

2001 年東亞運游泳選拔賽女子 50 公尺自由式划頻、划幅之分析

徐嘉良 陶武訓

國立體育學院

摘 要

游泳訓練的方向不應只是以選手比賽的成績及教練的感覺來訂定，事實上分析選手比賽時的划頻、划幅、速度、效率將更能了解到選手的個別差異及確立正確的訓練方向，本研究利用高速攝影機、攝下 8 名參加東亞運女子 50 公尺自由選拔選手比賽的全程，配合 Peak Performance 分析選手 50 公尺分段的划頻、划幅、速度、效率，並將所得資料經統計處理。經攝影機 60Hz 計算所得成績和大會電動計時器(亞米茄 OSM6)所得成績，其正確率達 99.9%($p < .01$)。游泳競賽中划幅對速度的相關達顯著($r = .921$, $p < .05$)。划頻和速度呈現負相關($r = -.952$)。台灣組在分段距離與各變項的相關測試方面，除了划頻呈現正相關外($r = .998$)，划幅($r = -.921$)、速度($r = -.962$)、效率($r = -.923$)皆呈現顯著負相關，可看出台灣組選手，以增加划頻、降低划幅來當作加速度的比賽方式，會造成速度及效率的下降。反觀奧運組選手以維持划頻、增加划幅的競賽策略卻能有效的提升游泳速度及效率。關於這點，應值得所有從事游泳訓練工作的伙伴加以思考。

關鍵詞：划頻，划幅，50 公尺游泳。

壹、緒論

我國的游泳運動從林季嬋在1996年亞特蘭大奧運獲得女子游泳800公尺自由式第九名開始，至1998年亞洲運動會蔡淑敏和黃智勇等奪得一金三銅達到高峰。但去年我國傾全國最佳的游泳選手參加2000雪梨奧運游泳比賽，卻無一能擠進複賽，反觀亞洲游泳強國在奧運會中的表現，彼岸的大陸及鄰國日本、韓國都有不錯的表現，2001年的廣島東亞運我國的游泳選手更是無一能奪牌，面對2002年的亞洲運動會，我國游泳健將是否能再保有上屆的成績甚至超越，教練、選手的努力固然重要，但在訓練的方式及技術的改進應更為重要。2000年雪梨奧運游泳項目共創造15項的世界紀錄、38項奧運紀錄及75項的洲際紀錄，參賽選手們的體型變大雖是重要因素，但更大的因素來自於運動科學的發達，促使訓練內容更能針對選手及比賽項目的特性給予適當的訓練，避免不必要的訓練疏失及時間的浪費。

游泳速度的產生主要來自游泳者手部的划手動作，因此划水的頻率及划水的幅度便成為影響游泳成績最大的因素，Grimson和Hay(1986)指出游泳選手的划頻及划幅對於影響游泳比賽最後成績有相當大的關係(速度=划頻×划幅)。Craig等(1985)的研究顯示，1984年較1976年奧運游泳成績的大幅躍進，主要來自於降低划頻(3%~13%)與增加划幅(4%~16%)。Pelayo、Delaplace、Tourny、Sidney(1997)等指出划幅似乎是預測游泳速度最佳的指標。2000年雪梨奧運澳洲游泳選手的成功，背後的推手即為Dr. Mason所領導的運動生物力學小組，該研究小組即是以分析游泳選手競賽及訓練時的划幅、划頻為主，其中以競賽分析最受到教練重視。因為藉由分析選手分段的速度、划頻、划幅及效率讓教練能更明確的了解選手特性，進而找出最適合選手的競賽模式或制定訓練計劃。

