

裝訂線

屏東縣第 61 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生物科

組 別：國中組

作品名稱：探討粉紅噪音播放對斑馬魚空間記憶的影響

關 鍵 詞：斑馬魚、粉紅噪音、空間記憶

裝訂線

編號：B4013

裝訂線

摘要

有研究指出粉紅噪音對人類記憶有所助益，因此我們想了解粉紅噪音對模式生物斑馬魚記憶有何影響。本研究在斑馬魚睡眠期間播放粉紅噪音，並透過改變粉紅噪音的音量、時段及時間長短，來了解粉紅噪音會如何影響斑馬魚對 T 字迷宮舒適區的空間記憶。研究結果發現斑馬魚訓練前對 T 字迷宮沒有左右偏好；群體訓練的效果比單隻訓練好；以 31~40 分貝音量於 4:00 AM 時播放粉紅噪音 30 分鐘，有助於斑馬魚的空間記憶；粉紅噪音對於減少長期記憶衰退可能有幫助。

壹、研究動機

有一次我們在網路上看到 Pink Noise Improves Memory, Deepens Sleep (2017) 的報導，報導說：「人類睡前聽粉紅噪音的音樂有助於睡眠而提升記憶力」。我們就想說，既然人類有此行為，想實驗和人不同綱的魚，是否也是有這樣的現象，所以我們選用和人類有 87% 基因相似的斑馬魚來做實驗，雖說有關睡眠對斑馬魚記憶影響的研究有許多篇，但研究多著重在剝奪睡眠對記憶的影響，但對於促進睡眠對記憶影響的研究較少，而空間記憶的研究有做過腦區，或聲音、顏色、環境等刺激對空間記憶的影響，卻沒有做過促進睡眠對空間記憶的研究，因此我們想探討斑馬魚這部份的研究，並為睡眠對記憶影響的研究多些探討。

貳、研究目的

- 一、觀察斑馬魚的空間行為和睡眠品質
 - (一) 觀察觀賞用斑馬魚在 T 字迷宮中的選擇偏好
 - (二) 探討粉紅噪音對觀賞用斑馬魚睡眠品質的影響
- 二、探討斑馬魚的訓練模式對空間記憶形成的影響
- 三、探討粉紅噪音播放音量對斑馬魚空間記憶的影響
- 四、探討粉紅噪音播放時段對斑馬魚空間記憶的影響
- 五、探討粉紅噪音播放時間長度對斑馬魚空間記憶的影響

參、研究設備及器材

一、實驗生物：觀賞用斑馬魚（210 隻，公母各半）

（一）魚隻來源：於屏東市永信水族館購買。

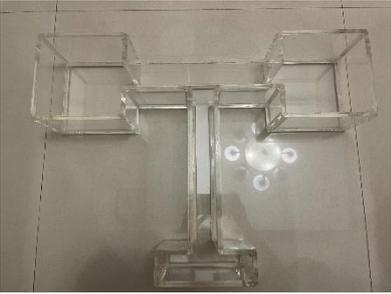
（二）飼養方法：

1. 當有新的魚隻時，將清洗乾淨的養殖箱加八分滿水至魚缸內，加入一個瓶蓋的除氯劑，並將原本包在塑膠袋的魚隻泡在缸裡 2 小時，等待至斑馬魚適應水溫後，剪開袋子讓斑馬魚自己游入養殖缸內，每缸飼養 10 隻。
2. 斑馬魚基本飼養環境為 22~30 度，每週三換魚缸 2/3 的水，定期吸取魚缸底部的泄物，並 3 天加 1 次水質穩定劑，餵食 1 天 3 次（中午），並裝設水質過濾打氣機，溫度過低時使用加溫棒維持水溫。
3. 睡眠時間為 9:00 PM 至 7:00 AM。日夜週期為 14 小時白天/10 小時黑暗。

二、飼養用器材

		
魚缸 (9 大 1 小)	過濾裝置	打水器
		
觀賞魚飼料	自動餵食器	加溫棒

三、實驗用器材

		
<p>T 字形迷宮</p>	<p>錄音筆</p>	<p>溫度計</p>
		
<p>燈（調魚的睡眠周期）</p>	<p>水草</p>	<p>手機（Iphone 6s）</p>
		
<p>分貝計</p>	<p>計時器</p>	<p>隔音棉</p>

四、紀錄用器材：紀錄簿及以下器材。

	 	
<p>手機</p>	<p>GOPRO HERO7 GOPRO HERO9</p>	<p>筆記型電腦</p>

肆、研究過程或方法

本研究利用斑馬魚生活喜好製作 T 字迷宮，將兩側分為舒適區與普通區，訓練斑馬魚前往舒適區。透過持續 3 天於睡眠時播放粉紅噪音，並於清醒時進行訓練，觀察 3 天訓練過程中以及結束訓練的 2 天內斑馬魚在 T 字迷宮中抵達原舒適區的時間和隻數變化。

