

# 巔峰運動表現之跨領域研究

洪聰敏\*

## 一、前言

2020 東京奧運我國獲得了 2 面金牌、4 面銀牌、6 面銅牌的空前佳績，這些成果除了是教練與運動員的努力之外，行政部門的後勤支援，以及運動科學與醫學等專業人員的協助，也是一個關鍵要素。在此次東京奧運的運動科學與運動醫學團隊陣容中，有負責運動員身體素質的運動醫學、物理治療、傷害防護、運動生理與體能、運動生化與營養等專業，也有負責運動員心理素質的運動心理，還有負責運動員技術與戰術的運動生物力學、情報蒐集與分析等專業。在實際運作中，針對每位備戰奧運的運動員，以聯合會診方式，教練與各領域專家先各自提出其專業視角與方法，經由討論後再產生一個整合性處方，來共同協助教練與運動員進行更有效的訓練，以提高運動員在奧運中更優異表現機率。這就是一個跨領域合作的實際範例。

運動科學的學術研究中，跨領域的研究思維也在逐步進化中，因此本文擬具體的以「巔峰運動表現」這個原屬競技運動心理學中一個關鍵研究議題為例，來說明運動科學橫跨人文、社會、自然科學與生命科學領域的研究及其對於解決實務問題之幫助。

## 二、巔峰運動表現的運動心理學研究

Privette (1983) 認為巔峰表現 (peak performance) 是人類潛能的優越發揮。在運動場域，Harmison (2011) 認為巔峰表現是運動員的表現達到最佳水準並且得到傑出結果的超級運作狀態。因此能有巔峰運動表現一直都是運動員、教練、運動科學專業人員，以及所有競技運動相關人員努力的終極目標。那麼到底要如何促進巔峰表現的產生？雖然影響運動員表現之因素眾多，過去研究發

\* 國立臺灣師範大學體育與運動科學系研究講座教授

現在運動員的生理、技術和心理準備中，只有心理準備可以顯著的預測奧林匹克賽場上的成功 (Orlick & Partington, 1988)。也因此，以心理學角度來探討運動的巔峰表現便成為了一個不可或缺的議題。

運動心理學者過去採用三種途徑來找出巔峰表現的心智狀態。第一種是研究者針對運動員在優異運動表現後所進行的訪談，第二種是去比較優異運動表現與較低表現者之心理剖面圖差異，第三種則是透過訪談教練、運動球探、運動心理師、運動心理學研究者等專家心中優異運動表現的心理特徵。例如 Ravizza (1977) 訪談 12 種不同運動的 20 位男性與女性運動員，發現大部分的運動員提到運動中巔峰表現的心理特徵有 7 個，包括不害怕失敗、不會想到表現如何、完全沉浸在活動中、專注、不費力的表現、有完全控制的感受、時間和空間的扭曲。Cohn (1991) 發現大學高爾夫選手在巔峰表現時的心理特徵包括有狹窄的專注；自動化的或不費力的表現；在情緒、想法及覺醒的控制感；高度的自信心；不怕失敗；感受到生理及心理的放鬆。另外，也有學者認為流暢 (flow; Csikzenmihalyi, 1985) 也是巔峰表現可能會有的心理特徵，此特徵包括技能水準與環境的挑戰相契合、覺察與行動合一、清晰的目標、清楚的回饋、完全專注於手邊的事物、完全的控制、短暫失去自我意識、時間的扭曲、自身有目的的體驗 (Jackson & Csikszentmihalyi, 1999)。

Krane & Williams (2006) 歸納整理過去眾多相關研究後指出，運動員巔峰表現的心理特徵或成功運動員的心理特徵包括：高度自信心和對成功的期望、充滿能量也很放鬆、有控制感、完全的專注、聚焦在當下的任務、對表現有正向的態度和想法、有強烈的決心和承諾。相反的，在運動場上表現不好的心理特徵包括：自我懷疑感、缺乏專注、容易分心、過度聚焦於比賽的分數或結果、覺醒程度過高或過低。

### 三、巔峰運動表現的心生理學研究

運動心理學研究者除了上述採用質性訪談或心理量表測量來了解巔峰運動表現的心理狀態，從 1980 年代開始也有研究者採用心生理學 (Psychophysiology) 取徑來研究此一課題。心生理學是一門橫跨心理學與生理學的科學領域，Andreassi (1995) 將心生理學定義為藉由操弄活生物體之心理變項，來測量其生理反應，並觀察此兩者之關係，進而探究如何促進心智與身體歷程之科學。因此這樣的研究取徑，開始將原本較屬於人文與社會取向的運動心理學，帶往橫

