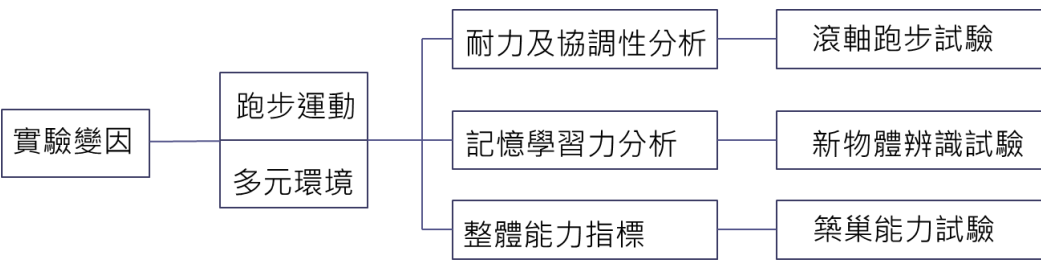


2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

題目名稱：多運動及玩玩具可以讓老鼠變聰明嗎？
一、摘要
本實驗在探討多運動及玩玩具可以讓老鼠變聰明嗎？我們設計了以下實驗，實驗為期 7 天分成四組，空白對照組、滾輪組、多元環境組及綜合組，除空白對照組外，分別在鼠籠內提供滾輪，多元玩具，而綜合組則同時提供滾輪及多元玩具。分組實驗結束後，以滾軸跑步測試(Rota-rod test)來檢視小鼠使用滾輪的成效，新物體辨識測試(Novel Object Recognition Test, NOR)用來檢視小鼠的學習記憶能力，小鼠築巢能力測試(Nesting test)可檢視小鼠生活能力指標，結果發現，滾輪組及綜合組的小鼠，耐力及協調性都明顯變好了，學習記憶力也有增加，而給予多元環境也有增強學習記憶能力的趨勢，小鼠整體生活能力指標在各實驗組都有增加，以綜和組最高。
二、探究題目與動機
學生課業壓力大，在學校有應付不完的功課及測驗，這時有良好的理解力與記憶力就顯得格外重要。醫學報導指出多運動或參與多元活動有助於學生的課業表現，因此我們想利用小鼠實驗來驗證，是否能透過運動或多元化的活動來增加學習能力與記憶力。我們在鼠籠內架設滾輪讓小鼠自由跑步，藉此來模擬學生利用時間進行運動；放置多元玩具讓小鼠穿梭探索，藉此模擬學生參與多元活動，最後利用不同的動物行為實驗來測試小鼠的學習記憶力、綜合能力是否因為跑步及生活中多元的活動而變好。
三、探究目的與假設
目的:探討小鼠能否藉由玩滾輪或是玩玩具來增加記憶學習能力。 假設一:自主性跑步運動可以增加小鼠體能、運動協調性及記憶學習能力、。 假設二:多元環境可以增加小鼠記憶學習能力。 假設三:跑步運動合併多元環境應有最佳結果。
四、探究方法與驗證步驟
一、研究架構
 <pre>graph LR; A[實驗變因] --> B[跑步運動]; A --> C[多元環境]; B --> D[耐力及協調性分析]; C --> E[記憶學習力分析]; C --> F[整體能力指標]; D --> G[滾軸跑步試驗]; E --> H[新物體辨識試驗]; F --> I[築巢能力試驗];</pre>
圖 1 研究架構

二、實驗方法

小鼠 16 隻，隨機分配成下列四組，每組四隻小鼠。

A 組: 空白對照組，鼠籠不放置任何東西。

B 組: 跑步組，鼠籠放置滾輪。

C 組: 多元環境組，鼠籠放置多元玩具，包括圓拱隧道、穿梭彎管、塑膠高台、乒乓球。

D 組: 綜合組，鼠籠放置滾輪及多元玩具。



圖 2 實驗分組

小鼠於分組籠內飼養 7 天，第 8 天進行滾軸跑步測試(Rota-rod test)，第 9 天進行新物體辨識測試(NOR Test)，第 10 天進行築巢實驗，再以 Smart2.0 行為影像軟體進行分析。