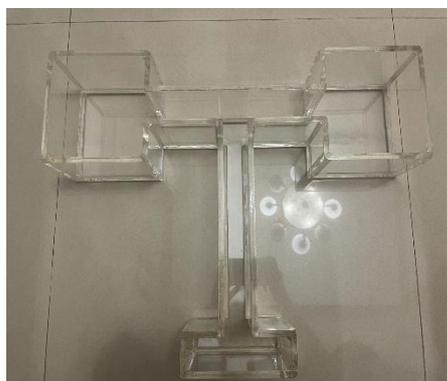


圖 1. T 字迷宮

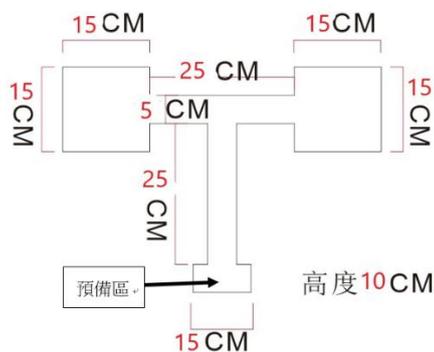


圖 2. T 字迷宮尺寸



圖 3. 舒適區

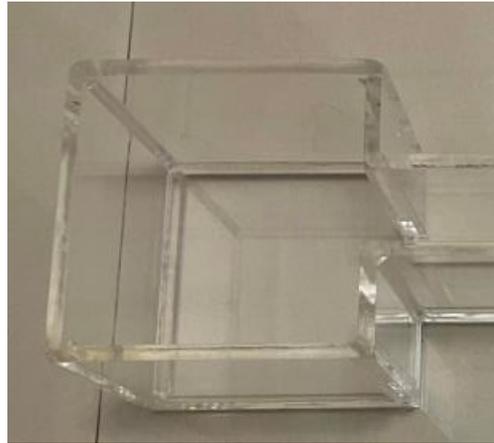


圖 4. 普通區

一、觀察斑馬魚的睡眠和空間行為

此研究觀察斑馬魚的睡眠和空間行為，為確認斑馬魚對 T 字迷宮的左右兩側並無特殊偏好而進行此項實驗。

(一) 探討觀賞用斑馬魚在 T 字迷宮中的行為

為了確認斑馬魚是否對 T 字迷宮有特別偏好，我們使用 50 隻斑馬魚進行 3 天的測試，每次測試 1 隻，讓斑馬魚在 T 字迷宮內停留 3 分鐘（T 字迷宮兩邊皆無佈置），且紀錄斑馬魚第一個進入兩側的其中之一方向，且在到達方向後不會撈起斑馬魚，直到 3 分鐘為止，若 3 分鐘內斑馬魚未選擇任何方向則紀錄為失敗，目的是為了確保所有斑馬魚不會對任意一邊產生記憶。實驗過後進行分析，探討斑馬魚是否對於 T 字迷宮的左右兩側有特殊喜好。

(二) 探討粉紅噪音對觀賞用斑馬魚睡眠品質的影響

1. 使用 7 隻斑馬魚，並在 2:00 AM 播放不同音量的粉紅噪音（來源 <https://www.youtube.com/watch?v=RA8gajb1KOU>），每次播放 2 分鐘，每種音量播放 3 天。
2. 播放粉紅噪音前，先將裝入防水袋的錄音筆放入魚缸中錄音，再回播以確認水中有無收到聲音後，才正式進行實驗。

3. 粉紅噪音播放音量調整以手機音量播放格數為準，經分貝計測試結果，對照組為靜音，一格音量為 20~30 分貝；二格音量為 31~40 分貝；三格音量為 41~50 分貝；四格音量為 51~55 分貝；五格音量為 56~60 分貝。
4. 用監視器紀錄播放後 2 分鐘斑馬魚睡眠的狀況。將手機放置在魚缸中央，且將背景音量控制 25 分貝以下。



圖 5. 播放粉紅噪音的過程

二、探討斑馬魚的訓練模式對空間記憶形成的影響

此研究觀察斑馬魚是否因單獨訓練或群體訓練模式而對記憶造成影響，以探討何種訓練方式較適合斑馬魚。實驗組為群體訓練（5 隻）；對照組為單獨訓練。

- （一）將 T 字迷宮的兩端分別設置為舒適區（右邊）與普通區（左邊），將水草及石頭放置在舒適區，普通區則不放置任何東西。
- （二）將迷宮加水至 8 公分，把 T 字迷宮用紙板圍住（使用白色紙板，降低原背景設彩的影響），並且確認 T 字迷宮並無傾斜，並且周圍環境噪音小於 30 分貝。
- （三）訓練階段：將斑馬魚放入 T 字迷宮內，紀錄斑馬魚在 T 字迷宮中的情況並攝影紀錄，訓練時間是播放粉紅噪音粉紅噪音 10 分鐘後隔天上午 11:00 進行訓練。其中

單獨訓練組是每次施放 1 隻，總共施放 20 隻（公母各半）。群體訓練組是每次施放 5 隻，總共施放 20 隻（公母各半）。

（四）驗收階段：訓練後 30 分鐘進行成果驗收，將兩組的斑馬魚以每次 1 隻置於 T 字迷宮的預備區（成果驗收時，將原舒適區的水草撤掉），並紀錄斑馬魚抵達原舒適區（右邊）的次數和所需時間。若斑馬魚待在 T 字迷宮中長達 5 分鐘遲遲不做選擇，則紀錄為未游動。

