球，並將此裝置剩下的一口連接脖子的部分，此裝置因模型沒有密封無法進行測試，但以比例做對比，胸腔的比例與肺部的比例已不相符，故需將肺部縮小。
3. 第三代：先以銅線套上矽膠管摺出肺部的樣式，並與橫膈的上緣做弧度的連接。接著是將氣管及肺臟做連接，此部分製作是肺部支架及氣管的支撐，原本是將支氣管及次級支氣管製作在肺部內，但因為肺臟體積較小，會影響包膜及觀察，故將支氣管及次級支氣管外拉至外部，以便於肺部的運作及觀察。

#### (1) 第三代肺部製作成功的因素：

- (a) 支架與內塞的結合(內塞可直接套在塑膠套上，做完全密封。
- (b) 空氣吹塵球及塑膠袋的運用

## (2) 製作支氣管要點

(a) 在製作過程中，我發現以電工膠帶黏接的次級支氣管都較容易位移，使製作過程要花費許多時間在做黏接部分。



### (四) 橫膈：

1. 第一代：橫膈以劃開的水管繞成一圈，在中間置入塑膠膜，並以鉚釘固定，此種固定方法橫膈容易掉落，需找到更穩固的固定方法。
2. 第二代：橫膈模仿浴帽的方式製作，並夾於基座的部分，但後來發現橫膈的位置其實是在肋骨邊緣，因此沒有辦法精確的模擬出胸腔，必須要改進架設的位置。
3. 第三代(如圖十五)：

(1) 在材料的選擇上分別有 PVC 塑膠和矽膠兩種選擇，第一、二代的橫膈部分皆是以 PVC 塑膠為材料，但其迅速回彈的的彈力較不足，因此改用矽膠，矽膠的回彈性較高，同樣施力大小拉動的範圍也比較大，因矽膠較重，在支撐上有一定困難。雖 PVC 塑膠的回復性較低，拉動弧度也較小，但塑膠較薄較輕，無架設上的顧慮，兩相比較後，矽膠的高回彈性較為橫膈所需，因此最後選用矽膠作為材料。

(2) 橫膈的範圍包括第 10 肋斜上至第 6 肋，在其間做過多次更改，從原本平面更改至向上突出至服貼肋骨製作方式：



### (五) 脊柱

1. 打洞方面的困難脊椎以萬向油管套上 1/2 透明水管，並在塑膠管上畫兩點定位點，原本想直接以打洞機穿刺兩點，但是發現無法對準，並且在打洞時對準需要花一點時間也要顧慮到打洞機高速旋轉造成的偏移，因此在打洞前對準後要將水管壓緊，可使旋轉造成的偏移減少到最少。
2. 椎體打洞  
原本在椎體上不進行打洞，因沒辦法完全保留椎體結構，造成不穩固，但因要放入神經，最後還是必須要打洞，打洞後發現，脊椎三層配線固定鈕組合成的結構已經足以支撐打洞造成的不穩固，固不必進行結構加強。
3. 錐體方面製作困難原本只有以一層配線固定鈕製作椎體，但因為厚度不足也無法做出脊突因此增加為兩層，以兩層製作時，前視的模擬效果已經接近脊椎，但在側視方面卻無法清楚的顯示脊突，因此增加為三層，即可以將脊椎完整的模擬出。(如圖十六)



## (六) 胸骨

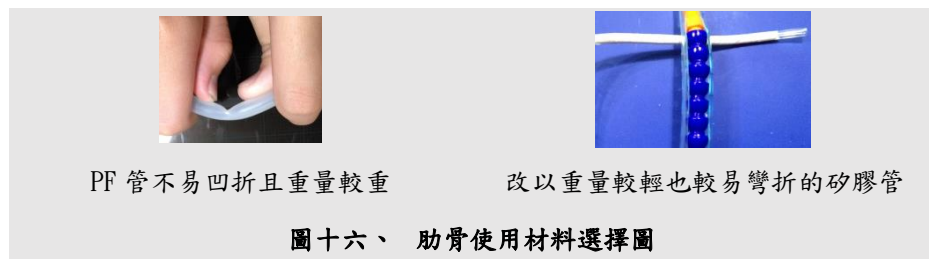
1. 胸骨模擬上先將預定製作胸骨長度的塑膠管做放於一張白紙上，描繪出胸骨的模樣後進行模擬。
2. 胸骨總共製作兩層，內層已焊筆畫出軌道後，因為內層較小肋骨運動時會看被看到，因此做了較大的外層，可增加肋骨移動的滑順度。(如圖十七)但實驗過程中，發覺自行設計的軌道在運作上會不順暢，且發覺肋骨及胸骨的連接不易，因此做了更改把沐浴乳罐材質改由泡棉製作。此改變可改善胸骨的架設，同時也能使胸骨和肋骨的結合更完善。



