

游泳選手不同游泳姿勢臨界速度游的生理反應研究

張育瑞

仁德醫護管理專科學校

摘要

本研究的主要目的在於探討游泳選手使用捷泳、蝶泳、仰泳與蛙泳等不同游泳姿勢, 進行臨界速度(Critical Velocity, 簡稱 CV)強度的游泳運動後, 針對心跳率(Heart Rate, 簡稱 HR)、血乳酸(Blood Lactate, 簡稱 LA)與二氧化碳產生量(簡稱 VO_2)等生理反應變化情形進行分析, 以確認 CV 可適用於不同游泳姿勢, 作為耐力訓練時的強度指標。本研究以台中市全國運動會游泳代表隊選手 13 名(男生 11 名, 女生 2 名)為受試對象, 平均年齡 17.56 ± 2.1 歲, 體重 60.53 ± 7.92 公斤, 身高 171.35 ± 6.61 公分。首先所有受試者須接受捷泳、蝶泳、仰泳與蛙泳各 50m、100m 與 200m 的最大努力游泳 CV 測量, 再分別依所推算出的 CV 進行四種游泳姿勢的 400m 固定強度運動測驗, 在測驗後, 詳細紀錄受試者的 HR、LA 與 VO_2 等生理變化情形。研究資料採用皮爾遜積差統計相關統計法與單因子重複量數分析法進行分析, 接著, 再以 LSD 法進行事後比較。研究結果發現, 游泳選手不同游泳姿勢的 CV 與運動成績皆有高度相關, 且距離越長相關係數越高, 顯示, 臨界速度不僅可以評估捷泳的耐力運動能力, 同樣適用於仰泳、蛙泳與蝶泳等不同游泳姿勢; 另外, 各種游泳姿勢分別在 CV 強度運動後, HR、LA 與 VO_2 等身體各項的生理變項之間並無顯著差異, 針對生理負荷對運動強度進行分類, 屬於中高強度, 顯示, 臨界速度亦可運用於捷泳以外的其他游泳姿勢, 作為游泳耐力訓練的強度指標。

關鍵詞: 游泳、臨界速度。

壹、緒論

一、前言

Monod 與 Scherrer(1965)首先提出肌肉臨界負荷的概念, Monod 與 Scherrer 發現肌肉在固定負荷下進行最大能力運動時, 肌肉所做的功與最大持續運動時間成直線正比關係, 其中截距為肌肉能量儲存量, 斜率為肌肉能夠持續極長時間的最大負荷, 因此, Monod 與 Scherrer 定義「臨界負荷(Critical Power; CP)」來代表肌肉靜態與動態收縮時, 能夠持續運動極長時間的最大固定負荷。

1981 年 Moritani 等人則首先將 Monod 與 Scherrer(1965)的 CP 概念應用於腳踏車上; 1984 年 Hughson 則將 CP 的概念應用於跑步運動上, 發現跑步 CV 是有效預測長距離跑步運動表現的方法。後來 Wakayoshi 等人(1992)也將 CP 的概念應用在游泳運動上。除了以上有關腳踏車運動、跑步運動與游泳運動的臨界負荷相關研究外, 有關划船運動(Ginn 與 Mackinnon, 1989)、負重游泳運動(Ikuta 等人, 1994)、舉重運動(Mayhew 等人, 1992)與手搖功率計運動(Capodaglio 與 Bazzini, 1996)的臨界功率與臨界速度研究也陸續被發表出來。

1992 年 Wakayoshi 和 Moritani 等人首先將臨界負荷的概念運用於游泳運動項目中, Wakayoshi 等人以 9 名大學男子游泳選手為研究對象, 在原位游泳裝置(swimming flume)進行六種不同泳速最大努力測驗(7 名使用自由式、2 名不固定泳式), 測量 9 名游泳選手的臨界速度(CV-flume)、最大攝氧量(VO_{2max})、換氣閾值(ventilatory threshold), 簡稱 VT)、4 mmol/L 血乳酸開始堆積時的速度(V-OBLA)、400 公尺平均泳速(V-400)彼此間的關係、結果 V-400 與 V-OBLA 相關為 0.763, 與 VT 相關為 0.750, CS 相關為 0.865, 與 VO_{2max} 相關為 -0.437, CS 與 V-OBLA、VT、相關分別為 0.949、0.818, Wakayoshi 等人發現 CV 對競技游泳選手而言是非常有效的耐力表現指標。

