

2024年【科學探究競賽-這樣教我就懂】
普高組 成果報告表單

題目名稱：脫離三秒記憶的金魚

一、摘要

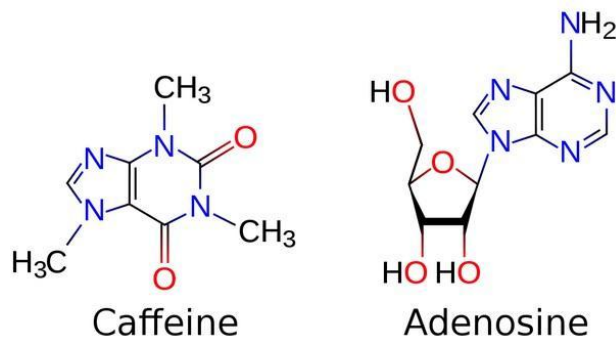
本研究發現魚的記憶力表現在咖啡因投與後有明顯的提升，對顏色的記憶成長了25%。為了研究咖啡因對金魚的短期記憶影響，我們做了兩項實驗，分別是魚對光的記憶力和魚對三種顏色的記憶力。我們紀錄魚在有無咖啡因的情況下游向目的方的速度變化，直到最後在沒有飼料或干擾下自主游向記憶中有飼料或是安全的那一方。首先，我們對魚進行記憶測試，確認每隻魚都具備可以憑記憶力走完迷宮的特質。隨後，我們將測試完成的魚分為兩組：咖啡因組和無咖啡因組。每組魚分別待在含咖啡因和不含咖啡因的水中生活持續24小時，之後我們分別對兩組魚再次進行記憶測試。我們將分析兩組之間的差異，並探討咖啡因是否對金魚的記憶力產生影響。本研究期望提供有關咖啡因對魚類行為的新見解，並在環境科學中具有實際應用價值。

二、探究題目與動機

生活中時常可以看到咖啡的蹤跡，不管是老師們保溫杯中散發出的濃厚咖啡香，還是在爸媽匆忙上班時手中超商咖啡的蹤影，亦或是在電視上出現的速溶咖啡包裝，我們的生活好像時常被咖啡圍著轉。

咖啡因對記憶的影響

咖啡因為植物萃取的化學物質，名為植物鹼，普遍存於咖啡豆、茶葉及可可豆中。咖啡因是干擾神經傳導類型的一種中樞神經興奮劑，讓人提升精神與警覺性，而這也是大家飲用咖啡的主要原因[3]。咖啡因與腺苷的化學結構相似，當腺苷大量與受體結合會使人體啟動睡眠狀態，而咖啡因的作用就是與腺苷競爭大腦的受體，抑制大腦的精神傳遞，保持神經的活躍狀態[1]。

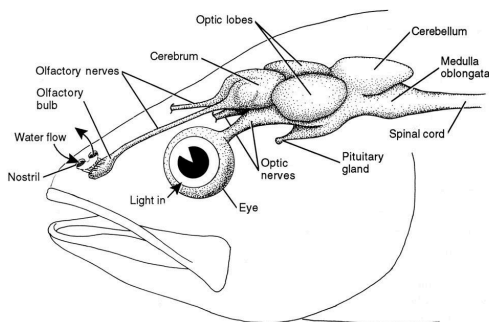


圖一 咖啡因（左）與腺苷（右）的化學結構

而咖啡因對動物認知的影響有部分是由它作為腺苷受體拮抗劑引導的。在海馬體CA2區域，咖啡因抑制腺苷受體會誘導長期增強記憶形成的關鍵機制。昆蟲大腦蕈形體中的Kenyon細胞（KC）在功能上與海馬神經元相似：它們在聯想學習期間整合感官輸入，表現出長期增強作用，並參與記憶形成[2]。