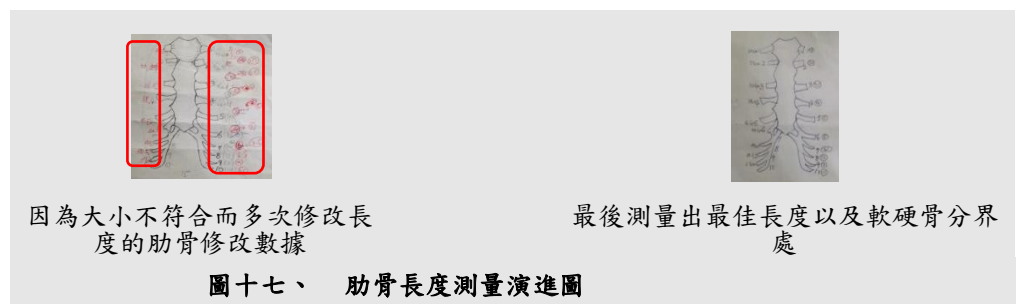


### (七) 肋骨

1. 因為矽膠管無法單獨支撐，因此在 1/2 塑膠水管開洞，把矽膠管放進後，把萬向油管放入，完成矽膠管的固定。
2. 肋骨的製作上原以矽膠管連接 PF 管製作而成，但因為 PF 管過短時會無法凹折，且 PF 重量較重，因此最後決定用矽膠管包上白色電工膠帶製作肋骨。(如圖十六)



3. 肋骨長度測量上，一開始長度較長，但發現封膜會有困難，因此將肋骨長度縮短，讓封膜更為方便。(圖十九)



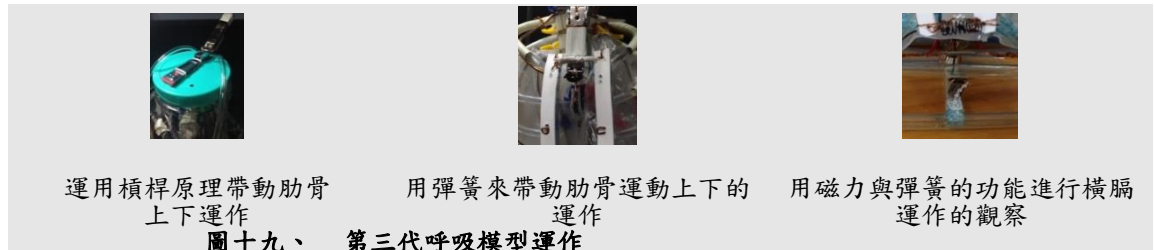
4. 肋骨的升降：(如圖二十)

原先以縫紉機的置線盤並以彈簧線 S 行繞圈，作用為肋骨部分向外擴張、收縮的中心點，但因為置線盤過大無法將胸骨接合，因此改用較小的內塞插入銅線。但在實驗中發覺肋骨的運作不夠明顯因此決定更改運作方式，即是將肋骨以彈簧做連接，使其順利運作。



圖十八、胸骨伸縮方式演進圖

(八) 呼吸模型運作(如圖二十一)



圖十九、第三代呼吸模型運作

(九) 肺部模型簡易模型測試：

製作方式

- (1) 將 3/8 塑膠管打動
- (2) 將矽膠管插入 3/8 塑膠管處
- (3) 用電工膠袋將矽膠管連接起來
- (4) 套入塑膠袋以泡棉黏膠黏貼在矽膠管上

呼吸模型製作總結

(十) 呼吸模型製作的主要困難點(如圖二十二)：

1. 封膜問題：一二代封膜方式皆為丈量尺寸後組合，但會造成支架歪斜、無法密封等問題，因此將第三代模型以一體成型方式包覆，省時且效率高。
2. 肋骨運作問題：嘗試多種組合方式，發現力點為一個重要的關鍵，必須找出支撐點並配合彈力的應用才可以進行運作。
3. 支撐問題：一般作為模型的素材皆為硬體素材，但在製作過程中，發現軟體素材更容易彎折出模型需要的弧度，同時在包膜上也減少了許多阻礙，也將 PVC 材質運用在一個較佳的環境上。