後來, Biggerstaff 等人(1992)、Lkuta 等人(1994)、MacLaren 等人(1994)、Steward 等人(1994)、Lane 等人(1994)、Hill 等人(1995)、戴堯種(1995)、Finke 等人(1996)、李長生(1997)、陳福財、(2002)等研究皆先後針對競技游泳運動項目, 進行有關游泳 CP 的研究, 儘管 CP 的存在已受到許多學者的研究肯定, 然而, 有關 CP 的實際應用處理, 仍然存在一些問題。就以往有關臨界負荷的研究(Poole 等人, 1988; Housh 等人, 1989; Jenkins 與 Quigley, 1990; Housh 等人, 1991; Pepper 等人, 1992; 王順正與林正常, 1992、1994) 發現, 臨界負荷有過度估計有氧運動能力的現象。Housh 等人(1991)的研究即發現, 可以持續跑步運動 60 分鐘的臨界負荷強度, 計算出的數值比實際多了 30%; 同年 Housh 等人(1991)測量 12 名受試者, 在 CP 強度下運動後的血乳酸(LA)濃度有高於 4mM/L 的現象。Pepper 等人(1992)的研究則發現, 臨界負荷高估能夠持續運動 60 分鐘的跑步速度達 15%以上; Wakayoshi 等人(1992b)則發現以游泳的 CV 進行 4 分鐘的固定負荷游泳運動後, LA 濃度達 4.23mM/L (± 0.67 mM/L)。研究結果發現, 以 CP 負荷運動時的 LA 有高於 4mM/L 的現象。根據研究指出, 4 mM/L 血乳酸濃度時的運動速度被公認為訓練強度的基準(李長生, 1995), 因此, 究竟以 CP 強度進行游泳運動後 LA 是否有過高的情形? 或是, 以多少 CP 強度進行游泳運動後, LA 濃度會接近 4mM/L? 是相當值得深入探討的主題, 本研究將進一步確認。

另外, 根據以往有關游泳臨界負荷(CP)的研究 Wakayoshi 等人(1992a)、Ikuta 等人(1994)、MacLaren 等人(1994)、Steward 等人(1994)、Lane 等人(1994)、Hill 等人(1995)、戴堯種(1995)、Finke 等人(1996)、李長生(1997)、陳福財、(2002)等研究, 除了再一次的印證 CP 與耐力運動表現的高相關外, 也顯示出臨界速度應用在競技游泳運動上, 亦可作為選手耐力訓練的指標, 但是, 以往研究者進行有關游泳 CP 的相關研究的時候, 多以捷泳作為研究時所使用的游泳姿勢, 然而, 競技游泳運動比賽項目中除了自由式(捷泳)外, 另有其他不同姿勢的比賽項目, 其中包括: 自由式(Free-Style)、蛙式(Breast Stroke)、仰式(Back Stroke)、蝶式(Butterfly Stroke)以及混合式(Individual Medley), 游泳選手各自有拿手的專長項目也就是參加比賽的項目, 因此每位選手都有必要發展出一套針對自己專長項目加強訓練的計劃, 所以在游泳訓練的過程中, 必須針對游泳選手各自的專項安排訓練計劃, 而 CP 的概念是否適用於捷泳以外如蝶泳、仰泳與蛙泳等不同游泳姿勢作為游泳耐力訓練時的指標, 便成為了一重要的研究方向, 亦是本研究的主要目的之一。

二、研究目的

基於以上的研究背景與動機, 本研究之研究目的分別敘述如下:

- (一) 比較不同 CV 強度捷泳運動後, 身體的生理反應變化情形, 以便能夠瞭解 CV 應用於游泳訓練的有效性。本研究之不同 CV 強度有 85%CV 與 100%CV。
- (二) 探討蝶泳、仰泳與蛙泳等不同游泳姿勢進行 CV 強度游泳運動後, 評量身體的生理反應變化情形與捷泳 CV 強度游泳運動後, 比較身體的生理反應是否有差異, 以便瞭解 CV 是否同樣適用於不同游泳姿勢, 作為游泳耐力訓練的指標, 提高 CV 之實用性。

貳、研究方法

一、受試對象

本研究以台中市全國運動會游泳代表隊選手 13 名為受試對象(男生 11 名, 女生 2 名), 平均年齡 17.56 ± 2.1 歲, 體重 60.53 ± 7.92 公斤, 身高 171.35 ± 6.61 公分, 受試者基本資料如表一。

表一 受試者基本資料

N=13	年齡(歲)	身高(公分)	體重(公斤)
平均數	17.65	171.35	60.53
標準差	2.1	6.61	7.92
最大值	19	181	85
最小值	16	162	48

二、研究方法與程序

(一) 實驗設計

所有受試者首先皆須接受四種不同游泳姿勢(捷泳、蛙式、仰式與蝶式)，每一種游泳姿勢進行三個不同游泳距離：50m、100m 及 200m 的最大努力游泳測驗，根據研究指出，此三種距離組合最適用於游泳臨界速度的計算(李長生，1997)，以利推算四種不同游泳姿勢之 CV 強度，測驗採平衡次序的方式進行，同時，每位受試者進行兩次運動測驗間，最少間隔 24 小時以上。為去除測驗順序所造成的誤差，受試者依平衡次序(balance order)的方式進行測驗。

受試者以最佳之非最大運動 CV 強度，進行四種不同游泳姿勢及 85%CV 捷泳，各 400m 的固定強度運動測驗(每種姿勢各 400m)，運動測驗過後詳細紀錄下每位受試者的心跳率(HR)、血中乳酸(LA)與二氧化碳產生量(VO_2)等生理變項變化情形，以作為本研究的主要依變項。

