

以生物力學的概念談減少游泳水中阻力之動作技巧

李靜雯／國立台北大學教師

李至斌／國立台北大學教師

王思宜／國立政治大學教師

前言

「減少阻力，增進推進力」是在水中游泳的最高原則。增進推進力不外乎是推水技巧的改善、肌肉適能的增強和心肺適能的提升；而阻力的減少相較之下是比較不費力的。水的密度是空氣的 700 多倍，在同樣的速度和動作下，在水中的前進阻力也會遠大於在空氣中的運動。因此在水中身體部位運作之些微動作改變，阻力就會有所差異而影響運動之表現，只要在游泳時稍微注意一下減少身體部位之不良動作所造成的水中阻力，改變簡單的動作或技巧，阻力馬上就會變小，相對來說比努力地加強體能容易得多且更有成效。

當在水中游泳時能夠以最小阻力的方式前進之後，再來探討推進力增加的策略才是更有效益的做法。因此，以下將就游泳時阻力的種類和減少阻力的小技巧做一個簡單的介紹。

游泳時阻力的種類

阻力減少，就是減少浪費力量在克服阻力上，也就會減少推進力的浪費，相對來說，推進力效益就提升了。人體在水中移動，所受到的阻力有一、形

狀阻力（form drag）、二、摩擦阻力（friction drag）和三、波浪阻力（wave drag）（Hall, 2007）。以下就人體在水中移動所產生的阻力做進一步的介紹。

一、形狀阻力

$$\text{阻力公式} \quad F_D = 1/2 C_D \rho A v^2$$

F_D ：前進的阻力，平行於流體移動的分量

C_D ：阻力係數

ρ ：流體的密度

A ：人體在水中前進時的投影面積

v ：人體相對於水的速度

由阻力公式中，可以知道阻力和游泳時身體前進的投影面積和速度成正比，也就是說投影面積越大或速度越快，阻力也就越大。其中速度是對阻力的影響是加倍的，但比賽時本來就要追求速度，阻力變大也是無法改變的事實，不可能為了追求阻力小而不增加速度。但是游泳時身體前進的投影面積這個因素卻是泳者可以輕易地藉由動作的修正來改善的，也代表著這項阻力因素，是最能夠以修改動作來降低。

舉例來說，如圖 1 所示，（A）和（B）為從泳者的側面看其動作，（a）和（b）分別為從泳者前方看（A）和（B）動作所看到的身體面積（即前進時的投影面積）。游泳時腳的動作越沉，造成軀幹及腿部向下傾斜，而身體前進的投影面積也就越大，當然所產生的阻力就會越大。

為（A）動作之投影面積：較小，前進阻力也較小

為 (B) 動作之投影面積：較大，前進阻力也較大

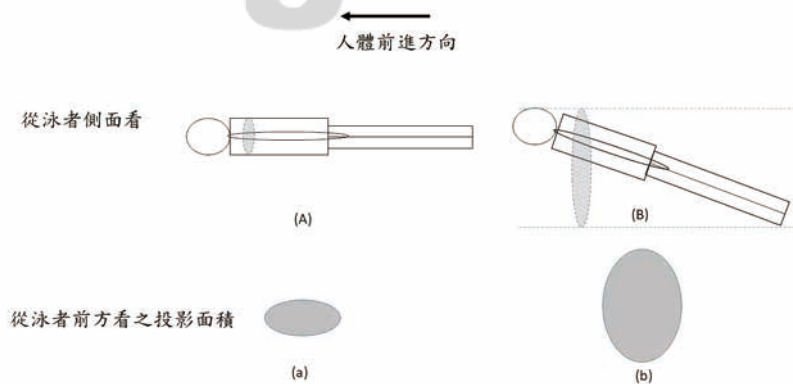


圖 1 游泳時不同身體姿勢的投影面積示意圖

二、摩擦阻力

水流經過人體表面時與身體皮膚接觸所產生的摩擦力也是讓游泳速度變慢的一項原因，這也是為什麼在競技游泳發展的初期，有些選手們會藉由去除體毛或在皮膚上抹油來減少阻力，來讓成績更好，甚至後期更有泳裝廠商發明了所謂的鯊魚泳裝，欲使成績提升，鯊魚泳裝是以高科技的技術，將泳裝仿造鯊魚的粗糙表皮，使得水流經過時在表面產生許多渦流，讓表面摩擦力變小。這項阻力因素能夠使成績的進步有限，若不是參加相關游泳競技之比賽，對於減少那一點點的秒數，實在是沒有多大的作用。

三、波浪阻力

在游泳時，人體不是在水中游，也不是在空氣中游，而是在水和空氣這二種密度差異大的流體交界處移動，造成流體的擾動，產生波浪，而波浪又在水中傳遞直到因水的黏滯性而漸漸消失。在波浪消失前，遇到了牆壁也會反彈

回來而影響泳者。因此在游泳時會因為個人前進時其前端（視動作可能為頭或手）動作的大小或其它身體在水中的動作（如踢腳、划手或身體的動作），而讓周遭（可能從四面八方而來）的波浪影響了前進的速度。

游泳比賽中，已有將波浪阻力降低來避免比賽的不公平或選手間互相影響的設置：

- （一）比賽時每個水道之間所掛的水道繩（消波器）。
- （二）在第 1 和 8 比賽道的二側多增加了第 0 和 9 道以避免受到反彈回來的波浪影響。
- （三）和水面一樣高的池壁，讓水面上的波浪能夠消散而不反彈回來。