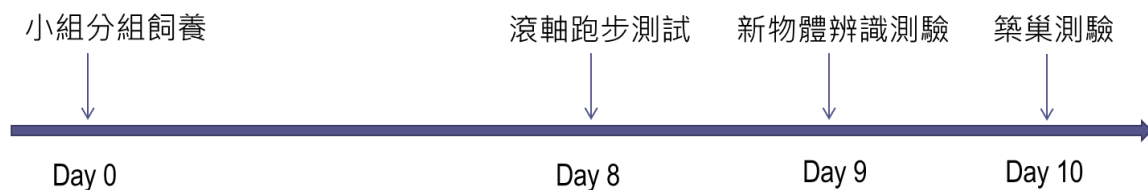


圖 3 實驗日程

三、驗證步驟

(一)小鼠滾軸跑步測試:用來檢視小鼠是否有使用鼠籠滾輪，滾軸式跑步機如圖 4。

1. 等加速測試:跑步機轉速每秒增加 1rpm，用來測試小鼠運動協調性，在等加速的跑步機上可承受的轉速越高表示有較好的運動協調性。

2. 定速測試:跑步機轉速固定為 20rpm，用來測試小鼠的耐力。

測試開始後，將小鼠放置於滾軸上，當小鼠腳步跟不上滾軸轉速時就會跌落，機器會自動記錄小鼠掉落的時間及轉速。每隻小鼠進行三次並計算其平均值。



圖 4 小鼠滾軸跑步機

(二)新物體辨識測試:用來確認老鼠是否變聰明了。小鼠天生對於新奇事物特別偏好，如果小鼠熟悉了看習慣的物體，牠就會把大部分時間花在新物體探索上。本試驗參考 Bolz1 等人的方法並加以修改。實驗分為適應期、訓練期、測試期。

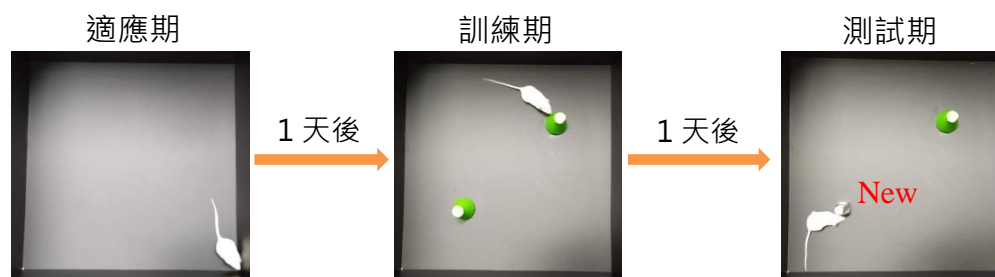


圖 5 新物體辨識流程

適應期: 將小鼠放在 45x45 公分的壓克力箱內自由探索 6 分鐘，目的讓小鼠適應環境。

訓練期: 隔一天後，箱內放置兩個完全相同的物體，讓小鼠熟悉並辨識這兩個相同物體。時間 6 分鐘。

測試期: 再隔一天後，將其中之一更換成小鼠未曾看過的新物體，測試時間 6 分鐘並全程錄影，使用 Smart2.0 軟體分析小鼠探索新舊物體的時間。

學習記憶能力較好的小鼠，因為記得哪個物體曾經看過，所以會用較長的時間用來探索新物體。新舊物體的探索時間可換算成辨識力指數(Discrimination index, DI)，越高表示有較佳的學習記憶能力。

$$\text{辨識力指數} = \frac{\text{探索新物體時間} - \text{探索舊物體時間}}{\text{探索新物體時間} + \text{探索舊物體時間}}$$

(三)築巢試驗:小鼠具有築巢的天性，築巢能力與感覺運動、主動積極性正相關，因此動物行為學家將築巢能力視為小鼠整體能力的指標，牠們會利用築巢材料做出舒適的窩，築的巢越完整，越圓越立體，表示小鼠有較佳的整體能力值。