(二) 實驗方法

1、四種游泳姿勢的 CV 計算

Moritani 等人(1981) 提出最大做功(運動強度乘以最大持續運動時間) 與最大持續運動時間的線性計算模式。透過腳踏車功率器在做功處理上的優點，研究者可以很輕易的取得運動過程中做功的總合(total work；TW)與最大持續運動時間(T)的資料，再藉由這種線性模式的簡便計算處理狀況，形成最簡便的CP計算模式。除了腳踏車運動以外，其他以距離(distance；D)為測量單位的運動項目(跑步、游泳與划船等)，也可用此種距離與運動成績的直線正比關係模式來評量，由於，此種計算方式較簡便且容易計算，適用於一般基層教練員使用，其數學模式如下：

$$CV = \frac{\sum (T-MT)(D-MD)}{\sum (T-MT)}$$

$$CV = \text{臨界速度} \quad T = \text{時間(成績)} \quad MT = \text{時間(平均值)} \quad D = \text{距離} \quad MD = \text{距離(平均值)}$$

2、心跳率(HR)的測量

受試者佩戴 Exel Sports PC；Heart Rate Monitor 心跳監測錶，紀錄受試者運動測驗後的一分鐘心跳。

3、二氧化碳產生量(VO_2)的測量

當受試者以臨界速度進行 400m 游泳運動後，使用 Vmax ST. Calibration Manual 攜帶式氣體分析儀，進行三分鐘的二氧化碳產生量檢測。

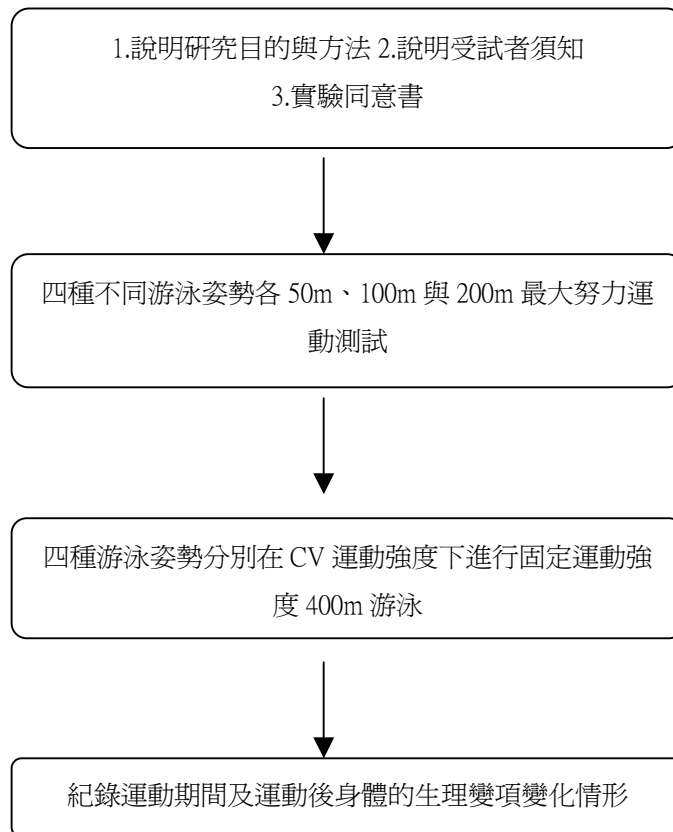
4、血乳酸(LA)的測量

當受試者以臨界速度進行 400m 游泳運動後兩分鐘，以採血筆指尖採血方式，使用 ARKRAY Lactate Pro；血中乳酸測定用電極片，進行血液採樣，即以 ARKRAY Lactate Pro；Blood Lactate Test Meter 攜帶型血乳酸分析儀，分析運動前後血乳酸濃度。

(三) 實驗流程

本研究所有受試者皆須接受四種不同游泳姿勢(捷泳、蛙式、仰式、蝶式)CV 測量，每一種游泳姿勢進行三個不同游泳距離：50m、100m 及 200m 的最大努力游泳測驗，以利推算四種不同游泳姿勢之 CV 強度。

在確認受試者四種不同游泳姿勢的 CV 強度後，再依平衡次序的方式，安排受試者於游泳池以四種不同游泳姿勢之 CV 強度，進行各 400m 的固定強度運動測驗，運動測驗後詳細紀錄下每位受試者的 HR、LA 與 VO_2 等生理變化情形，實驗流程如圖一所示。



圖一 實驗流程圖

三、資料處理

- (一) 四種不同游泳姿勢各 50m、100m 與 200m 最大努力運動測試，以推算出每位受試者捷泳、蛙泳、仰泳與蝶泳的最大努力運動的 CV。
- (二) 以皮爾遜積差統計相關統計法，求出 CV 與捷泳、蛙泳、仰泳與蝶泳等四種游泳姿勢的 50m、100m、200m 的運動成績之相關程度。
- (三) 以重複量數分析法(repeated measures)，分別比較捷泳、蛙泳、仰泳與蝶泳在 CV 強度運動後，HR、 $\dot{V}CO_2$ 與 LA 等生理變項，會不會因為不同的游泳姿勢而有所差異，再以 LSD 法進行事後比較。

參、結果與討論

一、受試者基本測試資料

受試者接受四種游泳姿勢(捷泳、仰泳、蛙泳與蝶泳)與三種不同距離的最大努力運動測驗成績所推算出的不同游泳姿勢之 CV 與各項 CV 強度運動後的生理變項反應資料統計結果如表二所示。