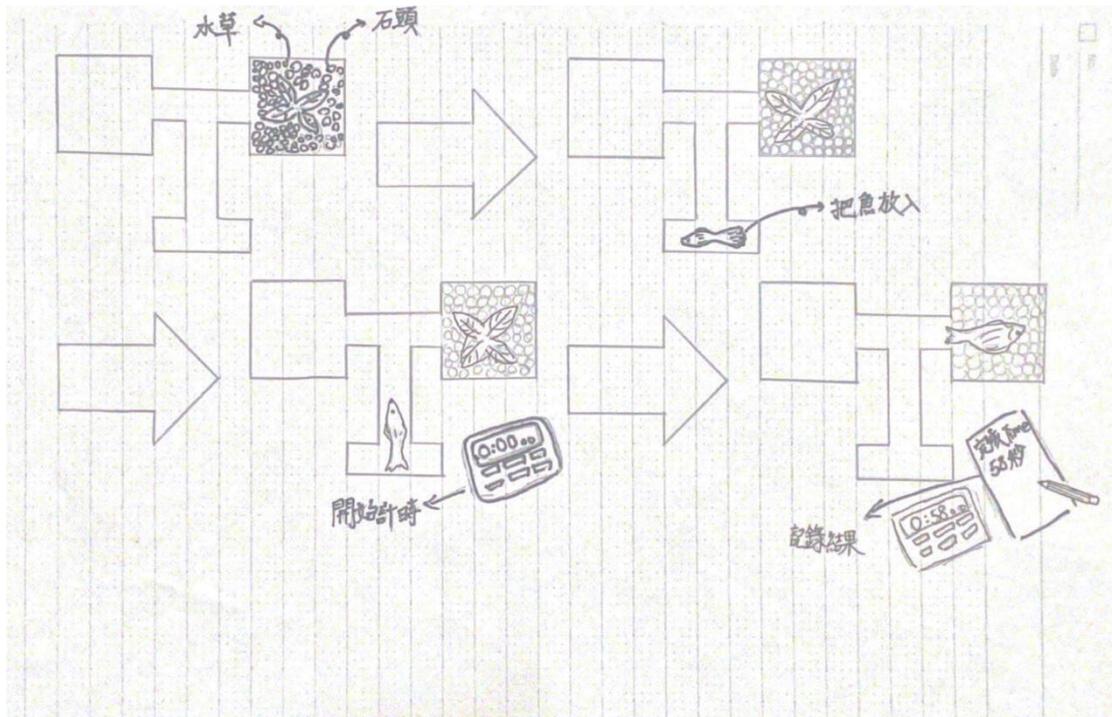


圖 6. 觀賞用斑馬魚空間記憶訓練流程



圖 7. 訓練過程

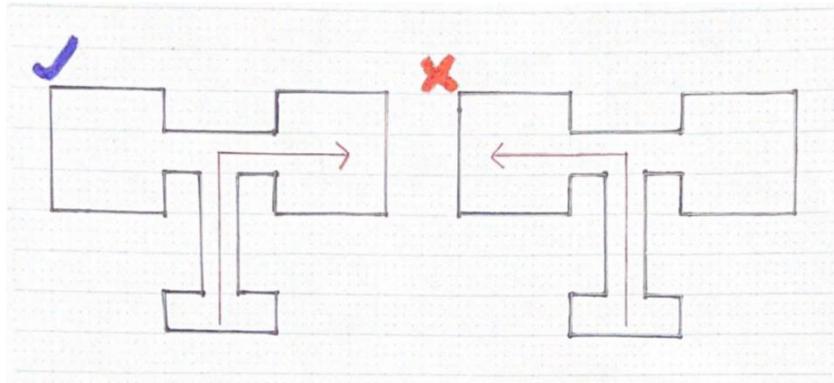


圖 8. 判斷斑馬魚訓練是否成功（若選擇右側為成功，左側則為失敗）



圖 9. 斑馬魚進入舒適區

三、探討粉紅噪音播放音量對斑馬魚空間記憶的影響

本實驗目的是探討何種音量的粉紅噪音有利於斑馬魚的空間記憶，並作為後續實驗的依據。

- (一) 粉紅噪音播放階段：實驗組於睡眠時間 2:00 AM（取睡眠時段的中間值）播放粉紅噪音 10 分鐘，共分成 3 組（每組 10 隻，公母各半），分別播放 20～30 分貝、31～40 分貝、41～50 分貝；對照組則不播放粉紅噪音。
- (二) 訓練階段：根據研究二的結果，於播放後隔天下午 2 點，以群體訓練方式進行訓練。
- (三) 驗收階段：訓練後 30 分鐘進行成果驗收，將四組的斑馬魚以每次 1 隻置於 T 字迷宮的預備區，並紀錄斑馬魚抵達原舒適區（右邊）的次數和所需時間。若斑馬魚待在 T 字迷宮中長達 5 分鐘遲遲不做選擇，則紀錄為未游動。
- (四) 第一～三天為播放粉紅噪音 + 訓練 + 驗收，第四～五天為播放粉紅噪音 + 驗收，共實驗 5 天。

四、探討粉紅噪音播放時段對斑馬魚空間記憶的影響

- (一) 粉紅噪音播放階段：根據研究三結果，實驗組播放 31~40 分貝的粉紅噪音 10 分鐘，分別於 12:00 AM、2:00 AM、4:00 AM；對照組則不播放粉紅噪音，共分成 3 組（每組 10 隻，公母各半）。
- (二) 訓練階段：根據研究二的結果，於播放後隔天下午 2 點，以群體訓練方式進行訓練。
- (三) 驗收階段：訓練後 30 分鐘進行成果驗收，將四組的斑馬魚以每次 1 隻置於 T 字迷宮的預備區，並紀錄斑馬魚抵達原舒適區（右邊）的次數和所需時間。若斑馬魚待在 T 字迷宮中長達 5 分鐘遲遲不做選擇，則紀錄為未游動。
- (四) 第一~三天為播放粉紅噪音 + 訓練 + 驗收，第四~五天為播放粉紅噪音 + 驗收，共實驗 5 天。

五、探討粉紅噪音播放時間長度對斑馬魚空間記憶的影響

- (一) 粉紅噪音播放階段：實驗組於 2:00 AM 播放 31~40 分貝的粉紅噪音，播放 31~40 分貝的粉紅噪音，共分成 3 組（每組 10 隻，公母各半），分別播放 3 分鐘、10 分鐘、30 分鐘；對照組則不播放粉紅噪音。
- (二) 訓練階段：根據研究二的結果，於播放後隔天下午 2 點，以群體訓練方式進行訓練。
- (三) 驗收階段：訓練後 30 分鐘進行成果驗收，將四組的斑馬魚以每次 1 隻置於 T 字迷宮的預備區，並紀錄斑馬魚抵達原舒適區（右邊）的次數和所需時間。若斑馬魚待在 T 字迷宮中長達 5 分鐘遲遲不做選擇，則紀錄為未游動。
- (四) 第一~三天為播放粉紅噪音 + 訓練 + 驗收，第四~五天為播放粉紅噪音 + 驗收，共實驗 5 天。

伍、研究結果

一、觀察斑馬魚的睡眠和空間行為

(一) 探討觀賞用斑馬魚在 T 字迷宮中的行為

由表 1 和圖 10 可知道斑馬魚對於 T 字迷宮的左右兩側並無特別偏好，左右選擇百分比相差 0.3%。

表.1 觀賞用斑馬魚在 T 自迷宮中的選擇偏好 (總數 50 隻)

天數 選擇偏好	第一天	第二天	第三天	平均
左 (%)	48	50	48	48.7
右 (%)	50	48	52	50
未選擇 (%)	2	2	0	0.3

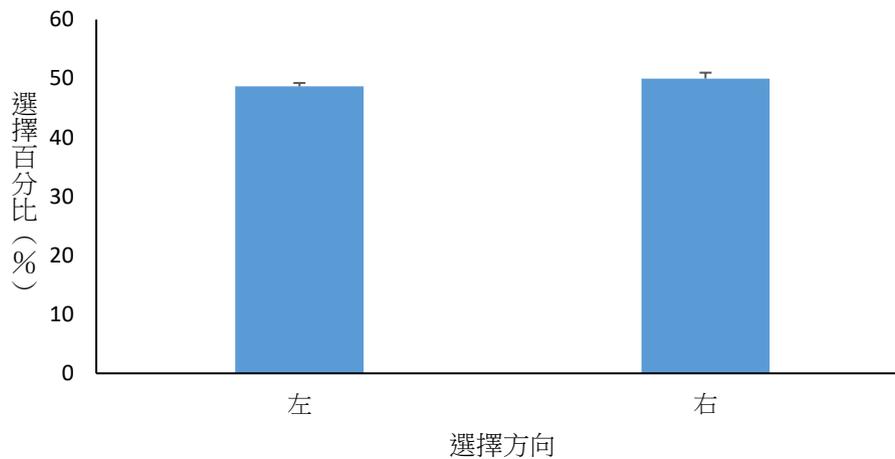


圖.10 觀賞用斑馬魚在 T 字迷宮中的選擇偏好

(二) 探討粉紅噪音對觀賞用斑馬魚睡眠品質的影響

1. 行為定義解釋 (圖 11、表 2)