本試驗參考 Lewarch 等人的方法並加以修改，實驗期間，小鼠單獨飼養，以長鑷取 2 塊巢片置於鼠籠內，12 小時後將小鼠移出鼠籠，拍照記錄築巢情況，結果由 5 人依築巢評分圖(圖 6)給分，分數越高表示老鼠整體能力較佳。

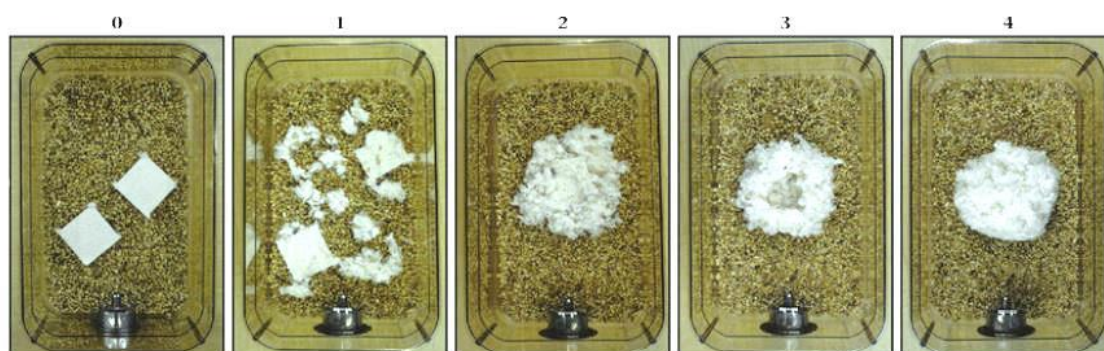


圖 6 小鼠築巢評分對照(Lewarch et al., 2018)

四、實驗結果

(一) 小鼠滾軸跑步測試

定速滾軸測試: 實驗結果如圖 7, 滾輪組及綜合組在定速滾軸上停留時間較對照組長($P < 0.05$), 表示給予小鼠滾輪後顯著提升了肌耐力, 而給予多環境對於肌耐力則沒有影響。

等加速滾軸測試: 實驗結果如圖 8, 滾輪組及綜合組在等加速滾軸上可承受的轉速較對照組高($P < 0.05$), 表示小鼠在 7 天的滾輪運動後運動協調能力明顯提升, 而多元環境組有稍微上升的趨勢。

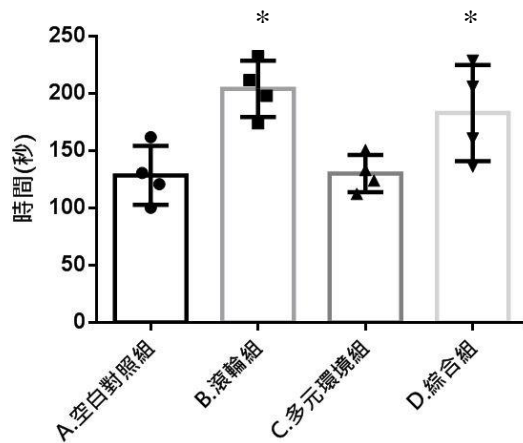


圖 7 定速滾軸跑步測試

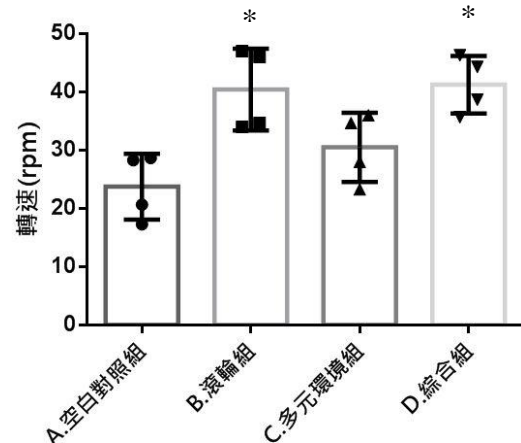


圖 8 等加速滾軸跑步測試

(二) 新物體辨識測試

圖 10 為 Smart2.0 分析小鼠的探索軌跡, 大部分小鼠都有較高的比例在探索新物體 (左下物體), 探索新舊物體的時間換算成辨識力指數後如圖 9, 滾輪組及綜合組較空白對照組高($P < 0.05$), 在多元環境組雖有觀察到上升的趨勢但無統計意義。結果說明了給予小鼠滾輪可以有效增加記憶學習能力, 而給予多元環境仍需再進一步證實其效果。

