

新竹市第四十二屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生物科

組 別：國中組

作品名稱：探討影響囊螺仰泳表現之因素

關鍵詞：囊螺、仰泳、環境因素

編號：

摘要

部分淡水螺類會仰泳，仰泳是種節能但具生存風險的行為。本研究試以環境變化探討其對囊螺仰泳的影響。實驗結果顯示水溫降低時囊螺的腹足面積增加，仰泳時長增長，可能此時其所受環境熱壓力減少，傾向仰泳以減少熱量消耗；而升溫則可能因浮力減少，不利仰泳。此外，中性水質下囊螺仰泳時間最長，而在酸性或鹼性水質下，其仰泳行為受影響，可能囊螺較不易適應酸鹼變化。我們還發現微小的鹽濃度變化會使囊螺不仰泳，而界面活性劑存在則會降低其仰泳速率，推測可能因囊螺對環境刺激敏感，加上表面張力降低，使其難以維持仰泳。總結以上，我們發現囊螺在適合的環境會表現出仰泳行為來節能，而當環境壓力增大時，則傾向不仰泳以減少生存風險。

壹、前言

一、研究動機

之前我們曾在課堂上討論過一份科展作品，內容是從物理學角度分析螺的仰泳行為，而在學過生態單元後，我們知道動物的行為常常和所處環境息息相關，便開始思考能否從生物和環境的角度去討論，當外在環境因素改變時，對螺的仰泳行為是否有影響？有什麼生理或生態意義嗎？於是，我們嘗試改變不同的環境因素，希望能找出其中的關聯性。

二、目的

本研究目的在探討影響囊螺仰泳表現的因素，分別以(一)水溫變化、(二)水質酸鹼差異、(三)鹽濃度變化、(四)不同種類界面活性劑模擬汙染水域等因素設計實驗，觀察對囊螺仰泳反應的影響。

三、文獻回顧

(一)淺談台灣的淡水螺

台灣中央山脈貫穿南北，地形複雜多樣，大小河川達四百餘條，因此造就了多樣的淡水棲地。淡水螺指生活在淡水的軟體動物腹足類。在靜水環境，可以看到椎實螺和囊螺他們會將空氣存在外套腔內而潛入水中保持呼吸作用，或以腔內的氣泡使身體在水表漂浮，藉由表面張力，在水面下爬行。扁蜷螺科會在水表漂浮並藉殼上下搦動來推進身體在水表移動，可在汙染嚴重區域發現其行蹤，例如蘋果螺。在流水的環境下，可以見到川蜷和錐蜷，其為了適應水流而形成的流線型錐狀外殼。

		
囊螺(膀胱螺科)	蘋果螺(扁蝸螺科)	川蝸(肋蝸科)

圖1-1 台灣常見淡水螺

(二)囊螺簡介

囊螺(*Physella acuta*)是一種小型淡水螺，分類上為膀胱螺科膀胱螺屬的生物，殼是左旋的，殼高約可達1.6公分，殼口一般比較長和大，殼比較薄，表面平滑有光澤、略帶透明，以藻類和腐食為食，台灣全島可見。



(三)囊螺的行為模式

囊螺平時喜歡在水中或岩石、水草等固體表面上找到一個安全的位置休息，使用腹足來附著在固體表面上，並通過蠕動來移動，喜歡吃缸壁上的青苔和水中的藻類。和多數水中生物(如:魚類)的游泳模式相比，淡水螺(包含囊螺)在水中的游泳方式(包含潛入水中游和浮在水面的仰泳)較類似於水中爬行的動作，牠們會讓身體伸長和收縮來動(圖1-3)。淡水螺可以用氣囊控制身體浮沉，牠們依靠外殼的結構和其他適應性在水中移動，例如:某些螺已經發育出更薄更輕的殼，使牠們更容易漂浮在水中並在水中游泳，腹足會分泌黏液來減少摩擦並幫助牠們在表面上順利滑行。

仰泳動作(腹足面積)		
		
伸長(0.302cm ²)	收縮(0.268cm ²)	轉彎

圖1-3 囊螺仰泳行為圖

(四) 環境因素與淡水螺之相關研究

過去曾有研究指出，當鹽濃度提升時，螺的體重會有所下降，在低滲透壓的環境中，螺能夠調節其含水量;但在高滲透壓的環境中，由於失水，螺的體重會減少，並且死亡率會大幅提高。此外，有文獻指出在 pH 值為中性的池塘中，軟體動物的多樣性最高;而在 pH 值最低的池塘中，多樣性程度最低。另有文獻指出淡水軟體動物對化學物質非常敏感。

貳、研究設備及器材

一、飼養設備

水族箱	水草	濾水器	水族燈	
打氧器	飼料	囊螺、蘋果螺		

二、實驗設備與材料

燒杯	滴管	量筒
熱電偶	pH 值檢測器(玻璃電極)	自製仰泳輔助器
鑷子	培養皿	手機、GOPRO(拍攝裝置)
小蘇打粉	陰離子界面活性劑 (Cocamidopropyl Betaine)	兩性離子界面活性劑 (椰子油起泡劑)
磷酸	陽離子界面活性劑 (Cetyl Trimethyl ammonium chloride)	非離子界面活性劑 (Triton X-100)

三、自製仰泳輔助器

為方便仰泳實驗的進行，自製仰泳輔助器使螺可以順利仰泳，操作方法如下:

- 1.首先以鋁線凹折成簡單的環勾，將螺倒過來放入環裡並放至水面上
- 2.當看到螺的腹足伸展開來後，便可將自製仰泳輔助器拿走



圖2-1仰泳輔助器簡介圖

參、研究過程及方法

一、預備實驗

為了解淡水螺的行為模式與仰泳行為出現的時機，我們先觀察囊螺及蘋果螺的行為並記錄。

(一)實驗方法

- 1.在住家附近水池取得囊螺數十隻，並由水族館購得蘋果螺數十隻，作為不同種淡水螺行為的對照。囊螺和蘋果螺皆符合動物福祉原則飼養，飼養一週後觀察無適應不良或出現異常狀況，才進行行為觀察。
- 2.每次取一隻囊螺或蘋果螺置於燒杯或水缸中觀察，同時以手機或 GOPRO 錄影記錄。
- 3.記錄囊螺、蘋果螺表現出的行為，當表現出仰泳行為時，再另記錄仰泳持續的時間，分析囊螺、蘋果螺的行為模式。

(二)、囊螺和蘋果螺的一般觀察

- 1.比對蘋果螺和囊螺仰泳行為差異，從而選出適合做實驗的螺。
- 2.將大小13x17x16(單位:公分)的缸，裝水、放入水草、石頭，放入十隻要實驗的螺(蘋果螺或囊螺)，給其足夠時間適應。然後架設 GOPRO(拍攝裝置)並開始拍攝至少2小時。

二、實驗步驟

(一)水溫變化對囊螺仰泳的影響

為了瞭解短時間內的水溫變化對囊螺仰泳的影響，我們製造不同的水溫變化條件，觀察記錄囊螺仰泳時動作、持續時間與移動距離，步驟如下:

- 1.取兩個100mL 燒杯各裝入100mL 不同溫度的水
- 2.將1隻囊螺放入其一燒杯內三分鐘適應水溫
- 3.使用自製仰泳輔助器讓螺仰泳
- 4.觀察並以手機或 GOPRO 等拍攝裝置記錄
- 5.用軟體 imagej 分析螺仰泳時的腹足面積；另用軟體 Tracker 分析移動距離、速率
- 6.以成對樣本 t 檢定(paired sample t test)進行統計分析，比較各組間是否存在顯著差異

(二)水質酸鹼性對囊螺仰泳的影響

為了瞭解不同酸鹼性的水對囊螺仰泳的影響，我們調整水的酸鹼值，將囊螺放於其中，模擬遭遇酸鹼性變化的環境，觀察記錄囊螺仰泳時的腹足面積、時間、移動長度及速

率，步驟如下：

- 1.取約50mL 飼養箱的水分裝在燒杯中，作為讓囊螺回復休息狀態用
- 2.取三個100mL 燒杯，其中一杯裝入100mL pH7的純水，參考水中常見化合物及一般水族飼養條件，採用磷酸和小蘇打加水調製成 pH6和 pH8各100mL 的水溶液，分裝在其餘兩個燒杯
- 3.將1隻螺放入裝有 pH6的水溶液，待螺出現仰泳開始觀察記錄
- 4.記錄完成後，再放回原有原飼養水族箱的水的燒杯並恢復狀態
- 5.更換為裝有 pH7水溶液的燒杯，重複步驟3.~4.操作
- 6.更換為裝有 pH8水溶液的燒杯，重複步驟3.~4.操作
- 7.以不同螺重複此實驗操作，共做10次
- 8.用軟體 imagej 分析螺仰泳時的腹足面積；另用軟體 Tracker 分析移動長度、速率
- 9.以成對樣本 t 檢定(paired sample t test)進行統計分析，比較各組間是否存在顯著差異

