中華民國第54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

030821

神鬼奇航－海盜船對血液流動的影響

學校名稱：臺中市立大雅國民中學

作者：	指導老師：
國二 卓朕煒 國二 張育睿 國一 鄭牧庭	陳盈昌

關鍵詞：速率、壓力、離心力

摘　　要

到遊樂場玩，看到刺激的海盜船，想探討它對心臟的影響。由於血壓無法在短時間測得，所以就由血流速率的變化，推測血壓的變化。接著就製做一台心臟模擬器，再裝上攝影機，模擬各種可能的情況，再由電腦播放，找出各種變因的影響。

由坐姿的研究發現，向上流的血液，在最低點時，受到離心力向下的影響，使血液流速減緩，但是卻使向下流的血液流速增加。再比較海盜船的擺長影響，發現比較長的擺長，在坐姿時，向上流的血液受到的離心力較大，流速減緩的較多。在不同姿勢的比較實驗，坐姿的血液流速變化百分比較小，臥姿的變化非常大。

坐海盜船之前要先測量血壓狀況，評估是否有心血管疾病，再選擇適當時間搭乘，才是神鬼奇航的安全通道。

壹、研究動機

上個學期的戶外教學，我們前往遊樂園玩，一路上，大家抱著興奮的心情，期待能快一點抵達遊樂園。到了目的地之後，我們就像餓虎撲羊似的，衝到許多刺激的遊樂設施前，搶著玩海盜船、自由落體、雲霄飛車、旋轉咖啡杯……等。這些遊樂設施都令人心跳加速，驚聲尖叫。然而，在尖叫之餘，也有讓人宣洩累積已久的壓力的功用。

但是，新聞上也常常有搭乘遊樂設施而意外喪命的事件發生，大部分都是心臟病患者或是高血壓的病患，這使我們對這種高速、高刺激的設施對心臟的影響的好奇心更加地旺盛，希望藉著這次的研究，能找出辦法，可以讓大家盡情的享受這種刺激的快感。

貳、研究目的

一. 探討流速與水壓的關係

二. 搭乘海盜船時，相同擺長，不同位置，對血液流速的速率影響

三. 搭乘海盜船時，不同擺長，對血液流速的速率影響

四. 搭乘海盜船時，不同姿勢，對血液流速的速率影響

五. 找出最極端情況的壓力變化

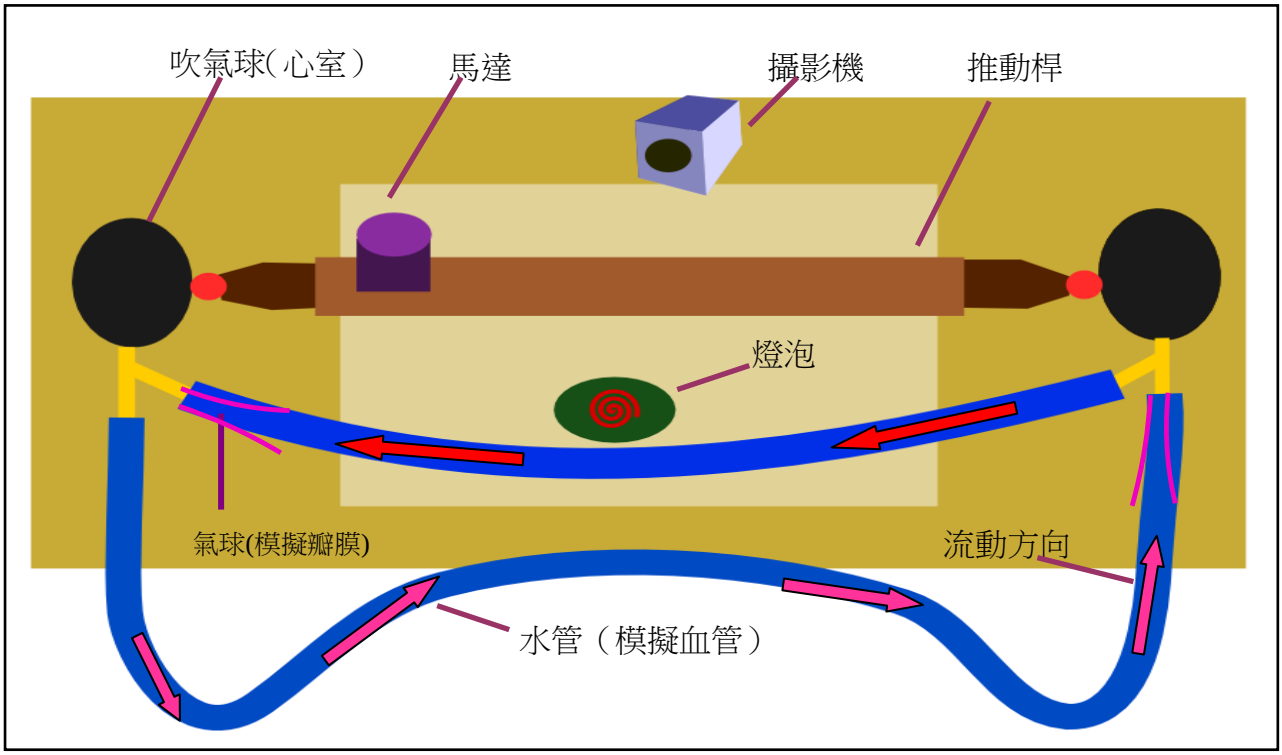
參、研究設備及器材

一、心臟模擬器零件（如表一）

【表 1】

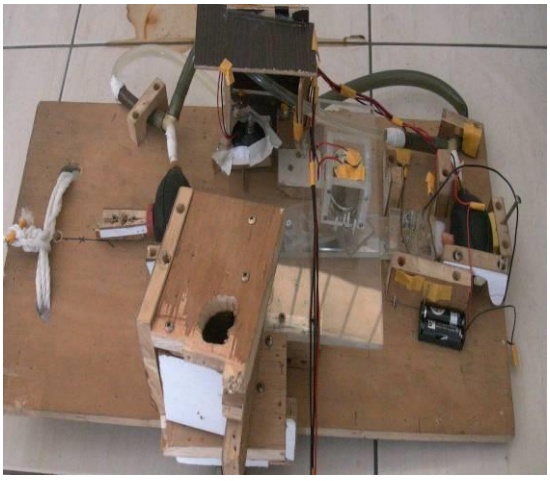
吹氣球（模擬心室）	木板	三通管	延長線	橡皮塞	泡棉
粗、細水管（模擬血管）	燈泡	塑膠盒子	軸層	膠布	安全扣環
氣球（模擬心臟瓣膜）	壓克力板	壓克力粉末	螺絲釘	尼龍繩	60 cm直尺
馬達、軌道 （心臟跳動的動力來源）	鐵條	鐵架	攝影機	強力膠	漏斗

