

以長方體模型探討捷泳轉身前划手對不同轉身側之影響

陳昱達

國立臺灣師範大學

E-mai: siso0606@yahoo.com.tw

摘要

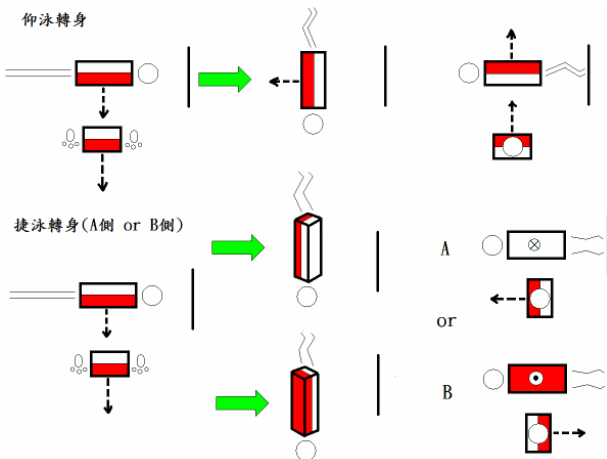
本文目的在討論轉身前不同邊划手對捷泳轉身的影響。捷泳選手於水中前進時，身體會隨著划手節奏不斷地做橫切面的來回轉動，換句話說，轉身前不同邊的划手，會影響滾翻前身體橫切面角度的偏移；當今游泳選手幾乎都有自己的習慣邊，總是以相同一側去執行每一次的滾翻轉身，本文認為：轉身前不同邊的划手，會對選手習慣轉身側造成影響，划手是左是右決定著此次轉身得利與否。建議對於捷泳選手的轉身練習，可朝著發展兩側轉身的方向訓練，以期提升捷泳轉身能力。

關鍵字：滾翻轉身、橫切面、角速度

壹、前言

游泳滾翻轉身(flip turn)分做 the approach; the turn; the push-off; the glide; and the pull-out 五期 (Costill et al., 1992)。Morteza and Ross(2008)藉由數學的方法，討論了 the turn 期矢狀面的旋轉，建議儘可能將身體彎曲增加轉身角速度。

有別於仰泳單純矢狀面轉身，捷泳轉身會在滾翻過程中，加入 90° 橫切面方向的旋轉(圖一)，使得滾翻結束後側身面向池壁，因此，若要真實地探討捷泳轉身，我們不得不將橫切面的側向旋轉一併討論。



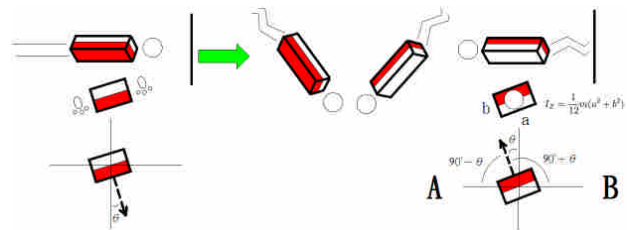
圖一、仰泳轉身及不同側捷泳轉身示意圖

在圖一中捷泳較仰泳多了 90° 側轉，虛線所示乃垂直於腹部平面的向量方向，當今捷泳選手總是以習慣一側去執行轉身，唯獨轉身前最後划哪一隻手鮮少能隨意志決定。值得一提的是捷泳前進時，身體會隨著划手節奏不斷地做橫切面來回轉動，而橫切面旋轉軸正是捷轉有別於仰轉的關鍵，所以筆者有興趣的是：捷泳轉身前的划手邊，對應於不同習慣的轉身側，是否有所影響？亦即對於熟練單側轉身的選手，

轉身前划手為左或右會不會有所差異？研究目的：探討捷泳滾翻轉身時，轉身前不同划手邊對轉身表現的影響。研究假設：1. 假設人體為一長方柱形剛體。2. 轉身前划完手之後身體會有橫切面角度的些微偏移。3. 轉身前划手之不同，會對習慣某一側的轉身表現造成差異。

貳、研究方法

筆者將人體視為一長方柱形剛體，箭頭所示為垂直於腹部平面之法線向量方向，在圖二當中，左邊部分為理論上划完右手後，身體橫切角之偏移情形，我們設此角為 θ ，在此我們假設泳者先做矢狀面滾翻，再做橫切面側轉達到實際的側身蹬牆動作。圖二所示即為研究假設情況下，泳者做出的單純矢狀面滾翻。



圖二、捷泳單純矢狀面轉身身體橫切面偏移角示意圖

參、結果與討論

在圖二中，對於習慣 A、B 側轉身的捷泳選手，分別要增加 $(90^\circ - \theta)$ 及 $(90^\circ + \theta)$ 的橫切面轉角達相同目的。以下分作兩種情況討論：(1) 同樣 t 時間內，A、B 側執行等角速度旋轉效力差異(2) 同等效率執行等角速度 ω 旋轉，A、B 兩側所需花費時間差異。