(三)鹽濃度對囊螺仰泳的影響

為了瞭解水中鹽濃度變化對囊螺仰泳的影響，我們調製不同鹽度的水溶液，觀察記錄囊螺在其中仰泳腹足面積、時間、移動長度及速率，步驟如下：

- 1.取約50mL 飼養箱的水分裝在燒杯中，作為囊螺回復休息狀態用
- 2.用食鹽(氯化鈉)調配出重量百分濃度10ppm、100ppm 的食鹽水溶液
- 3.將上述不同濃度食鹽水溶液分別倒入不同的燒杯中，標記濃度
- 4.將1隻螺放入裝有10ppm 的食鹽水溶液中，待螺出現仰泳開始觀察記錄
- 5.記錄完成後，再放回原有飼養水族箱的水的燒杯並恢復狀態
- 6.更換為裝有100ppm 的食鹽水溶液的燒杯，重複步驟4.~5.操作
- 7.更換為裝純水的燒杯，重複步驟4.~5.操作，作為對照組
- 8.以不同螺重複此實驗操作，共做10次
- 9.用軟體 imagej 分析螺仰泳時的腹足面積；另用軟體 Tracker 分析移動長度、速率
10. 以成對樣本 t 檢定(paired sample t test)進行統計分析，比較各組間是否存在顯著差異

(四)界面活性劑對囊螺仰泳的影響

模擬汙染水域存在界面活性劑的狀態，我們加入不同量及種類的界面活性劑，觀察記錄囊螺在其中仰泳的腹足面積、時間、移動長度、速率，步驟如下：

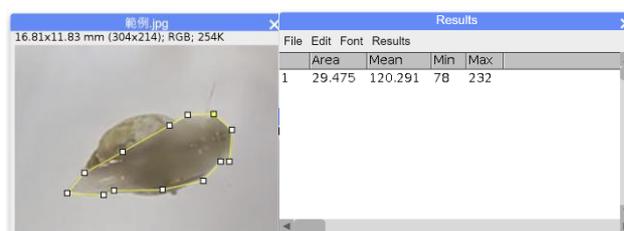
- 1.調配出體積百分濃度10ppm 的陰離子、兩性離子、非離子、陽離子界面活性劑等水溶液

- 將1隻螺放入水溶液中，待螺出現仰泳開始觀察記錄
- 記錄完成後，再放回裝有飼養水族箱的水的燒杯並恢復狀態
- 更換其他水溶液，重複步驟2.~3.步驟
- 以不同螺重複此實驗操作，共做10次
- 用軟體 **imagej** 分析螺仰泳時的腹足面積；另用軟體 **Tracker** 分析移動長度、速率
- 以成對樣本 **t** 檢定(**paired sample t test**)進行統計分析，比較各組間是否存在顯著差異

三、影像量化分析方式

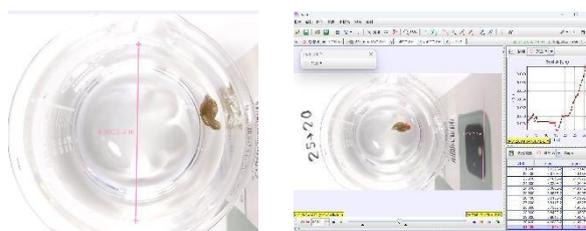
(一)imagej 分析面積方法

- Analyze**→**Set Scale** 設定長度數值。
- 用方形工具，把螺框起來，按 **image**→**crop** 然後把多餘的部分裁掉。
- 把螺的腹足框起來，按 **Ctrl+M** 計算面積。



(二) Tracker 分析移動長度、速率方法

- 匯入檔案，將校正桿兩端拉到已知物體長度上，輸入長度數值。
- 按右下角設定每一次前進的影格數。
- 新增-->質點，點擊剛剛新增的質點，勾選預設標示。
- 點擊移動體，會自動跳去下一個影格。
- 確定採計質點後，點擊右上圖表的縱軸選 **L: path length**，再點擊圖表右上角的最高點，就會顯示螺的仰泳長度(m)。



肆、研究結果

一、實驗螺類選用與討論

我們觀察囊螺和蘋果螺的行為，發現囊螺的仰泳頻率較蘋果螺高、仰泳速度也較快，且蘋果螺看起來比較像是單純在漂浮。此外，我們也觀察到囊螺的螺殼形狀更加圓滑，扁平；而蘋果螺的螺殼形狀通常較為橢圓且稍微突出。綜合以上，我們決定選用囊螺作為後續仰泳實驗的實驗對象。

二、探討水溫變化對囊螺仰泳反應的影響

(一)在進行水溫變化對仰泳影響的實驗之前，我們先測試囊螺可以表現仰泳的最低溫度，結果顯示水溫至少需達17°C 以上，囊螺才會仰泳，低於此溫度囊螺可能只會漂浮或是縮進殼裡面。為確保囊螺能有較高機率展現仰泳反應，也避免過高溫度傷害螺，我們將實驗水溫設定在20°C~30°C 之間。

(二) 水溫變化對腹足面積的影響

我們挑選10隻體型相近的囊螺，依序分放在不同溫度的水中，測得腹足面積的數據(表4-1)，接著比較升溫及降溫的溫度變化時，其腹足面積的大小，如圖4-1。由表4-1和圖4-1可看出在20°C~25°C、25°C~30°C組別中，水溫降低時均較水溫升高時，腹足面積增加。同時，以成對樣本 t 檢定做統計分析，各組間顯著性 p 值如表4-2所示，在20°C~25°C水溫範圍內，升溫和降溫時的腹足面積有顯著差異($p < 0.05$)；在25°C~30°C水溫範圍內，升溫和降溫時的腹足面積亦有顯著差異($p < 0.05$)；而在不同水溫範圍，水溫升高或降低時的腹足面積則無顯著差異。

表4-1水溫變化對腹足面積的影響

腹足面積(cm ²)	溫度變化			
	20~25°C	25~20°C	25~30°C	30~25°C
平均值	0.247	0.294	0.259	0.288
標準差	0.0545	0.041	0.064	0.056

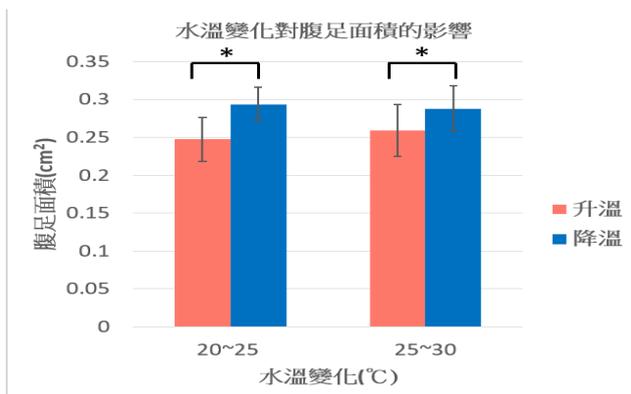


圖4-1水溫變化對囊螺腹足面積的影響

表4-2比較水溫變化影響腹足面積之差異

組別	20°C~25°C 升溫與降溫	25°C~30°C 升溫與降溫	升溫組	降溫組
顯著性 p 值	0.015*	0.003*	0.403	0.541

(*表有顯著差異)

(三) 水溫變化對仰泳時間的影響

同前述實驗操作，測得仰泳時間的數據如表4-3所示，接著比較升溫及降溫的溫度變化時，其仰泳時間的長短，如圖4-2。由表4-3和圖4-2可看出在20°C~25°C、25°C~30°C組別中，水溫降低時均較水溫升高時，仰泳時間增加，且在水溫20°C~25°C時，不論升高或降低，仰泳時間均較水溫25°C~30°C時長。統計分析各組間顯著性 p 值如表4-4所示，在同一水溫變化範圍，水溫升高和降低對仰泳時間長短無顯著差異；而同為升溫或降溫，在不同水溫變化範圍間亦無顯著差異。

表4-3水溫變化對囊螺仰泳時間的影響

仰泳時間(s)	溫度變化			
	20~25(°C)	25~20°C	25~30°C	30~25°C
平均值	103.4	129.5	88.8	115.9
標準差	78.7	189.6	69.9	101.8