二、心臟模型：結構圖如（圖一）、實體圖如（圖二）、（圖三）

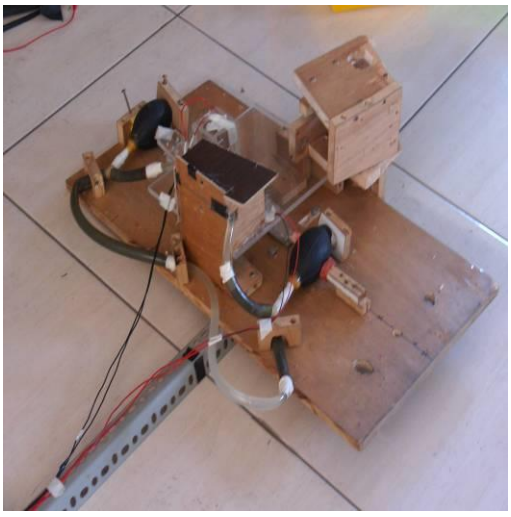


心臟模擬結構圖（圖一）

（圖二）心臟模擬器實體圖

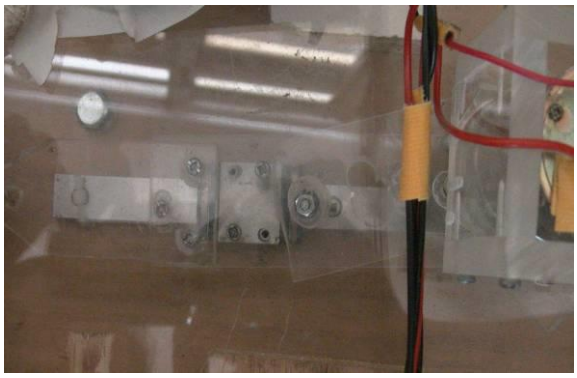


（圖三）心臟模擬器與鐵條

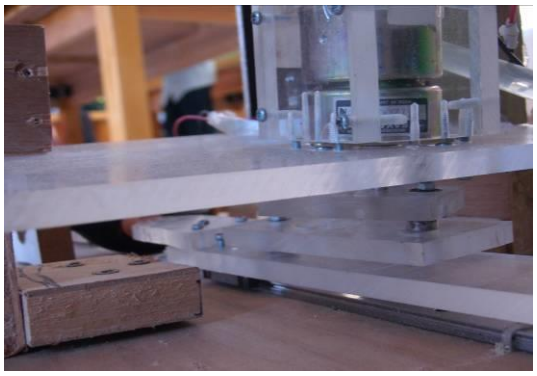


三、心臟模擬器作用原理

1.先將軌道放置在木板上，確認位置後（圖四），將壓克力板、軸承、螺絲組合起來並使其轉動順暢，再與馬達連結，使馬達旋轉模式，轉換成直線前後振動模式。成為心臟跳動的動力來源（圖五）。



（圖四）固定軌道的位置



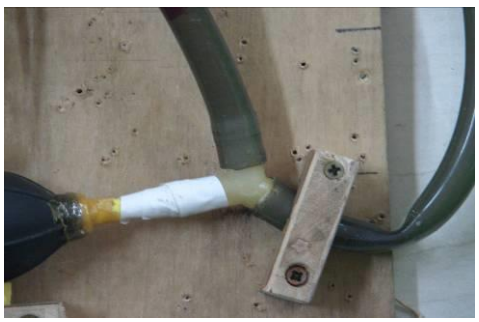
（圖五）壓克力板、軸層、螺絲組成的推動器

2.在水管內裝上剪掉上半部（封閉的部份）的氣球，當作瓣膜，防止心臟的血液逆流。（圖六、圖七）

（圖六）將氣球封閉的部分剪掉

（圖七）完成圖

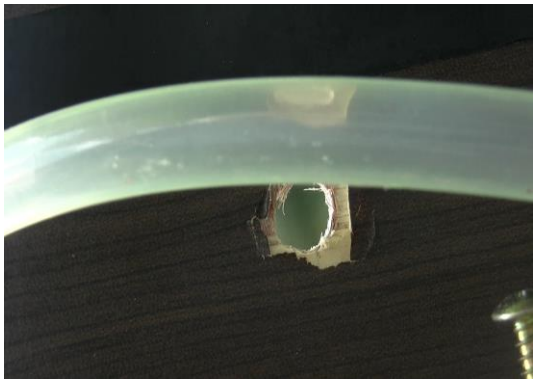
3.先把吹氣球、三通管和水管接在一起（圖七），測試氣球(瓣膜)是否能跟心臟一樣防止血液逆流（圖八），之後把壓克力板所磨成的小碎屑放入水管裡，看小碎屑有沒有流動的情形，或是逆流程度過多，氣球(瓣膜)的耐用性和性能是否能有效的達到防止血液逆流的效果，等到一切妥當，再用強力膠封死接縫處。



