

蛇眼大小的演化適應

文·圖—廖鎮磐

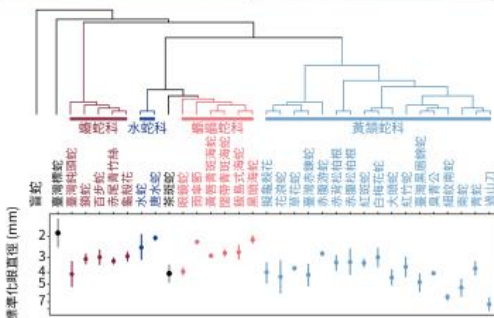


圖1 不同分類群蛇類的親緣關係及相對眼直徑。所選用的四種蛇類頭部特寫照片可代表從古老的盲蛇演化至龜蠃蛇科(闊帶青斑)、水蛇科(水蛇)及最晚出現的黃頭蛇科(南蛇),其眼睛大小演化呈現越來越大的趨勢。

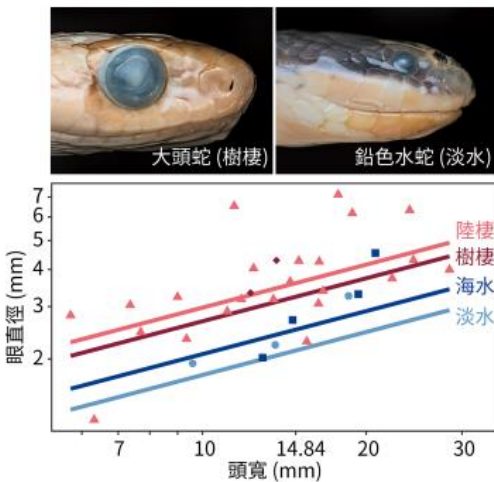


圖2 不同棲地類型蛇類的相對眼直徑比較。所選用的二種蛇類頭部特寫照片呈現陸棲及樹棲蛇類的眼大小明顯大於水生物種。

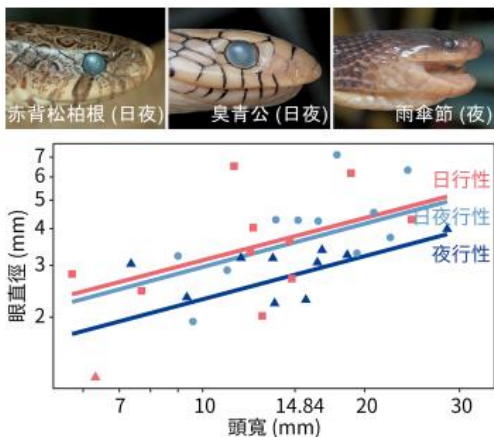


圖3 不同活動時間蛇類的相對眼直徑比較。以三種蛇類頭部特寫照片代表夜行性蛇類具有較小的眼睛。

視覺的重要性

動物的感官主要經由幾種不同的傳遞媒介,包括固體振動對應觸覺,空氣振動對應聽覺,化學分子飄散對應嗅覺,而可見光波段的電磁波對應視覺。對大多數動物而言,眼睛的視覺功能可接收涵蓋可見光波段的電磁波。眼睛大小與視覺功能有很大的關係,眼睛越大能有更好的視力、敏感度及動態分辨率,原因是具有較大的晶體、視網膜和進光量。視覺功能又往往與動物的生存環境、條件與覓食方式有關。許多夜行性捕食者具有大眼睛,例如貓頭鷹、小型貓科動物。這是利用大眼睛來收集更多的光子以因應夜間昏暗環境而提高視覺訊噪比的手段。

一般認為,蛇類是由穴居的蜥蜴演化而來。由於洞穴中光源不足,限制了視覺功能發展的空間,所以現生的穴居盲蛇眼睛退化成只具有感受明暗的功能並包埋於皮下。在蛇類的祖先離開洞穴到達地面後,面對開闊的新環境,牠們強化了其他感官功能而得以捕食獵物或躲避天敵。其中最令人注目的是增強了化學分子的感受能力,例如以頻繁的吐信動作收集空氣中的化學分子以增強嗅覺功能;有些類群則增強了紅外線的感知能力,例如蝮蛇科具有感受紅外線的頻高,能在夜間偵測獵物。但在視覺方面呢?由過去的研究中得知,蛇類在偵測評估環境時高度依賴視覺。許多蛇類具有視桿和視錐細胞,能夠感知光強和顏色。在黃頭蛇科中,夜行性物種的眼睛比晝行性物種的眼睛大,而棲息在樹上的物種眼睛往往比陸生或半水生物種的眼睛大。這些現象皆暗示了不同環境提供的光線強度可以驅動蛇眼的演化。針對某些蛇類的研究指出,蛇眼睛的大小與青蛙在其獵物中的佔比呈正相關,也就是較大的眼睛有利於蛇類的覓食功能。基於視覺在蛇的覓食行為中的重要性,了解蛇眼的演化可以讓吾人更深入了解眼睛形態的多樣化及其如何調節在不同棲地下的捕食者與獵物間的相互作用。