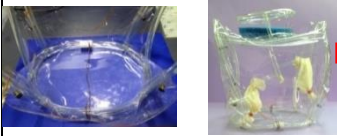


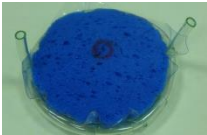







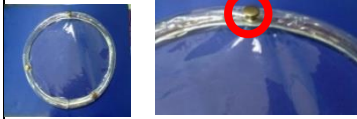





(十一) 以煙霧測試模型密封度時，第三代的呼吸模型在 90 秒時以充滿煙霧，無法辨識，因此在時間部分以>90 秒表示，第二代模型 4 秒的時間則是以煙霧灌入後洩漏出的時間做為標準

(十二) 呼吸模型改進歷程(如表十三)

表十三、 演進圖

呼吸模型改進歷程			
整體製作概念	運用透明塑膠管的可彎曲性做模型，以 PVC 透明塑膠膜作為模型覆蓋		
	第一代	第二代	第三代
設計發想	1. 以乳膠手套作為肺部 2. 以鉚釘結合 PVC 塑膠膜作橫膈	1. 用氣球當作肺部 2. 將 PVC 以浴帽的樣式縫製成橫膈	1. 以銅線當作肺部支架並包膜 2. 以矽膠片當橫膈，同時在肋骨上尋找支點並用磁鐵帶動
機組名稱	第一代缺點	第二代修正處與缺點	第三代修正處
胸腔支架	缺點：因支撐於中央的水管向內凹，造成支架不夠穩固而傾斜	修正處：在接口處用 1/4 塑膠管做連接，使其穩固 缺點：接觸點沒有固定在包膜，而產生的摩擦力使兩邊的支架無法平行，造成支架不穩固。	修正處：將支架處綁線並加上木條，增加其穩定性 優點：第三代的肩寬支架以第二代的模型做為範本，第二代模型肩膀的部分因為過長而出現菱角，包模不便，最後將肩膀的塑膠管縮短，水管的菱角變小，才克服了問題。

			
胸腔體外膜	缺點：一整片塑膠膜包覆於支架上，並用鉚釘固定，但因為沒有精準的計算，而且鉚釘接口處也因漏洞而造成不夠緊密，最後無法達到密封的效果	修正處：以衣服的方式一片一片緊密縫上 缺點：外膜以縫製衣服的方式多片的接合，但因為基座不穩固，再加上縫線之間有細縫，因此不採用。	修正處：一體成型不裁剪，並善用管束即封蓋 優點：因要連接脖子因此密封度較佳
			
脖子	缺點：以塑膠水管連接而成，在密封處選擇用高密度的海綿，但因海綿表面凹凸不平，沒辦法使脖子部分密封，所以不使用。	修正處：用水槽塞和洗米杯可增加密封 缺點：用來固定的水槽塞，雖然能固定，但因為溝槽較淺，因此只要有比較大的挪動就會偏移鬆脫造成無法密封。	修正處：改用較大的透明罐子，並以鋁線在底部支撐 優點：以透明的罐子作為脖子，可進行觀察並讓包膜效果更佳
			
肺臟	缺點：以 3/8 透明水管打洞相連而成，但因為沒辦法精準計算洞的大小，而造成銜接處有小漏洞，故肺臟無法順利運作。	修正處：三向水管連結氣球，以電工膠帶密封 缺點：在計算比例的方面有些許錯誤，而實驗方面則因沒有密封而無法進行測試。	修正處：以銅線及矽膠架構出肺部的樣式，並內塞和塑膠袋 優點：支架與內塞的結合(內塞可直接套在塑膠套上，做完全密封)
			
橫膈	缺點：以 3/8 透明水管圍繞成圓形並將內圈切開，在內圈放入塑膠膜，以鉚釘固定，但因為沒有預留拉動的空間，因此只要一拉動就會剝落。	修正處：模仿浴帽的樣式，縫製橫膈 缺點：以富有彈性的線和塑膠膜縫合製成，但因為沒有良好的延伸效果而造成失敗。	修正處：以矽膠製成橫膈，並在肋骨取支點，並以磁鐵帶動 優點：以磁力帶動橫膈的運作，使其可清楚看見運動

			
脊柱	無	無	優點:以萬向油管包上水管套上油令片,呈現出椎間盤樣貌,並以紅色及黃色塑膠管分別表示血管以及神經,最後套上配線固定鈕,將脊椎模樣呈現。
	無	無	
肋骨	無	無	優點:以矽膠管包上白色電工膠帶,連接於脊柱至胸骨處,結構穩固,清楚表現出肋骨相貌。
	無	無	
胸骨	無	無	優點:以泡棉製作可增其貼覆性
	無	無	