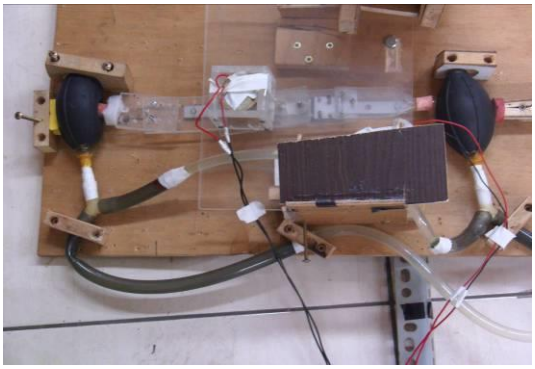
（圖七）吹氣球、三通管和水管接在一起

（圖八）氣球（瓣膜）

4.將組裝好的心臟模擬器裝上木板固定住，連上馬達，觀察水管內小碎屑流動情形（圖十），調整模擬器的位置，找出最方便觀察的撞擊位置以及最適當的撞擊力道（圖十一）。



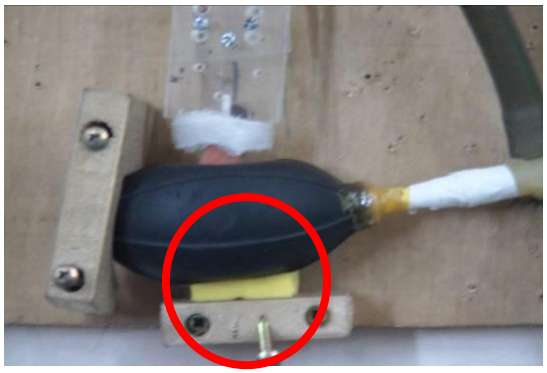
（圖十）小顆粒流動情形



（圖十一）心臟模擬器部分實體圖

5.在準備撞擊的壓克力板鎖上橡皮塞，防止吹氣球損壞（圖十二），在吹氣球後面加上泡綿與木板，固定和保護吹氣球（圖十三）。

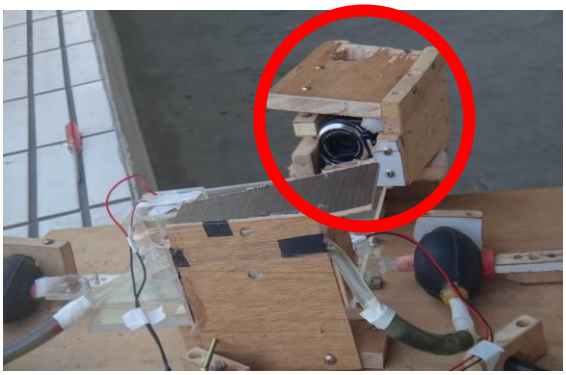
（圖十二）壓克力板鎖上橡皮塞



（圖十三）吹氣球後放泡綿

6.組裝放攝影機的木頭架子，調整架子的位置（圖十四）、（圖十五），使其能清楚的拍到水管內小碎屑流動的情形。

（圖十四）放攝影機的架子圖



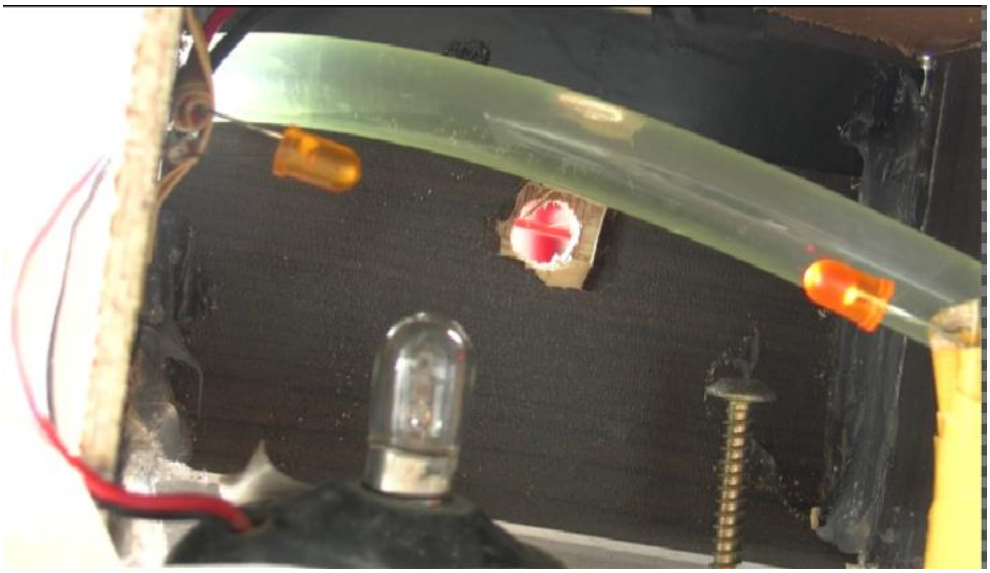
（圖十五）攝影機拍攝水管內的流動情形

7.使用薄木板組成一個不透光的空間，並將燈泡置於裡面（圖十六）。燈泡開關利用電線連接至鐵條頂端，以便在模擬器擺盪至最高或最低點，按壓開關，使燈泡亮，方便標示位置。最後再把馬達與燈泡的電線，黏在鐵條上，防止電線打結，再在木板上鑽洞，連接鐵條（圖十七）。