表二 受試者各項基本測試資料表

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
捷泳 CV	13	1.12	1.52	1.32	0.12
仰泳 CV	13	1	1.44	1.11	0.11
蛙泳 CV	13	0.85	1.22	1.02	0.10
蝶泳 CV	13	0.9	1.34	1.07	0.13
捷泳乳酸(LA)	13	3.3	8	5.08	1.34
仰泳乳酸(LA)	13	3.2	7.1	4.66	1.21
蛙泳乳酸(LA)	13	3.1	8.6	5.35	1.82
蝶泳乳酸(LA)	13	2.3	8.8	5.45	1.96
CV85%乳酸(LA)	13	2.1	3.2	2.66	0.36
捷泳心跳率(HR)	13	151	174	158.92	6.56
仰泳心跳率(HR)	13	140	170	154.85	9.12
蛙泳心跳率(HR)	13	143	178	161.38	9.15
蝶泳心跳率(HR)	13	145	168	159.77	7.10
CV85 心跳率(HR)	13	128	152	137.46	7.63
捷泳二氧化碳產生量 (VCO ₂)	13	51.81	57.67	54.01	1.62
仰泳二氧化碳產生量 (VCO ₂)	13	51.61	56.84	53.80	1.62
蛙泳二氧化碳產生量 (VCO ₂)	13	50.62	55.69	53.52	1.43
蝶泳二氧化碳產生量 (VCO ₂)	13	51.61	55.92	53.88	1.34
CV85 二氧化碳產生量 (VCO ₂)	13	38.22	41.33	39.80	1.09

二、不同游泳姿勢之臨界速度與運動能力的相關

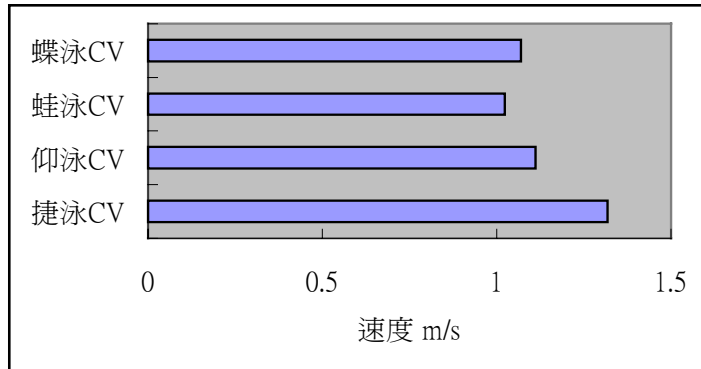
各種不同游泳姿勢之 CV 與不同距離(50m、100m 與 200) 的運動表現相關分別為捷泳：- 0.57(p<.05)、- 0.71(p<.05)與- 0.99(p<.05)；仰泳：- 0.86(p<.05)、- 0.91(p<.05)與- 0.97(p<.05)；蛙泳：- 0.86(p<.05)、- 0.88(p<.05)與- 0.96(p<.05)；蝶泳：- 0.54(p<.05)、- 0.79(p<.05)與- 0.81(p<.05)，摘要如表三所示。

表三 各種游泳姿勢之 CV 與運動表現的相關

	CV	50M	100M	200M
捷泳 CV	1.00	-0.57*	-0.71**	-0.99**
仰泳 CV	1.00	-0.86**	-0.91**	-0.97**
蛙泳 CV	1.00	-0.86**	-0.88**	-0.96**
蝶泳 CV	1.00	-0.54*	-0.79**	-0.81**

*p<.05

Wakayoshi (1992a) 等人發現游泳 CV 與 400 公尺游泳速度的相關達 0.86，Hill 等人(1995)、與戴堯種(1995)的研究也發現 CV 與耐力游泳運動成績具有高相關，本研究除了進一步證實，游泳 CV 與游泳耐力運動能力的相關外，另外，本研究發現，游泳 CV 同樣可以用於仰泳、蛙泳與蝶泳等不同游泳姿勢作為有氧運動能力的指標。



圖二 不同游泳姿勢之游泳 CV 比較圖

Wakayoshi 等人(1992a)以八名優秀游泳選手，在原位游泳裝置(swimming flume)進行四種不同水流速度最大努力捷泳測驗，求出臨界速度(CV-flume)及一般游泳池中進行 50m、100m、200m、400m 最大努力游泳測驗，求出臨界速度(CV-pool)，結果 400 公尺平均速度與 CV-flume 相關為 0.86，與 CV-pool 相關為 0.89；Steward 等人(1994)以 86 名非優秀游泳選手(8-18)為研究對象，選手依年齡及經驗分成兩組，進行四種不同游泳距離(22.9m、45.7m、91.4m、182.9m 與 91.4m、182.9m、457.2m、2286m)最大努力游泳測驗，依其成績求出臨界速度 CV 與無氧游泳能力(ASC)，結果 CV 與長距離平均泳速相關均達 0.86 以上；戴堯種(1994)以 20 名女子游泳選手為研究對象，比較臨界速度與心跳閾值速度兩者之間的差異，與對捷泳成績的預測能力，受試者的臨界速度平均值為 1.17 ± 0.1 m/sec，心跳閾值速度平均值為 1.22 ± 0.09 m/sec，兩者與 50m、100m、200m、400m 成績相關依序分別為 -0.85 、 -0.86 、 -0.94 、 -0.99 (臨界速度)； -0.85 、 -0.90 、 -0.86 、 -0.83 (心跳閾值速度)。游泳 CV 與游泳成績的高相關，已由多位學者的相關研究所證實，是為有氧運動能力的指標。