划頻、划幅的分析早在1976年即有相關研究，而近年來各游泳強國更是徹底的進行這項分析以求成績的突破。如Kennedy等(1990)；Chengalur和Brown(1992)以漢城奧運所有100、200公尺游泳競賽為目標進行分析比較；Arellano等(1994)針對92年巴塞隆納奧運50、100、200公尺自由式進行分析及比較。2000年雪梨奧運，澳洲更挾地主之便，將所有參賽選手競賽過程錄製下來進行分析，負責人Dr. Mason認為如此的分析能發現游泳技術的發展趨勢，並且對選手的成績有最直接的幫助。國內曾進行相關研究者如李大麟(民89)以1999年全國運動會女子200公尺決賽的8名選手為對象，以一般家用v8攝影機，擷取200公尺全部比賽過程，以一般錄放影機取得每50公尺分段划數，與大會取得的分段成績相除以獲得速率(v =公尺/秒)、划頻(sr =每划/分)進而取得划幅(sl =速度/划頻(公尺/每划))進行分析比較，但上述的分析由於只局限於單純的比較選手間划頻、划幅的差異，因此所提供的結果就如一般游泳教練所預料的一樣，「划幅越大、划頻越快，那麼游泳的速度就越快」，因此這樣的結果對於教練或選手而言，在實際上並無明顯的幫助，而且划幅、划頻受到身高及身體各肢段長度非常大的影響，因此不可能要求兩位身高有極大差異的選手在比賽中採用相同的划幅或划頻，當然除了考量身體肢段長對划幅、划頻的影響外，對於個人體能的差異也是另一項影響非常大的因素，Costill、Kovaleski等(1985)研究指出當游泳強度達到乳酸閾值時，選手會提高划頻、減小划幅以提升體力支出的經濟效益，但游泳高速度的產生卻需要較大的划幅，因此對選手比賽的過程劃分成多個分段，再針對每個分段進行划頻、划幅、速度、效

率的分析將更有助於教練、選手了解自己的優點及缺點。本研究的目的主要為一、找出奧運組選手50公尺自由式游泳比賽的競賽模式。二、了解台灣組選手50公尺自由式的游泳比賽競賽模式。三、比較奧運組和台灣組選手50公尺自由式競賽模式的差異。

貳、材料與方法

一、研究對象

本研究以參加2001東亞運女子游泳選拔賽女子50公尺自由式決賽選手為對象(n=8)。

二、研究時間與地點

時間：2001年3月11-12日東亞運選拔賽

地點：高雄國際游泳標準游泳池

三、研究步驟與方法

研究以二部Panasonic(60Hz)攝影機，攝取東亞運選拔賽50公尺參賽女選手的比賽過程。兩部攝影機固定架設於游泳池右側觀眾臺最上端，第一部攝影機置於出發臺15公尺處，第二部則置於靠近終點前15公尺處，兩部攝影機皆將該項比賽全程錄下。

比賽游泳池劃分為10個水道，每個水道以水道線相隔，每條水道線每公尺以不同顏色相隔，出發端及終點前5公尺以紅色表示，兩端15公尺及中間25公尺皆有紅色標誌辨識，比賽最後成績取自大會電動計時板(亞米茄OSM6)。

攝影的影帶以Peak Performance System分析，將錄影帶進行編碼，以Panasonic AG-6300錄放影機播放，每格畫面與畫面的間隔時間為1/30秒，先計算出每位選手各分段所使用的影像張數，再依每格畫面時間1/30秒為基礎，計算出每位參賽選手的總划數、分段距離(出發至15、25、35、45公尺及最後5公尺)的速度、划頻、划幅、效率及划數。

四、資料收集

以錄影機收集50公尺比賽全部過程，再由分析獲得各分段：出發至15公尺、自由游泳(15至25公尺；25至35公尺、35至45公尺)及最後5公尺衝刺。各分段分別分析出划頻($sr=次/分$)、速度($v=公尺/秒$)、划幅 $sl=sr/v(公尺/每划)$ 、效率 $index=v*sl(公尺^2/秒)$ 及最後成績(s)。奧運組的分段的成績、划頻、划幅、速度取自Australian Institute of Sport. (2000)對2000年奧運女子50自由式決賽所分析的資料。

五、資料分析

所獲得8位選手的分段划頻、划幅、速度、效率、分段距離以統計套裝軟體SPSS進行Pearson積差相關測驗取得平均數、標準差及各因素間的相關係數。成績部分以大會測得最後成績和計算所得最後成績獨立進行相關測試，以確立各變項之信度及效度。

參、結果

本研究所拍攝的錄影帶以Peak Performance System分析，將錄影帶進行編碼後再利用SPSS/PC統計得到8名參賽選手5個分段的划頻、划幅、速度、效率及成績，表一為東亞運分析後所得到的平均值及標準差。表二奧運組資料取自Australian Institute of Sport(2000)，獲得的資料中速度包含了五個分段，而划頻、划幅只有15公尺~25公尺及25公尺~45公尺，因此