（圖十六）燈泡發亮

（圖十七）心臟模擬器連接鐵條

8.將兩顆 LED 燈泡，架設在燈泡的兩端，利用線路連接，使推動桿撞到左邊的吹氣球時，左邊的燈泡亮，撞到右邊的吹氣球時，右邊的燈泡亮，如（圖十八）。

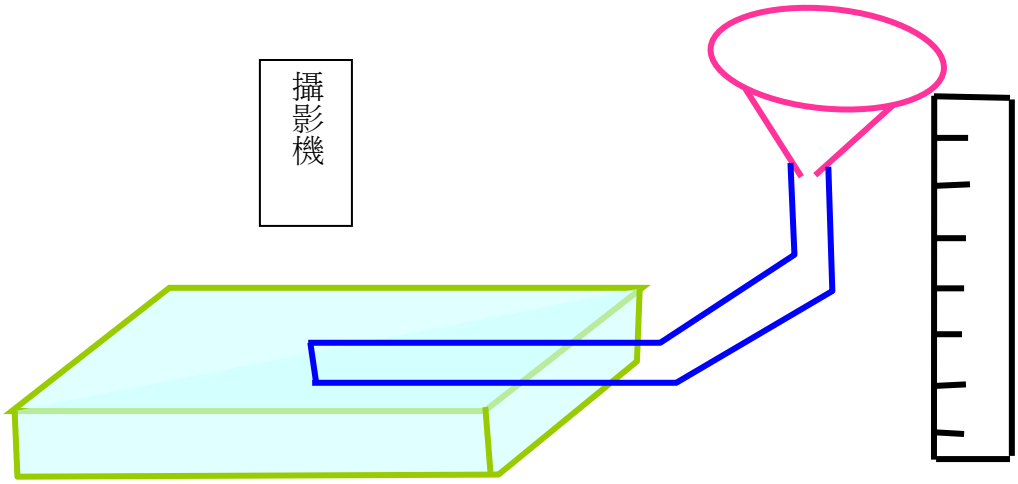


（圖十八）LED 燈泡標示撞擊方向圖

三、測量不同流速的壓力裝置

1.將水管綁在鐵條上，並把水管置於水裡，不接觸空氣（圖十九）

2.將漏斗調整至適當高度，再由上方加水至溢出，由攝影機拍攝的畫面，算出水流速率。



（圖十九）利用水壓測量流速裝置圖

肆、研究過程或方法

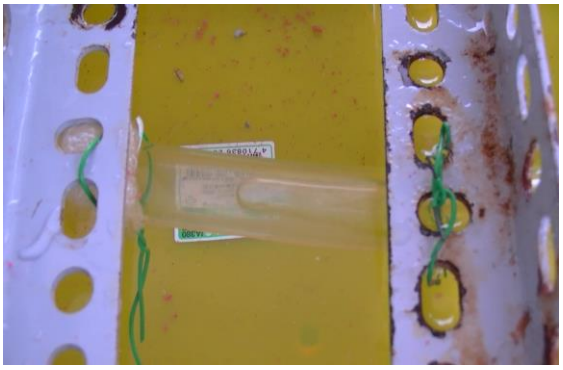
一. 探討流速與水壓的關係

1. 用手堵住左側的水管，將漏斗移至適當高度，加水至溢出。再開啟攝影機，鬆開手，讓水持續流動，此時仍不斷加水至溢出，以維持水壓穩定（如圖二十四）

2. 改變漏斗的高度，重複步驟 1

3.從拍攝的影片中（如圖二十五）找出水的高度差和流速的關係。

（圖二十四）使用漏斗將水倒入水管中

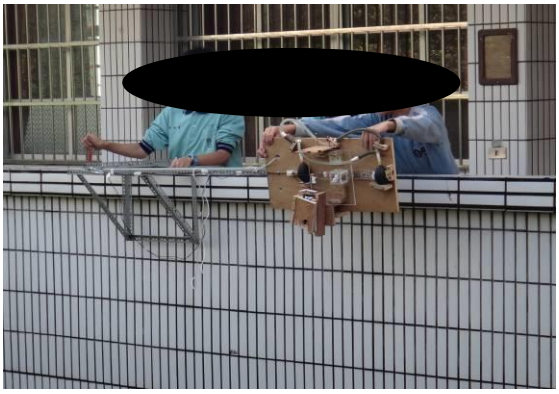


（圖二十五）觀察流動情形

二、搭乘海盜船時，相同擺長、不同位置，對血液流動速率的影響

1. 將 253 公分的鐵條，一端固定在心臟模擬器，另一端架在牆上（圖二十），開啟馬達，按下錄影鍵，拿起模擬器，與鐵架呈九十度角再放下去（圖二十一）。

（圖二十）將鐵架架在牆上



（圖二十一）將心臟模擬器呈九十度

2.在模擬器盪到最低處與最高處時，點亮燈炮，（從右最高點，至左最高點算一趟），大約三趟左右，將木板拿起，結束錄影。 （圖二十二）、（圖二十三）

（圖二十二）模擬器盪的時候

（圖二十三）模擬器盪的時候

3.將攝影機拍下的影片，放到電腦裡，以每個影格三十分之一秒定格播放，藉由燈泡的亮點，找到最高點和最低點的時間，以及高低點的平均時間，再尋找壓克力磨成的小碎屑在兩個影格內所移動的距離(公分)，並利用數據算出不同位置，對血液流速的速率的影響。

三. 搭乘海盜船時，相同擺長，坐姿與臥姿，對血液流速的速率

1.將心臟模擬器的長邊與 253CM 的鐵條平行固定，模擬坐姿

2.再把鐵條架在牆上，開啟馬達，按下錄影鍵，釋放模擬器。

3.在模擬器盪到最低處與最高處時，點亮燈炮，(從右最高點，至左最高點算一趟)，大約三趟左右，將木板拿起，結束錄影。

4.將心臟模擬器的長邊，253 公分的鐵條，垂直固定模擬臥姿搭乘海盜船。再重複步驟 2~3

5 .將攝影機拍下的影片，放到電腦裡，藉由燈泡的亮點，找到最高點和最低點的時間，再尋找壓克力磨成的小碎屑所移動的距離(公分)，並利用數據找出不同姿勢搭乘海盜船，對血液流速的速率的影響。

四. 搭乘海盜船時，不同擺長，對血液流速的速率的影響

1. 將 136、253 公分兩個鐵條分開測量，一端固定在心臟模擬器，另一端固定在鐵條，再把鐵條和鐵架架在牆上，開啟馬達，按下錄影鍵，拿起模擬器，與鐵架呈九十度角再放下去。

2.在模擬器盪到最低處與最高處時，點亮燈炮，(從右最高點，至左最高點算一趟)，大約三趟左右，將木板拿起，結束錄影。

3.將攝影機拍下的影片，放到電腦裡，藉由燈泡的亮點，找到最高點和最低點的時間，再尋找壓克力磨成的小碎屑所移動的距離(公分)，並利用數據找出不同擺長，對血液流速的速率的影響。

五. 找出最極端情況的壓力變化

(一)以不同釋放時間為變因，測量在模擬不同姿勢時，各種不同位置的流速。

(二)由測得的數據中，找出血流速率增加最多及減少最多的一組。

(三)分析其中原因。

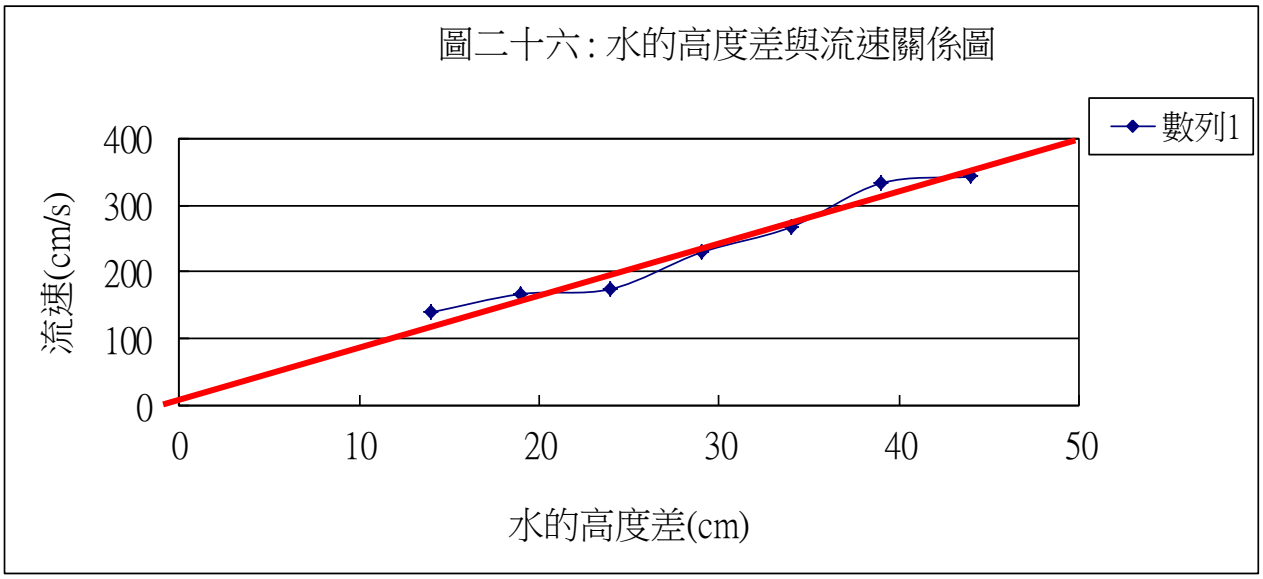
伍、研究結果

一、探討流速與水壓的關係

（一）數據如 【表 2】，關係圖如（圖二十六）

【表 2】

高度差	起始時間 (1/30 秒)	結束時間 (1/30 秒)	距離（cm）	速率 (cm/s)
14 cm	18	26	11.1	138.75
19 cm	12	20	13.3	166.25
24 cm	13	21	13.9	173.75
29 cm	12	19	16	228.57
34 cm	10	16	16	266.67
39 cm	23	27	13.3	332.50
44 cm	11	15	13.7	342.50