跨社會與生物醫學的研究路線了。而近年來，聚焦在中樞神經系統活動的認知神經科學是這一類研究的主力。

跟巔峰表現有關的心生理學研究一開始在以腦波測量精準運動項目（例如射擊、射箭、高爾夫球推桿、籃球罰球、飛鏢投擲等運動技能）之表現。此乃因為腦波具備高時間解析度，足以即時反應出運動員在競賽中隨時變動的心智狀態，也有利於更細膩地去分析時間動態之心理歷程變化，而且又可以在運動員專注執行動作技能時同步測量，這一優勢也是其他研究方法較難以達成的。因為過去研究已明確發現，在時間軸線上越接近運動執行當下的心理狀態對運動表現的影響越大，因此透過測量表現當下的心生理狀態，最能夠反映出巔峰表現的心理特徵。而且採用與行為同步之記錄，可以避免事後回溯易受行為表現結果之影響。再來是許多高技能水平運動員在運動表現當下有相當的自動化，許多心理活動可能無法受意識察覺，因此要去問他們當時的心智內容，可能會有許多因為無法察覺而遺漏的問題。

根據 Chang & Hung (2020) 的文獻回顧，自 1984 年由 Hatfield 等人 (Hatfield, Landers, & Ray, 1984) 發現來福槍射擊高手在瞄準期之左顳葉區 alpha 波 ( $T3\alpha$ ) 功率有逐步增加的現象，解釋為這些射擊選手在進行抑制左腦之分析與語言活動開始，便開啟了應用腦波及其他大腦造影方法來了解高技能運動員的大腦活動特徵這一研究路線。運動執行前會增加  $T3\alpha$  功率的現象也在後續許多針對不同運動項目的研究中被複製。

也有研究者探討與專注歷程關係更直接的額中葉 theta 波 ( $Fm\theta$ ) 與精準運動技能表現的關係。因為  $Fm\theta$  波可能代表工作記憶的需求程度與由上而下意志控制 (top-down) 的注意力歷程。研究發現來福槍專家在出手前其  $Fm\theta$  功率顯著高於生手  $Fm\theta$  功率 (Doppelmayer, Finkenzeller, & Sauseng, 2008)。Baumeister, Reinecke, Liesen, & Weiss (2008) 也發現專家選手在推桿執行期間有顯著較高的  $Fm\theta$  功率。這些發現代表著  $Fm\theta$  可能是一個能反應較佳表現的持續性注意力指標。雖然上述二篇專家與生手的比較都發現專家運動員在運動技能執行準備期有較高的  $Fm\theta$  功率，然而 Kao, Huang, & Hung (2013) 卻發現高技能高爾夫球選手推桿表現較佳時，會有較低的  $Fm\theta$  功率。而且透過神經回饋訓練來降低職業高爾夫球選手推桿時的  $Fm\theta$  功率也對於提升推桿成績有幫助 (Kao et al., 2014)。這些不同技能水準運動者表現之  $Fm\theta$  功率差異與高技能者本身表現好壞之差異方向性不一致的現象，顯示此一指標內含之複雜性，如果就巔峰表現的意涵來看，高技能者表現好壞之發現可能更貼近巔峰表現之心理狀態，但是此臆測有待後續研究之確認。

Chang & Hung (2020) 指出，與運動表現有關的腦波指標至今研究證據最一致的是感覺動作節律 (Sensorimotor rhythm, SMR)。SMR 是在感覺動作皮質區測量到的 12-15 Hz 的腦波，這個成分對高技能的視覺動作表現之了解很有應用潛力 (Thompson, Steffert, Ros, Leach, & Gruzelier, 2008)，被認為是專注力有關的指標之一 (Gruzelier, Inoue, Smart, Steed, & Steffert, 2010)。過去研究發現較高的 SMR 功率與較佳的運動表現有關，例如 Cheng et al. (2015b) 發現專家選手在出手前兩秒的 SMR 功率顯著高於生手，而且高技能射擊選手在較佳射擊表現時也有較高的 SMR 功率 (Cheng et al., 2017)，更重要的是 8 次的 SMR 神經回饋訓練除了幫助高爾夫選手在推桿時維持較高的 SMR 之外，還因此改善了其推桿成績 (Cheng et al., 2015a)。因為較高的 SMR 功率代表較少來自感覺動作皮質的動作訊息輸入，有助於維持放鬆的專注。這種放鬆的專注也是之前運動員自陳報告之經驗。這些成果建立 SMR 功率與高爾夫球推桿成績間具因果關係的證據，可以提供給後續第一線人員應用之參考。不僅如此，SMR 具有排除外在動覺訊息干擾之特徵，適合應用在自動化動作執行前的注意力測量。