在游泳的時候，無論是那個姿勢，都有相同的力學概念，把握這些動作的通則，對於游泳時阻力地降低將有很大的幫助。

游泳時減少阻力的技巧

一、一般性通則

- （一）穿戴合身的泳帽和泳裝，以及戴起來較為流線型的水鏡。甚至再外加一頂泳帽，增加包覆性與泳鏡繩帶所產生的水阻。
- （二）每次跳水或蹬牆出發後，在水中保持流線型。如雙臂夾緊耳朵伸直，雙腳伸直併攏，臉部朝地上而不是朝前面（可減少頭部在前進方向的投影面積）。
- （三）男性選手因下半身肌肉質量大部分多於女性，造成下半身容易下沉而增加投影面積所衍生之阻力，此時可藉由上半身姿體前傾來減少

下半身所造成的投影面積之阻力。

- (四) 各種泳姿（尤其是蝶、蛙和捷泳）在手臂動作入水前伸時要控制輕放入水，做有效之前伸動作，而非下壓動作（Maglischo, 2003），否則會造成投影面積之增加，甚至其所產生之水中阻力更推壓手臂下沉而影響水中滑行與前臂抓水之成效，進而影響動作所產生之推進力。

二、特定泳姿

(一) 捷泳或仰泳

1. 捷泳划手在空中要高手肘（手肘高於手腕）移動，而不要朝外甩以減少身體的左右搖擺，且入水寬度應介於肩和頭之間（Sanders & McCabe, 2015）。Virag 等（2014）指出游泳中最普遍性的生物力學錯誤是在水中划手和空中恢復期時沒有高手肘，而恢復期時沒有高手肘和大拇指入水角度以及不正確的手部位置有明顯相關。也就是沒有高手肘的手部空中移動將可能影響手入水時角度較小，而導致入水時的面積過大而產生阻力。
2. 捷泳水中划手也要高手肘動作（高手肘就是指動作時手肘高度高於手腕），若沒有高手肘動作將可能導致肩關節的過度旋轉，進而使身體扭動過大，阻力加大。
3. 捷泳換氣時要注意頭不可離開水面，不要為了換氣而導致頭高腳低的身體位置，如此就會產生圖一中（B）（b）前進投影面積加大的狀況；此外，這樣的動作亦會產生較大的波浪阻力（徐嘉良、陶武訓，2002）。同樣地，游仰泳時，保持身體平行於水面，注意不要過度低頭或彎曲髖關節造成臀部下沉（如圖 2）。



圖 2 仰泳時錯誤的臀部下沉動作

4. 捷泳換氣轉頭時的方向須配合身體的滾動，注意轉頭的方向勿過於朝後，以維持身體的直線前進。
5. 捷泳時臉部朝前下方池底。眼睛看前面或頭抬太高，不但會和 3. 一樣阻力較大，且也和錯誤的水中划手動作有關（Virag 等，2014），也就是說頭部的不正確位置將可能導致划手動作的不正確。
6. 游捷泳和仰泳時盡量將腳踢到有些浪花，這樣表示腳是接近水面而不是下沉的。如此一來，整個身體連同腳會較為接近水平，形狀阻力也會較小。
7. 捷泳和仰泳時，軀幹核心穩定，身體只能沿著身體長軸左右滾動，而不是腰部放鬆地讓下半身左右晃動。身體延著長軸滾動可使前進時的投影面積較小，也可使波浪阻力變小（Sanders & McCabe, 2015），讓划手動作更平衡協調。

（一）蛙泳或蝶泳

1. 蛙式收腿時，大腿前側勿太靠近腹部，且雙腳膝蓋不要太開，以免增加形狀阻力。
2. 游蝶泳和蛙泳時，採波浪式游法以減少形狀阻力。
3. 蝶式踢腿上抬時膝關節太彎會使得形狀阻力增加；划手入水要稍寬，但不要太深，在空中務必抬出水面以免造成過大的波浪；另外，換氣不要太高，換氣入水後臉要面向下方。上述也都是利用縮小前進時的投影面積來使形狀阻力變小的技巧。

結語

在游泳時，身體姿勢不正確（沒有盡量保持流線型）所導致的形狀阻力增大是影響前進速度的最主要因素。游泳選手應該了解在水中的力學原理，除了在水中專注地調整姿勢讓前進時的水中阻力降到最低之外，也須將一些習慣性的錯誤動作進行修正，因為這些錯誤還有可能會導致其它錯誤的衍生。

參考文獻

- 徐嘉良、陶武訓（2002）。淺談水中阻力在游泳運動所扮演的角色。大專體育，58，149-154。
- Hall, S. B. (2007). *Basic Biomechanics* (5th Edition). London: McGraw Hill.
- Maglischo, E. W. (2003). *Swimming fastest*. Champaign: Human Kinetics.
- Sanders, R. H. & McCabe, C. B. (2015). Freestyle technique. In S. Riewald, & S. Rodeo, (Eds.), *Science of swimming faster* (pp. 23-50). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Virag, B., Hibberd, E. E., Oyama, S., Padua, D. A., & Myers, J. B. (2014). Prevalence of freestyle biomechanical errors in elite competitive swimmers. *Sports Health*, 6(3), 218–224.