（二）實驗結果探討：

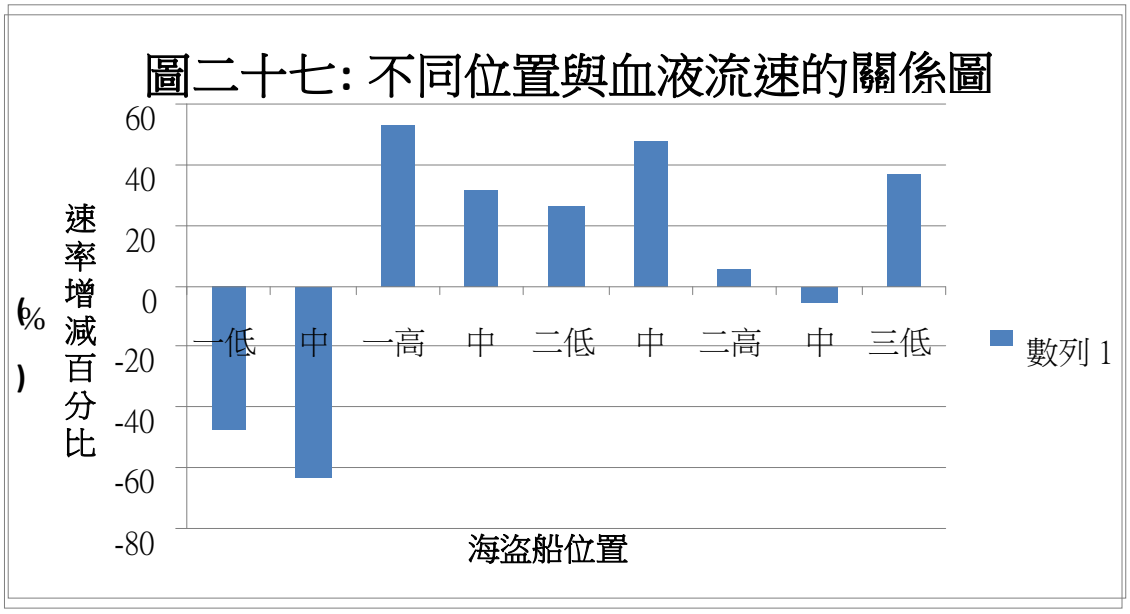
由於血壓無法馬上測得，所以由流速來推算血壓的變化。

根據實驗數據，我們發現當水的高度差越大，流速也就越大。兩者在實驗的數據範圍內，大致上成正比（如紅線所示），當水的高度差為 50 cm時，流速正好為 400 cm/秒。由此可知，流速大概是高度差的 8 倍。由於流速與壓力大致成正比，所以可以用流速的變化來代表壓力的變化，不用再測壓力。

二、搭乘海盜船時，相同擺長，不同位置對血液流速的速率影響

（一）數據如【表 3】，關係圖如（圖二十七）

相同擺長的血流速率　【表 3】									
影片 3						短鐵條 136cm		LED 燈泡距離 17.3cm	
	鐵條長短	影片時間	起始時間 (1/30 秒)	結束時間 (1/30 秒)	模擬血液方向	燈亮	距離 cm	速率 (cm/s)	速率增減(%)
靜止時		1:10:23	23	24			1.9	7.413295	
一低	短	1:16:26	26	27	上	左	1	3.901734	-47.3684
中	短	1:17:12	12	13	上	左	0.7	2.731214	-63.1579
一高	短	1:17:28	28	29	上	左	2.9	11.31503	52.63158
中	短	1:18:16	16	17	上	左	2.5	9.754335	31.57895
二低	短	1:19:14	14	15	上	左	2.4	9.364162	26.31579
中	短	1:19:22	22	23	上	左	2.8	10.92486	47.36842
二高	短	1:20:10	10	11	上	左	2	7.803468	5.263158
中	短	1:20:26	26	27	上	左	1.8	7.023121	-5.26316
三低	短	1:21:01	01	02	上	左	2.6	10.14451	36.84211



（二）實驗結果探討：

由表 3 與圖二十七可得知，當海盜船開始擺盪時，會先出現血液流速減慢許多的情形，這是因為在第一低點時，所受到向下的離心力最大，使血液就像突然變重似的。此時，心臟擠壓的力道不變，因此，擠出血液的量就變少，使流速減慢。

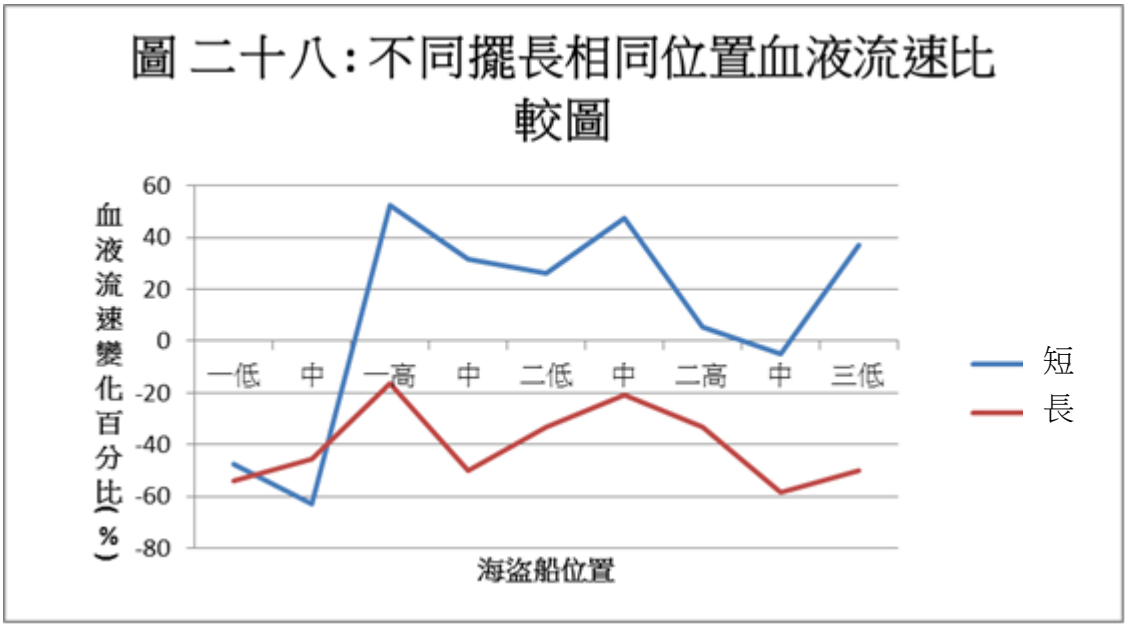
而當模擬器上升至高點的剎那，這時處於一個短暫的靜止狀態，沒有離心力作用，僅受到重力作用，照理說應該和靜止的血液速率相等。但到達最高點之前，血液會持續上升，使血液有往上沖的慣性。因此，才會造成高點時，流速增加的現象。