本研究臨界速度乃是由不同游泳姿勢(捷泳、仰泳、蛙泳與蝶泳)所推算出的四種游泳姿勢之 CV，研究結果發現，四種游泳姿勢之 CV 皆與運動成績有高相關與眾學者研究的結果相同，不僅捷泳 CV 可作為有氧運動能力的指標，事實上，仰泳、蛙泳與蝶泳亦可藉由其 CV 與運動表現的高相關，提供仰式、蛙式與蝶式等專長游泳選手評估有氧運動能力，進一步增加了 CV 的實用性。

三、不同游泳姿勢臨界速度游的各項生理變項反應

本研究有關不同游泳姿勢臨界速度游的各項生理變項反應探討，主要包括有血乳酸(LA)、心跳率(HR)和二氧化碳產生量(VC_{O_2})三個部分來說明。

(一)不同游泳姿勢 CV 強度運動後血乳酸(LA)反應

本研究以不同游泳姿勢，進行 CV 強度游泳運動 400 公尺，受試者運動過後的 LA 反應，經過重複量數分析結果發現，在 CV 強度運動後，捷泳、仰泳、蛙泳與蝶泳等游泳姿勢的 LA 反應，有顯著差異存在(如表四所示)，經過 LSD 法事後比較的結果發現，捷泳、仰泳、蛙泳與蝶泳等游泳姿勢，在 CV 強度運動後，LA 的反應，沒有顯著差異但與 85%CV 捷泳皆有顯著差異，摘要如表五所示。

表四 不同游泳姿勢臨界速度游的 LA 反應之變異數分析摘要表

變異來源	SS	Df	MS	F
受試者 SSs	37.94	12	3.16	
自變項 SSa	68.61	4	17.15	9.31*
誤差項 SSsa	88.45	48	1.84	

*p<.05

表五 不同游泳姿勢 CV 強度運動後 LA 反應成對比較表

(I) 乳酸	(J) 乳酸	平均數差異	標準誤	顯著性	差異的 95% 信賴區間	
					下限	上限
捷泳	仰泳	0.41	0.49	0.41	-0.66	1.49
	蛙泳	-0.28	0.64	0.67	-1.67	1.12
	蝶泳	-0.38	0.58	0.53	-1.65	0.89
	CV85%	2.42*	0.43	0.00	1.47	3.36
仰泳	捷泳	-0.42	0.49	0.42	-1.49	0.66
	蛙泳	-0.69	0.49	0.19	-1.77	0.39
	蝶泳	-0.79	0.50	0.14	-1.89	0.30
	CV85%	2*	0.34	0.00	1.27	2.73
蛙泳	捷泳	0.28	0.64	0.67	-1.12	1.67
	仰泳	0.69	0.49	0.19	-0.39	1.77
	蝶泳	-0.1	0.72	0.89	-1.66	1.46
	CV85%	2.69*	0.46	0.00	1.69	3.69
蝶泳	捷泳	0.38	0.58	0.53	-0.89	1.65
	仰泳	0.79	0.50	0.14	-0.30	1.89
	蛙泳	0.1	0.72	0.89	-1.46	1.66
	CV85%	2.79*	0.56	0.00	1.56	4.02
CV85%	捷泳	-2.42*	0.43	0.00	-3.36	-1.47
	仰泳	-2*	0.34	0.00	-2.73	-1.27
	蛙泳	-2.69*	0.46	0.00	-3.69	-1.69
	蝶泳	-2.79*	0.56	0.00	-4.02	-1.56

*p<.05

捷泳、仰泳、蛙泳與蝶泳在 CV 強度運動後，LA 的反應平均分別為 5.08 ± 1.34 mM/L、 4.66 ± 1.21 mM/L、 5.35 ± 1.82 mM/L 與 $5.451.96 \pm 1.96$ mM/L；85%CV 捷泳 2.66 ± 0.36 mM/L (如表二所示)，雖然，捷泳、仰泳、蛙泳與蝶泳在 CV 強度運動後，LA 的反應平均有高於 4mM/L 的現象，但彼此之間並無顯著差異。

游泳 CV 與 4 mmol/L 血乳酸開始堆積時的速度 (V-OBLA) 有高度相關 (0.91)，在許多相關研究中被證實，以本研究中的仰泳在 CV 強度運動後，LA 的反應平均為 4.66 ± 1.21 mM/L 這個結果來看，仰泳 CV 與 V-OBLA 最為接近，而蝶泳的 LA 反應 5.35 ± 1.82 mM/L 最高，這種因為游泳姿勢不同所造成的差異，研究者似乎必須進一步探討。不過，將各種姿勢游泳 CV 所反映出最大乳酸穩定堆積情形，根據 Morehouse 在 1972 年出版的運動生理學實驗手冊中，針對生理負荷對運動強度進行分類 (表 5-1) 來看，卻也都是相當適合有氧耐力訓練的強度。

表六 生理負荷的運動強度表 (本表摘自運動生理學實驗指引)