(1)睡眠：斑馬魚完全靜止不動達到 1 分鐘以上，並且多數時候停留在底部。

(2)低速游動：斑馬魚在十秒內有移動，且斑馬魚游游停停。

(3)游動：與白天斑馬魚游動正情況相同，最多停下不超過三秒。

(4)驚動：斑馬魚游動速度明顯高於游動，且會影響到其他斑馬魚。

2. 由表 2 和圖 11 可知，播放音量在三格以下都不會出現驚動現象，因此我們認為三格以下的音量不會對斑馬魚造成太大影響，後續實驗的音量測試也採用一～三格進行測試，而一格以下則是播放前後完全不會影響睡眠。

表 2.觀賞用斑馬魚在不同粉紅噪音音量播放前後的平均表現隻數

睡眠情況	靜音		一格		二格		三格		四格		五格	
	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	左
播放紅噪音												
睡眠(隻)	2	2	1.9	1.9	1.3	1	1.3	0.9	1.6	1.6	1	0.3
低速游動(隻)	3	2.6	4.3	4	4.9	4.3	4	4	3.3	1.6	3	1
游動(隻)	2	2.3	0.9	1.3	1	1.6	1.6	2.1	2	1.9	3	4
驚動(隻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.9	0	1.6

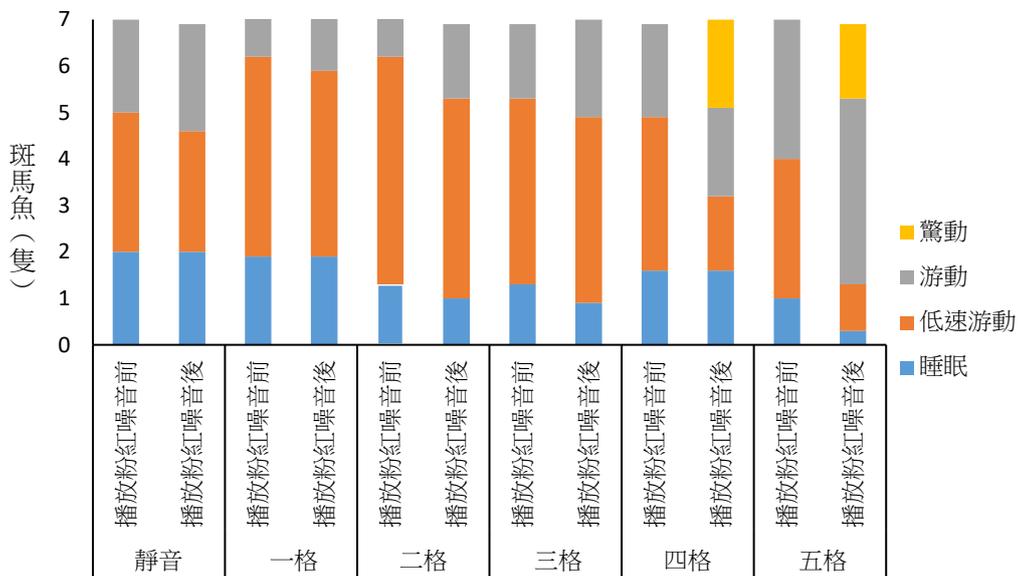


圖.11 觀賞用斑馬魚在不同音量下睡眠的表現

二、探討斑馬魚的訓練模式對空間記憶形成的影響

(一) 數量變化 (根據表 3 和圖 12)

1. 從斑馬魚游進指定區域的數量百分比平均來看，群體訓練的百分比高於單獨訓練，可見群體訓練效果好於單隻訓練。
2. 第一～三日兩者的數量皆有增加，第四～五日兩者皆減少，但群體訓練的數量仍大於單隻。

(二) 秒數變化 (根據表 4 和圖 13)

1. 群體訓練的秒數平均小於單隻訓練。
2. 前三日單隻訓練的秒數減少、群體訓練的秒數增加，第四～五日單隻訓練的秒數增加，群體訓練的秒數減少。

(三) 小結

根據上述結果，我們認為群體訓練組的效果最佳。

表 3. 斑馬魚在不同訓練方法下游進指定區域的數量百分比

訓練方法 天數	單隻			群體		
	達成	未達成	未游動	達成	未達成	未游動
第一天	50.0	50.0	0.0	50.0	50.0	0.0
第二天	50.0	33.3	16.7	66.7	33.3	0.0
第三天	66.7	33.3	0.0	66.7	33.3	0.0
第四天	66.7	33.3	0.0	83.3	16.7	0.0
第五天	50.0	50.0	0.0	66.7	16.7	16.7
平均	56.7	40.0	3.3	66.7	30.0	3.3

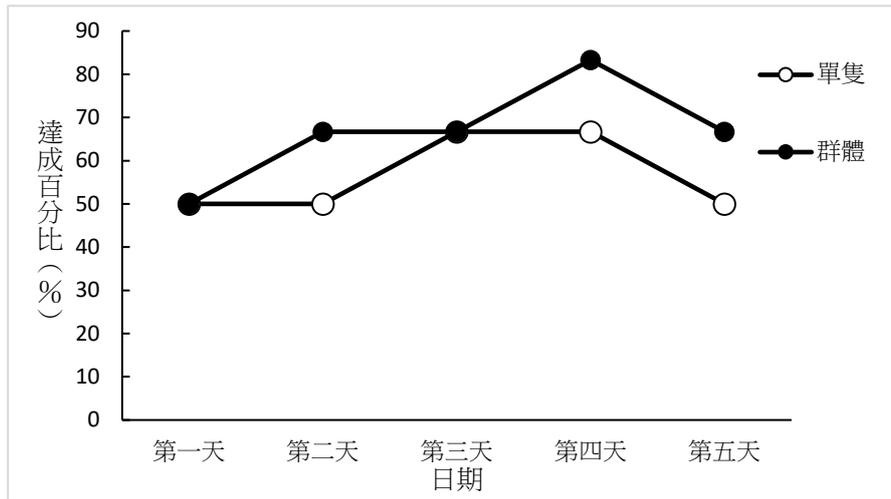


圖.12 斑馬魚在不同訓練方法下游進指定區域的數量變化

表 4. 斑馬魚在不同訓練方法下游進指定區域的秒數變化

訓練方法 天數	單隻	群體
第一天	39.7	27
第二天	33.7	36.3
第三天	36.5	40.3
第四天	38.8	37.4
第五天	46.3	40.5
平均	39.0	36.3