三、搭乘海盜船時，不同擺長，對血液流速的速率影響

（一）數據如【表 4-5】，關係圖如（圖二十八）

不同擺長的血流速率									
影片 3	【表 4】				短鐵條 136cm	LED 燈泡距離 17.3cm			
	鐵條長短	影片時間	起始時間(1/30 秒)	結束時間(1/30 秒)	模擬血液方向	燈亮	距離 cm	速率(cm/s)	速率增減(%)
靜止時		1:10:23	23	24			1.9	7.413295	
一低	短	1:16:26	26	27	上	左	1	3.901734	-47.3684211
中	短	1:17:12	12	13	上	左	0.7	2.731214	-63.1578947
一高	短	1:17:28	28	29	上	左	2.9	11.31503	52.6315789
中	短	1:18:16	16	17	上	左	2.5	9.754335	31.5789474
二低	短	1:19:14	14	15	上	左	2.4	9.364162	26.3157895
中	短	1:19:22	22	23	上	左	2.8	10.92486	47.3684211
二高	短	1:20:10	10	11	上	左	2	7.803468	5.26315789
中	短	1:20:26	26	27	上	左	1.8	7.023121	-5.26315789
三低	短	1:21:01	1	2	上	左	2.6	10.14451	36.8421053

影片 57	【表 5】				長鐵條 253cm LED 燈泡距離 12.8cm				
	鐵條長短	影片時間	起始時間(1/30 秒)	結束時間(1/30 秒)	模擬血液方向	燈亮	距離 cm	速率(cm/s)	速率增減(%)
靜止時			23	24			2.4	6.32	
一低	長	3:00:08	8	10	上	右	1.1	2.90	-54.17
中	長	3:10:27	27	29	上	右	1.3	3.42	-45.83
一高	長	3:11:28	28	30	上	右	2	5.27	-16.66
中	長	3:13:22	22	24	上	右	1.2	3.16	-50
二低	長	3:14:13	13	15	上	右	1.6	4.21	-33.33
中	長	3:15:04	4	6	上	右	1.9	5.00	-20.83
二高	長	3:15:24	24	26	上	右	1.6	4.21	-33.33
中	長	3:16:29	29	31	上	右	1	2.63	-58.33
三低	長	3:18:04	4	6	上	右	1.2	3.16	-50
中	長	3:18:22	22	24	上	右	1	2.63	-58.33
三高	長	3:19:10	10	12	上	右	1.8	4.74	-25



（二） 實驗結果探討：

由【表 4】、【表 5】與（圖二十八）可得知，當擺長較短時，晃動的週期較短，使血液流動的速率，造成較大的起伏。相反地，當擺長增長時，到最低點的離心力也增加，會使血液流動的速率減緩。

所以海盜船的擺長越長，在低點時，對抑制血液流速的效果越明顯。

四、搭乘海盜船時，不同姿勢，對血液流速的速率影響

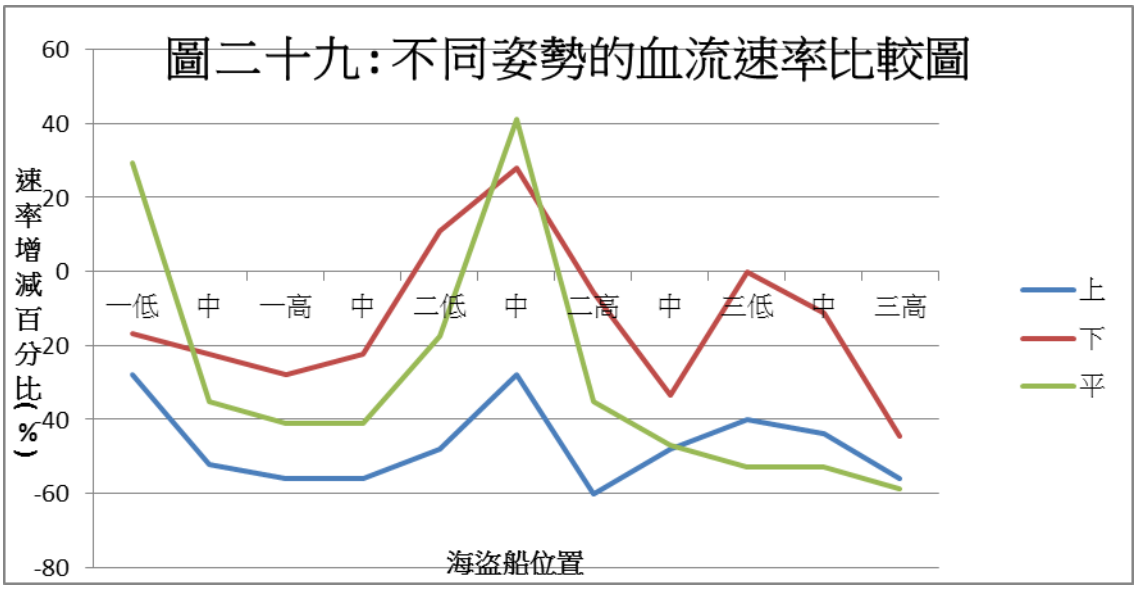
（一）數據如【表 6-8】，關係圖如（圖二十九）

不同姿勢的血流速率									
影片 55	【表 6】				長鐵條 253cm LED 燈泡距離 12.8cm				
	鐵條長短	影片時間	起始時間 (1/30 秒)	結束時間 (1/30 秒)	模擬血液方向	燈亮	距離 cm	速率(cm/s)	速率增減 (%)
靜止時		1:32:12	12	14			2.5	6.591797	
一低	長	1:44:03	3	5	上	中	1.8	4.746094	-28
中	長	1:44:26	26	28	上	中	1.2	3.164063	-52
一高	長	1:45:19	19	21	上	中	1.1	2.900391	-56
中	長	1:46:11	11	13	上	中	1.8	4.746094	-28
二低	長	1:47:02	2	4	上	中	1.3	3.427734	-48
中	長	1:47:10	10	12	上	中	1.4	3.691406	-44
二高	長	1:48:06	6	8	上	中	1	2.636719	-60
中	長	1:49:11	11	13	上	中	1.1	2.900391	-56
三低	長	1:50:15	15	17	上	中	1.5	3.955078	-40
中	長	1:51:04	4	6	上	中	1.7	4.482422	-32
三高	長	1:51:24	24	26	上	中	1.1	2.900391	-56

影片 62	【表 7】				長鐵條 253cm LED 燈泡距離 11.9cm				
	鐵條長短	影片時間	起始時間 (1/30 秒)	結束時間 (1/30 秒)	模擬血液方向	燈亮	距離 cm	速率(cm/s)	速率增減 (%)
靜止時			3	5			1.8	5.10	
一低	長	1:45:05	5	7	下	左	1.5	4.25	-16.66
中	長	1:46:02	2	4	下	左	1.4	3.97	-22.22
一高	長	1:47:12	17	19	下	左	1.3	3.68	-27.77
中	長	1:48:02	2	4	下	左	1.4	3.97	-22.22
二低	長	1:49:08	12	14	下	左	2	5.67	11.11
中	長	1:49:22	2	4	下	左	2.3	6.52	27.77
二高	長	1:50:12	8	10	下	左	1.7	4.82	-5.55
中	長	1:51:13	3	5	下	左	1.2	3.40	-33.33
三低	長	1:52:17	12	14	下	左	1.8	5.10	0
中	長	1:53:07	7	9	下	左	1.6	4.53	-11.11
三高	長	1:53:27	27	29	下	左	1	2.83	-44.44