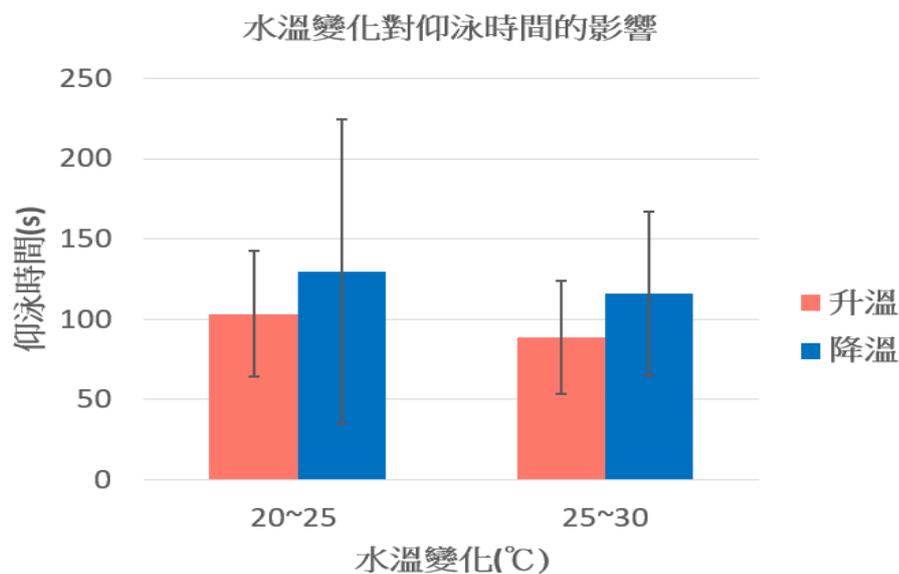


圖4-2水溫變化對仰泳時間的影響

表4-4比較水溫變化影響仰泳時間之差異

組別	20°C~25°C 升溫與降溫	25°C~30°C 升溫與降溫	升溫組	降溫組
顯著性 p 值	0.611	0.200	0.410	0.812

(四) 水溫變化對仰泳距離的影響

同前述實驗操作，測得仰泳時間的數據如表4-5所示，接著比較升溫及降溫的溫度變化時，其仰泳距離的長短，如圖4-3。由表4-5和圖4-3可看出在20°C~25°C、25°C~30°C組別中，水溫升高時均較水溫降低時，仰泳距離變長。統計分析各組間顯著性 p 值如表4-6所示，在同一水溫變化範圍，水溫升高和降低對仰泳距離長短無顯著差異；而同為升溫或降溫，在不同水溫變化範圍間亦無顯著差異。

表4-5水溫變化對仰泳距離的影響

仰泳距離 (cm)	溫度變化			
	20~25°C	25~20°C	25~30°C	30~25°C
平均值	7.21	4.56	7.25	6.81
標準差	5.511	2.886	6.664	5.429

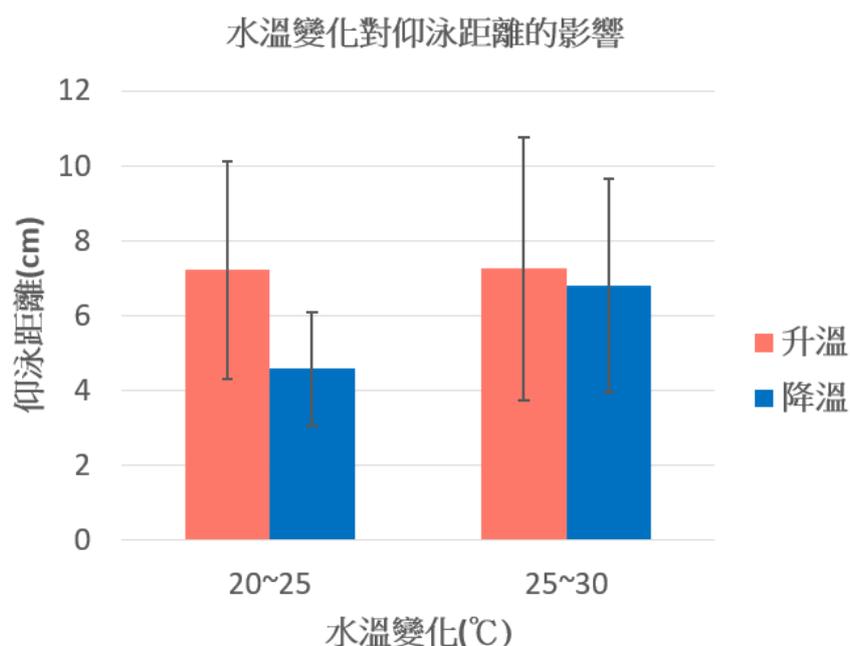


圖4-3水溫變化對仰泳距離的影響

表4-6比較水溫變化影響仰泳距離之差異

組別	20°C~25°C 升溫與降溫	25°C~30°C 升溫與降溫	升溫組	降溫組
顯著性 p 值	0.161	0.713	0.984	0.238

(五) 水溫變化對囊螺仰泳速率的影響

同前述實驗操作，推算仰泳速率的數據如表4-7所示，接著比較升溫及降溫的溫度變化時，仰泳速率的大小，如圖4-4。由表4-7和圖4-4可看出在20°C~25°C、25°C~30°C組別中，水溫升高時均較水溫降低時，仰泳速率變快，且在水溫20°C~25°C時，不論升高或降低，仰泳速率均較水溫25°C~30°C時快。統計分析各組間顯著性 p 值如表4-8所示，在20°C~25°C水溫範圍內，升溫和降溫時的仰泳速率無顯著差異；而在25°C~30°C水溫範圍內，升溫和降溫時的仰泳速率則有顯著差異(p<0.05)；此外，在不同水溫範圍，水溫升高或降低時的仰泳速率則無顯著差異。

表4-7水溫變化對仰泳速率的影響

仰泳速率(cm/s)	溫度變化			
	20~25(°C)	25~20°C	25~30°C	30~25°C
平均值	0.082	0.076	0.075	0.059
標準差	0.059	0.04	0.016	0.005

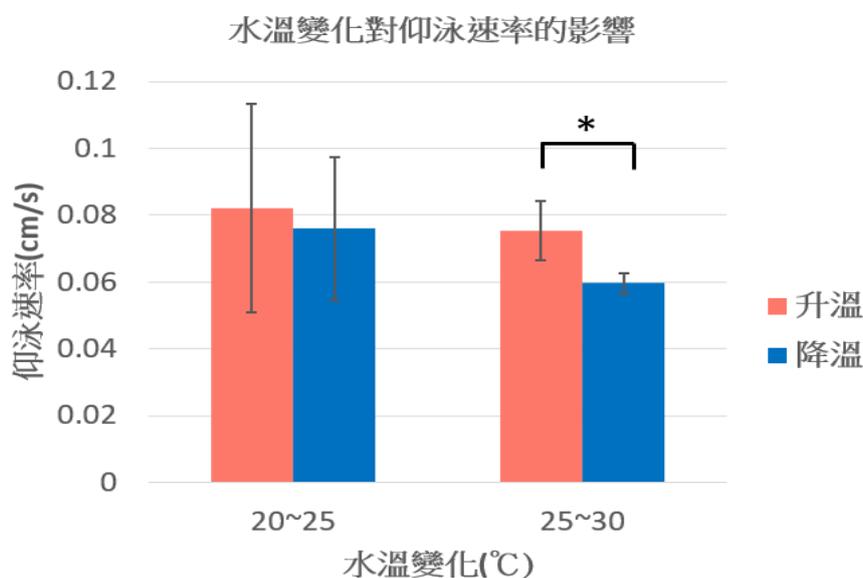


圖4-4水溫變化對囊螺仰泳速率的影響

表4-8比較水溫變化影響仰泳速率之差異

組別	20°C~25°C 升溫與降溫	25°C~30°C 升溫與降溫	升溫組	降溫組
顯著性 p 值	0.816	0.037*	0.753	0.271

(*表有顯著差異)

三、探討酸鹼差異對囊螺仰泳反應的影響

(一) 不同酸鹼水質對仰泳時間的影響

我們挑選10隻體型相近的囊螺，依序分放在不同 pH 值的水溶液中，測得仰泳時間的數據如表4-9所示。接著比較水質從中性變成酸性或鹼性時，仰泳時間的長短，如圖4-5所示。由表4-9和圖4-5可看出囊螺在 pH7的水中仰泳時間最長，其次為 pH6組別，在 pH8的水中仰泳時間最短。同時，以成對樣本 t 檢定做統計分析，各組間顯著性 p 值如表4-10所示，顯著性 p 值皆>0.05，顯示各組間仰泳時間無顯著差異。