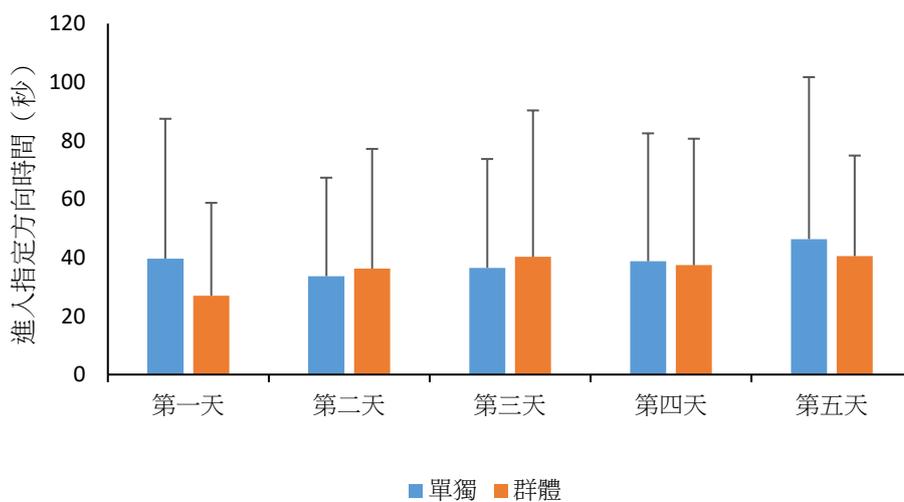


圖.13 斑馬魚在不同訓練方法下游進指定區域的秒數變化

三、探討粉紅噪音播放音量對斑馬魚空間記憶的影響

(一) 數量變化 (根據表 5、圖 14)

1. 與對照組相較，各粉紅噪音組未游動的平均百分比都有增加，但以 20~30dB 組增加較多。
2. 與對照組相較，31~40dB 和 41~50dB 組的達成百分比較高，20~30dB 組反而降低。
3. 對照組的達成百分比逐日下降，前三天短期記憶的比較結果顯示，只有 31~ 40dB 逐日增加，其餘與對照組近似，第四、五天長期記憶的結果顯示，只有 41~50dB 組上升後下降，其餘組逐日下降，但 31~ 40dB 組仍高於其他組。

表 5. 斑馬魚在不同音量的粉紅噪音處理下游進各區域的數量百分比

天數 \ 音量(dB)	0			20~30			31~40			41~50		
	達成	未達成	未游動	達成	未達成	未游動	達成	未達成	未游動	達成	未達成	未游動
第一天	50	40	10	50	30	20	40	40	20	50	40	10
第二天	50	40	10	20	50	30	50	20	30	40	30	30
第三天	40	50	10	40	40	20	70	10	20	40	60	0
第四天	40	60	0	40	30	30	50	40	10	50	40	10
第五天	30	50	20	30	30	40	40	50	10	40	30	30
平均	42	48	10	36	36	28	50	32	18	44	40	16

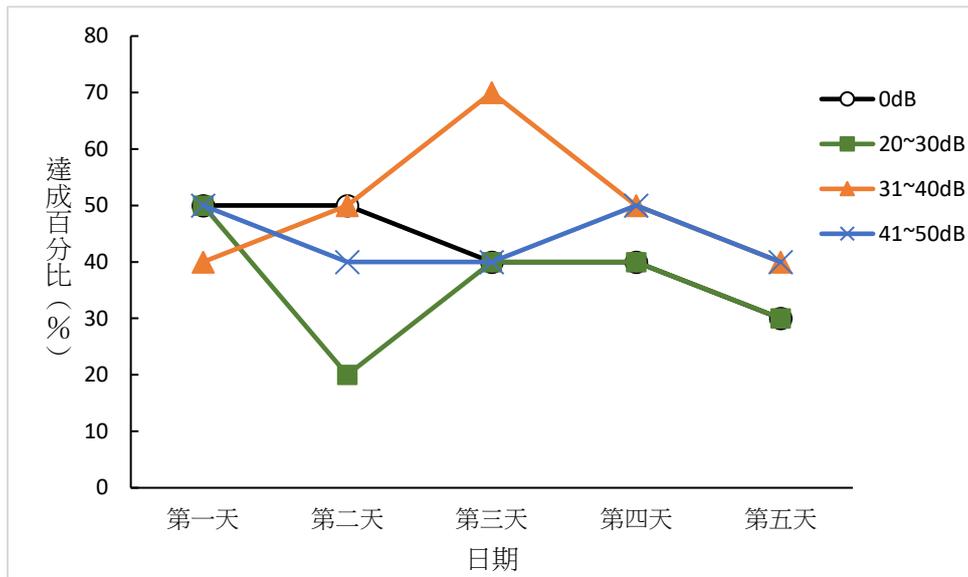


圖 14. 斑馬魚在不同音量的粉紅噪音下游進指定區域的數量百分比

(二) 秒數變化 (根據表 6 和圖 15)

1. 與對照組相較，20~30dB 組的平均秒數增加，31~40dB 和 41~50dB 組所需秒數均低於對照組，其中以 41~50dB 組最少。
2. 對照組的所需秒數逐日增加，前三天短期記憶部份，各音量組也是逐日增加，第四、五天 31~40dB 和 41~50dB 組則是下降，31~40dB 組甚至比第一天還少。

(三) 小結

根據上述結果，我們選擇 31~40dB 作為後續實驗的音量標準。

表 6. 斑馬魚在不同音量的粉紅噪音處理下游進指定區的所需平均秒數

音量(dB) 天數	無播放	20~30	31~40	41~50
第一天	57.4	98.8	61.25	64.6
第二天	122.8	192	220.6	73.5
第三天	142.75	82.25	102	154.75
第四天	140.5	79.25	85.8	108.4
第五天	172.3	209	46	62.8
平均 (秒)	127.15	132.26	103.13	92.81

