

投稿類別：體育類

篇名：

如何以科學化訓練提升自由式泳速

作者：

李宥伶。曉明女中。高一己班

指導老師：

許靜婷老師

壹、前言

一、研究動機

游泳是研究者最喜歡的運動，因此從小就加入泳隊訓練，自由式是研究者的游泳專項，訓練過程中常被教練糾正姿勢，但很少去了解教練調整姿勢的原因。受疫情影響，當到游泳池訓練變成一種渴望時，研究者開始思考在家是否也能訓練游泳，查詢資料時看到國際游泳總會（*Fédération Internationale de Natation*，FINA）整理了一份「居家訓練步驟」的簡報，詳細介紹一系列陸上訓練動作，讓運動員在家中也可保持核心肌力與心肺能力的方法。陸上訓練是研究者長年受訓過程中很少接觸的部分，因此躍躍欲試並興起做研究的想法，想從科學的角度探討自由式優秀選手動作背後的原理，並且進行陸上自我鍛鍊，將理論化為實際，期望能提升研究者的泳速。

二、研究目的

- （一）瞭解科學化訓練游泳的方式。
- （二）探討良好肌力是否能提升游泳時所需的爆發力與穩定度。
- （三）探討居家陸上動作訓練是否能改善泳速。

貳、文獻探討

本文將從科學的角度探討如何訓練自由式，以提升游泳速度。分成減少水阻、自由式各項技巧、游泳比賽出發及轉身觸壁階段的訓練重點、游泳選手的飲食重點及陸上訓練五大部分。

一、減少水阻

（一）克服水阻可提高游泳速度

徐國峰（2019）提出從流體力學的阻力方程式來思考游泳時所受的水阻大小受何種因素影響。公式為： $CD = 1/2 * \rho * Cd * S * V^2$ 。CD：阻力。 ρ ：液體的密度。Cd：物體的形狀和移動方向的固定參數，又稱阻力係數，以人來說，在水中依照不同的姿勢所產生的阻力大為不同。S：橫斷面積，是身體前進時阻斷水面積大小。V：移動速度。可推導出在水中的阻力=1/2*水的密度*阻力係數*身體橫斷面積*移動速度的平方。由公式可知，水阻主要是受到人在水中前進時的速度與橫斷面積所決定，當你的速度提升2倍時，水阻會增加4倍，速度增加4倍，水阻會增加到16倍，速度越快，水阻越大。而橫斷面積亦會影響水阻，因此若游泳時姿勢不良，橫斷面積就會變大，水阻也變大，就必須消耗更多體力才能提高速度。

(二) 維持水平的身體線以減少水阻

徐國峰(2019)指出游泳時，身體越接近水平，在水中前進時形成的阻力越小，但許多人在游泳時腿部肌肉下沉，形成「/」型的身體位置。不管是因為體態不良；或是肩關節活動度不足，導致提臂時軀幹轉幅太大而使雙腿下沉；抑或是肌力不足，長距離游泳時無法抬起整隻腿，都可以透過訓練以下的技術來改善。

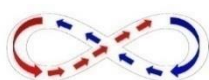
- 1.減少打水幅度：打水小力些以減少打水的幅度，下半身就會更靠近水面而使身體變平。
- 2.藏起頭部，收小腹：換氣時頭抬太高會增加水阻，因此要盡可能低頭，也就是後腦杓、後頸與背脊能形成一直線。原英晃(2020)提出「藉由收腹讓腹部凹陷，指尖、肩膀、腰部到腳尖呈一直線做出筆直姿勢，也是減少水的阻力，在水中浮起的重點。」
3. 穩定的轉肩動作：徐國峰(2019)提出轉肩必須是在軀幹核心穩定下，通過胸廓帶動肩關節帶，產生最佳轉動幅度的動作，可以減少肩膀的橫斷面積與水阻波力。另外，轉肩也可讓手臂更往前延伸，拉長身體線長度，使身體向前的水波阻力降低。不過要注意的是，如果肩關節的靈活度不夠，就無法只轉動肩膀，而是全身都會一起旋轉，反而使水阻更大。