影片 88	【表 8】				長鐵條 253cmLED 燈泡距離 15cm				
	鐵條長短	影片時間	起始時間 (1/30 秒)	結束時間 (1/30 秒)	模擬血液方向	燈亮	距離 cm	速率 (cm/s)	速率增減 (%)
靜止時			2	4			1.7	3.82	
一低	長	3:24:19	19	21	右	左	2.2	4.95	29.41
中	長	3:25:14	4	6	右	左	1.1	2.47	-35.29
一高	長	3:26:08	8	10	右	左	1	2.25	-41.17
中	長	3:27:05	5	7	右	左	1	2.25	-41.17
二低	長	3:28:01	1	4	右	左	2.1	3.15	-17.64
中	長	3:28:28	8	0	右	左	1.2	5.4	41.17
二高	長	3:29:26	26	28	右	左	1.1	2.47	-35.29
中	長	3:30:20	0	2	右	左	0.9	2.02	-47.05
三低	長	3:31:14	14	16	右	左	0.8	1.8	-52.94
中	長	3:32:10	0	2	右	左	0.8	1.8	-52.94
三高	長	3:33:03	3	5	右	左	0.7	1.57	-58.82

（圖二十九）



（二） 實驗結果探討：

1.坐姿時的血液向上到腦的流速，受到離心力的影響，有明顯的減慢。

2.向下流到腿部的血液流速，在低點時，有明顯增加。

3.臥姿的血液流速，變化幅度最大。

五. 找出最極端情況的壓力變化

（一）數據如【表 9】

表一							
編號	血流方向	位置	靜止流速	靜止壓力	最大流速	最大壓力	流速增減百分比
54	上	二低	4.98	39.84	2.95	23.6	-46.70%
62	下	二高	5.53	44.24	9.59	76.72	92.30%
78	左	一高	1.41	11.28	4.22	33.76	200%
90	右	一低	3.11	24.88	1.77	14.16	-42.80%

（二）實驗結果探討：

1.當水平臥姿擺盪到最高點時，流速增加的最多。

2.當血液向上流，又盪到低點時，流速減少的最多。

陸、討論

一、製作心臟模型的時候，每一個螺絲都要鎖的很緊，才不會因細微的鬆動，而使整個實驗無法持續進行，所以事前的準備非常重要。

二、模擬心臟瓣膜用的氣球，剛開始在實驗的時候，水管常常拔來拔去，導致氣球於空氣接觸後快速氧化，而黏在一起，不能使用。改購買較貴的氣球，套入水管後，將整個系統密封，就不會與空氣接觸，而用到現在都還不會氧化。

三、拍攝水管畫面時，背景要使用深色，才容易觀察到水的流速。

四、在實際模擬海盜船的實驗中，由於摩擦力的因素，會讓它的擺動越來越慢，無法模擬海盜船的持續擺動，所以只能就前幾次的擺動來分析，這是與實際狀況差異比較大的地方。

五、在釋放模擬器的瞬間，模擬器可能位於壓縮的時刻或暫停的時刻，所以每一次放的瞬間，測得的流速都不太一樣，因此，釋放的時間要配合左右 LED 燈亮的明滅，讓每一種情況都能做到

六、在擷取最高點和最低點的畫面時，因為按燈的時間差，會有稍微的差距。模擬血管的水管，為了製作方便起見，選擇比較粗大的，較容易觀察。這與人體血管的大小有點差異，這是一定有的誤差。

七、本實驗只有模擬單一血管的流動情形，受限於器材製作的精密度，無法模擬血管的分支，也無法模擬血管的彈性，這些都是難以克服的誤差來源。

八、人體的構造比我們的心臟模擬器複雜千萬倍，我們的模擬器只能模擬外在速度變化對血液流動的影響，無法模擬出情緒和腎上腺素的影響。

九、測量血壓的時候，需要在一個穩定的環境中測量，無法在擺動的海盜船中測量，所以只能藉由流速的變化反推壓力的變化。

十、心臟模擬器的製作歷程如下，希望有興趣的朋友可以參考，不要犯了同樣的錯誤：

1.第一代

我們以模擬自由落體作為實驗設施使用內胎（圖三十六），把內胎和心臟模擬器綁在一起從三樓高的地方，往下放，但是有一次，因為內胎斷掉而直接掉到一樓，實驗器材慘不忍睹。

（圖三十六）多條內胎綁成的繩子

2.第二代

我們決定幫它實行減重計畫，因為原本的馬達是較大而且較重的，所以我們換成較小型也較輕的馬達，並盡量把木頭換成較輕的壓克力板。但第二次實驗時，心臟模擬器一直撞到二樓的女兒牆，由於撞擊力道太大，零件散落一地。因為拍攝風險太大，所以改做成較不會使模擬器損壞的方式

3.第三代

我們以模擬旋轉咖啡杯作為實驗設施使用較大馬達、較大的木板（圖三十七）、小輪子（圖三十八）和鐵條，藉由離心力，由馬達帶動鐵條，再由鐵條帶動心臟模擬器下方的輪子，但是因為輪子的角度不好拿捏，導致輪子無法轉動順暢。

（圖三十七）咖啡杯的動力

（圖三十八）輪子

4.第四代

我們以模擬旋轉木馬作為實驗設施使用飛盤（圖三十九）與鐵條，把飛盤、鐵條以及心臟模擬器固定在一起，藉著離心力，讓它旋轉，但是因為旋轉期間，常常因為重心偏離，而導致卡住或是忽快忽慢的

（圖三十九）旋轉木馬的動力，飛盤

5.第五代

我們以海盜船作為實驗設施使用鐵條與鐵架，把鐵條、鐵架和心臟模擬器固定在一起，把鐵架架在牆上（圖四十），與鐵架呈九十度角再放下去，在盪到最高點與最低點的時候（圖四十一），按下按鍵燈泡發亮，終於可以成功使用了。

（圖四十）將鐵架架在牆上

（圖四十一）海盜船擺盪過程

十一、實驗器材使用歷程：

1.第一代

我們使用粗水管（直徑 2cm）跟坊間賣的利用虹吸現象的一個抽水器（圖四十二），因為抽水器壓　力不夠及粗水管需要較大的壓力、紅色瓣膜有時無法順利控制水流（圖四十三）、小顆粒使用小木塊纏上電線所揉成的（圖四十四），導致流動現象不明顯

（圖四十二）抽水氣

（圖四十三）瓣膜

（圖四十四）木塊纏上電線

2.第二代

我們改成粗水管（直徑 2cm），瓣膜換成吸管做的（圖四十五）、小顆粒也常因過重而導致流速不穩定所以換成粉筆末、抽水器因為壓力不夠而換成與心室較相同的模擬方式——兩個抽水器（圖四十六）