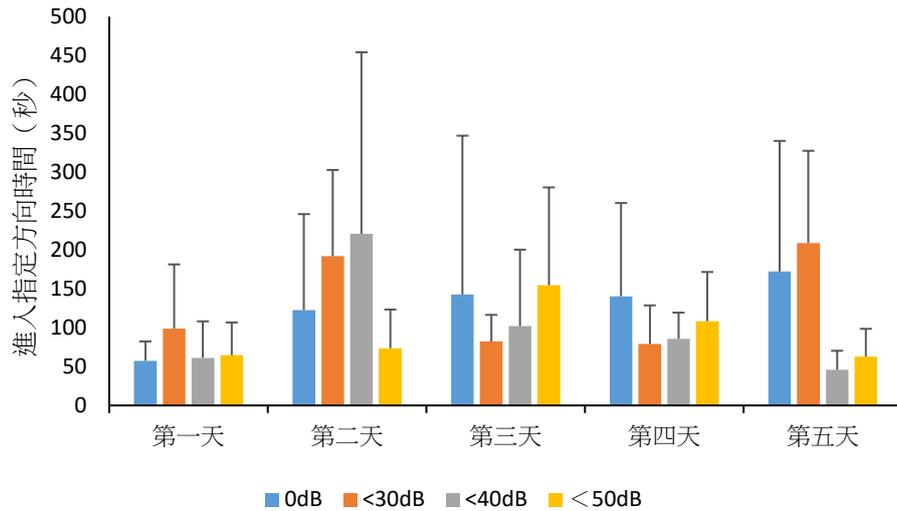


圖 15. 斑馬魚在不同音量的粉紅噪音處理下游進指定區秒數的變化

四、探討粉紅噪音播放時段對斑馬魚空間記憶的影響

(一) 數量變化 (根據表 7、圖 16)

1. 與對照組相較，12:00 AM 組未游動的平均百分比降低，2:00 AM 和 4:00 AM 組增加。
2. 與對照組相較，各粉紅噪音組的達成百分比均較高。
3. 對照組的達成百分比各日相近，前三天短期記憶的比較結果顯示，各組均有增加，第四、五天長期記憶的結果顯示，只有 2:00 AM 組保持穩定。

表 7. 在不同時段的粉紅噪音處理下游進各區域的數量百分比

天數 \ 時段	無播放			12:00 AM			2:00 AM			4:00 AM		
	達成	未達成	未游動	達成	未達成	未游動	達成	未達成	未游動	達成	未達成	未游動
第一天	50	50	0	50	50	0	40	60	0	50	50	0
第二天	40	40	20	60	40	0	50	40	20	50	30	20
第三天	50	30	20	60	20	20	60	30	10	60	20	20
第四天	50	30	20	60	40	0	60	20	20	60	30	10
第五天	50	40	10	50	20	30	60	30	10	50	40	10
平均	48	38	14	56	34	10	54	36	12	54	34	12

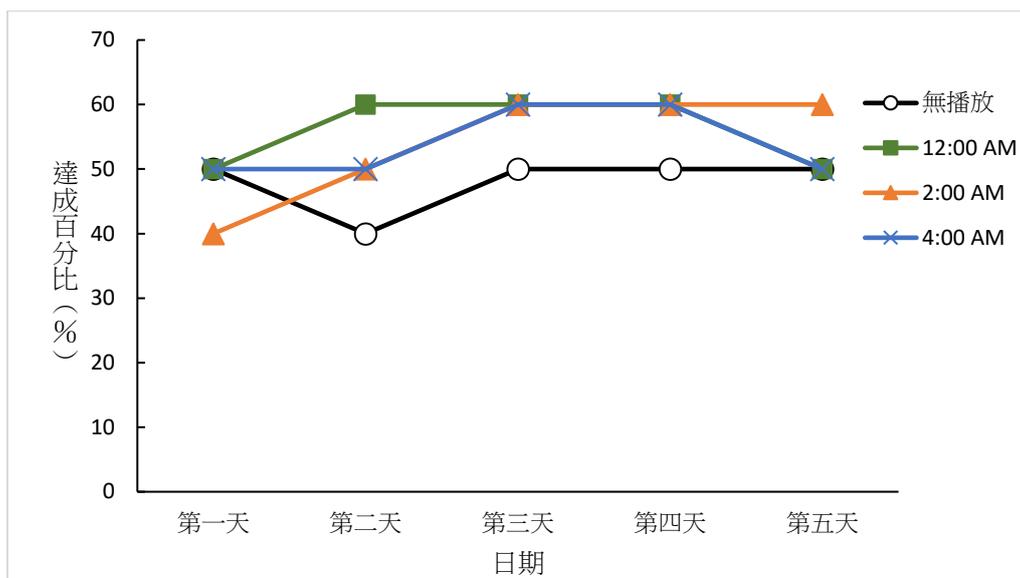


圖 16. 在不同時段播放粉紅噪音對斑馬魚游進指定區域數量的變化

(二) 秒數變化 (根據表 8、圖 17)

1. 與對照組相較，2:00 AM 組的平均秒數增加，12:00 AM 和 4:00 AM 組所需秒數均低於對照組，其中以 12:00 AM 組最少。
2. 對照組和 12:00 AM 的所需秒數逐日增加，前三天短期記憶部份，2:00 AM 和 4:00 AM 組逐日減少，第四、五天 2:00 AM 組秒數增加，4:00 AM 組則是持續減少。

(三) 小結：根據上述結果，雖然 4:00 AM 組在第四、五日的達成百分比有下降，但正確選擇的秒數數卻明顯下降很多，代表斑馬魚可以快速選擇舒適區，應此我們認為 4:00 AM 組的效果較佳。

表 8. 斑馬魚在不同時段的粉紅噪音處理下游進指定區的所需平均秒數

時段 天數	無播放	12:00 AM	2:00 AM	4:00 AM
第一天	78.2	62.8	118.25	110.4
第二天	72.5	83.3	89	85.6
第三天	78	74.2	71.7	85.7
第四天	114.2	86.9	103.7	85.2
第五天	128	86.4	102.3	81.6
平均	94.18	78.72	96.99	89.7

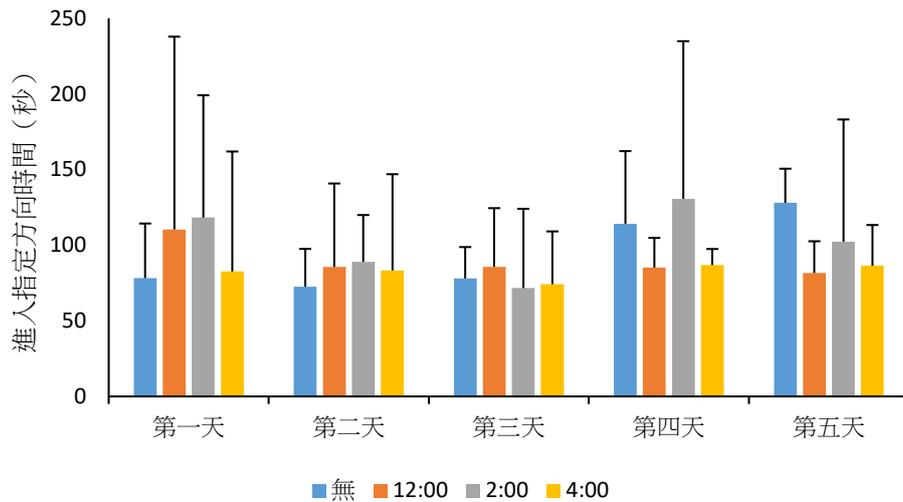


圖.17 播在不同時段播放粉紅噪音對斑馬游進指定區秒數的變化

五、探討粉紅噪音播放時間長度對斑馬魚空間記憶的影響

(一) 數量變化 (根據表 9、圖 18)