二、自由式各項技巧

(一) 划手：自由式 70%的推進力來自划手，踢腿佔 30%，因此划手的訓練在自由式游泳是很重要的。

- 1.抓水：自由式的抓水是水感建立的起點，游泳多多網站(2016)研究奧運金牌 Katie Ledecky 為何能游那麼快？發現「她會手腕轉動，划手前伸手掌入水後，手腕會立刻下彎手掌進入較佳的抓水角度。」手腕轉動即是抓水的一大重點，而搖櫓練習就能給予很大的幫助，能幫助手掌面對水流時可調整為 40 度，獲得最大推進力。雙手肩前搖櫓動作是雙臂伸直在肩前，手掌反覆快速的劃出「∞」的符號(圖一)。「搖櫓時手掌與推力產生方向的最佳角度是 40 度角，其實這是根據流體力學的原理，此時所產生的上舉力最大。」(游泳多多，2016)

圖一：搖櫓動作符號



圖一資料來源：游泳多多網站 2016

2.高肘划水：指的是划水時手肘的位置要高於手腕，將前臂與手腕對水向後推，手掌入水時要下壓進入最佳推水角度，此時要搭配轉肩與轉體以產生加速度。

(二) 踢水：踢水必須由大腿帶動小腿，這樣會啟動連接骨盆的核心肌群，踢得力量大且省力，最佳的踢水時機是手入水時，另一側腿打水，這會幫助轉體動作做得更順暢。

三、游泳比賽出發及轉身觸壁階段的訓練重點

游泳比賽大致可區分為出發、游泳、轉身和觸壁四個階段，每個階段都是致勝關鍵。但出發及轉身觸壁的訓練卻常被忽視，因此下面特別針對這兩個階段進行研究。

(一) 出發階段

出發可分三階段：反應期、騰空期及入水期。游泳比賽的跳水時間約 2~3 秒，在五十公尺自由式來說，就佔了整體時間的十分之一，毫秒必爭，因此非常重要。張育端 (2008) 發現「**高中男子組出發反應時間優於女子組，推論是因為男性選手有較強的下肢瞬間爆發力而縮短時間。**」因此下肢爆發力訓練是游泳訓練重要的一環。一般來說，起跑式跳水比抓台式跳水更有效率，因為站姿更穩且重心轉移更明顯，有助於快速啟動跳水，且新式跳台提供後腳更好的支撐，讓起跑式跳水更具優勢。而騰空期的動作，古國宏 (2003) 提出「**高跳式在起跳速度、入水速度、入水時的水阻及水底滑行距離上較平跳式為佳**」，能在入水期產生較少水阻，在水中移動更遠。而結束水底滑行期要上浮時的訣竅是要以較淺角度上浮，臉要一直朝下不要看水面，但最快上浮時機因人而異，有些人是潛水到 15 公尺，而有些人會提早上浮。(原英晃 2020)

(二) 轉身及觸壁階段

轉身訓練常被忽視，但研究指出比賽中轉身動作對於勝負的表現往往會造成 0.01 秒的差距，因此許多研究建議以 5mRTT 為基準來改善轉身技能。陳福財等 (2009) 提到 5mRTT 的定義為「**5 公尺來回轉身時間，是指距離轉身牆 5 公尺處選手來回所需的時間。**」作法為用較強的力量蹬牆，縮短接觸牆的時間，在轉身前增加游泳速度，如此將使身體旋轉速度增加，進而可能會使腳蹬離牆時反彈變快，利用此方式來提高成績表現，因此可知增加轉身推蹬的爆發力是游泳選手很重要的練習。

四、游泳選手的飲食重點

運動營養是運用營養科學來提升運動表現，可以分為訓練期的營養和競賽期間的營養。

(一) 訓練期的營養飲食原則

1.充足能量：方偉業（2021）指出熱量正平衡可以增加肌肉量，即是攝取的熱量要大於熱量的消耗。人類每天消耗的總熱量 TDEE（ Total Daily Energy Expenditure）必需考慮基礎代謝率 BMR（ Basal Metabolic Rate）、體力、活動量、性別及年齡。基礎代謝率 BMR 則是人類靜臥一天不活動時所需消耗的最低能量，根據美國運動醫學協會所提：

$$\text{BMR (男)} = (13.7 \times \text{體重(kg)}) + (5.0 \times \text{身高(cm)}) - (6.8 \times \text{年齡}) + 66$$

$$\text{BMR (女)} = (9.6 \times \text{體重(kg)}) + (1.8 \times \text{身高(cm)}) - (4.7 \times \text{年齡}) + 655$$

$$\text{TDEE} = \text{BMR} \times \text{活動量}$$

$$\text{中度 (運動 3-5 天/週)} = 1.55 \times \text{BMR}、\text{高度 (運動 6-7 天/週)} = 1.725 \times \text{BMR}$$

$$\text{極高度 (運動員等級, 每天運動 2 次)} = 1.9 \times \text{BMR}$$

算出來的 TDEE 可當作一個參考值，若要增加肌肉，每天要吃到超過 TDEE 卡路里的熱量，若欲減少脂肪，則是要每天吃到少於 TDEE 卡路里的熱量。

2.碳水化合物：提供運動員所需能量，是肌醣主要來源，可以延緩疲勞並且提升運動員在運動場上的表現。林季嬋（2017）認為「**每日至少攝取每公斤體重 7 公克的碳水化合物。**」