表4-9不同酸鹼水質對仰泳時間的影響

仰泳時間 (s)	酸鹼值		
	pH6	pH7	pH8
平均值	178.4	187.2	155.7
標準差	106.1	213.1	70.5

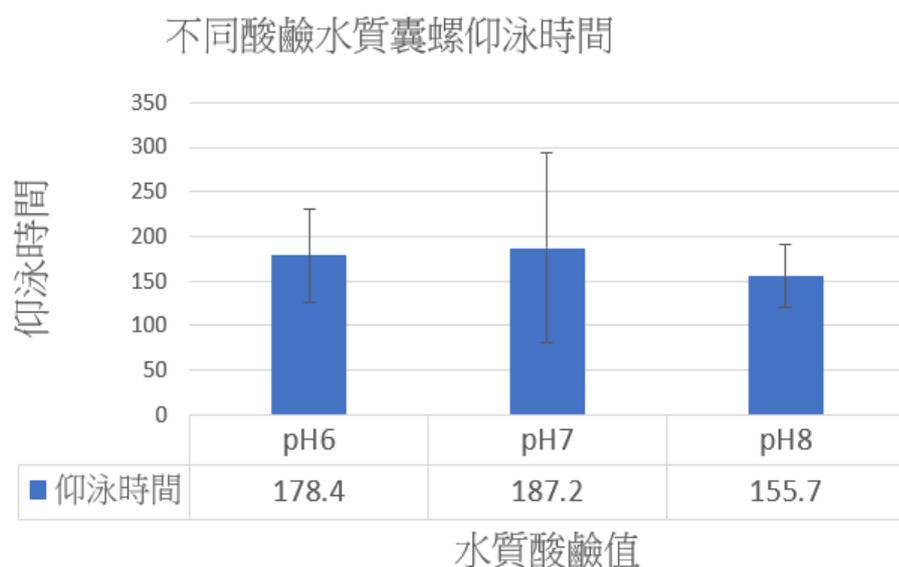


圖4-5不同酸鹼水質對仰泳時間的影響

表4-10比較不同酸鹼水質影響仰泳時間之差異

組別	pH6 & pH7	pH7 & pH8	pH6 & pH8
顯著性 p 值	0.914	0.648	0.581

(二) 不同酸鹼水質對腹足面積的影響

同前述實驗操作，測得腹足面積的數據如 表4-11所示，接著比較水質從中性變成鹼性或酸性時，腹足面積的大小變化，如圖4-6。由表4-11和圖4-6可看出囊螺在 pH7的水中仰泳時腹足面積最大，其次為 pH8組別，在 pH6的水中腹足面積最小。統計分析各組間顯著性 p 值如表4-12所示，在中性與酸性、中性與鹼性組別間 p 值皆<0.05，顯示水質由中性變為酸性或鹼性時，腹足面積變化有顯著差異。

表4-11不同酸鹼水質對腹足面積的影響

腹足面積(cm ²)	酸鹼值		
	pH6	pH7	pH8
平均值	0.343	0.467	0.375
標準差	0.071	0.051	0.057

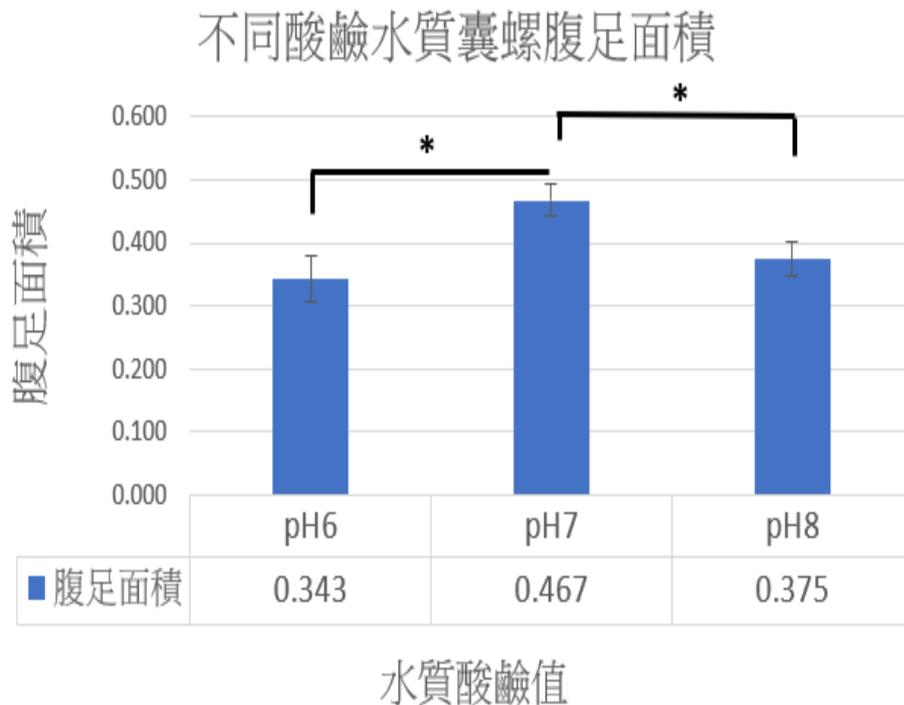


圖4-6不同酸鹼水質對腹足面積的影響

表4-12比較不同酸鹼水質影響腹足面積之差異

組別	pH6 & pH7	pH7 & pH8	pH6 & pH8
顯著性 p 值	0.013*	0.031*	0.423

(*表有顯著差異)

(三) 不同酸鹼水質對仰泳距離的影響

同前述實驗操作，測得仰泳距離的數據如表4-13所示，接著比較水質從中性變成鹼性或酸性時，仰泳距離的長短，如圖4-7。由表4-13和圖4-7可看出囊螺在 pH7的水中時仰泳距離最長，其次為 pH6組別，在 pH8的水中距離最短。統計分析各組間顯著性 p 值如表4-14所示，顯著性 p 值皆>0.05，顯示各組間仰泳距離無顯著差異。

表4-13不同酸鹼水質對囊螺仰泳距離的影響

仰泳距離(cm)	酸鹼值		
	pH6	pH7	pH8
平均值	4.18	5.98	3.91
標準差	1.69	3.20	1.80

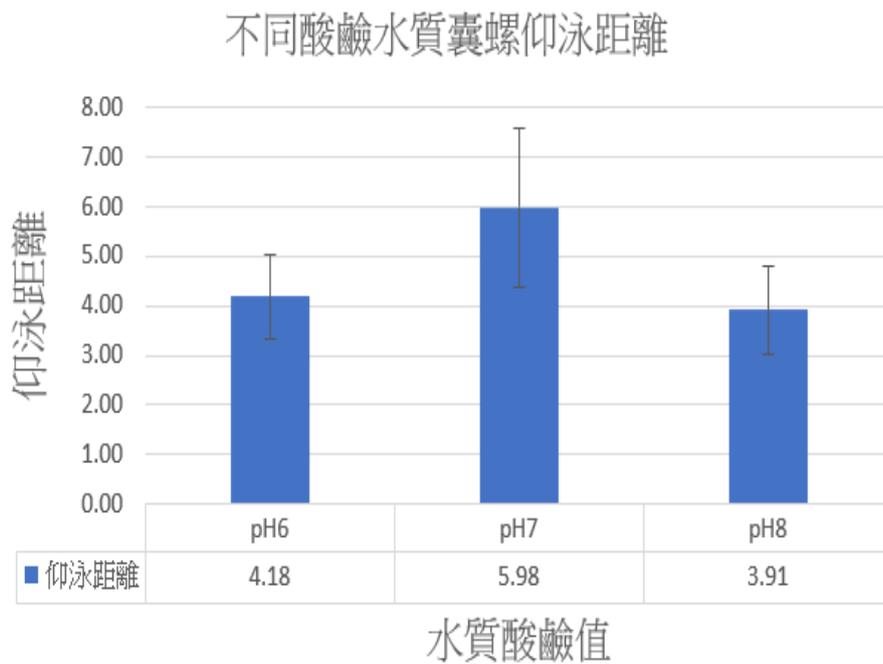


圖4-7不同酸鹼水質對囊螺仰泳距離的影響

表4-14比較不同酸鹼水質影響仰泳距離之差異

組別	pH6 & pH7	pH7 & pH8	pH6 & pH8
顯著性 p 值	0.239	0.173	0.467

(四) 不同酸鹼水質對囊螺仰泳速率的影響

同前述實驗操作，推算仰泳速率的數據如表4-15所示，接著比較水質從中性變成鹼性或酸性時，仰泳速率的大小變化，如圖4-8。由表4-15和圖4-8可看出囊螺在 pH7的水中時仰泳速率最快，其次為 pH6組別，在 pH8的水中速率最慢。統計分析各組間顯著性 p 值如表4-16所示，在中性與酸性、中性與鹼性組別間 p 值皆<0.05，顯示水質由中性變為酸性或鹼性時，仰泳速率變化有顯著差異。