1. 與對照組相較，3 分鐘組未游動的平均百分比降低，10 分鐘和 30 分鐘組增加。
2. 與對照組相較，各粉紅噪音組的達成百分比均較高。
3. 對照組的達成百分比前三天相同，前三天短期記憶的比較結果顯示，各組均有增加，第四、五天長期記憶的結果顯示，對照組和 30 分鐘組下降，3 分鐘和 10 分鐘組保持穩定。

表 9. 播放不同長度的粉紅噪音處理下游進各區域的數量百分比

天數 \ 播放長度	無			3 分鐘			10 分鐘			30 分鐘		
	達成	未達成	未游動	達成	未達成	未游動	達成	未達成	未游動	達成	未達成	未游動
第一天	40	50	10	50	50	0	40	60	0	50	50	0
第二天	50	40	10	60	40	0	50	40	20	50	30	20
第三天	50	50	0	60	40	0	60	30	10	60	20	20
第四天	60	30	10	60	40	0	60	20	20	60	30	10
第五天	40	40	20	60	40	0	60	30	10	50	40	10
平均	48	42	10	58	42	0	54	36	12	54	34	12

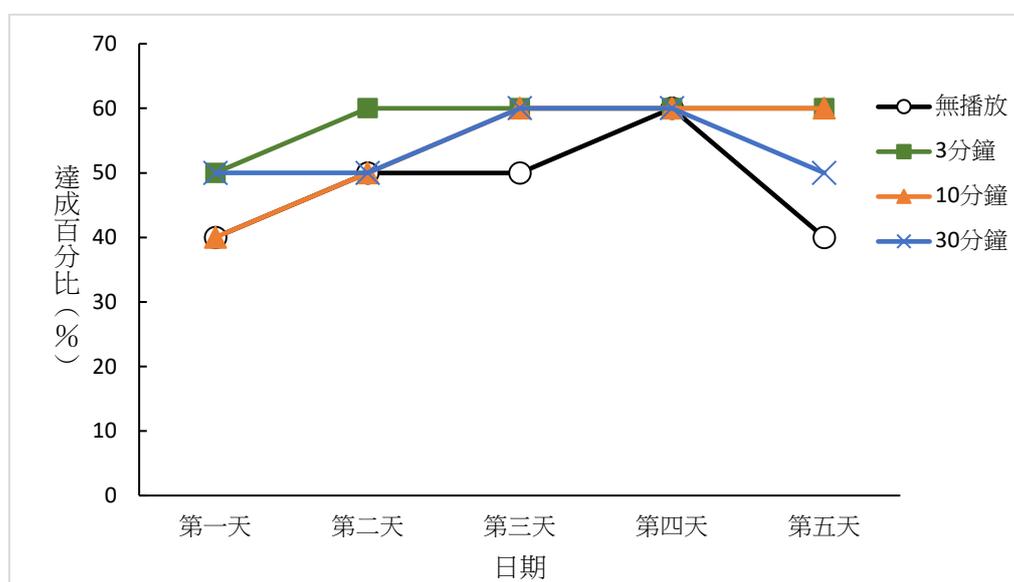


圖.18 播放不同長度的粉紅噪音處理下游進指定區域的數量百分比

(二) 秒數變化 (根據表 10、圖 19)

1. 與對照組相較，各粉紅噪音組所需秒數均低於對照組，其中以 30 分鐘組最少。
2. 對照組所需秒數逐日減少，前三天短期記憶部份，各粉紅噪音組均逐日增加，第四、五天各粉紅噪音組均逐日減少。

(三) 小結

根據上述結果，我們認為 30 分鐘組的效果在各粉紅噪音組中最佳，但低於對照組。

表 10. 播放不同長度的粉紅噪音處理下游進指定區的秒數變化

天數 \ 播放長度	無播放	3 分鐘	10 分鐘	30 分鐘
第一天	78.5	55.2	51.2	45.4
第二天	71.2	76.3	67.7	47.4
第三天	79.2	73	84.4	84.5
第四天	69.3	88.2	80.6	77.2
第五天	63.5	68.2	74.7	59.0
平均	72.3	72.2	71.7	62.7

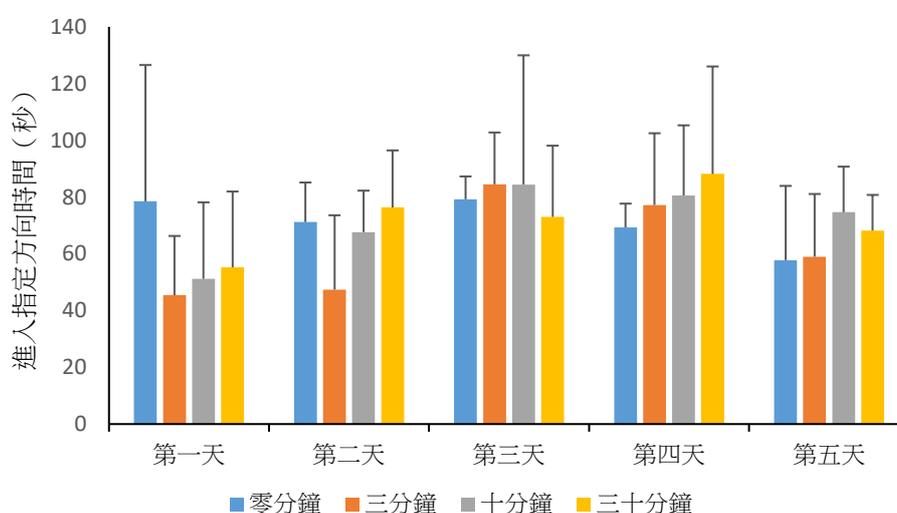


圖 19. 播放不同長度的粉紅噪音處理下游進指定區的秒數變化

陸、討論

一、粉紅噪音有助於斑馬魚的記憶

根據 Pink Noise Improves Memory, Deepens Sleep (2017) 的研究指出，如果對正在睡眠的人類播放粉紅噪音後，腦電波震盪速度會從降至每秒 1 下（清醒狀態下為每秒 10 下），造成人更容易進入深層睡眠，而深層睡眠會讓大腦整理當天所接收訊息，也就是受試者前一天所記下的東西進行整理，造成隔天進行測驗的結果會比當下背完馬上進行測試的效果還好，而在 Nature Neural signatures of sleep in zebrafish(2019)進行關於斑馬魚的實驗中，可以檢測到斑