魚與人類的腦部結構相似處

我們使用金魚(*Carassius auratus*)的主要原因為他在實驗室環境中的生存能力和易於市場中購買。而且相較於其他真骨魚如斑馬魚和鮭魚，它具有一定量的血液和組織讓他身體保持著穩定的平衡。人類大腦的記憶中心是海馬體，這是大腦內側顳葉的一個海馬形狀區域。海馬體是所有短期和長期記憶的開關箱。金魚沒有皮層或海馬體，卻有與人腦中與顯性記憶儲存相關的結構。金魚的大腦中有一部分叫做端腦，負責處理資訊和記憶，與哺乳動物的海馬體相當[6]。在一篇報告中闡述金魚可以學習將顏色或聲音等線索與獎勵聯絡起來，記住任務數週或數月，即使在長時間分離後也能識別獎勵所在地，並表現出解決問題的技能[5]。我們想了解在魚有記憶認知能力的基礎上讓他們接觸咖啡因後對他們短期記憶提升的效果，並探討咖啡因是否可以提升人類的短期記憶。



[4] 圖二 魚腦

三、探究目的與假設

目的: 了解魚在連續飲用咖啡因24小時後能否增強短期記憶

(一) 顏色實驗假設: 魚連續生活在咖啡因環境中24小時後，在第三次進入迷宮時能比沒接觸咖啡因的魚更快速的抵達有獎勵的那一方顏色

(二) 光與暗實驗假設: 魚連續生活在咖啡因環境中24小時後，可以比對照組在三次測試中進步更顯著前往陰暗處的速度

四、探究方法與驗證步驟

一、研究設備與器材:

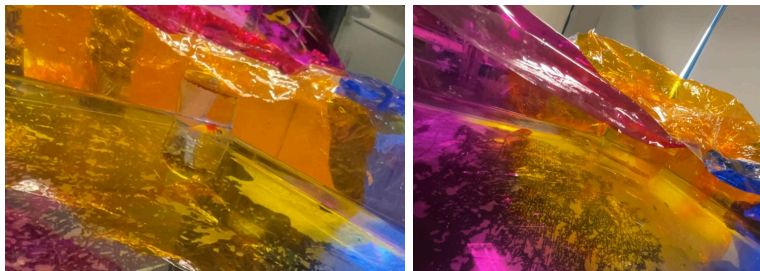
1. 燒杯
2. 魚缸(兩個)
3. 控溫器(控溫於攝氏24度)
4. 15*45*45實驗用缸子
5. 彩色玻璃紙
6. 撈魚網
7. 咖啡因
8. 計時器
9. 玉如意魚
10. 照明燈(距離30公分 5400勒克司)

11. 手電筒(距離30公分 3000勒克司)

二、研究方法

(一)顏色

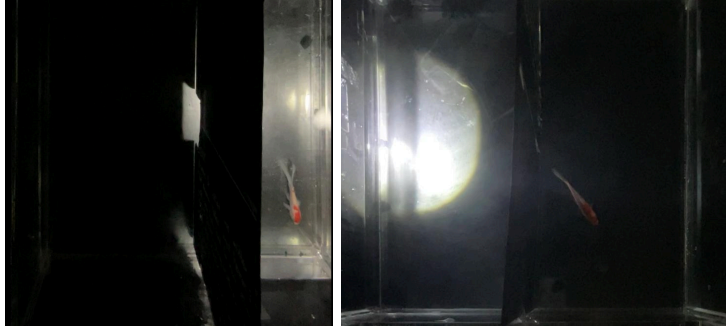
1. 讓3隻魚在紅、黃、藍顏色中游90秒, 觀察魚待在哪個顏色中的秒數最少
把飼料放在魚逗留秒數最少的地方(利用虹吸現象讓飼料待在燒杯中, 魚只有待在燒杯中時才吃得到飼料)
2. 10隻魚各測三次, 紀錄魚游向飼料的秒數變化
3. 5隻魚進入沒有咖啡因的魚缸中生活24小時;另5隻魚進入裝有0.002公克咖啡因和1000毫升自來水的魚缸中生活24小時(兩個魚缸體積、水量、空間 22° - 25° c)、水體溫度(24° c)、光照等皆維持相同的情況下)
4. 紀錄24小時後沒接觸咖啡因的5隻魚, 三次游到飼料方的秒數變化
5. 紀錄連續24小時生活在咖啡因環境下的5隻魚, 三次游到飼料方的秒數變化
6. 比較有無接觸咖啡因魚的三次實驗秒數變化量