表4-15不同酸鹼水質對仰泳速率的影響

仰泳速率 (cm/s)	酸鹼值		
	pH6	pH7	pH8
平均值	0.038	0.067	0.026
標準差	0.041	0.055	0.006

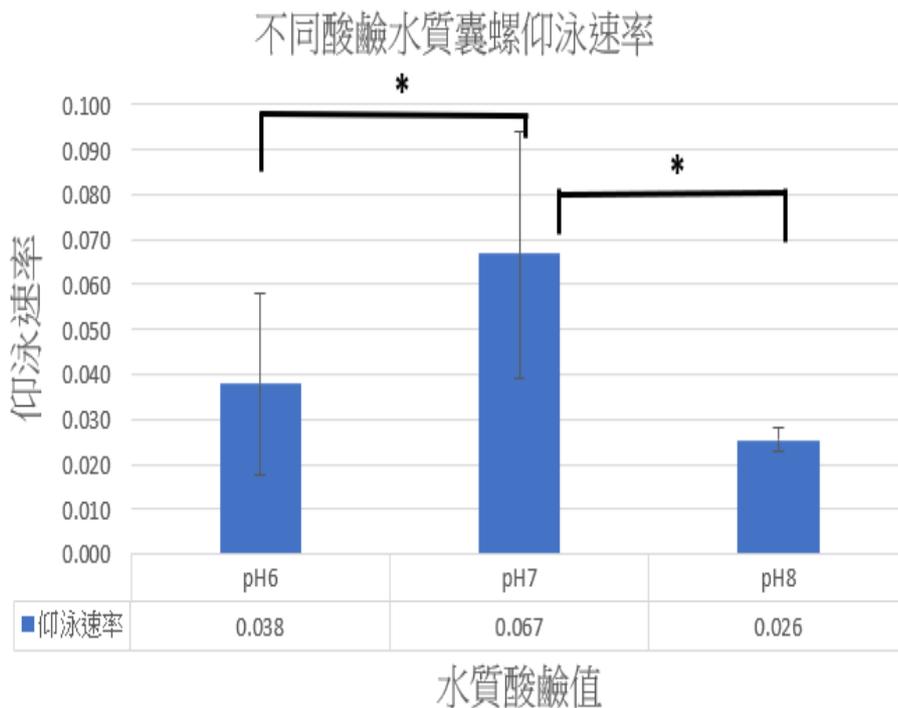


圖4-8不同酸鹼水質對仰泳速率的影響

表4-16比較不同酸鹼水質影響仰泳速率之差異

組別	pH6 & pH7	pH7 & pH8	pH6 & pH8
顯著性 p 值	0.007*	0.049*	0.390

(*表有顯著差異)

四、探討鹽濃度對囊螺仰泳反應的影響

(一)不同鹽濃度對腹足面積的影響

我們挑選10隻體型相近的囊螺，依序放入不同鹽濃度的水溶液中，測得腹足面積的數據(表4-17)。接著比較鹽濃度10ppm、100ppm組和純水對照組腹足面積的大小，如圖4-9所示。由表4-17和圖4-9可看出囊螺在純水中的腹足面積較大。同時，以成對樣本 t 檢定做統計分析，比較鹽濃度10ppm 和純水對照組腹足面積差異，顯著性 p 值遠<0.01，顯示兩組間腹足面積有顯著差異。

表4-17不同鹽濃度對腹足面積的影響

腹足面積(cm ²)	鹽濃度		
	0ppm	10ppm	100ppm
平均值	0.115	0.089	0.078
標準差	0.030	0.027	0.028

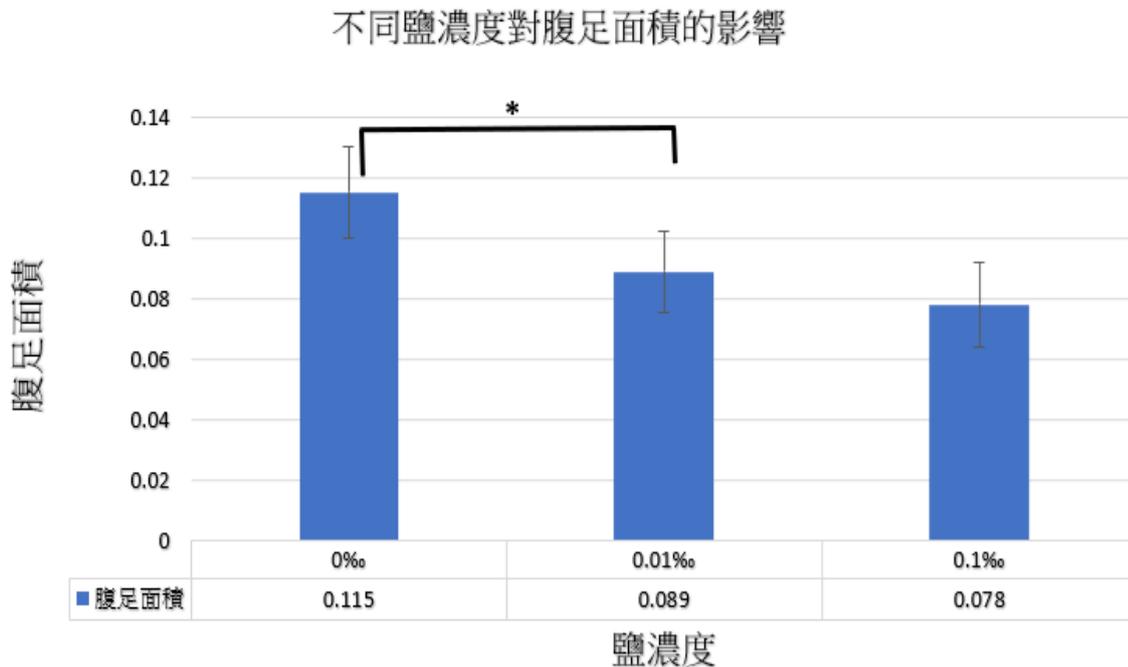


圖4-9不同鹽濃度對腹足面積的影響

(二)不同鹽濃度對仰泳時間的影響

同前述實驗操作，將囊螺依序放入不同鹽濃度的水溶液中，測得仰泳時間的數據(表4-18)，接著比較鹽濃度10ppm、100ppm 組和純水對照組仰泳時間的長短，如圖4-10所示。由表4-18和圖4-10可看出囊螺在純水中的仰泳時間較長，而在100ppm 鹽濃度中不仰泳。統計分析鹽濃度10ppm 和純水對照組仰泳時間差異，顯著性 p 值為0.171，顯示兩組間仰泳時間無顯著差異。

表4-18不同鹽濃度對仰泳時間的影響

仰泳時間 (s)	鹽濃度		
平均值	49.6	38.5	0
標準差	13.4996	14.555	0

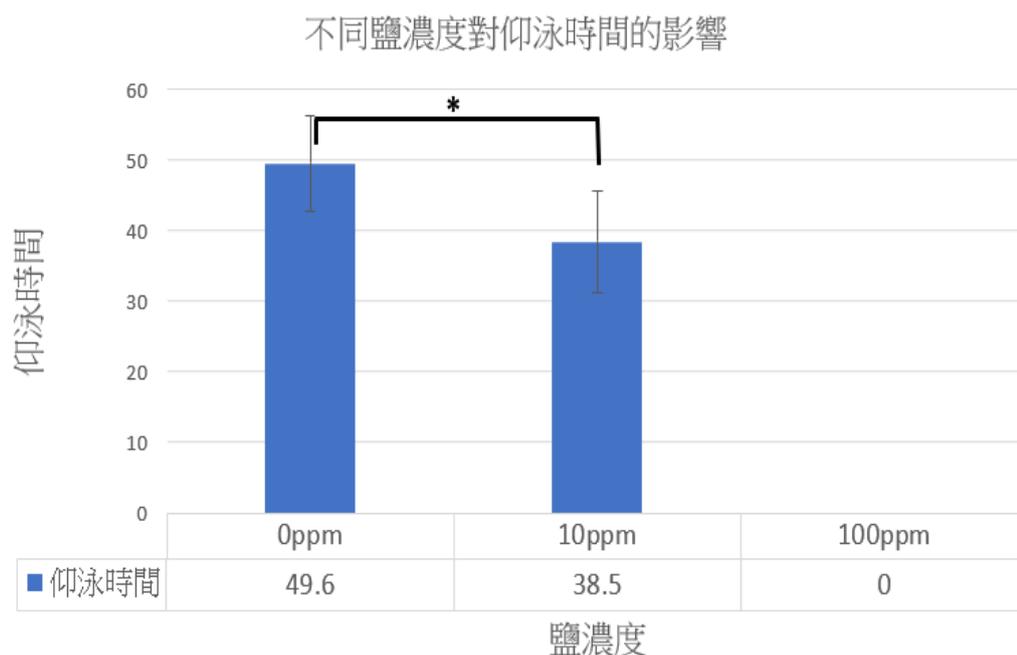


圖4-10不同鹽濃度對仰泳時間的影響

(三)不同鹽濃度對仰泳距離的影響

同前述實驗操作，測得仰泳距離的數據(表4-19)，接著比較鹽濃度100ppm、10ppm 組和純水對照組仰泳距離的長短，如圖4-11所示。由表4-19和圖4-11可看出囊螺在純水中的仰泳距離較長，而在100ppm 鹽濃度中不仰泳。統計分析鹽濃度10ppm 和純水對照組仰泳距離差異，顯著性 p 值為0.307，顯示兩組間仰泳距離無顯著差異。