馬魚在睡眠中的腦電波，可見此構造與人類相似，所以可利用相同原理進行實驗，實驗結果也證明，粉紅噪音對斑馬魚確實是有效的，由圖 20 判定斑馬魚在時有深層睡眠及淺層睡眠，若為深層睡眠則會沉在接近水底的位置。

二、斑馬魚睡眠依據

因為我們無法檢測斑馬魚睡眠時的腦電波，所以我們 Fish Sleeping Habits(2017)中得知斑馬魚睡眠時會呈現，靜止不動、沉在水族箱底部，或在水草之間、對外界刺激較為不敏感，這點研究一之（二）使用此依據判斷之外，我們在靜音、一格、二格音量中，都發現粉紅噪音播放前後平均睡眠隻數變化較小，代表斑馬魚真的有進入睡眠狀態。

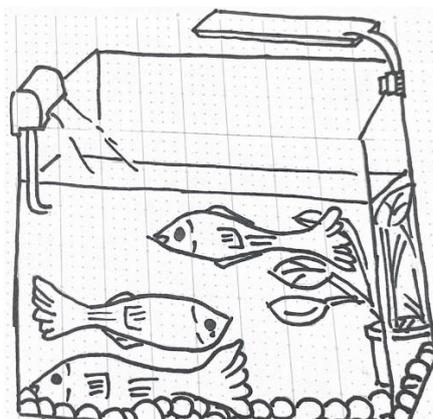


圖 20、斑馬魚的睡眠行為示意圖

三、為何群體訓練效果比單隻訓練好？

從我們的觀察來看，群體訓練時，當有一隻斑馬魚游進舒適區時，其他隻斑馬魚也會隨之而去，較少有落單的斑馬魚，在測驗時相對就會有較好的效果和較快的速度，但單隻訓練時，斑馬魚就不會那麼積極地游入舒適區而導致實驗結果不佳。

四、為何研究結果顯示斑馬魚記憶在第四、五天時，正確選擇的數量百分比會下降？

第四、五天時斑馬魚接受測驗前 30 分鐘並沒有經過訓練，所依賴的是前一、二天的訓練印象，因此我們認為這種屬於長期記憶，要正確回憶出舒適區位置困難度較高，正確選擇的數量百分比本來就有可能會逐日下降。不過，透過實驗發現部份粉紅噪音條件下，在長期記憶的測試中，斑馬魚除了維持前三日的達成百分比，甚至縮短了正確選擇所需時間，因此我們認為透過適當的粉紅噪音條件設定，有可能有助於斑馬魚的長期記憶。

柒、結論

- 一、斑馬魚訓練前對於 T 字迷宮沒有左右特別偏好。
- 二、群體訓練的空間記憶效果比單隻訓練好。
- 三、睡眠期間播放 31~40 分貝的粉紅噪音效果較佳，短期記憶測試（30 分鐘內）的正確選擇百分比較高，所需時數較少；長期記憶測試（1 天以上）的正確選擇百分比較高，所需時數較少。
- 四、睡眠期間於 4:00 AM 播放粉紅噪音效果較佳，短期記憶測試（30 分鐘內）的正確選擇百分比較高，所需時數較少；長期記憶測試（1 天以上）的正確選擇百分比較低，所需時數較少。
- 五、睡眠期間播放粉紅噪音 30 分鐘效果較佳，短期記憶測試（30 分鐘內）的正確選擇百分比較高，所需時數較多；長期記憶測試（1 天以上）的正確選擇百分比較高，所需時數較少。
- 六、適當的粉紅噪音條件，對於減緩較長期記憶衰退的效果較好。

綜合上述結果，我們認為睡眠時期播放粉紅噪音會對觀賞用斑馬魚的空間記憶造成影響。

捌、參考資料及其他

- 一、吳世郁（民 96）。斑馬魚端腦在空間記憶上所扮演的角色（碩士論文）。
- 二、許竣博（民 97）。探討斑馬魚恐懼記憶之神經機制（碩士論文）。
- 三、蔡旻臻等(2005)・酒精和尼古丁對斑馬魚胚胎發育的影響・中華民國第四十五屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 四、曾彥翔（2008）・魚也可以很聰明-探討孔雀魚的學習能力・中華民國第四十八屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 五、Jonathan M. Cachat, et.al (2010). Zebrafish Models in Neurobehavioral Research,pp 73-88.

- 六、郭東穎（2014）·生物的群聚行為與生存優勢-大肚魚的群體決策行為研究及電腦模擬·中華民國第五十四屆中小學科學展覽會作品說明書。Retrieved from https://link.springer.com/protocol/10.1007/978-1-60761-922-2_3。
- 七、陳瑾寧等（2016）·沉魚落「顏」，「魚」云「憶」云·中華民國第五十六屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 八、陳博淵等（2018）·魚「藥」龍門-探討百合對斑馬魚各個階段的影響·中華民國第五十八屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 九、Cait Newport, Guy Wallis, Yarema Reshitnyk & Ulrike E. Siebeck (2016). Discrimination of human faces by archerfish (*Toxotes chatareus*). Scientific Report.
- 十、謝昕穎等（2018）·酸溜溜的滋味-探討酸鹼度對封閉水域莫氏樹蛙蝌蚪的影響·中華民國第五十八屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 十一、王渭賢（民 100 年 02 月 23 日）。觀賞魚類用藥介紹。取自 <http://web.nchu.edu.tw/pweb/users/wtsay/lesson/11680.pdf>。
- 十二、[The effects of auditory enrichment on zebrafish behavior and physiology \[PeerJ\]](#)
- 十三、[不只是白噪音 粉紅噪音更助眠 還可以提升記憶力! @ 鄭醫師的部落格 :: 痞客邦 :: \(pixnet.net\)](#)
- 十四、溫舜如等（2019）·魚記猶存-觀賞用斑馬魚空間記憶的探討·中華民國第五十九屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 十五、Fish Sleeping Habits(2017)<https://www.nature.com/articles/s41586-019-1336-7>
- 十六、Nature Neural signatures of sleep in ebrafish(2019)<https://www.nature.com/articles/s41586-019-1336-7>
- 十七、國家地理頻道(2019)·動物為什麼要睡覺？一直醒著會怎樣？
<https://www.natgeomedia.com/science/article/content-9402.html>