### 三、呼吸模型特性整理

將製作出的呼吸模型進行特點的探討, 總共整理出五大特性

(一) 創意性: 以水管和矽膠管製造出腔體; 用釘書機帶動肋骨的運作

(二) 經濟性: 與市售的呼吸模型相比, 本呼吸模型的價格便宜 8 至 20 倍

(三) 環保性: 運用了許多回收的材料, 如: 用防止撞擊的泡棉製作胸骨以及用廢棄電線中的銅線製作支氣管



(四) 科學性：運用了磁力、槓桿原理以及波以爾定律等科學原理進行本呼吸模型製作

(五) 教學性：此模型可用於生物課以及健教課的教學上，可以清楚顯示呼吸時胸腔各部位連動以及各部位位置

## 捌、 結論

本呼吸模型為手動式的呼吸模型，結合了材料的運用、創意應用並且可以清楚的呈現各部位的運作，最後整理出五點特性：創意性，素材上具有創意的應用；經濟性，與市售呼吸模型相比價格便宜；環保性，使用許多的回收物進行製作；科學性，運用了磁力、槓桿原理、波以爾定律等科學原理；教學性，此模型可用於生物課以及健教課的運用。綜合以上各點，最後希望此模型可以推廣至各國中小。

## 玖、 參考資料

### 一、 書籍

- (一) 南一書局(西元 2015 年 7 月)。生物下學期 6-2：呼吸作用與呼吸運動。台北市。
- (二) 曹立民（西元 1992 年 5 月）。解剖生理學。永大書局有限公司。

### 二、 網路資料

- (一) 人體的呼吸系統（肺、呼吸道）：2016 年 6 月 2 號取自：

[https://www.youtube.com/watch?v=XFpLpkH\\_fyI](https://www.youtube.com/watch?v=XFpLpkH_fyI)

- (二) 譚天賜（無日期）。肌肉組織中的橫紋肌：2016 年 6 月 2 號取自：

<http://ap6.pccu.edu.tw/Encyclopedia/data.asp?id=1869>

- (三) 醫學百科－橫膈：2016 年 6 月 2 號取自：

<http://cht.a-hospital.com/w/%E6%A8%AA%E8%86%88>

- (四) 維基百科－咽：2016 年 6 月 2 號取自：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%92%BD>

- (五) 維基百科－肺泡：2016 年 6 月 2 號取自：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%82%BA%E6%B3%A1>

(六) 維基百科－喉：2016 年 6 月 2 號取自：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%96%89>

(七) 維基百科－P V C 材質：2016 年 6 月 2 號取自：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%81%9A%E6%B0%AF%E4%B9%99%E7%83%AF>

(八) 呼吸模型市售：

醫模館－8100 元呼吸模型。2016 年 6 月 2 號取自：

[http://medical.republic.com.tw/index.php?app=search&cate\\_id=403](http://medical.republic.com.tw/index.php?app=search&cate_id=403)

淘寶網－540 元呼吸模型。2016 年 6 月 2 號取自：

<http://www.taobao.com/product/%E8%82%BA%E7%9A%84%E6%A8%A1%E5%9E%8>

[B.htm](#) 龍緣企業－21000 元呼吸模型。2016 年 6 月 2 號取自：

<http://www.lonyen.com.tw/products01.php?pc=5>

星宇儀器有限公司－12600 元呼吸模型。2016 年 6 月 2 號取自：

<http://www.hy6688.com.tw/product-detail-1158285.html>

阿簡生物筆記－自製呼吸模型。2016 年 6 月 2 號取自：

[http://a-chien.blogspot.tw/2007/10/blog-post\\_21.html](http://a-chien.blogspot.tw/2007/10/blog-post_21.html)

將博科學館－自製呼吸模型。2016 年 6 月 2 號取自：

<http://www.kexueguan.com.cn/shiyanshiguanli/zizhijiaoju/6208.html>

虎林市進修學校－自製呼吸模型。2016 年 6 月 2 號取自：

<http://218.7.193.180/hljx/showart.asp?id=1206>

科學自製教具－自製呼吸模型。2016 年 6 月 2 號取自：

<http://www.xcsjyw.com/%5Chtml%5CNews%5C2010%5C1029%5C2010102908195515>

[394.html](#)

## 【評語】 030808

1. 模型無法充分表達呼吸時肋骨、肺、橫膈膜之脹縮變化，宜輔以自繪圖片、動畫或網路資料。
2. 團隊合作精神優良及模型製作用心。