另三段的分段划頻、划幅用二次曲線模式以各分段速度為基礎估算，以取得所需分段變項，第一段包含出發跳水動作，與其他分段游泳的動作模式不同，因此在進行二次曲線模式回歸時，並未採用第一段的資料，所以第一段的划頻、划幅不為本研究的討論範圍。

表一 東亞運女子50公尺分段划頻、划幅、速度、效率的平均數、標準差(n=8)

項目	出發~15m		15m~25m		25m~35m		35m~45m		45m~50m	
	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
划頻(次/分)	60.9	4	62.5	3.3	63.5	4.2	64.8	3.8	65.5	3.4
划幅(公尺/每划)	2.1	0.51	1.7	0.16	1.6	0.26	1.6	0.3	1.3	0.08
速度(公尺/秒)	1.9	0.09	1.8	0.11	1.5	0.12	1.5	0.12	1.3	0.18
效率(公尺 ² /秒)	4.5	0.41	3.0	0.2	2.8	0.24	2.6	0.2	2.0	0.15

表二 奧運組女子50公尺分段划頻、划幅、速度、效率的平均數、標準差

項目	出發~15		15~25		25~35		35~45		45~50	
	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
划頻(次/分)	59.2	3.4	63.85	3.29	60.6	3.5	60.6	3.5	65.9	3.4
划幅(公尺/每划)	2.25	0.11	1.82	0.12	1.85	0.11	1.85	0.11	1.81	0.11
速度(公尺/秒)	2.28	0.01	1.94	0.01	1.88	0.01	1.88	0.01	1.99	0.01
效率(公尺 ² /秒)	5.12	0.25	3.53	0.29	3.47	0.22	3.47	0.22	3.58	0.25

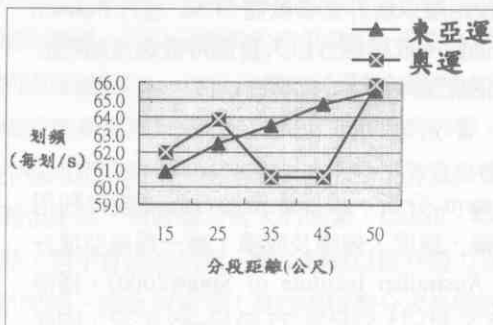
*基本資料取自中華民國游泳協會，平均數、標準差為個人計算所得。

表三 東亞運選拔與2000年奧運50公尺自由式各變項之皮爾森積差相關測驗係數

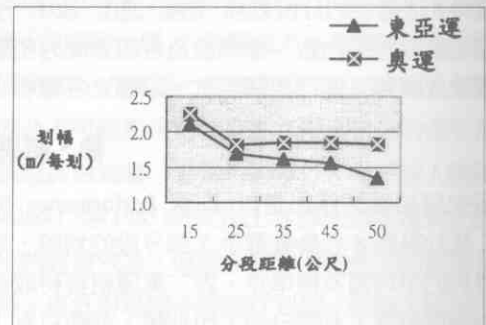
項目	組別	划頻	划幅	速度	效率
划幅	奧運組	.987	.002		
	東亞運組	-.939	.018		
速度	奧運組	-.521	.368	-.649	.236
	東亞運組	-.952	.012	.921	.026
效率	奧運組	-.977	.004	.931	.020
	東亞運組	-.944	.016	.987*	.002
分段距離	奧運組	-.730	.161	-.742	.520
	東亞運組	.998*	.000	-.921	.026

*在顯著水準為0.05時(雙尾)，相關顯著。

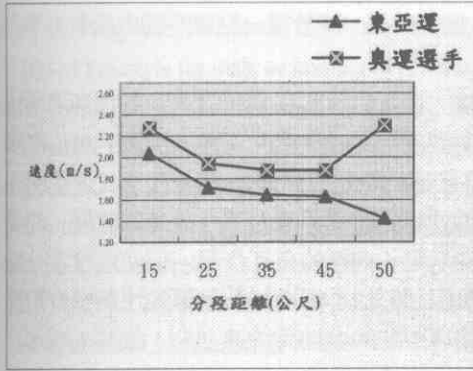
圖一、顯示奧運組的划頻在分段25及50公尺中出現二個高峰點，而東亞運則隨著分段距離逐漸增加划頻。圖二、奧運組除了包含出發的15公尺外各分段皆保持的相當平穩，反觀東亞運選手組其曲線呈現逐步下滑的趨勢。圖三、二組選手前四段曲線大致相同，及至最後5公尺才出現大幅差距，奧運組速度再度急劇上升而東亞運組則出現快速下滑。圖四、大致的情形和圖二相同東亞運組隨距離的累積，划水效率逐漸下降，特別是最後的5公尺下降的幅度更是明顯，相較於奧運組，出發至15公尺後皆保持的相當穩定，最後5公尺還出現小幅上升的情況。