設人體質量為 m ，橫切角轉動慣量 $I_z = \frac{1}{12} m(a^2 + b^2)$ ，

$$\chi_A = \frac{\pi}{2} - \theta, \quad \chi_B = \frac{\pi}{2} + \theta$$

(1) 假設相同時間 t 內完成等角速度動作，A、B 側平

均角速度分別設為 ω_A, ω_B ， $I_Z = \frac{1}{12} m(a^2 + b^2)$

$$\omega_A = \frac{\chi_A}{t} = \frac{\pi/2 - \theta}{t}, \text{ 角動量 } A = I_Z \omega_A = \frac{1}{12} m(a^2 + b^2) \times$$

$$\frac{\pi/2 - \theta}{t} = \frac{(\pi/2 - \theta)m(a^2 + b^2)}{12t}$$

$$\omega_B = \frac{\chi_B}{t} = \frac{\pi/2 + \theta}{t}, \text{ 角動量 } B = I_Z \omega_B = \frac{1}{12} m(a^2 + b^2) \times$$

$$\frac{\pi/2 + \theta}{t} = \frac{(\pi/2 + \theta)m(a^2 + b^2)}{12t}$$

角動量差 $B-A$

$$= \frac{(\pi/2 + \theta)m(a^2 + b^2)}{12t} - \frac{(\pi/2 - \theta)m(a^2 + b^2)}{12t}$$

$$= \frac{2\theta m(a^2 + b^2)}{12t} = \frac{\theta m(a^2 + b^2)}{6t}$$

若角動量於側向旋轉之初 Δt 內產生，

$$\text{則 力矩 } B - \text{力矩 } A = \frac{\theta m(a^2 + b^2)}{6t \cdot \Delta t}$$

因此，B 側需較 A 側付出更大力矩產生足夠角動量。

另外，若考慮水阻隨著動作速度加快而增大

$$\tau = r \times F = \int_0^r \frac{1}{2} \rho_w C_D A_{\perp} V^2 dr = \int_0^r \frac{1}{2} \rho_w C_D A_{\perp} r^2 \omega^2 dr$$

$$= \frac{1}{6} \rho_w C_D A_{\perp} \omega^2 r^3 \Big|_0^{a/2} = \frac{1}{48} \rho_w C_D A_{\perp} \omega^2 a^3$$

\therefore B 側需更多力矩以維持較大橫切面角動量。

(2) 假設 A、B 側以相同動作效力(角速度 ω)執行動作，

完成動作時間分別為 t_A, t_B

$$t_A = \frac{\chi_A}{\omega} = \frac{\pi/2 - \theta}{\omega}, \quad t_B = \frac{\pi/2 + \theta}{\omega}$$

$$t_B - t_A = \frac{2\theta}{\omega}$$

由此可知，在 A、B 側以相同角速度 ω 執行動作時，

B 側會較 A 側延遲 $\frac{2\theta}{\omega}$ 時間。

\therefore 在兩者動作效力相等情況下，A 側較 B 側省時。

因此，不論是從節省力氣或是縮短時間的觀點來看，對於划完右手後滾翻的情況，習慣 A 側轉身的選手總是比較有利；而若將圖二的情形假設為另一邊，於是偏移角將變更為 $(-\theta)$ ，那麼得利的一方將會是 B 側，此時 A 側選手反而是陷入較吃虧的情境。

肆、結論與建議

在結果中我們得到，不同邊的划手的確會對捷泳轉身造成影響，大部份選手只熟練單側轉身，只能被動地受制於每一次轉身前的划手，而無法主動地選擇有利於自己的轉身模式，只有把自己要在競技激流中求生存的成績，寄託在或然率上，也許這一次得利、也許下一次失利，在筆者看來，這是非常消極的一種選擇。

有鑑於此，筆者認為，在不致造成選手左右錯亂的條件下，可朝著發展兩側轉身的方向去訓練選手，如此一來，選手們將不再受限於划手，而能主動地以改變轉身側的策略應付，有效解決偏移角所造成那 50% 機率的不利因素，令每次的轉身都是最有優勢的一次，以期達到提升轉身表現的效果。

然而，就像大聯盟真能練出左右開弓的打擊者少之又少，如何將本身左、右轉身能力練至相同，或而又不致產生錯亂的現象？基本上，那已超出運動生物力學的範疇，也許是運動心理學的另一個課題了。

伍、參考文獻

Costill, D.L., Maglischo, E.W. & Richardson, A.B.

(1992). *Handbook of Sports Medicine and Science: Swimming*. Blackwell Scientific Publications, Melbourne.

Shahbazi, M.M., Sanders, R.H. (2008). A new

mathematical simulation to study flip turn

characteristics in front crawl swim. *Proceedings of*

XXVI International Symposium on Biomechanics in

Sports. Y.H., Kwon, J., Shim, J.K., Shim, I.S., Shin

(Eds), Seoul University, Seoul, Korea.