

【中興大學生物力學實驗室研究成果】
2011 年國立中興大學生物物理學碩士學位論文

論文題目	蓋斑鬥魚頭尾展示的行為模式與生物力學探討
研究生	曾億萍（中興大學生物物理學碩士班）
指導教授	紀凱容 博士（中興大學物理學系）
摘要	蓋斑鬥魚 (<i>Macropodus opercularis</i> L.) 是一種小型淡水魚,雄性個體在繁殖期會為了爭奪領域而更具有鬥性,進入鬥爭時,兩魚相互靠近且身體呈現 J 型朝對手的尾部作頭尾方向相反的旋轉行為,前人稱其為「頭尾展示行為」(Head-Tail Display, HTD)。本研究經由觀察得知多次 HTD 行為後可決定勝負,然而過去文獻並未探究 HTD 在鬥爭過程中所扮演的角色,也未解釋胸鰭擺動如何影響兩魚當時的運動。因此,本研究進一步探討 HTD 時胸鰭擺動行為模式,並推測其同時具有展示及力學較勁的功能,可影響勝負。打鬥行為實驗中,我將兩隻體型相當的雄魚置入靜水缸內,以常速攝影機紀錄完整鬥爭過程,並利用高速攝影以 500fps 的速度垂直俯拍,以量化胸鰭擺動的頻率及振幅;高速影片分析顯示,HTD 開始後胸鰭會進入快速擺動時期,本研究中,我以胸鰭擺動角加速度的最大值及最小值作為 HTD 的始末時間。結果顯示:(一) 胸鰭擺動的頻率、位置、和振幅在直線游泳與 HTD 時期有顯著差異。直線游泳時,泳速為 $1.37 \pm 0.37 \text{ BLs}^{-1}$,胸鰭擺動頻率為 $4.11 \pm 1.51 \text{ Hz}$;HTD 時,胸鰭擺動頻率增為 $8.52 \pm 1.34 \text{ Hz}$,但泳速反而降低為 $0.73 \pm 0.26 \text{ BLs}^{-1}$。此外,直線游泳時胸鰭擺動的位置為 $32.56 \pm 3.52^\circ$ 處,而 HTD 時則為 $84.23 \pm 13.45^\circ$。(二)HTD 時兩魚胸鰭的擺動頻率及振幅相近,但開始的時間不同。先開始 HTD 行為的攻擊者的內側胸鰭(靠近對手端)會在與身體夾 $92.06 \pm 10.94^\circ$ 處前後擺動,而外側胸鰭則在 $75.83 \pm 8.78^\circ$ 處前後擺動;較晚開始 HTD 的防守者內側胸鰭以 $94.45 \pm 8.73^\circ$ 前後擺動,外鰭以 $74.58 \pm 11.84^\circ$ 前後擺動。由此可知兩魚內外兩側胸鰭的擺動範圍不同,內側胸鰭在與身體呈 90° 處前後擺動,可增加碰觸對手的機會,外側胸鰭擺動則產生向前的分力(及力矩)來維持旋轉。(三) 打鬥的優勢者與服從者在 HTD 時胸鰭擺動的頻率及振幅相近,優勢者內側胸鰭所耗費的功率為 $0.89 \pm 0.55 \times 10^{-4} \text{ J/s}$,略高於服從者的 $0.70 \pm 0.36 \times 10^{-4} \text{ J/s}$;優勢者內側胸鰭擺動的角度為 $93.60 \pm 6.90^\circ$,較服從者的 $119.04 \pm 7.40^\circ$ 更接近 90°,因此比對手更容易將力學訊息傳達給對方。優勢者內外兩側的擺動位置角度差異大,可提供力矩維持原地旋轉的姿態;服從者內外兩側擺動位置均大於 90°,故可以產生向後的推進力以離開 HTD 成對行為。(四)歸納常速影片中完整的打鬥行為,發現有些打鬥能透過三次以下的 HTD 來決定勝負,此時個體不會受傷;當打鬥歷經八次以上的 HTD 行為後,便發生衝撞對手及以嘴互咬等較激烈的行為,且個體可能因而受傷。綜上所述,在 HTD 時期,雄性鬥魚可透過控制胸鰭擺動方向來調整彼此的相對位置與姿態,並影響能量傳遞效率,因此,HTD 兼具展示及力學較勁功能,可避免激烈打鬥所帶來的傷害。