表4-19不同鹽濃度對仰泳距離的影響

仰泳距離 (cm)	鹽濃度		
	0ppm	10ppm	100ppm
平均值	4.00255	2.95394	0
標準差	3.668	1.927	0

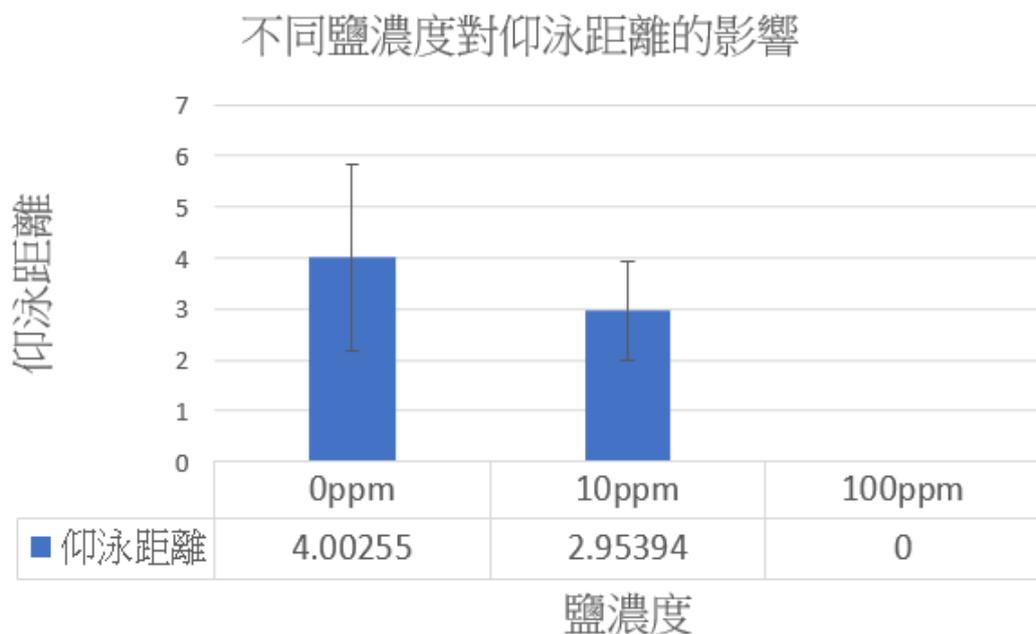


圖4-11不同鹽濃度對仰泳距離的影響

(四)不同鹽濃度對仰泳速率的影響

同前述實驗操作，推算仰泳速率的數據(表4-20)，接著比較鹽濃度10ppm、100ppm組和純水對照組的仰泳速率，如圖4-12所示。由表4-20和圖4-12可看出囊螺在鹽濃度10ppm組別的仰泳速率較純水組快，而在100ppm鹽濃度中不仰泳。統計分析鹽濃度10ppm和純水對照組仰泳速率差異，顯著性 p 值為0.331，顯示兩組間仰泳速率無顯著差異。

表4-20不同鹽濃度對仰泳速率的影響

仰泳速率 (cm/s)	鹽濃度		
	0ppm	10ppm	100ppm
平均值	0.07	0.077	0
標準差	0.023	0.182	0

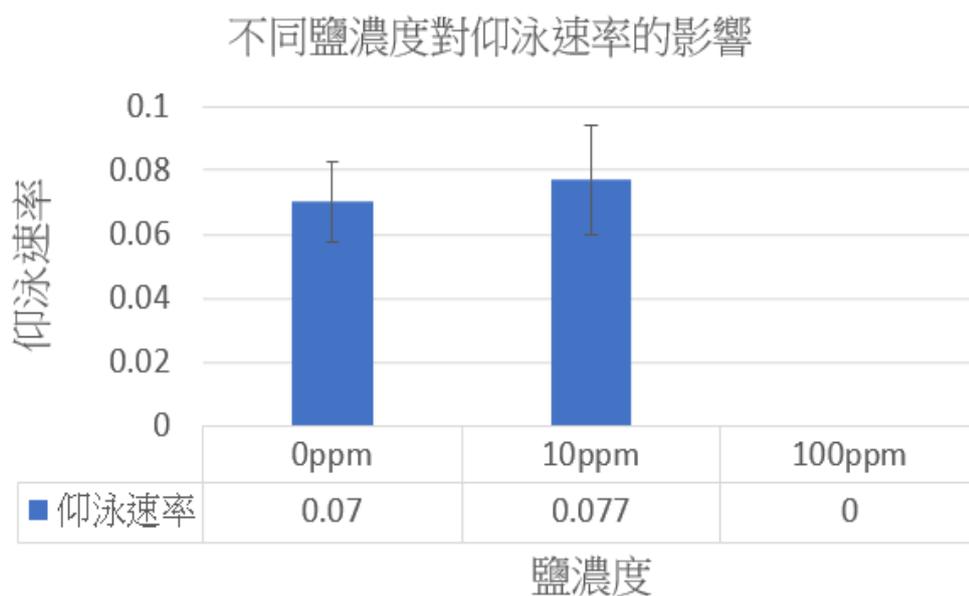


圖4-12不同鹽濃度對仰泳速率的影響

五、探討不同界面活性劑對囊螺仰泳反應的影響

(一) 不同界面活性劑對腹足面積的影響

我們挑選10隻體型相近的囊螺，依序放入不同界面活性劑的水溶液中，測得腹足面積(表4-21)，接著比較在不同界面活性劑中的腹足面積大小，如圖4-13所示。由表4-21和圖4-13可以看出有界面活性劑存在會讓囊螺腹足面積變小，其中，兩性離子界面活性劑中，囊螺腹足面積最大，在陰離子界面活性劑中面積最小。同時，以成對樣本 t 檢定做統計分析，各組間顯著性 p 值如表4-22所示，顯示囊螺不論處於何種界面活性劑中，腹足面積和在純水中相比皆有顯著差異；而在非離子界面活性劑中和其他種類界面活性劑中相比，腹足面積無顯著差異。

表4-21 不同界面活性劑(10 ppm)對腹足面積的影響

腹足面積(cm ²)	界面活性劑種類(10ppm)				
	陰離子	非離子	陽離子	兩性離子	純水
平均值	0.0358	0.0378	0.0364	0.0385	0.115
標準差	0.049	0.046	0.055	0.052	0.030

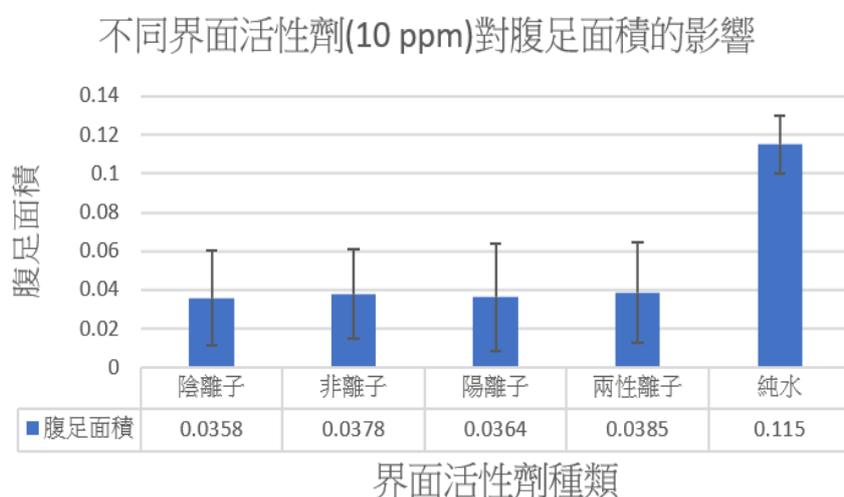


圖4-13 不同界面活性劑(10 ppm)對腹足面積的影響

表4-22 比較不同界面活性劑影響腹足面積之差異

	非離子	陽離子	兩性離子	純水
陰離子	0.001*	0.311	<0.001*	<0.001*
非離子	—	0.091	0.300	<0.001*
陽離子	—	—	0.007*	<0.001*
兩性離子	—	—	—	<0.001*

(*表有顯著差異)

(二) 不同界面活性劑對仰泳距離的影響

同前述實驗操作，測得仰泳距離的數據如表4-23所示，接著比較囊螺在不同界面活性劑種類時，仰泳距離的長短，如圖4-14所示。由表4-23和圖4-14，可以看出有界面活性劑時，囊螺仰泳距離較在純水中短，其中，在兩性離子界面活性劑中仰泳距離最長，而在陽離子界面活性劑中最短。統計分析各組間顯著性 p 值如表4-24所示，發現在兩性離子界面活性劑中和其他界面活性劑中相比，仰泳距離有顯著差異，但其和純水相比則無顯著差異。

表4-23不同界面活性劑對仰泳距離的影響

仰泳距離(cm)	界面活性劑種類(10ppm)				純水
	陰離子	非離子	陽離子	兩性離子	
平均值	1.911	2.083	1.831	2.384	4.00255
標準差	0.779	0.851	0.678	0.734	3.668