圖三 顏色之實驗照片:左圖為魚在虹吸效應中的燒杯吃飼料, 右圖為魚遊往目標

(二)光與暗

1. 讓3隻魚在有光照和沒光照的開放魚箱游90秒, 觀察魚待在有光照和沒光照的的秒數
2. 設計一道只有一個通道的瓦楞版牆, 隔著一邊有光照, 一邊無光照的同等空間魚缸
3. 10隻魚各測三次, 在魚待在秒數最多的情況下(光或沒光)給予刺激(如眼旁物體經過, 聲音干擾)紀錄魚成功通過通道游向另一方(無干擾)的秒數變化
4. 5隻魚進入沒有咖啡因的魚缸中生活24小時;另5隻魚進入裝有0.002公克咖啡因的和1000毫升自來水的魚缸中生活24小時(兩個魚缸體積、水量、空間溫度 22° - 25° c、水體溫度(24° c)、光照等皆維持相同的情況下)
5. 紀錄24小時後沒接觸咖啡因的5隻魚, 三次游到無干擾方的秒數變化
6. 紀錄連續24小時生活在咖啡因環境下的5隻魚, 三次游到無干擾方的秒數變化
7. 比較有無接觸咖啡因魚的三次實驗的秒數變化量



圖四 光與暗實驗之照片:左圖為魚在光側,右圖為魚在暗側

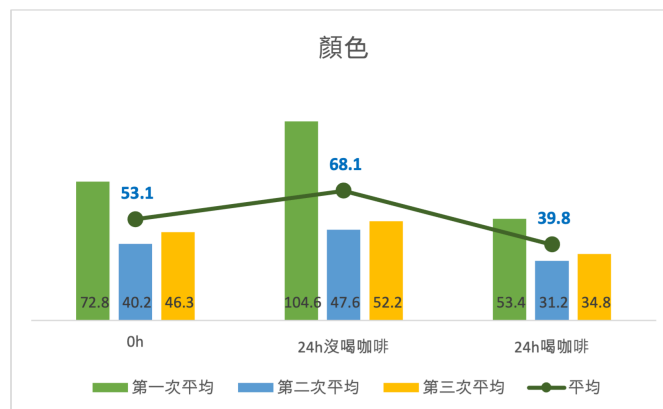
三、數據分析

(一) 顏色

經過以下研究數據和表格,我們可以看出:

1. 24小時後無接觸咖啡因的魚,到達飼料方所需時間變長,推測出記憶力無提升
2. 24小時後連續生活在咖啡因環境下的魚,到達飼料方所需時間減少,推測出這五隻魚可以快速找到飼料

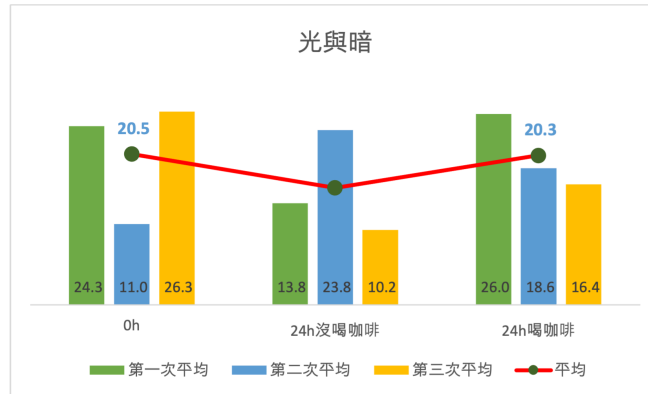
結論:有接觸咖啡因的魚可以記得飼料方位,且游往飼料方的速度可以持續增加



圖五 顏色迷宮實驗之數據(以秒為單位)

(二) 光與暗

1. 推測光實驗無接觸咖啡因和生活在咖啡因環境中24小時的實驗結果相差較小是因為整體時間太短、迷宮過於簡單的緣故
2. 由以下圖表可知,原先十隻魚與24小時後無接觸咖啡因的五隻魚游往飼料的三次測試中,時間無下降的趨勢,然而生活在咖啡因環境中24小時的另五隻魚速度有持續提高



圖六 光與暗迷宮實驗之數據 (以秒為單位)