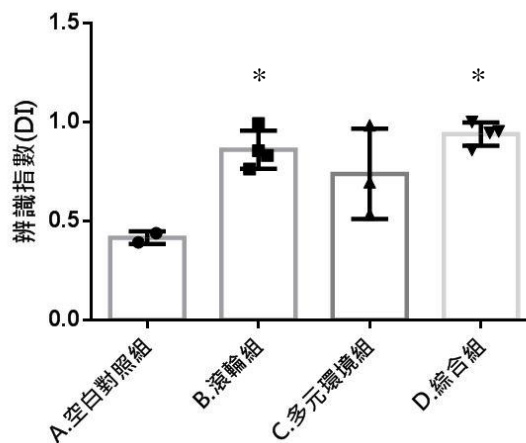


圖 9 小鼠新物體辨識測試

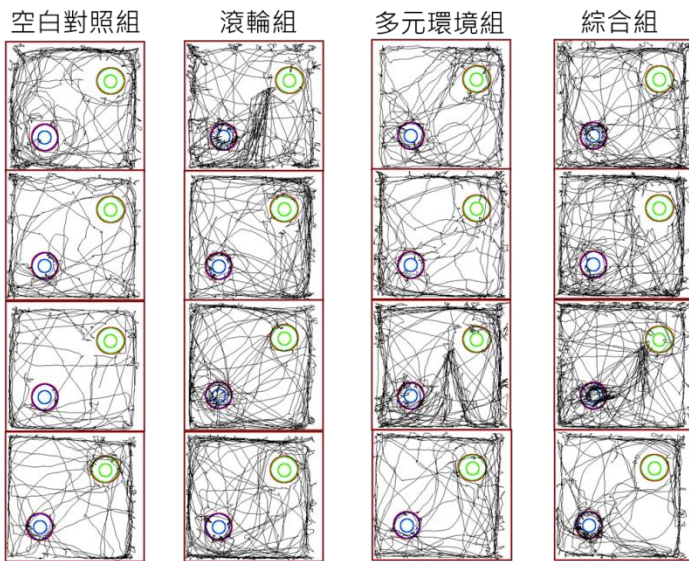


圖 10 新物體辨識實驗小鼠移動軌跡

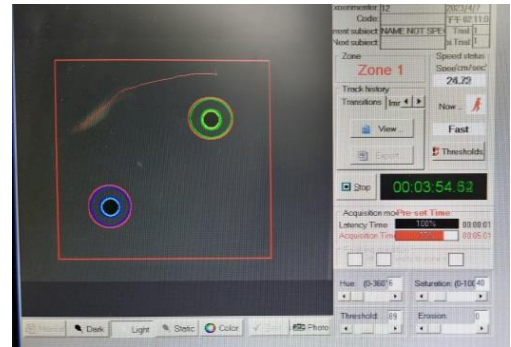


圖 11 Smart2.0 軌跡分析

(三)、築巢試驗

小鼠築巢試驗結果如圖 12，我們可以看到空白組四隻小鼠的所築的巢型較其他三組來得離散簡陋，滾輪組較空白對照組巢型集中，而多元環境組及綜合組小鼠的巢型更顯立體且中心凹陷清晰可見，綜合評分結果如圖 13，各實驗組均較對照組有較高的築巢分數($P < 0.05$)，其中以綜合組最高，表示運動同時給予多元環境會有最高的整體能力值。