3.蛋白質：蛋白質可以幫助運動員生長肌肉以及修復使用過的肌肉，因此運動員應攝取充足的蛋白質。林季嬋（2017）指出運動員「**短距離高強度的運動選手建議攝取 1.4 公克/公斤體重，以維持肌肉蛋白質的正平衡。**」

4.維生素與礦物質：運動時，能量代謝擴大，維生素、礦物質需求便會增加，青少年及女性運動員要特別注意鐵和鈣的攝取。研究亦發現賽前的高強度訓練期，若能補充維生素 C，使運動後乳酸產生減少，身體氧化能力增強，疲勞程度會降低，可顯著提高游泳選手運動表現。（陳福財 2004）

(三) 競賽期間的營養飲食原則

1.比賽前一天，保持適量的碳水化合物食物，避免高量脂肪的飲食，如肉類勿攝取過多。比賽當天，必須在賽前 3-4 小時吃完正餐，賽前 1-2 小時可吃以醣類為主易消化的小點心。

2.競賽時若流失體重 2%以上水分，運動能力就會降低，因此運動員應自主性補充水份。

五、陸上訓練

原英晃(2020)提到陸上訓練可以藉由較高負荷刺激肌肉，完成水中無法訓練的部分，在水中才能更有效率活動身體，洪櫻花等(2013)亦指出「**游泳選手更需要陸上相關肌群的重量訓練，以增進水中划手與打水時的作用力與反作用力所需的肌力與肌耐力。**」皆說明了陸上訓練的重要性，因此我們應針對游自由式時所著重的各肌群（表一），進行正確的肌群訓練，尤其是核心肌群的訓練。核心肌群功能增強時，可讓運動員力量增強，提高肌肉的使用效率，並在運動中讓骨盆及軀幹肌肉都能維持穩定狀態，減少流體阻力，使游泳動作更具一致性。（洪櫻花等 2013）

表一：自由式以最快速度游時各部位肌群使用百分比(%)

肌群部位	肌群使用百分比
上肢肌群	胸大肌 100%、肱二頭肌 100%、三角肌前部 62%、肱三頭肌 100%、大圓肌 100%、三角肌後部 100%、闊背肌 97%、斜方肌 68%
下肢肌群	股四頭肌 52%、股二頭肌 51%、臀大肌 44%、腓腸肌與比目魚肌 53%、闊筋膜張肌 51%
腹背核心肌群	腹直肌豎脊肌群 50%

表一資料來源：洪櫻花等（2013）

叁、研究方法

一、研究方法與研究工具

本文將由文獻分析法瞭解以科學化訓練泳式的方式，再以訪談法與游泳教練討論合適的陸上訓練運動，做為自我訓練時的參考依據。最後是以實驗法進行為期八週陸上訓練，並分析實驗結果。研究工具包括歐姆龍體重體脂計 HBF-217、香山握力器 EH101、My jump 2 app、EXCEL 整理數據及製作 XY 散布圖。

二、研究流程

圖二：研究流程圖



圖二資料來源：研究者繪製

肆、研究分析與結果

一、科學化陸上訓練方式

(一) 陸上肌力訓練 (表一)：從 8 月 29 日開始，研究者為期 8 週每天持續鍛鍊，每週使用歐姆龍體重體脂計 HBF-217 測量體重、體脂肪率、骨骼肌率，用香山 EH101 測量手握力的變化。骨骼肌率是身體用來作運動肌肉的比率，可透過運動等方式加以鍛鍊。而林口長庚紀念醫院復健科醫師王思恒指出，測量肌肉力量並不是那麼容易的事，手握力是最簡單的方法，可測出全身肌肉力量，握力愈強，全身肌肉量愈多，肌肉力量也愈強，是滿準確的指標。(康健雜誌 2020) 因此透過測量體脂肪率、骨骼肌率以及手握力可以了解全身肌力是否有增長，因研究者的專項是 50 公尺自由式，所以將藉由測量 50 公尺自由式的速度，從速度的變化探討陸上肌力訓練是否能幫助游泳者加快泳速。