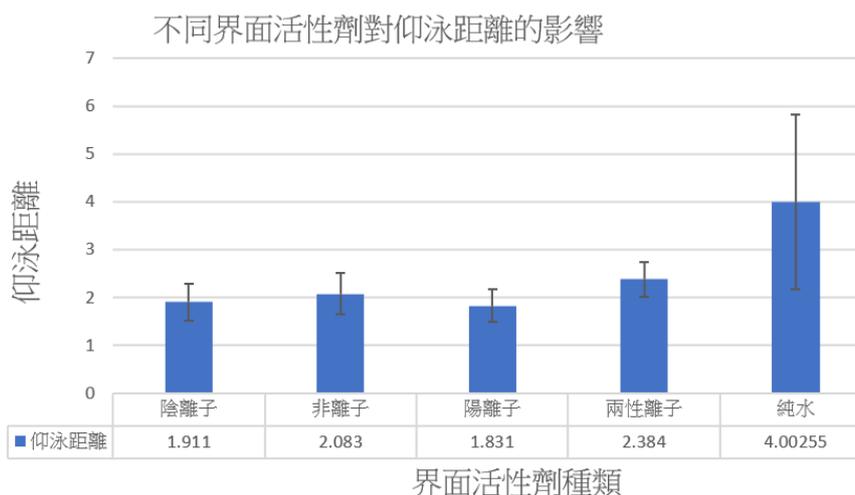


圖4-14不同界面活性劑對仰泳距離的影響

表4-24比較不同界面活性劑影響仰泳距離之差異

	非離子	陽離子	兩性離子	純水
陰離子	0.100	0.540	<0.001*	0.028*
非離子	—	0.046*	0.003*	0.058
陽離子	—	—	<0.001*	0.024*
兩性離子	—	—	—	0.125

(*表有顯著差異)

(三) 不同界面活性劑對仰泳時間的影響

同前述實驗操作，測得仰泳時間的數據如表4-25所示，接著比較囊螺在不同界面活性劑種類中時，仰泳時間的長短，如圖4-15所示。測得有界面活性劑存在和在純水中時，仰泳時間差異不大，其中，在陽離子界面活性劑中仰泳時間最長，在陰離子界面活性劑中則最短。統計分析各組間顯著性 p 值如表4-24所示，顯示各組間仰泳時間皆無顯著差異。

表4-25不同界面活性劑對仰泳時間的影響

仰泳時間(s)	界面活性劑種類(10ppm)				
	陰離子	非離子	陽離子	兩性離子	純水
平均值	48.2	56.3	58.1	54.8	49.6
標準差	16.485	17.510	13.845	11.677	14.555

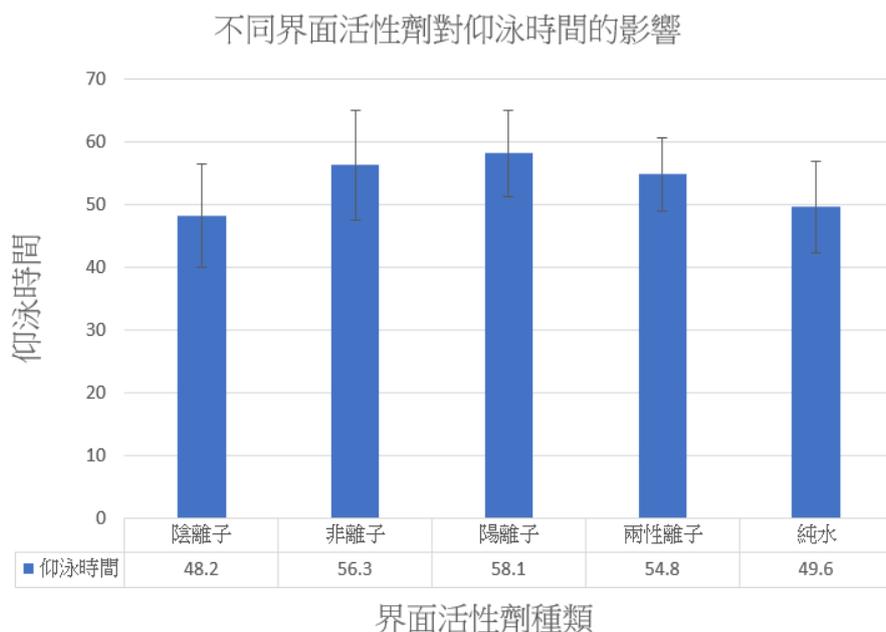


圖4-15不同界面活性劑對仰泳時間的影響

表4-26比較不同界面活性劑影響仰泳時間之差異

	非離子	陽離子	兩性離子	純水
陰離子	0.402	0.136	0.387	0.846
非離子	—	0.668	0.770	0.294
陽離子	—	—	0.453	0.156
兩性離子	—	—	—	0.340

(四) 不同界面活性劑對仰泳速率的影響

同前述實驗操作，推算仰泳速率的數據如表4-27所示，接著比較囊螺在不同界面活性劑種類時，仰泳速率的快慢，如圖4-16所示。推算出在有界面活性劑存在時，囊螺仰泳速率較在純水中慢，其中，在兩性離子界面活性劑中的速率最快，在陽離子界面活性劑中速率最慢。統計分析各組間顯著性 p 值如表4-28所示，顯示囊螺不論處於何種界面活性劑中，仰泳速率和在純水中相比皆有顯著差異；而在兩性離子界面活性劑中和其他種類界面活性劑中相比，仰泳速率亦有顯著差異。

表4-27不同界面活性劑對仰泳速率的影響

仰泳速率 (cm/s)	界面活性劑種類(10ppm)				純水
	陰離子	非離子	陽離子	兩性離子	
平均值	0.033	0.036	0.031	0.042	0.0696
標準差	0.010	0.010	0.009	0.011	0.023

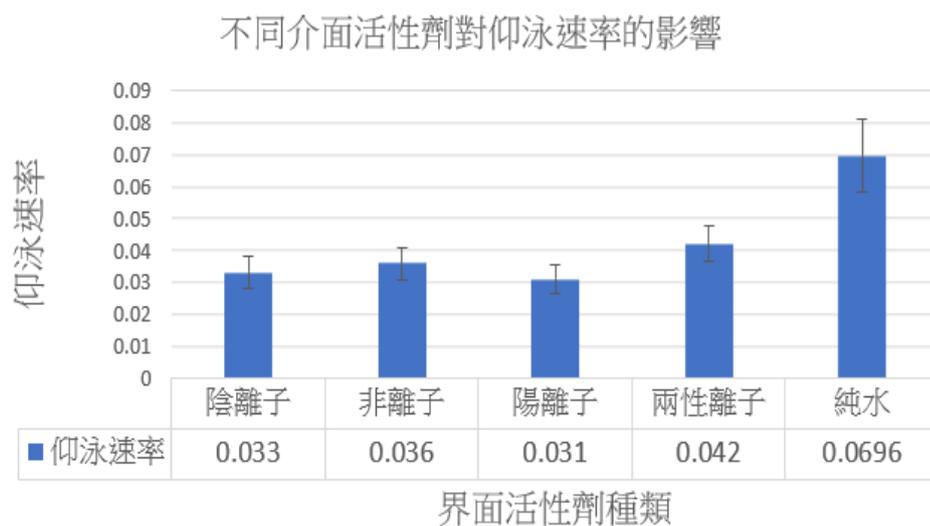


圖4-16不同界面活性劑對仰泳速率的影響

表4-28比較不同界面活性劑影響仰泳速率之差異

	非離子	陽離子	兩性離子	純水
陰離子	0.069	0.297	<0.001*	0.002*
非離子	—	0.116	0.020*	0.002*
陽離子	—	—	<0.001*	0.002*
兩性離子	—	—	—	0.011*

(*表有顯著差異)

伍、討論

一、在我們平時飼養觀察中，我們發現相較於蘋果螺，囊螺適應力很好，對水溫、汙染的抵抗力很強，好飼養。且囊螺螺殼形狀的特性可能讓身體更容易在水中滑動，減少了阻力；蘋果螺螺殼形狀則可能增加阻力(圖5-1)，有可能造成仰泳行為出現頻率的差異。再加上囊螺為極易取得的淡水螺種類，在一般的池塘、生態池和飼養缸就能發現，有汙染的河川或水溝也有機會看到。我們決定用囊螺作為實驗對象，較易觀察環境對於仰泳行為的影響。