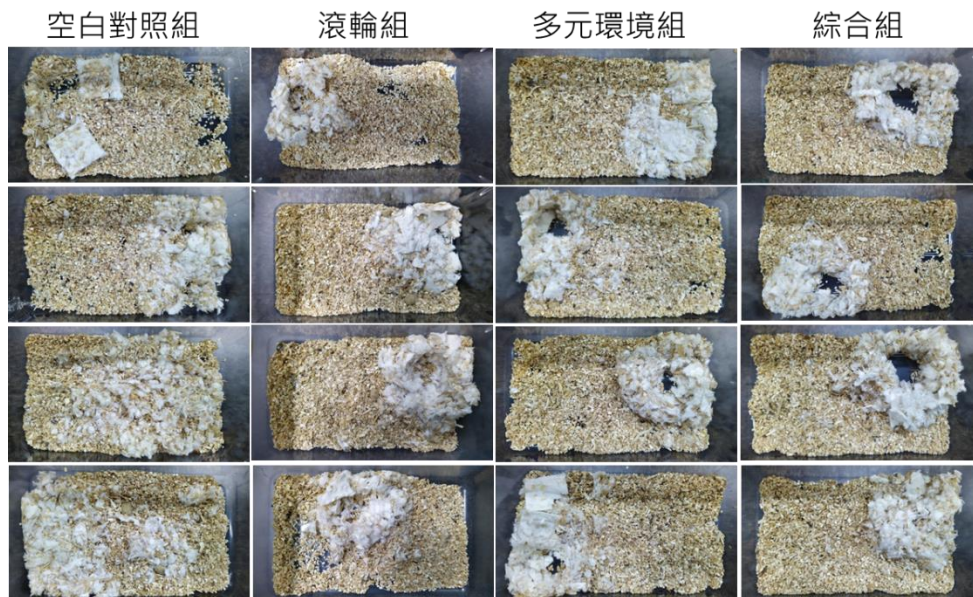


圖 12 小鼠築巢測試

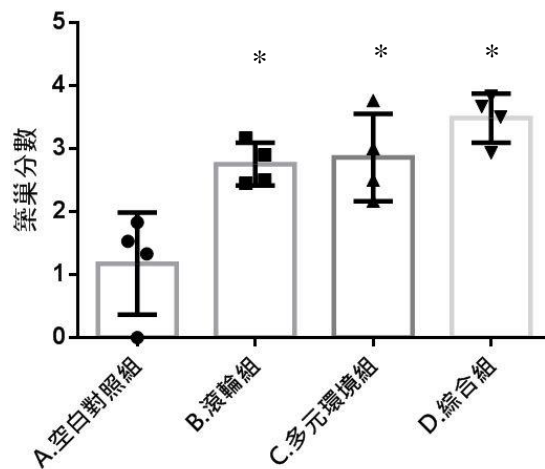


圖 13 小鼠築巢試驗統計圖

五、結論與生活應用

一、結論

- (一)在小鼠滾軸跑步試驗中，鼠籠有設置滾輪的小鼠，其體力與運動協調力明顯較未設置滾輪的小鼠要好，而給予多元環境組只稍微增加運動協調性。
- (二)在新物體辨識試驗中，鼠籠有設置滾輪的小鼠在新物體辨識的表現較佳，多元化環境則需再進一步確認，這推翻了我們預期多元環境組有最佳結果的假設，且綜合組也沒有出現加乘的效果。
- (三)小鼠築巢能力是整體能力的指標，各實驗組都較空白對照組有較高的分數，單提供滾輪或只提供多元環境都能增加小鼠築巢速度與品質，而綜合組分數最高表示有加乘的效果。

二、生活應用

小鼠玩滾輪或是在多元環境下探索學習，對體力、運動協調力、學習記憶力及整體能力指標都有益處，這表示我們可以藉由多運動及多元化學習來增加學習記憶能力，學生們可以更輕鬆愉快的應付學校的課業以及考試，也可使生活整體能力向上提升。

參考資料

- Bolz1 L, Heigele1 S, Bischofberger J (2015) Running Improves Pattern Separation during Novel Object Recognition. *Brain Plasticity* 1 (2015) 129–141.
- Lewarch C, Hoekstra HE (2018) The evolution of nesting behaviour in *Peromyscus* mice. *Animal Behaviour* 139(3):103-115.