(二) 垂直跳：黃靜苓等 (2006) 指出「**垂直跳力量峰值與水中力量峰值有顯著正相關，這表示垂直跳力量越大水中蹬牆力量也會越大。**」下肢推蹬的爆發力越強，可以縮短接觸牆的時間，也可以讓跳水時游泳者表現越佳。下肢推蹬爆發力可藉由跳繩來鍛鍊，並從測試垂直跳的高度來判斷肌肉極短時間內發出最大力量的能力為何，本次將使用 My jump 2 app 當作測試工具。

表二：陸上訓練內涵

項目	頭上單臂反彈球	平板撐 (棒式)	蟹式支撐手掌移動訓練	擺動踢腿
使用肌肉	三角肌、小圓肌、斜方肌	豎脊肌、腹直肌、腹橫肌、斜方肌、菱形肌、旋轉肌群前，內後側三角肌、胸大肌、前鋸肌、臀大肌、股四頭肌及腓腸肌	三角肌、棘上肌、棘下肌、肩胛下肌、小圓肌、肱三頭肌、闊背肌、大圓肌	腹直肌、股直肌、腹外斜肌、腹內斜肌、髂腰肌
執行要點	手掌抓一個充氣的球，並將球舉過頭頂，移動整個手臂開始反彈球，牆上的目標點位於 1 點處，要小幅度快速地反彈。	手撐地板保持垂直 90 度，雙腳緊貼，將臀部夾緊，收緊腹部，只有前臂和腳尖接觸地面的狀況下將身體平平撐起，按能力維持動作 30 秒，重複 5 次。	先坐著，雙手雙腳打開與肩同寬，雙手向後按住地面，把肚臍往上頂，使大腿腹部胸部呈一直線。手掌先向前走到極限後再朝臀部方向移動。	躺在地上，手放身體兩側，夾緊腹部肌肉。舉起肩關節離地約 1 公分，保持下背部在中立位。保持這個姿勢擺動踢腿 60 秒。
圖示				

項目	鳥狗式	死蟲式	俯臥打水	跳繩
使用肌肉	豎脊肌群、肩胛周圍穩定肌群、腹部核心肌群、臀部核心肌群	腹橫肌和腹斜肌、骨盆底肌	三角肌、臀大肌、腹橫肌、腰方肌	臀大肌、股四頭肌、腓腸肌、比目魚肌
執行要點	雙手撐住上身，手掌、膝蓋貼地，膝蓋與臀同寬，接著左手向前延伸，同時將右腿向後伸直，停留 5 秒再緩緩放下，換手換腳進行。過程中保持從頭到臀部的身體成一直線。	背部平躺，雙手舉高使其和身體保持垂直，雙腳屈膝舉起呈現桌面 90 度的姿勢，吐氣時左腳往前伸直但腳跟不碰地，停頓一下後回到起始位置，再換右腳往下延伸，過程中不可弓背才能訓練核心力。	在地面成俯臥狀，雙手向前方伸直，將背部收緊，以髖部為軸，雙腳伸直上下懸空踢腳。	身體放鬆，上半身打直挺胸，膝蓋微彎曲，腳後跟不著地，若要做心肺訓練，20 秒快，20 秒慢，做 2 分鐘（4 組），休息 30-60 秒，做 10-15 分鐘。
圖示				

表二資料來源：張家嘉游泳教練之意見及許育達等（2020）

二、實驗量測數據分析

由表三得知經過 8 週的肌力訓練，研究者體重差異不大，都在 49 公斤左右，但體脂肪略有下降，從 23.1% 降至 22.5%，骨骼肌率微幅提升，28.8% 提升到 29.3%，手握力增強，左右手的手握力皆增加約 6 公斤，雖然沒有很顯著差異，但仍顯示肌肉量增加。