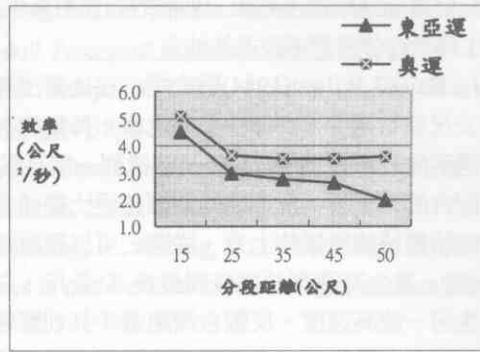
圖一划頻



圖二划幅



圖三速度



圖四效率

肆、討論與結論

一、討論

為檢驗研究的效度，個人以計算所得的 50 公尺成績和取自大會的成績以相關測試，獲得 ($r=.999, p<.01$)。

依照表一及表二兩組選者在競賽中的速度、划頻、划幅、效率的基本數據比較中，兩組間的差異是相當大的，但如果只是單純的比較兩組的速度、划頻、划幅、效率，對選手而言是沒有太大的幫助，因為台灣地區的選手和歐美選手先天上在身體各肢段長度就有著明顯的差異存在，李大齡(民 90)研究顯示台灣地區女子短距離選手平均身高為 168.4± 4.5 公分而世界優秀女子選手平均身高則達 173 公分，兩組的差異相當顯著，而身高及肢段長度與划幅及划頻也存著高度的相關性，Chollet 等(1997)針對不同等級選者的研究；Arellano(1994)；Kennedy(1990)；Somadeep(1992)的研究皆指出身體的特性影響划頻、划幅皆非常大。身高及身體肢段長度由於是先天上的差異短時間內無法經由訓練或其他手段改變的，因此只是單純的比較兩組間的速度、划頻、划幅是無法給予教練、選手們任何的助益，唯有更深入的了解兩組選手在全段比賽過程中划頻、划幅的使用策略及所產生的速度、效率之間的差異提供給教練、選手如此才能真正的讓教練、選手明確的知道在先天身高及肢段的差異下所應把握的重點。表三所呈現的是從出發~15 公尺、15~25 公尺、25~35 公尺 35~45 公尺、45~50 公尺五段的划頻、划幅、速度、效率的相關係數。表中奧運組和划頻和划幅($r=.987, p=.002$)呈現高顯著性，台灣組則為負相關($r=-.939, p=.018$)另外兩組在划頻和效率的相關係數上皆呈現高的負相關性(奧運組 $r=-.977, p=.004$ ，東亞運組 $r=-.944, p=.016$)，此點可推論划頻、划幅的增減是相互作用的，而划幅、划頻的交互改變也是影響速度及效率最主要的原因，雖然划幅和速度的相關係數，奧運組和台灣組不同，但在對照在許多相類似的研究中划幅與速度間皆呈現顯著相關 Somadeep(1992)；Kennedy(1990)；Arellano(1994)；Costill(1985)皆指出兩者有著顯著的相關，個人認為這或許是因為奧運組選手本身生理能力較強，因此得已具有較充裕的能力，在比賽過程中將划頻、划幅、速度施行策略性的應用，以便獲得最佳的效率及最後成績。Keskinen 和 komi(1993)研究指出當強度控制在乳酸閾值之內，選手能策略控制他們的速度和划頻在高穩定狀態，但當強度超過乳酸閾值達到快速累積時，選手會以增加划頻和減少划幅來維持速度。上述的論證在看過表二兩組在划頻、划幅、速度、效率和分段距離的相關上，應會有更進一步的體認，當東亞運組選手划頻隨著分段距離顯著增加的同時，其划幅、速度、效率卻隨距離顯著下降，反

