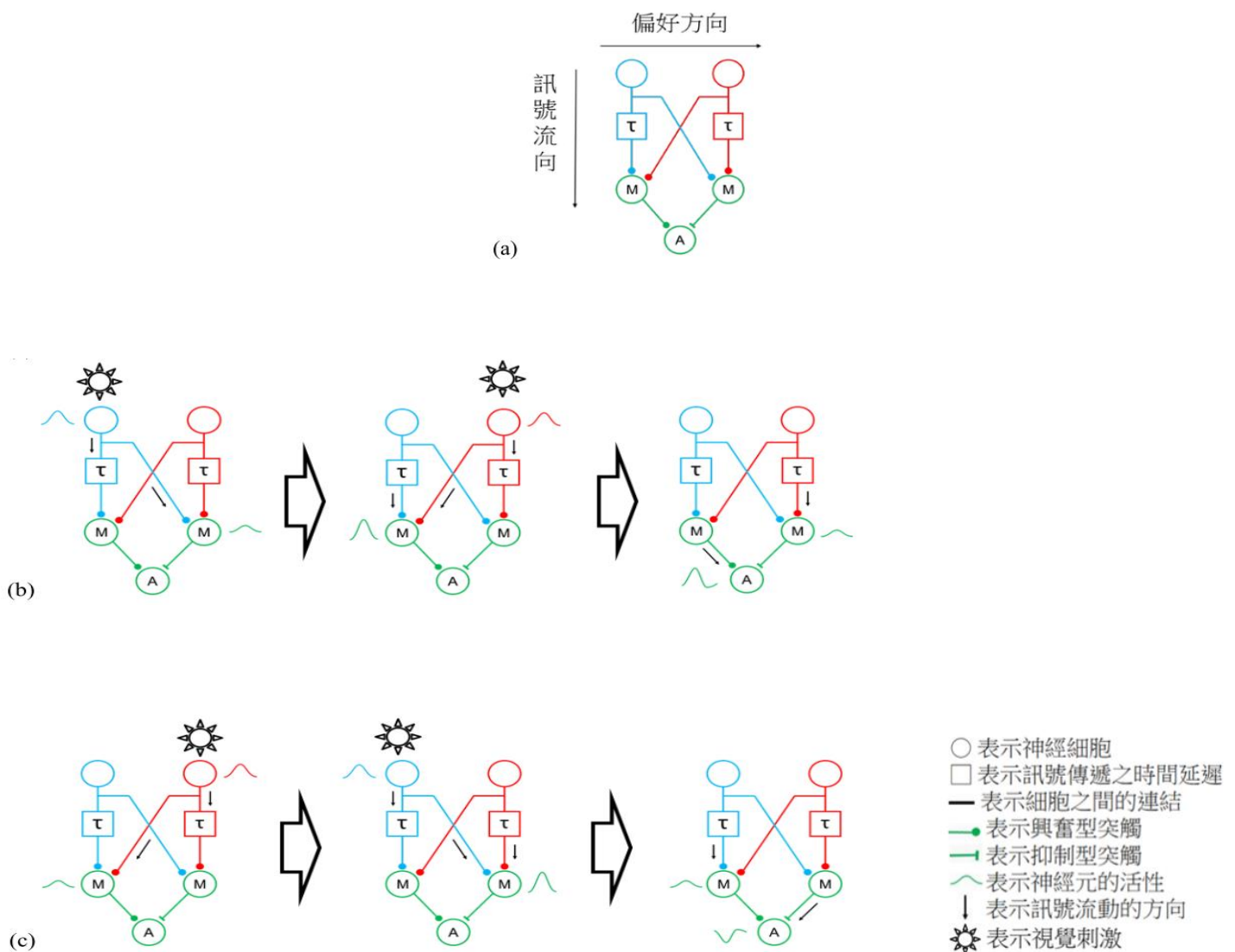


## 生物的運動視覺

生物的運動視覺能夠使生物感知視線內的物體移動，以及判斷物體移動的速度及方向。目前已知脊椎動物和昆蟲的視網膜具備處理運動視覺的功能，亦即視網膜有感知系統會對偏好方向的視覺刺激做出反應。近年來已有數種運算機制被提出，模擬神經系統的訊號傳遞以解釋運動視覺如何被感知。

其中之一為1958年提出的 Hassenstein-Reichardt (HR) 模型 (圖一)。此模型由兩個對稱的單位組成，能依據物體經過產生的光強弱變化的時間差對特定移動方向產生反應，此特定移動方向又稱為偏好方向。當偏好方向的視覺刺激產生時，兩個光感受器 (光感應神經元) 依序收到訊號，一邊的光感受器接受到訊號後經過時間延遲  $\tau$ ，和與之相鄰的光感受器的訊號到達下游的 M 神經細胞相累加，兩邊 M 神經細胞的訊號再於下游 A 輸出神經元相減，依據其時間差產生對移動方向的反應。此種用時間差來偵測物體移動方向的原理，已在果蠅和老鼠的視網膜中找到相關證據。



圖一、偏好方向為左的 HR 運動偵測模型。上游神經訊號藉由興奮性突觸可活化下游細胞，而藉由抑制性突觸則可抑制下游細胞。(a) HR 運動偵測模型之示意圖。(b)依時間順序下，在偏好方向刺激下的 HR 模型反應。左側光感應神經元先接受到視覺刺激，將訊號傳遞給下游的右側 M 神經細胞。接下來右側光感應神經元接受刺激。此時左側光感應神經元的訊號經過時間延遲  $\tau$  與右側光感應神經元訊號同時到達下游的左側 M 神經細胞，因而造成強烈的 M 神經細胞反應並刺激下游的輸出神經元。(c)非偏好方向刺激下的 HR 模型反應。經過時間延遲的訊號後右側 M 神經元產生強烈反應，因此抑制下游輸出神經元。

請根據以上敘述，回答下列問題：

- 根據本文，下列有關 HR 模型的敘述，何者正確？
  - (A) HR 模型只要單個神經元就具備偵測移動物體的功能
  - (B) 單一 HR 模型可以偵測雙向的物體移動速度
  - (C) 能偵測到的速度範圍與時間延遲  $\tau$  有關
  - (D) HR 模型只存在於脊椎動物的大腦視覺皮質
- 下列圖二為一簡化的單側 HR 模型，給予偏好方向的視覺刺激時，下列選項何者為正確的反應？（藍色及紅色曲線為對應的光感受器輸入刺激，綠色曲線為 M 神經細胞的輸出，神經元活性最大為 1.0，負號代表神經元過極化）