表三：實測紀錄表

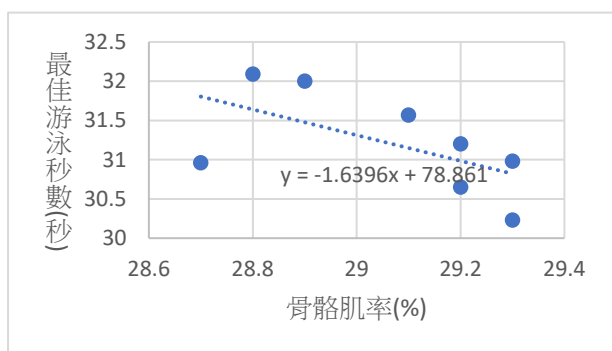
實測日期	8/29	9/5	9/13	9/20	9/27	10/5	10/12	10/19
體重 (kg)	49.9	49.6	49.6	49.8	49.9	49.3	49.9	48.9
體脂肪率 (%)	23.1	23.1	22.8	22.7	22.7	23	22.7	22.5
骨骼肌率 (%)	28.8	28.9	29.1	29.2	29.3	28.7	29.2	29.3
左手握力 (kg)	16.3	18.3	17.6	23	23	21.2	22	22.3
右手握力 (kg)	20.7	20.6	22	25.5	26.4	25.8	26	26.6

垂直跳高度 (cm)	22.36	29.56	32.65	32.65	33.85	34.79	35.84	37.77
50m 自由式當日最佳秒數 (秒)	32.09	32	31.57	31.2	30.98	30.96	30.65	30.23
抓台式出發秒數 (秒)	33.23	33.1	32.85	32.56	32.55	32.13	31.89	31.9
起跑式出發秒數 (秒)	32.09	32	31.57	31.2	30.98	30.96	30.65	30.23

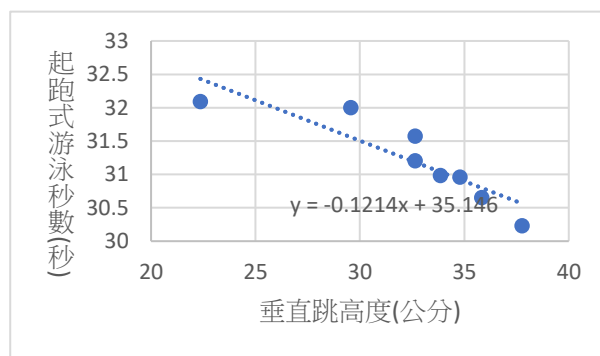
表三資料來源：研究者實測紀錄

研究者將表三數據用 Excel 軟體製作出 XY 散佈圖及趨勢線，由其趨勢線格式的功能算出方程式，推算出數據之相關性。由骨骼肌率與游泳秒數之相關圖推算出迴歸模式為 $y = -1.6396x + 78.86$ ，呈現負相關（圖三），表示游泳秒數隨骨骼肌率增加而減少，也就是骨骼肌增加越多，游得越快，印證了肌肉量的提升與體脂肪的下降應能提升游泳運動表現。由研究者垂直跳高度逐漸增加（22.36 公分上升至 37.77 公分），推知肌肉爆發力跟著提升，且不論抓台式或起跑式跳水，50 公尺自由式的游泳秒數均有下降，由垂直跳高度與起跑式出發游泳秒數相關圖推算出迴歸模式為 $y = -0.1214x + 35.146$ ，兩者呈現負相關（圖四）。也就是說隨著肌肉爆發力提升，跳得越高，游得越快。

圖三：骨骼肌率與最佳游泳秒數相關圖

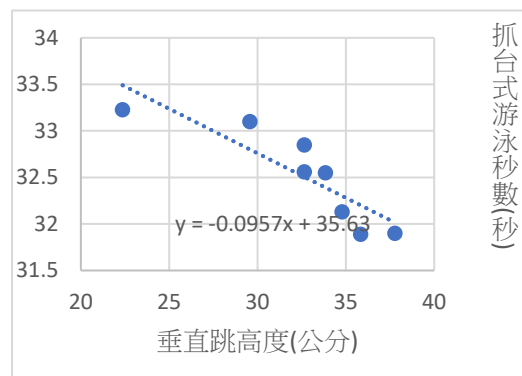


圖四：垂直跳高度與起跑式出發游泳秒數相關圖



圖三、圖四資料來源：由研究者繪製

圖五：垂直跳高度與抓台式出發游泳秒數相關圖



圖五資料來源：由研究者繪製

而垂直跳高度與抓台式出發游泳秒數相關圖推算出迴歸模式為 $y = -0.0957x + 35.63$ ，亦呈現負相關（圖五），符合文獻探討中指出「肌肉爆發力對短距離選手進行跳水動作有幫助」的說法。許多研究指出跳水時起跑式出發效率雖優於抓台式跳水，但在秒數上沒有太大差異，應以運動員專長的出發方式跳水，研究者以起跑式出發的表現皆比抓台式佳，因此在比賽時應選擇起跑式跳水。