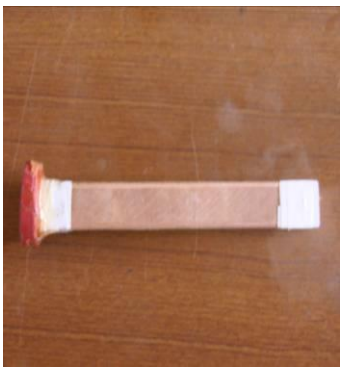
（圖四十五）吸管(瓣膜)

（圖四十六）改良後的模擬器

3.第三代

我們使用細水管（直徑 1cm），因為擠壓抽水器的空間有限，換成把原本抽水器封閉的部分剪掉並黏上塑膠袋（圖四十七）再以細木頭和橡皮（圖四十八，增加壓縮面積並保護抽水器和避免塑膠袋破掉），組成一個新的抽水器（圖四十九）

（圖四十七）改良後的抽水器



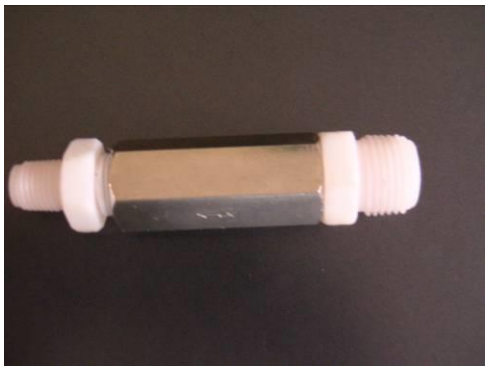
（圖四十八）改良的推動器

（圖四十九）新的抽水器

4.第四代

我們使用細水管（直徑 1cm），因為新的抽水器常常因為泡在水裡，而發生強力膠失效和漏水等現象，所以把新的抽水器換成吹氣球（圖五十）。因為吸管（瓣膜）常時泡在水裡會黏在一起，導致水流流動無法暢通，所以把吸管（瓣膜）換成單向閥（瓣膜，圖五十一）

（圖五十）吹氣球



（圖五十一）單向閥

5.第五代

我們使用粗、細兩種水管（直徑 2、1cm），因為單向法所能流過去的小顆粒非常小，常常會有許多稍大的粉筆末顆粒過不去，導致流動不順暢，所以把單向閥（瓣膜）換成小氣球（瓣膜，在氣球封閉的部分剪掉之後套在水管上，圖五十二）

（圖五十二）小氣球(瓣膜)

6.第六代

我們使用粗、細兩種水管（直徑 2、1cm）和三通管，把粉筆末換成壓克力所磨成的小碎屑，因為小氣球彈性差，所以換成彈性較佳的大氣球（圖五十三、圖五十四）

（圖五十三）剪掉氣球封閉的部份

（圖五十四）完成圖

柒、結論

一、由模擬器在各個位置擺動的情形，可以看出在第一次下降到最低點時，受到向下的離心力最大，使整個血液好像突然變重了。此時心臟的力道不變，擠出血液的量就變少，使得血液速率減緩。

二、模擬器上升到最高點的瞬間，由於處於暫停的狀態，沒有離心力作用，僅受到重力作用，照理說應該和靜止的血液速率相等，但到達最高點前，血液是隨著模擬器往上升，瞬間暫停時，血液還有往上衝的慣性。此時，心臟將血液往上擠時，就可以造成更大的向上速率。

三、當擺長增長時，到最低點的離心力也增加，會使血液流動的速率減緩。所以海盜船的擺長越長，對抑制血液流速的效果越明顯。

四、不同姿勢（坐姿最為常見）。採用坐姿時，血液由心臟向上流到腦部，在最低點，容易產生較低的流速。在最高點時，因為身體接近水平，所以不會造成太大的流速變化，若是平躺，當在最高點，頭朝上，血液向上衝的速率最快。

五、由於血壓無法馬上測得，所以由流速來推算血壓的變化。在本實驗的範圍內。流速與壓力大致成正比的關係，所以由流速的增減，可以推算出壓力增減的比例。

六、根據本實驗結果，在海盜船下降到低點時，血液向上流動的最慢。但是向下卻是流動的最快。造成頭部血壓小，腳部血壓大的不平衡的現象。若是臥姿坐海盜船在盪至最高點，且頭部朝上時，壓力最大。此時情況類似雲霄飛車快速開過軌道波峯的情況。

七、利用心臟模擬器，可以容易的觀察到血液的流速在不同的速度變化之下，所產生的變化，而不必拿人體直接來做實驗。

八、在坐海盜船的過程中，擺動所造成的壓力變化，最大有 200%左右，而且不同方向的血管壓力的增減也不一樣，所以由這個實驗的結果，可以來推測乘坐海盜船會造成血液流速極速地變化，也連帶的使血壓產生變化。

九、如果要維持乘坐海盜船之乘客的安全，在乘客乘坐前，應該先測量血壓，如果血壓太高，很容易在乘坐的過程中，超出人體的血壓極限，使血管爆開，造成遺憾。

十、乘坐海盜船之前，我們常看到入口有標示，孕婦、高血壓者不適合乘坐，但是有很多人，並不知道自己有高血壓，也有人平時血壓正常，因為緊張而血壓飆高，所以乘坐前量血壓，是一種很好的安全措施。

十一、如果做海盜船的時候，因為血液流速改變，會造成血壓急速改變，老年人的血管比較沒有彈性所以缺乏應變的能力，所以不適合老年人。但是年輕人因為血管彈性較大，較能忍受血壓改變，所以適合追求刺激的年輕人。

十二、因為海盜船是坐姿式的遊樂設施，在最低點時，受到離心力及重力皆向下的影響，血液比較不易送到腦部，對低血壓的人影響較大。在最高點時，受到血液向上的慣性影響，血流速率較快，易對腦部產生較大的壓力，此時對高血壓的患者較為不利。

十三、人的血壓在早上 8~10 點會較高，所以如果早上到達遊樂場，恰好是血壓的高峰期，加上比較興奮，容易使血壓上升，超過正常值，因此建議到遊樂園玩的朋友們，剛入園的時候，先玩一些比較緩和的遊樂設施，刺激的部分，等情緒沒那麼興奮，時間也過了血壓的高峰期，再去玩會比較安全。

捌、參考資料及其他

一.平田恭信，高血壓，世茂出版有限公司，2006 年 12 月出版
二.自然與生活科技，第五冊，康軒出版社
三.http://cht.a-hospital.com/w/%E8%A1%80%E5%8E%8B#.Uw89o_mSx8E

【評語】030821

動手製作能力強，報告也熱忱，結合遊樂設施討論血液受力作用對人體的影響，並提出建議。未來如能加強考慮血管與血液真實特性，並關聯外力到血壓、流速之關係會更有貢獻。