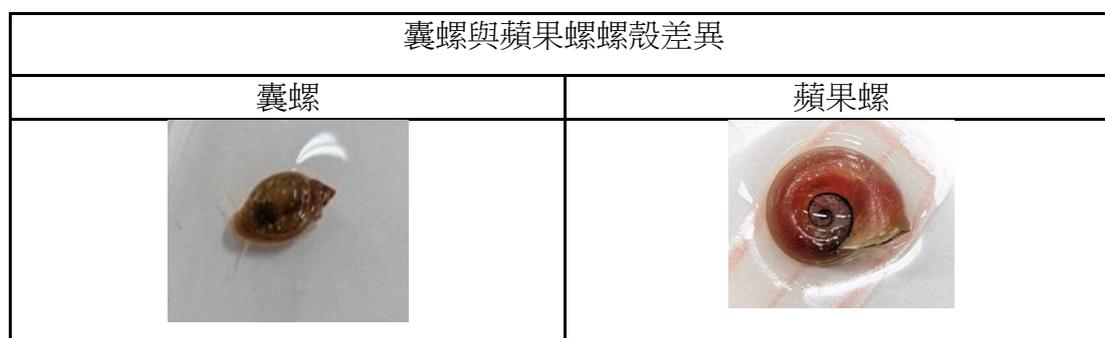


圖5-1 囊螺與蘋果螺的螺殼差異

二、水溫變化對囊螺腹足面積的影響

從文獻資料和我們在預備實驗的觀察中，我們發現相較於水中爬行或漂浮，囊螺仰泳時腹足會攤開，且當腹足攤開時，仰泳的穩定性和持久性較高。因此我們在實驗中測了十次囊螺的腹足面積，結果顯示水溫降低時，腹足面積較升高時的大，推測可能是水溫升高時，水中溶氧量會降低，讓囊螺氣囊的氣體量減少，浮力變小，不利仰泳；同時，囊螺在水溫升高時受到的環境熱壓力可能會增加，相較之下降溫時熱壓力較小，讓囊螺較易產生仰泳行為。

三、水溫變化對囊螺仰泳時間、距離和速率的影響

實驗結果顯示水溫降低時囊螺的仰泳時長會增加，推測可能是當囊螺仰泳時，可以減少與冷水接觸的表面積，從而減少熱量損失，因此當水溫降低時會以仰泳方式來減少熱量消耗。我們也發現水溫升高時，仰泳距離較長、速率增快，推測可能是升溫時，囊螺感受環境熱壓力增加，讓牠想移動到更舒適的環境，產生移動距離較長和速率增加的現象。

四、不同酸鹼水質對囊螺仰泳時間的影響

在此實驗中，pH 7 的水可能對囊螺的感覺器官產生較少的刺激，使其較易保持仰泳狀態；pH 6 和 pH 8 的水中，受到酸鹼刺激、不適應，使仰泳時間減少。同時，我們也觀察到剛把囊螺放入時，常出現想蜷縮、翻身等行為。

五、不同酸鹼水質對囊螺腹足面積的影響

在此實驗中，我們測了十次囊螺的腹足面積，在 pH7時腹足面積較大，推測可能是囊螺生活的水質較接近 pH7，較適應中性水質有關；一般囊螺較適合生活的 pH 值要略大於 7(硬水)，因為這樣鎂、鈣離子濃度會較高，對螺形成健康的螺殼比較好，而酸性水質會傷害到螺殼，這可能是在 pH8水質中的腹足面積略大於在 pH6水中的原因。

同一隻螺在不同酸鹼水質下露出的腹足面積		
pH6	pH7	pH8
		
0.174cm ²	0.233cm ²	0.205cm ²

圖5-2不同酸鹼水質對囊螺腹足收縮程度

六、不同酸鹼水質對囊螺仰泳距離和速率的影響

實驗結果顯示在 pH7水中的仰泳速率較快，距離也比較長，在酸性或鹼性的水質中，囊螺腹足受到的刺激比較大，造成仰泳有困難，因此仰泳距離和速率皆低於處在中性水質時。

七、淡水水域中有多種鹽類存在，我們嘗試將囊螺放在含有不同鹽濃度的水中，測試其仰泳反應的變化，發現在鹽濃度100ppm的水溶液中囊螺不會仰泳，且幾乎為蜷縮的狀態；而在10ppm的鹽水中，囊螺會表現仰泳，甚至出現掙扎的行為。我們推算使用鹽水溶液濃度對應的密度，發現和純水差不多，顯示囊螺在水溶液中受到浮力相同、沒入液面體積也幾乎相同，浮力相關因素應不是影響牠們表現仰泳的主因。但當鹽濃度變化時囊螺仰泳行為確實受到影響，甚至不仰泳，推測可能原因有：(一)囊螺對環境中鹽類濃度變化敏感，細微的變化會使牠蜷縮(可由腹足面積縮小觀察出)，不游泳及移動；(二)雖鹽濃度100ppm的水溶液是屬於淡水常見鹽濃度範圍內，但可能這個濃度對於囊螺還是偏高，造成過度刺激而沒有仰泳反應。

八、淡水水域中常出現人類活動排放的汙染物，我們模擬水質受清潔劑汙染的環境，將囊螺放在不同的界面活性劑中，觀察其仰泳反應的變化。發現囊螺在有界面活性劑存在的環境中，仰泳速率會變慢，腹足面積縮小，不利於仰泳。推測可能是界面活性劑會破壞表面張力，提升囊螺仰泳難度所致。此外，我們發現在不同種類界面活性劑中，囊螺仰泳表現有所不同，其中，在兩性離子界面活性劑內，仰泳速率最快，腹足面積也較大，推測可能是兩性離子界面活性劑對囊螺的生物相容性較高，刺激較小，以及表面張力被破壞較少所致。

陸、結論

本研究中我們發現環境變化會影響囊螺的仰泳反應：(一)當水溫降低時，囊螺仰泳時間會變長，但移動距離短、速率慢，推測可能此水溫變化讓環境壓力降低，螺不需移動去躲避危險，能維持相對節能的仰泳行為。(二)囊螺在中性水質中仰泳時間最久，也較易以仰泳方式移動，仰泳速率較快，水質酸鹼值改變則會變慢，推測與其最適應中性環境有關。(三)我們發現些微的鹽濃度變化會使囊螺不仰泳，可能其對於水中鹽類敏感度較高，當環境不利時便不仰泳以免增加其他生存風險(如：被掠食)。(四)在模擬汙染水域時，因為表面張力降低，干擾仰泳行為，且因囊螺受刺激不利其仰泳。總結以上，囊螺只在環境適合生存和有適當表面張力條件下，會表現仰泳行為，減少能量消耗；而當環境壓力變大、威脅其生存時，便不仰泳減少面臨的生存風險。此結果可作為淡水螺飼養或有害淡水螺防治的參考。

柒、參考文獻資料

- 一、翁語霏，魏弘亮，涂丞涵，周榆庭，郭書帆，王暉鈞，(2023)，雌雄莫辨-蘋果螺繁殖行為之探討，中華民國第63屆中小學科學展覽會作品說明書。<https://reurl.cc/krmZzq>
- 二、王苡珊，鍾招佑，許晉璋，(2023)，構造、力學與能耗比較淡水螺的仰泳機制，中華民國第63屆中小學科學展覽會作品說明書。<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/63/pdf/NPHSF2023-052007.pdf?0.24373587151058018>
- 三、林佑亭，潘冠衡，(2020)，森「螺」萬「像」—探討斑蝥習性與其生存環境的關係，中華民國第60屆中小學科學展覽會作品說明書。
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/60/pdf/NPHSF2020-030306.pdf?143>
- 四、Wyatt Mendelson，(2023)，Can Snails Swim? Uncovering the Aquatic Abilities of These Slimy Creatures。檢自:<https://escargot-world.com/category/snail-wiki/>
- 五、邱郁文，(2000)，淺談淡水的螺類。檢自:<https://e-info.org.tw/node/16340>
- 六、中國科學報張雙虎，(2021)【中國科學報】淡水變鹹浮游生物多樣性受損，中國科學院
- 七、阿簡，(2007)，以 ImageJ 測量葉面積。
檢自:https://a-chien.blogspot.com/2007/09/imagej_2149.html
- 八、Fengyang Min，Jiasheng Wang，(2022)，Environmental Factors Affecting Freshwater Snail Intermediate Hosts in Shenzhen and Adjacent Region, South China。檢自:<https://www.mdpi.com/2414-6366/7/12/426>
- 九、Liliana Zalizniak，Ben J. Kefford，(2009)，Effects of pH on salinity tolerance of selected freshwater invertebrates。檢自:<https://link.springer.com/article/10.1007/s10452-007-9148-5>
- 十、Olkeba，Beekam Kebede，(2020)，Environmental and biotic factors affecting freshwater snail intermediate hosts in the Ethiopian Rift Valley region。檢自:
<https://reurl.cc/Z9pLEq>
- 十一、D. P. Vaidya，R. Nagabhushanam，(1979)，Influence of salt concentrations on survival, body weight and blood chloride of the freshwater snail, *Indoplanorbis exustus* (Deshyes)。檢自:<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00023622>
- 十三、Aneta Spyra，(2017) Acidic, neutral and alkaline forest ponds as a landscape element affecting the biodiversity of freshwater snails。檢自:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00114-017-1495-z>