分類 (運動強度)	乳酸 (mg%)	呼吸商 (R. Q)	攝氧量 (l/min)	METS	最大攝 氧量 (%)	代謝量 (kcal/m in)	BTU (/min)	恆溫 (C)
基礎	9.6	0.82	0.2			1.0	4.0	37
安靜	9.6	0.82	0.316	1		1.58	6.32	37
較弱	< 15	0.82-0.84	< 0.5	< 2.5	< 10	< 3.5	< 14	< 37.2
弱	< 15	0.84-0.86	0.5-1.0	2.5-5.0	10-30	3.5-5.5	14-22	37.2
普通	15-20	0.86-0.88	1.0-1.5	5.0-7.5	30-50	5.5-8.0	22-32	37.2-37.4
強	20-40	0.88-0.92	1.5-2.0	7.5-10.0	50-70	8.0-10.5	32-42	37.4-37.6
較強	40-60	0.92-0.95	2.0-2.5	10-12.5	70-90	10.5-13.0	42-52	37.6-37.8
非常強	60-80	0.95-1.1	2.5-3.0	12.5-15	90-100	13.0-15.5	52-62	37.8-38.0
非常非常強	> 80	> 1.1	> 3.0	> 15	> 100	> 15.5	> 62	> 38.0

(二) 不同游泳姿勢 CV 強度運動後心跳率 (HR) 反應

本研究以不同游泳姿勢，進行 CV 強度游泳運動 400 公尺，受試者運動過後的 HR 反應，經過重複量數分析結果發現，在 CV 強度運動後，捷泳、仰泳、蛙泳與蝶泳等游泳姿勢的 HR 反應，有顯著差異存在 (如表六所示)，經過 LSD 法事後比較的結果發現，捷泳、仰泳、蛙泳與蝶泳等游泳姿勢，在 CV 強度運動後，HR 的反應，沒有顯著差異但與 85%CV 捷泳皆有顯著差異，摘要如表八所示。

表七 不同游泳姿勢臨界速度游的 HR 反應之變異數分析摘要表

變異來源	SS	Df	MS	F
受試者 SSs	660.22	12	55.02	
自變項 SSa	5006.98	4	1251.75	19*
誤差項 SSsa	3163.02	48	65.9	

*p < .05

表八 不同游泳姿勢 CV 強度運動後 HR 反應成對比較表

(I)心跳率	(J)心跳率	平均數差異	標準誤	顯著性	差異的 95% 信賴區間	
					下限	上限
捷泳	仰泳	4.08	2.63	0.15	-1.65	9.80
	蛙泳	-2.46	3.63	0.51	-10.37	5.45
	蝶泳	-0.85	2.77	0.77	-6.89	5.20
	CV85%	21.46*	2.77	0.00	15.43	27.50
仰泳	捷泳	-4.08	2.63	0.15	-9.80	1.65
	蛙泳	-6.54	3.43	0.08	-14.02	0.94
	蝶泳	-4.92	3.01	0.13	-11.48	1.63
	CV85%	17.38*	3.69	0.00	9.34	25.43
蛙泳	捷泳	2.46	3.63	0.51	-5.45	10.37
	仰泳	6.54	3.43	0.08	-0.94	14.02
	蝶泳	1.62	2.32	0.50	-3.44	6.67
	CV85%	23.92*	4.15	0.00	14.89	32.96
蝶泳	捷泳	0.85	2.77	0.77	-5.20	6.89
	仰泳	4.92	3.01	0.13	-1.63	11.48
	蛙泳	-1.62	2.32	0.50	-6.67	3.44
	CV85%	22.31*	2.98	0.00	15.82	28.79
CV85%	捷泳	-21.46*	2.77	0.00	-27.50	-15.43
	仰泳	-17.38*	3.69	0.00	-25.43	-9.34
	蛙泳	-23.92*	4.15	0.00	-32.96	-14.89
	蝶泳	-22.31*	2.98	0.00	-28.79	-15.82

*p<.05

捷泳、仰泳、蛙泳與蝶泳在 CV 強度運動後，HR 的反應平均分別為 158.92 ± 6.56 beat/min、 154.85 ± 9.12 beat/min、 161.38 ± 9.15 beat/min 與 159.77 ± 7.10 beat/min；85%CV 捷泳 134.46 ± 7.63 beat/min(如表二所示)，一般來說，HR 可以用來作為運動強度指標，評估運動訓練效果、評估運動能量消耗、評估人體基本身體狀況、以及判定運動能力優劣的依據(林正常，1997)。由此可見，HR 在運動生理學上仍有其特殊的意義。本研究結果發現捷泳與仰泳、蛙泳與蝶泳等游泳姿勢在 CV 強度運動後，HR 的反應，相互之間並沒有差異存在，但與 85%CV 捷泳皆有顯著差異，也就是說，游泳 CV 運用於不同的游泳姿勢，在 HR 方面可以獲得相同的效果。

(三)不同游泳姿勢 CV 強度運動後二氧化碳產生量(VO_2)反應

本研究以不同游泳姿勢，進行 CV 強度游泳運動 400 公尺，受試者運動過後的 VO_2 反應，經過重複量數分析結果發現，在 CV 強度運動後，捷泳、仰泳、蛙泳與蝶泳等游泳姿勢的 VO_2 反應，有顯著差異存在(如表八所示)，經過 LSD 法事後比較的結果發現，捷泳、仰泳、蛙泳與蝶泳等游泳姿勢，在 CV 強度運動後，VE 的反應，沒有顯著差異但與 85%CV 捷泳皆有顯著差異，摘要如表十所示。