蛇眼大小的演化趨勢

由科博館黃文山學術副館長領導的研究團隊以科博館35年來所累積收集的千餘件蛇類標本為研究材料,測量了33種臺灣本土蛇類物種之眼睛直徑與頭寬,並根據物種間的親疏遠近、棲地類型、活動時間及覓食方式等因子進行比較性分析,試圖解開蛇眼大小的演化大方向。但由於各物種間的頭部大小非常歧異,絕對眼直徑並無法反應蛇類眼大小的投資比例。因此,該研究以頭部寬度為基準而比較其相對的眼直徑,並同時考慮了親緣關係上的不獨立性。

該研究成果主要歸納出幾點。其一,蛇類隨著演化分支在往不同棲地類型與習性發展的過程中,眼睛的大小確實有所變化。大體上來說,越晚近的類群(圖1)、地表及樹棲的物種(圖2)及日間活動(圖3)的物種具

有較大的眼睛;相對地,較原始的類群、水生及夜行性物種的眼睛較小。這樣的結果證實蛇類往地表的演化過程,其視覺能力受到天擇壓力的影響而增強,亦進一步提高牠們探索和利用環境中資源的能力。

值得注意的是,越晚近的類群(如黃頭蛇科)具有較大的眼睛並不只是因為其具有較大的頭部,而是該類群具有較正向的異速生長。這表明了黃頭蛇科投資了更高的能量比例於眼睛的發育。至於不同棲息環境(圖2)及活動時間(圖3)的物種之間,牠們眼直徑的差異則不是由於眼大小與頭寬的生長速率不同所造成,而主要是受限於牠們的頭部空間所致。鑑於直接決定視覺功能和視力極限的是眼睛的絕對大小,在淡水中覓食或夜行性蛇類必須讓頭變大或是抑制頭骨中其他重要器官的發育,才能與陸棲或日行性物種有相同視力,但這是很昂貴的投資。又因為在水中或夜間環境中的光照十分有限,投資在其他感覺系統(例如嗅覺)可能比投資在視覺系統會更有效率。另外,許多夜間活動靈活的動物(例如壁虎、水禽或靈長類動物)雖也具有大眼睛,與本研究的結果相背。這可能是因為上述活動靈活的動物必須依賴良好的視覺以保證在夜間活動的行為不受低照度的限制,但蛇類移動能力並非十分靈活,增加夜間視覺功能投資的邊際效益並不好,倒不如發展其他感覺系統較為有利。

該研究亦比較了蛇類不同覓食方式(主動型與伏擊型)及是否具有類窩對眼大小的關聯性,結果顯示覓食方式與有無類窩與眼大小無明確關聯。這表示不同覓食方式的蛇類可能具有相似的視覺需求以及藉由視覺系統取得的獵物信息與通過紅外線感知的信息同樣重要。

老標本的新價值

科博館多年來除了向大眾展示展品,也持續蒐集各學門生物標本。該研究所採用的近1200件蛇類標本,幾乎都是來自科博館館藏中的臺灣本土物種,佔了目前科博館蛇類收藏總量的92%,並涵括了六成的臺灣本土蛇類物種數。有些標本甚至收藏了超過30年。能在30年後成為重要的學術研究成果,展現了科博館身為自然史博物館蒐藏標本的功能。

科博館的研究能量與典藏在過去已經提供許多大學生與研究生在專業研究訓練上的支持與材料,但對於中小學學生及公民科學家的學術支持則不甚關注。自108年起實施的「十二年國民基本教育課程綱要總綱」中,自然科學教育的各個階段皆應重視並貫徹「探究與實作」的學習精神及方法,其目的為刺激中小學學生主動探索及實驗操作,以養成科學論證的溝通能力。本研究也受惠於中學生及公民科學家提供標本及收集資料,並由館內研究人員指導學生進行實作,顯現了科博館的研究與典藏資源對於非專業人士親身探究科學並參與學術研究的可能性。