這些優異運動表現的大腦活化特徵也在其他的腦造影研究中被發現，特別是功能性磁共振造影 (functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI)。例如 Kim 等人 (2014) 將射箭選手分為射箭菁英 (射箭經驗平均 17.83 年) 與射箭專家 (射箭經驗平均 11.9 年)，並比較其與初學者在想像準備放箭狀態時的大腦活化差異，結果發現菁英和專家僅在背側動作路徑有較高的活化，而初學者則出現大面積的腦區活化，作者認為射箭菁英和專家能以較少的活化腦區，進行相同的作業，顯示射箭經驗可能會增強神經效率。因為豐富的運動經驗使專家能夠更有效率的重新組織神經資源，而初學者為了抑制與任務無關的訊息，而招募更多神經資源，其他運動項目在磁共振造影研究中也發現類似的結果，像是高爾夫球選手 (Milton, Solodkin, Hluštík, & Small, 2007)。

而這些研究結果也與 Hatfield & Hillman (2001) 所提出的心理動作效率假說 (Psychomotor efficiency hypothesis) 一致，認為優異運動表現之大腦皮質活動特徵在於簡化必要腦區間之連結，並抑制非必要腦區之干擾。這樣的看法，也跟巔峰表現所需的專注與減少干擾的特徵一致。

#### 四、壓力下失常的跨領域研究

像高爾夫球、射箭、射擊、棒球投球、持拍類運動之發球這一類精準運動技能，技巧成分高，是我國較具國際奪牌的項目。這一類的運動項目，在動作

技能執行前都有一小段非常關鍵的動作準備期。尤其當運動員面臨具有挑戰的情況下，時常因為壓力太大，容易胡思亂想、失去專注、動作不協調，進而造成在關鍵時刻失常，而錯失奪牌的機會。因此，想要有效的控制其心理活動，了解其神經機制是一個深入且有效的方法。也由於壓力常常是運動員在競賽中要有巔峰表現的最大破壞因素，因此探討壓力如何損害運動表現，就成為了一個間接了解巔峰運動表現的研究手段了。過去 Lo, Hatfield, Wu, Chang, & Hung (2019) 以受過飛鏢訓練的參與者探究在壓力情境下，高 alpha 波在額中葉和左顳葉區相干性的變化，結果發現在壓力情境下，高 alpha 波不僅在右側枕葉區有上升的現象，在動作執行和語言腦區也發現相干性的提升，代表在壓力的情境下，任務相關的視覺注意力會下降，並提升非任務相關腦區對動作計畫區之干擾，造成投擲表現的精準性因此衰退。這樣的發現，提供一個壓力下失常 (choking) 在大腦皮質活動層次之可能機轉。

另一個探討壓力如何影響運動表現的研究來自生物力學。例如 Tanaka & Sekiya (2010) 發現，在壓力下，高爾夫球選手在推桿時會縮小手臂與球桿的後引桿幅度，也會降低手臂與球桿在擊球時的速度。另一個在桌球正手擊球的研究也有類似的發現，在壓力下，參與者後引拍與擊球的幅度都變小，揮拍擊球的速度及擊球後球的飛行速度也變慢了，而且球拍與球的接觸點會更靠近目標區 (2019)。這些研究結果顯示，在壓力下，運動員會採取降低揮拍幅度與速度這種風險迴避策略，因而造成表現下降。

## 五、結語

運動科學是一門應用取向、多領域整合的學門，研究的目的通常是在解決運動場域遭遇之問題。而由於運動現場的問題通常是多面向的，即使一開始是由某一特定原因引起的運動表現不佳，後續對於動作技術、心理反映、乃至體能狀況都會產生影響，因此透過跨領域之合作，可以更全面來檢視影響運動表現之成分之狀況。如同本文所提供之研究範例，巔峰運動表現在主觀之心理感受、客觀之大腦活動狀況、乃至壓力損害表現之腦區干擾狀況及動作表現修正等，都是讓我們更全面去了解促進或損害巔峰運動表現之各種因素，這些較全面的了解也因此可以提供全方位介入之可能性，可以幫助教練與運動員更有效解決運動表現的問題。