觀奧運組各變項並未因距離的增加而有顯明的改變，由這一點應更能說明兩組間生理能力的差異，更進而促使東亞運組選手划頻、划幅的互作用產生大幅的差異，關於這一點應是國內所有從事游泳訓練工作伙伴值得思考改進的地方。

Pai、Hai 和 Wilson(1984)研究指出在比賽出發後，游泳的速度和划頻隨著距離逐漸增快，在 22 公尺左右速度達到最快但在之後，持續的加快划頻卻造成速度的下滑。由圖一可以發現奧運組選手的划頻在接近 25 公尺時達到一個高點之後趨於穩定直到最後 5 公尺才又產生另一高峰，配合圖二來看，奧運組的划幅整段比賽並未因划頻的改變而有上下大落差的改變，而是以穩定的狀態持續微幅的上升，從圖三可以發現這樣划頻、划幅的交互作用，促使速度在分段 25 公尺時，產生高速度並維持到最後 5 公尺，之後因划幅的小幅增加及划頻的快速提升再度爆發產生另一波高速度。反觀台灣組選手其划雖頻隨著距離的增加而快速上升，但其划幅卻也逐步的下滑並在最後 5 公尺達而最大幅度，這樣的划水組合從圖三中可輕易的看出兩組間的差異，特別是最後的 5 公尺。再將圖一、二、三對照到圖四的效率分析圖，可以推論奧運組在競賽中的生理能力及其有計畫的競賽策略產生較佳的效率曲線，關於這樣的結果，台灣的教練及選手可參考上述所得的結果，試著以增、減划水的頻率或划幅來找尋適當的競賽策略，以降低後段速度及效率快速下滑，另外對於選手肌力及體能的提升，除了應增加作用肌的肌力用以提升划水作用力外，也可以促使個人單次划水所需力量比率降低，此外個人認為增加有無氧混合訓練(間歇游訓練、模擬訓練等)以提升乳酸代謝能力及選手乳酸忍受力也是必要的。

二、結論

綜合上述的數項結果，可推論即使是游泳競賽中最短的 50 公尺，仍然需要策略安排，其次台灣的選手就成績的進步空間而言還有相當大的空間可發揮，但訓練的方向應試著跳脫以直覺或是參照著名教練的訓練計劃，按表訓練的方式進行。

進行這樣的競賽分析旨在提供教練一清晰、簡明、扼要的競賽過程，讓教練能從各分段的速度、效率、划頻、划幅更深入的了解選手在比賽中的狀況，之後在針對分析的結果加以改善，訂定最適合選手的競賽模式及策略。所以這樣的分析在幫助選手及教練提昇選手競賽能力，因此這項研究就如同澳洲國家運動科學中心人員所說的「研究的結果對教練或選手而言沒有什麼對或錯、好或壞，其主要的成效在於確立選手的優點與弱點，在分析比較自己與別人的差異後，能很明確的顯現出上選手中在競賽中速度、划水效能的變化從最佳狀態至能量轉弱、划水效能降低、速度變慢」。因此這樣的分析也就能帶給每位教練及選手能針對競賽分析狀況製定訓練計畫、內容甚至找出個人競賽最佳模式。

參考文獻

- 李大麟、黃懿卿(民 90)：優秀游泳選手身體組成之研究。中華民國大專院校九十年度體育學術研討會專刊。台中：國立台灣體育學院。
- 陳仲仁、李大麟(民 90)：國內優秀游泳選手捷式划手參數之分析。2000 年運動生物力學應用與展望研討會專刊。台北：國立陽明大學。
- Arellano, R., Brown, P., Cappaert, J., & Nelson, R.(1994). Analysis of 50-m 100-m and 200-m freestyle swimmers at the 1992 Olympic Game. *Journal of Applied Biomechanics*, 10, 189-199
- Australian Institute of Sport. (2000). National Swimming Selection Trials. Sydney, Australia 13-20 May 2000 Unpublished.
- Chatard, J. C., Collomp, C., Maglishco, E., & Maglisho, C.(1990). Swimming skill and stroking