表九 不同游泳姿勢臨界速度游的 VC_{O_2} 反應之變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F 值	p 值
組 間 SSB	2041.45	4.00	510.36	249.36*	0.00
殘差項 SSE	98.24	48.00	2.05		
總 和 SST	2139.69	52			

*p<.05

表十 不同游泳姿勢 CV 強度運動後 VC_{O_2} 反應成對比較表

(I) VC_{O_2}	(J) VC_{O_2}	平均數差異	標準誤	顯著性	差異的 95% 信賴區間	
					下限	上限
捷泳	仰泳	0.21	0.65	0.75	-1.21	1.63
	蛙泳	0.49	0.60	0.43	-0.82	1.79
	蝶泳	0.13	0.60	0.83	-1.18	1.45
	CV85%	14.21*	0.43	0.00	13.27	15.16
仰泳	捷泳	-0.21	0.65	0.75	-1.63	1.21
	蛙泳	0.27	0.60	0.66	-1.03	1.58
	蝶泳	-0.08	0.65	0.91	-1.50	1.35
	CV85%	14.00*	0.50	0.00	12.91	15.09
蛙泳	捷泳	-0.49	0.60	0.43	-1.79	0.82
	仰泳	-0.27	0.60	0.66	-1.58	1.03
	蝶泳	-0.35	0.55	0.53	-1.54	0.84
	CV85%	13.73*	0.43	0.00	12.80	14.66
蝶泳	捷泳	-0.13	0.60	0.83	-1.45	1.18
	仰泳	0.08	0.65	0.91	-1.35	1.50
	蛙泳	0.35	0.55	0.53	-0.84	1.54
	CV85%	14.08*	0.54	0.00	12.90	15.26
CV85%	捷泳	-14.21*	0.43	0.00	-15.16	-13.27
	仰泳	-14.00*	0.50	0.00	-15.09	-12.91
	蛙泳	-13.73*	0.43	0.00	-14.66	-12.80
	蝶泳	-14.08*	0.54	0.00	-15.26	-12.90

*p<.05

捷泳、仰泳、蛙泳和蝶泳等游泳姿勢在 CV 強度下，分別進行 400m 固定強度運動結束後， VC_{O_2} 的反應平均分別為捷泳： $54.01 \pm 1.62 \text{ml/min/kg}$ ；仰泳： $53.80 \pm 1.62 \text{ml/min/kg}$ ；蛙泳： $53.52 \pm 1.43 \text{ml/min/kg}$ 與蝶泳： $53.88 \pm 1.34 \text{ml/min/kg}$ ，而 85%CV 強度捷泳運動結束後 VC_{O_2} 的反應為 $39.80 \pm 1.09 \text{ml/min/kg}$ ，捷泳、仰泳、蛙泳與蝶泳在 CV 強度運動後， VC_{O_2} 的反應彼此之間並無顯著差異，與 85%CV 捷泳之間皆有顯著差異。

根據王順正(1998)研究結果顯示，在任何運動強度下 VC_{O_2} 皆不會隨運動時間而改變，顯示 VC_{O_2} 可以在任何運動時間用來界定運動強度的高低。

在本研究不同游泳姿勢 CV 強度運動結束後 VC_{O_2} 的反應方面，捷泳、仰泳、蛙泳與蝶泳等游泳姿勢，在 CV 強度運動結束後， VC_{O_2} 的反應方面，捷泳與各種游泳姿勢彼此之間沒有顯著差異，顯示，游泳 CV 使用於不同游泳姿勢的時候，在 VC_{O_2} 的反應面，可以獲得相同的效果。

肆、結論與建議

一、結論

- (一) 本研究結果發現，不同游泳姿勢(捷泳、仰泳、蛙泳與蝶泳)所推算出的 CV，與運動成績皆有高相關，因此，作者認為，仰泳、蛙泳與蝶泳亦可藉由其 CV 與運動表現的高相關，提供教練員或選手，評估仰式、蛙式與蝶式等專長游泳選手的有氧運動能力。
- (二) 捷泳、仰泳、蛙泳與蝶泳在 CV 強度游泳運動結束後，HR、LA 與 VC_{O_2} 等身體各項的生理變項之間並無顯著差異，顯示 CV 適用於不同游泳姿勢作為有氧耐力訓練的強度。
- (三) 研究結果發現，85%CV 強度捷泳運動結束後，受試者的 LA 反應，低於捷泳 CV，顯示，身體的 LA 反應，會隨著 CV 強度的不同而有所改變。以生理負荷的運動強度而言，強度接近”普通”就有氧耐力訓練而言，強度似乎偏低。

二、建議

依據本研究結果的發現，提出以下幾點建議

- (一) 運動教練可以藉由不同游泳姿勢的 CV 與耐力運動表現的高相關，透過 CV 的測量，便可評量具有長距離游泳運動能力的年輕游泳選手，進而成為簡便的選材方法。
- (二) 根據研究發現，經過 8 週 CV 強度游泳耐力訓練後，訓練後的 CV 值明顯較訓練前進步，因此，建議經過 6-8 週的 CV 強度游泳耐力訓練後，應重新計算 CV，更新訓練強度。