## 參考文獻

- Andreassi, J. L. (1995). *Psychophysiology: Human Behavior and Physiological Response* (3rd ed.). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Baumeister, J., Reinecke, K., Liesen, H., & Weiss, M. (2008). Cortical activity of skilled performance in a complex sports related motor task. *European Journal of Applied Physiology*, 104(4), 625-631.
- Chang, C. Y., & Hung, T. M. (2020). Understanding and controlling cortical activity for superior performance. *Kinesiology Review*, 9(1), 41-50.
- Cheng, M. Y., Huang, C. J., Chang, Y. K., Koester, D., Schack, T., & Hung, T. M. (2015a). Sensorimotor rhythm neurofeedback enhances golf putting performance. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 37(6), 626-636. doi:10.1123/jsep.2015-0166.
- Cheng, M. Y., Hung, C. L., Huang, C. J., Chang, Y. K., Lo, L. C., Shen, C., & Hung, T. M. (2015b). Expert-novice differences in SMR activity during dart throwing. *Biological psychology*, 110, 212-218. doi:10.1016/j.biopsycho.2015.08.003.
- Cheng, M. Y., Wang, K. P., Hung, C. L., Tu, Y. L., Huang, C. J., Koester, D., ... & Hung, T. M. (2017). Higher power of sensorimotor rhythm is associated with better performance in skilled air-pistol shooters. *Psychology of Sport and Exercise*, 32, 47-53. doi:10.1016/j.psychsport.2017.05.007.
- Cohn, P. J. (1991). An exploratory study on peak performance in golf. *The Sport Psychologist*, 5, 1-14.
- Csikzenmihalyi, M. (1985). Reflections on enjoyment. *Perspectives in Biology and Medicine*, 28: 489-97. PMID 4034359. doi: 10.1353/Pbm.1985.0019.
- Doppelmayr, A., Finkenzeller, T., & Sauseng, P. (2008). Frontal midline theta in the pre-shot phase of rifle shooting: Differences between experts and novices. *Neuropsychologia*, 46(5), 1463-1467.
- Gruzelier, J., Inoue, A., Smart, R., Steed, A., & Steffert, T. (2010). Acting performance and flow state enhanced with sensory-motor rhythm neurofeedback comparing ecologically valid immersive VR and training screen scenarios. *Neuroscience Letters*, 480(2), 112-116.
- Harmison, R. J. (2011). Peak performance in sport: Identifying ideal performance states and developing athletes' psychological skills. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, 1, 3-18.
- Hatfield, B. D., & Hillman, C. H. (2001). The psychophysiology of sport: A mechanistic understanding of the psychology of superior performance. *Handbook of sport psychology*, 2, 362-386.
- Hatfield, B. D., Landers, D. M., & Ray, W. J. (1984). Cognitive processes during self-paced motor performance: An electroencephalographic profile of skilled marksmen. *Journal of Sport Psychology*, 6(1), 42-59. doi:10.1123/jsp.6.1.42.
- Jackson, S. A., & Csikszentmihalyi, M. (1999). *Flow in sports: The keys to optimal experiences and performances*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kao, S. C., Huang, C. J., & Hung, T. M. (2013). Frontal Midline Theta is a Specific Indicator of Optimal Attentional Engagement During Skilled Putting Performance. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 35(5), 470-478.
- Kao, S. C., Huang, C. J., & Hung, T. M. (2014). Neurofeedback training reduces frontal midline theta and improves putting performance in expert golfers. *Journal of Applied Sport Psychology*, 26(3), 271-286.
- Kim, W., Chang, Y., Kim, J., Seo, J., Ryu, K., Lee, E., ... & Janelle, C. M. (2014). An fMRI study of differences in brain activity among elite, expert, and novice archers at the moment of optimal aiming. *Cognitive and Behavioral Neurology*, 27(4), 173-182. doi:10.1097/WNN.0000000000000042.

- Krane, V., & Williams, J.M. (2006). Psychological characteristics of peak performance. In J.M. Williams (Ed.). *Applied Sport Psychology: Personal Growth to Peak Performance* (5th ed., pp. 207-227). New York, NY: McGraw-Hill.
- Lo, L.C., Hatfield, B.D., Wu, C.T., Chang, C.C., & Hung, T.M. (2019). Elevated State Anxiety Alters Cerebral Cortical Dynamics and Degrades Precision Cognitive- Motor Performance. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, 8(1), 21-37.
- Milton, J., Solodkin, A., Hluštík, P., & Small, S. L. (2007). The mind of expert motor performance is cool and focused. *Neuroimage*, 35(2), 804-813. doi:10.1016/j.neuroimage.2007.01.003.
- Orlick, T. & Partington, J. (1988). Mental links to excellence. *The Sport Psychologist*, 2, 105-130
- Privette, G. (1983). Peak experience, peak performance, and flow: A comparative analysis of positive human experiences. *Journal of Personality and Social Psychology*, 45, 1361-1368. doi:10.1037/0022-3514.45.6.1361.
- Ravizza, K. (1977). Peak experience in sport. *Journal of Humanistic Psychology*, 17, 35-40.
- Sekiya, H & Tanaka, Y. (2019). Movement Modifications Related to Psychological Pressure in a Table Tennis Forehand Task. *Perceptual and Motor Skills*, 126 (1): 143-156.
- Tanaka, Y., & Sekiya, H. (2010). The influence of audience and monetary reward on the putting kinematics of expert and novice golfers. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 81, 416-424. doi: 10.1080/02701367.2010.10599702.
- Thompson, T., Steffert, T., Ros, T., Leach, J., & Gruzelier, J. (2008). EEG applications for sport and performance. *Methods*, 45(4), 279-288.