五、結論與生活應用

一、結論

(一) 顏色

1. 生活在咖啡因環境的魚，完成任務 (游往黃色區域，並碰到裝有飼料的燒杯或進到燒杯中吃飼料的情況) 所需時間變短，推測應是咖啡因的作用

- a. 總體進步百分比：

$$\begin{aligned} & \text{(0小時平均所需到達目的地的時間 - 24時後持續生活在咖啡因環境中的魚平均} \\ & \text{到達目的地的時間)} / \text{0小時平均所需到達目的地的時間} * 100\% \\ & = (53.1-39.8)/53.1 * 100\% \approx 25\% \end{aligned}$$

(二) 光與暗

1. 光的實驗結果並沒有達到預期時間大幅減少的效果，推測是與迷宮難度有關，我們認為迷宮難度過於簡單，使這項實驗沒有鑑別度，魚能游過通道的時間相差小
2. 可從數據中觀察出，24小時持續生活在咖啡因環境中的魚游到目的地的速度逐漸加快

- a. 總體進步百分比：

$$\begin{aligned} & \text{(0小時平均所需到達目的地的時間 - 24時後持續生活在咖啡因環境中的魚平均} \\ & \text{到達目的地的時間)} / \text{0小時平均所需到達目的地的時間} * 100\% \\ & = (20.5-20.3)/20.5 * 100\% \approx 0.9\% \end{aligned}$$

- b. 喝咖啡組進步百分比：

$$\begin{aligned} & \text{(24小時後喝咖啡因第一次平均所需到達目的地的時間 - 24時後喝咖啡因第三次} \\ & \text{平均到達目的地的時間)} / \text{24小時後喝咖啡因第一次平均所需到達目的地的時間} \\ & * 100\% \\ & = (26.0-16.4)/26.0 * 100\% \approx 36.9\% \end{aligned}$$

- c. 未喝咖啡組進步百分比：

$$\begin{aligned} & \text{(24小時後未喝咖啡因第一次平均所需到達目的地的時間 - 24時後未喝咖啡因第} \\ & \text{三次平均到達目的地的時間)} / \text{24小時後未喝咖啡因第一次平均所需到達目的地的} \\ & \text{時間} * 100\% \\ & = (13.8-10.2)/13.8 * 100\% \approx 26.1\% \end{aligned}$$

二、生活應用

(一) 希望這項研究可以讓身邊記憶力差的家人朋友嘗試喝咖啡或茶類。

三、未來展望

(一) 希望之後可以連結咖啡因對魚記憶的影響到人體大腦中的海馬體受器受阻(假設), 讓人體吸收咖啡因後能提升短期記憶力。

(二) 若將咖啡因投入的時間拉長, 探討記憶力的提升是否會持續維持。

參考資料

[1]王輝斌 “喝咖啡聊生理鐘.” *PanSci 泛科學*, 5 Jan. 2015, pansci.asia/archives/73366. Accessed 30 Mar. 2024.

[2]G. A. Wright,^{1*} D. D. Baker,² M. J. Palmer,³ D. Stabler,^{1,2} J. A. Mustard,⁴ E. F. Power,^{1,2} A. M. Borland,² P. C. Stevenson^{5,6}. “Caffeine in Floral Nectar Enhances a Pollinator’ s Memory of Reward ...” *Science*, 2013, www.researchgate.net/publication/235885718_Caffeine_in_Floral_Nectar_Enhances_a_Pollinator’_s_Memory_of_Reward. Accessed 30 Mar. 2024.

[3]張凱涵 “咖啡因 (caffeine) .” *科學Online*, 6 Oct. 2021, highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=9196. Accessed 30 Mar. 2024.

[4]Jones, Sophia. “Do Fish Have Brains? (An Expert’ s Answer).” *EcoCation*, 27 Jan. 2024, ecocation.org/do-fish-have-brains/. Accessed 30 Mar. 2024.

[5]Baker, Harry. “Do Goldfish Really Have a 3-Second Memory?” *LiveScience*, Purch, 22 May 2021, www.livescience.com/goldfish-memory.html. Accessed 30 Mar. 2024.

[6]Whitney, Walt. “Goldfish Have a Three Second Memory - Fact or Myth?” *Fact / Myth*, 24 Mar. 2023, factmyth.com/factoids/goldfish-have-a-three-second-memory/. Accessed 30 Mar. 2024.

本研究給予所有金魚良好且適當的照顧，沒有任何一隻魚死亡或受到不正當的對待