參考文獻

- 王順正、李昭慶與康風都 (1994)：臨界負荷在運動強度設定上的應用，**中華體育**，28期，116-125 頁。
- 王順正、林正常 (1992)：臨界負荷、肌電圖疲勞閾值與無氧閾值的關係研究。**體育學報**，14輯，207-226頁。
- 王順正、林正常 (1994)：**跑步臨界負荷與無氧閾值的關係研究**。論文發表於中華民國大專院校83年度體育學術研討會專刊，台北市，中華民國大專體育總會。
- 王順正、王鶴森、林正常 (1995)：漸增強度運動測驗之臨界負荷與無氧閾值的關係研究。**體育學報**，19輯，145-156頁。
- 王順正 (1998)：**長跑選手臨界速度跑的生理反應研究**。國立臺灣師範大學體育研究所博士論文。
- 林正常 (1990)：**運動生理學實驗指引**。台北市：師大書苑。
- 林正常 (1997)：**運動生理學**。台北市：師大書苑。
- 林正常、王順正、彭郁芳、林玉瓊、吳忠芳、康風都 (1997)：長跑選手不同臨界速度跑的血乳酸反應。**體育學報**，24輯，121-132頁。
- 李長生 (1997)：**短距離捷泳與長距離捷泳導出之臨界速度的比較研究**。國立臺灣師範大學體育研究所碩士論文。
- 吳忠芳 (1998)：**不同游泳臨界速度數學推算模式之比較研究**。國立台灣師範大學體育研究所碩士論文。

- 吳忠芳、林正常 (2004)：非最大跑步運動攝氧量與心跳率推算臨界速度校度研究。**運動生理暨體能學報**，1期，54-65頁。
- 陳福財 (2002)：游泳臨界速度訓練對耐力之影響。**北體學報**，10期，123-130頁。
- 黃彬彬 (1993)：**運動生理學**。台北市：正中書局。
- 戴堯種 (1995)：**女子游泳選手之臨界速度對捷泳成績的預測研究**。國立臺灣師範大學體育研究所碩士論文。
- 蘇金德 (1987)：**競技游泳運動訓練策略**。台中市：澤偉出版社。
- Biggerstaff, K. D., Hill, D. W., Jackson, S. L., & Sams, B. R. (1992). Use of the critical power concept to evaluate anaerobic capacity in swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24:s75.
- Fink, E., Portner, H. O., Lee, P. G., & Webber, D. M. (1996). Squid (*Lolliguncula brevis*) life in shallow waters : oxygen limitation of metabolism and swimming performance. *The Journal of Experimental Biology*, 199, 911-921.
- Hill, D. W., Smith, J. C., Chasteen, S. D., Leuschel, J. L., & Miller, S. A. (1994). Methodological considerations in estimation of parameters of the power-time relationship. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26(5, Supplement), s44.
- Hill, D. W., Steward, R. P., & Lane, C. J. (1995). Application of the critical power concept to young swimmers. *Exercise Science*, 11, 281-293.
- Hill, D. W., & Ferguson, C. S. (1999). A physiological description of critical velocity. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 79(3), 290-293.
- Hill, D. W., & Smith, J. C. (1999). Determination of critical power by pulmonary gas exchange. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 24(1), 74-86.
- Housh, D. J., Housh, T. J., & Bauge, S. M. (1989). The accuracy of the critical power test for predicting time to exhaustion during cycle ergometry. *Ergonomics*, 32(8), 997-1004.
- Jenkins, D. G., & Quigley, B. M. (1992). Endurance training enhances critical power. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(11), 1283-1289.
- Lane, C. J., & Steward, R. P. (1994). Estimation of anaerobic capacity in swimmers using the critical power concept. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26, 5:s44.
- MacLaren, D., Lindley, M., Graham, A., & Stripe, C. (1994). An evaluation of critical power and the lactate inflection point in age group swimmers. VII International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming - Program and Abstract Book (p36). Atlanta: VII International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming.
- Monod, H., & Scherrer, J. (1965). The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics*, 8, 329-338.
- Moritani, T., Nagata, A., deVries, H. A., & Muro, M. (1981). Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. *Ergonomics*, 24(5), 339-350.

- Pepper, M. L., Housh, T. J., & Johnson, G. O. (1992). The accuracy of the critical velocity test for predicting time to exhaustion during treadmill running. *International Journal of Sports Medicine*, 13, 121-124.
- Steward, R. P., & Lane, C. J. (1994). Application of the critical power concept to young swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26(5), s44.
- Wakayoshi, K., Ikuta, K., Yoshida, T., Udo, M., Moritani, T., Mutoh, Y., & Miyashita, M. (1992a). Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *European Journal of Applied Physiology*, 64, 153-157.
- Wakayoshi, K., Ikuta, K., Yoshida, T., Udo, M., Moritani, T., Mutoh, Y., & Miyashita, M. (1992b). A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 13(5), 367-371.
- Wakayoshi, K., Yoshida, T., Udo, M., Harada, T., Moritani, T., Mutoh, Y., & Miyashita, M. (1993). Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *European Journal of Applied Physiology*, 66, 90-95.