三、研究結果

- (一) 肌群訓練可提升肌力，讓游泳時身體更能維持穩定，提高肢體表現，也能增加肌肉爆發力，縮短觸牆時間並增強水下變換動作的連貫性，達到提高泳速的結果。
- (二) 陸上居家訓練可讓游泳者即使因為疫情而無法到泳池，仍能在家自我鍛鍊而保持肌與肌耐力，讓身體維持好的控制力。

伍、研究結論與建議

一、結論

游泳者要有更優秀的表現，應了解游泳理論，先知其所以然再知其然，理論指導實踐，透過瞭解科學化訓練游泳的方式，在技術練習時才能修正姿勢，減少水阻，也更省力。在泳池訓練之外，游泳者藉由陸上居家肌群訓練增加肌肉力量，爆發力亦隨之提升，讓身體更穩定，使力量的產生、傳遞及控制達到最佳化。因此以科學化方式訓練，必能有效提升自由式泳速。

二、建議

- (一) 決定肌力訓練項目時正處新冠肺炎疫情嚴峻之際，所以只能與教練進行電話訪談，所以在自我訓練時，研究者曾因姿勢不良而拉傷，因此建議自我鍛鍊前先找教練現場指導動作較為安全作法。
- (二) 肌力訓練的項目應請學有專精的教練針對選手特性、比賽距離加以設計，並適時依選手狀況調整訓練處方，較能彌補個人的不足之處。
- (三) 肌力訓練後產生的肌肉酸痛源自於肌肉使用強度高於平常負荷造成肌肉損傷，屬正常現象，這時需好好休養等其恢復，可補充蛋白質、鈣質或是維生素 C 幫助修復。
- (四) 關於肌力測量，若要更準確地知道肌力變化，建議可到醫療院所使用等速肌力測量器，而垂直跳的測量，建議到有 Vertec 垂直跳設備的健身房測試，應可測得更精準的數據。
- (五) 研究剛開始時，泳隊無法正常訓練，研究剛開始時，泳隊無法正常訓練，結果雖證實科學化訓練可以提升泳速，但取樣不足，建議日後若有機會，研究範圍應以整個泳隊成員為主，並將研究時間拉長，研究結果將更客觀。

(六) 研究者因中午在校用餐，所以無法依照文獻探討中所提出的飲食原則選用食物，建議游泳運動員在客觀條件許可下，調整飲食習慣，控制總熱量以及攝取足夠分量的各大營養素，或許可讓實驗成效更顯著。

(七) 依本研究結果得知，肌力訓練確實可以增加骨骼肌率與手握力，故建議運動員應持續肌力訓練以達到改善泳速的效果。

陸、參考文獻

徐國峰 (2019)。自由式的科學化訓練。臉譜出版社。

原英晃 (2020)。提升泳速的 50 堂訓練課。台灣東販。

游泳多多 (2016 年 10 月 3 日)。游泳知識：水感??抓水??游泳的搖櫓原理〔部落格文章〕。

取自 <https://www.swimdodo.com/swim-rulling/>

張育瑞 (2008)。競技游泳運動出發反應時間之分析。台中教育大學體育系系刊，3，47-51。

古國宏 (2003)。游泳出發的不同入水動作探討。中華體育季刊，17 (2)，42-49。

陳福財、何維華、高啟倫、黃以錫 (2009)。國小男女生 50 公尺自由式生力學對成績之影響。運動教練科學，13，103-115。

康健雜誌 (2021 年 7 月 7 日)。增肌、減脂可以同時進行嗎?運動營養師幫你畫重點。〔部落格文章〕。<https://www.commonhealth.com.tw/blog/4118>

林季嬋 (2017)。游泳運動員營養攝取及運動表現探討。海洋休閒管理學刊，7，43-54。

陳福財 (2004)。維生素 C 補充對游泳選手運動表現之影響。教練科學，4，85-93。

洪櫻花、林玥苎、林素婷 (2013)。游泳重量訓練實務之應用。國立虎尾科技大學學報，31 (4)，119-130。

康健雜誌 (2020 年 5 月 11 日)。握力 = 健康力?美研究：握力有助早期發現第 2 型糖尿病〔部落格文章〕。<https://www.commonhealth.com.tw/article/81504>

黃靜苓、何維華、許瓊云 (2006)。以垂直跳評估游泳自由式轉身蹬牆的能力。大專體育學刊，8(2)，155-162。

許育達、陳壹豪、應充明、鄭明昇 (譯) (2020)。核心訓練圖解聖經。旗標科技股份有限公司。