- characteristics of front crawl swimmers. International Journal of Sports and Medicine, 11(2), 156-161.
- Chellet, D., Pelayo, P., Delaplace, C., Tourmy, C., & Sidney, M.(1997) Stroke characteristic variations in the 100-M Freestyle for male swimming of differing skill. Perceptual and Motor Skill, 1997, 85, 167-177.
- Chollet, D., Tourmy, C., Gleizes, F., Sidney, M., & Pelayo, P.(1997). How do expert swimmers structure the 100m freestyle. Science-and-sports, 12(4), 232-240.
- Chengalur, S. N., & Brown, P. L. (1992). An analysis of male and female Olympic swimmers in the 200-meter events. Canadian Journal of Sport Science, 17(2), 104-109.
- Costill, D. L., Kovaleski, J., Porter, D., Kirwan, J., Fielding, R., & King, D.(1985) Energy expenditure during front crawl swimming: Predicting success in middle distance events. International Journal of Sports and Medicine, 6, 266-270
- Craig, A. B. Jr., Skehan, P. L., Pawelczyk, J. A., & Boomer, W. L.(1985). Velocity, stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition. Medicine and Science in Sports and Exercise, 17, 625-634.
- Goldsmith, W. (1999). Six steps to greatness. American Swimming, 3, 4-6.
- Grimston, S. K., & Hay, J. G.(1986). Relationship among anthropometric and stroking characteristics of college swimmers. Medicine and Science in Sports and Exercise, 18, 60-68.
- Kennedy, P., Brown, P., Chengalur, S. N., & Nelson, R. C.(1990). Analysis of male and female Olympic swimmers in the 100-metere events. International Journal of Sport Biomechanics, 6, 187-197.
- Keskinen, K. L., & Komi, P. V. (1993) Stroke characateristic of front crawl swimming during exercise. Journal of Applied Biomechanics, 9, 219-226.
- Maw,-G; Volkers,-S (1996) Measurement and application of stroke dynamics during training in your own pool. Australian Swim Coach, 12(3), 34-38.
- Pai, Y. C., Hay, J.G., & Wilson, B. D. (1984). Stroking techniques of elite swimmers. Journal of Sports Sciences, 2, 225-239.
- Pelayo, P., Sidney, M., Kherif, T., Chollet, D., & Tourney, C. (1996). Stroking characteristics in freestyle swimming and relationships with anthropometric characteristics. Journal of Applied Biomechanics, 12, 197-206.
- Pelayo, P., Sidney, M., Moretto, P., Wille, F., & Chollet, D.(1999). Stroking parameters in top level swimmers with a disability Medicine and Science in Sports and Exercise(Baltimore, Md.), 31(12), 1839-1843.
- Pelayo, P., Wille, F., Sidney, M., Berthoin, S. S., & Lavoie, J. M. (1997). Swimming performances and stroking parameters in non skilled grammar school pupils: Relation with age, gender and some anthropometric characteristics. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 37(3), 187-193.
- Skinner, J.(1997) Biomechanics: Siamese twins-stroke rate/distance per stroke. American Swimming, 2, 8-30.

投稿日期：90年2月

審查日期：90年2月

接受日期：90年4月

ANALYSIS 2001 EAST ASIA SWIMMING TRAIL SELECT OF FEMALE'S 50-M FREESTYLE

Chia-liang Shiu Wu-shiun Tao

National College of Physical Education and Sports

ABSTRACT

The principle of swimming training should not be making up by athlete's score and coach's personal feeling. In fact, analyzing athlete's stroke rate stroke length velocity and efficiency will help detect athlete's individual difference and confirm the correct training direction. This case study is based on the complete process of 8 athlete's the female's 50-m freestyle in East Asian Games Trial. The data of stroke rate stroke length velocity and efficiency for 50-m sections of each athlete were processed by peak performance analysis. The results as following: Comparing the scores which taking up by the 60Hz Video camera with the electrical timer (OMEGA OSM6); is almost up to perfect positive correlation ($r=.99$, $p<.01$). Stroke length has positive correlation with velocity ($r=.921$, $p<.01$), stroke rate has negative correlation. The segment score has negative correlation with stroke length($r=-.921$) · velocity($r=-.962$) · efficiency($r=-.923$) beside stroke rate($r=.998$). Taiwan group using the tactics of increasing stroke rate & decreasing stroke length would decrease the velocity and efficiency. In other words, Olympic group using the tactics of keeping stroke rate and increasing stroke length can increase velocity and efficiency.

Key words: stroke length, stroke rate, 50-m swimming.