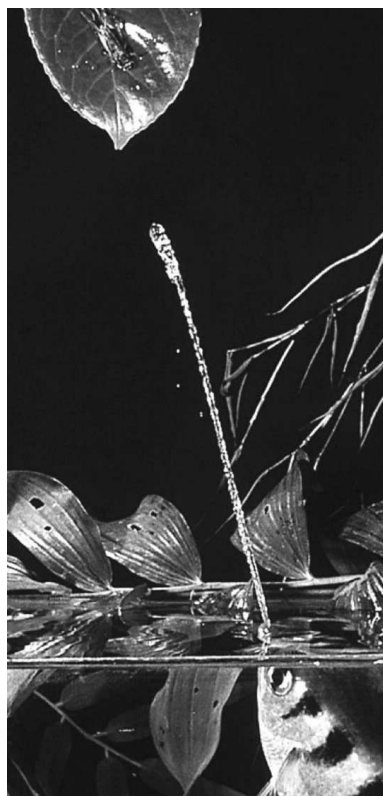


Naturalna skuteczność strzykania wyjaśniona



Występujące od Dalekiego Wschodu do Oceanii niewielkie ryby z rodziny strzelczykowatych (łac. *Toxotidae*), żyjące głównie w wodach lasów namorzynowych, wykształciły wyjątkowy sposób polowania. Odżywiają się owadami znajdującymi się na zwieszającej się nad wodą roślinności. Swoje ofiary zestrzeliwiają za pomocą precyzyjnych strzyknięć wodą. Od wielu lat nie umiano jednak wyjaśnić, w jaki sposób udaje im się uzyskać strzyknięcie wystarczająco intensywne do oderwania bardzo mocno trzymających się podłoża owadów.

Rozwiązania poszukiwano w anatomicznej budowie ryby. Spodziewano się znaleźć coś podobnego do rozwiązań obecnych u kameleonów czy salamander. Zwierzęta te magazynują energię we włóknach kolagenowych, żeby ją uwolnić w jednej chwili, uzyskując przyspieszenia wyrzucanego języka dochodzące do 500 m/s^2 . Nic takiego jednak nie znaleziono.

Okazało się, że wyjaśnieniem jest dynamika strumienia wody już po jego wystrzeleniu. Czoło strumienia, zamiast zwalniać, jak można by było się tego spodziewać, przyspiesza. Zostało to ustalone za pomocą analizy kinematycznej zdjęć uzyskanych ultraszybką kamerą [1]. Żeby uzyskać zdjęcia bez błędu paralaksy, zaaranżowano sytuację, w której ryba ustawia się bokiem do kamery. Efekt uzyskano poprzez umieszczenie nad wodą szczeliny pozwalającej rybie widzieć obuocznie potencjalną zdobycz tylko przy pożądanym ustawieniu. Dzięki temu ryba sama przyjmuje pozycję optymalną do filmowania.



Zmierzona wylotowa prędkość strumienia wody wynosiła tylko około 2 m/s . W ciągu następnych 15 ms czoło przyspieszało z przyspieszeniem malejącym od $200\text{--}400 \text{ m/s}^2$ do zera, osiągając prędkość około 4 m/s . Jednocześnie wiodące zgrubienie strumienia stawało się coraz masywniejsze. Następnie występowała $20\text{--}30 \text{ ms}$ faza ruchu balistycznego zakończona uderzeniem w będący przedmiotem polowania kąsek (znajdujący się w odległości $97\text{--}153 \text{ mm}$ od miejsca strzyknięcia).

Taki ruch jest możliwy, tylko jeżeli ciągnący się za tym zgrubieniem wodny ogon porusza się szybciej od niego. Jest to związane z mechanizmem wyrzucania strumienia. Jego kolejne partie są poddawane coraz dłuższemu okresowi przyspieszenia. Strumień dzieli się na krople dzięki efektowi nazywanemu niestabilnością Plateau-Rayleigha. W jej wyniku stacjonarny walcowy strumień cieczy dzieli się na mniejsze części przy obecności jakiegokolwiek odstępstwa od idealnego walcowatego kształtu (które w praktyce zawsze występuje).

Współdziałanie tych dwóch mechanizmów, podziału na krople (głównie związanego z napięciem powierzchniowym) oraz kinematycznej kompresji (ang. *kinematic gathering*), daje odpowiednio dużą wiodącą kroplę (dobrze widoczną na górnym zdjęciu) poruszającą się odpowiednio szybko.

Lepsze zrozumienie tego mechanizmu może pomóc w rozwoju technologii posługiwania się strumieniami kropelek. Są one stosowane chociażby w drukarkach atramentowych. Również przemysłowe techniki malarskie oparte są na natryskiwaniu farby. Dla tego typu procesów nadal nie mamy pełnego analitycznego opisu. Posługujemy się rozważaniami modelowymi. Każdy dodatkowy zrozumiany element układanki może pomóc.

Piotr ZALEWSKI

[1] A. Vailati, L. Zinnato, R. Cerbino, *How Archer Fish Achieve a Powerful Impact: Hydrodynamic Instability of a Pulsed Jet in Toxotes jaculatrix*, PLoS ONE, DOI: 10.1371/journal.pone.0047867.