



運動能力之診斷與訓練調整

■張嘉澤、詹元碩

歐洲自1980年後，就由運動科學領域轉向訓練科學（運動能力診斷、訓練、比賽）的研究。特別是德國在1978年就已開始，其在運動專項能力診斷方面經驗豐富。1986年德國聯邦運動科學中心（BISp）明文規定，參與競技運動訓練之運動員，每年必須執行2~6次專項運動能力診斷。主要作為準確訓練負荷劑量與訓練效果評價，另一目的則為預防過度訓練。

目前我們所面臨的競技運動訓練問題，主要在於未擬定明確之訓練計畫與階段要求（準備期、專項期、比賽期）；沒有準確訓練負荷「劑量」；沒有主要週、日訓練目的之區分；訓練單元順序錯誤；選手練習兩份訓練計畫；沒有足夠的恢復時間與適應；無法穩定與延長選手之最



佳成績時間（年）；不了解專項運動特性（專項體能、專項技術）等等。希望透過本文對於運動能力診斷與訓練調整系統介紹，提供運動教練以簡單專項運動能力診斷之執行，掌握選手訓練生理反應之生物參數，使競技運動訓練更具科學與系統性，進而提升運動員個人最佳成績。

■ 何謂運動能力診斷？

運動能力診斷主要是結合訓練計畫實施。訓練計畫內之各訓練階段（準備期、專項期、比賽期）目的與週期訓練單元之負荷劑量設定，皆必須事先透過運動能力診斷與分析，才能準確擬定個人最佳之訓練強度。診斷目的不只是訓練強度設定，它也是各訓練階段之訓練效果評價指標。因此運動能力診斷具有以下之功能（Hollmann 1980）：

- （一）引導訓練系統化。
- （二）準確設定個人訓練負荷「劑量」。
- （三）訓練效果與生理適應判斷。
- （四）調整個人巔峰於比賽期。
- （五）激發個人最佳成績。
- （六）延長與穩定個人最佳成績時間。

診斷之執行是以成熟的技術與藉助已知之生物參數，作為診斷數據依據。所以它並不是實驗研究，其診斷結果可以直接應用在訓練上，不需要長時間分析。而運動能力診斷是由基礎診斷、專項診斷、訓練檢測與比賽檢測所組成：1.基礎診斷是依據Mader et al. (1976) 2 - 4 mmol/l乳酸閾值作為測試方式，它可以作為訓練負荷設定依據與訓練效果評價；2.專項診斷是以接近比賽之動作型態進行測試，其診斷方式也是訓練之模式，進而提升運動員之專項能力。而專項診斷項目又分為：快速耐力能力診斷、無氧耐力能力診斷、最大乳酸代謝率診斷、力量耐力診斷；3.訓練檢測是依據基礎與專項診斷數據，在週訓練中最高負荷之訓練日進行，主要功能在於檢測運動員是否達到設定之訓練強度。訓練檢測能夠快速提供教練診斷數據與分析結果，讓教練能夠立即作出訓練內容調整；4.比賽檢測主要在了解該項目比賽動作型態所需之能量供應來源，進而改善訓練負荷劑量與方式。

診斷措施是必須依據4~6週生理適應週期（Neumann 1991）與訓練階段計畫一起實施（表1）。診斷執行

應注意兩項原則：一為測試前兩天不能夠有高強度訓練負荷。二為診斷之執行，也是一種訓練，因此診斷結束後，不可繼續從事高強度訓練。

表1 訓練計畫週期與運動能力診斷

月份	訓 練 週 期	週	診 斷 項 目	診 斷 目 的
1	準備期-I	1	一般診斷-1	訓練強度設定指標
		2		
		3	•訓練檢測-1	訓練是否達到目標強度
		4		
5		一般診斷-2	訓練效果評價與訓練強度設定	
2		6		
		7	•訓練檢測-2	訓練是否達到目標強度
		8		
		9	一般診斷-3	訓練效果評價與訓練強度設定
3	專項期-I	10		
		11		
		12	專項診斷-1	訓練效果評價與訓練負荷修正
		13		
14		•訓練檢測-3	訓練是否達到目標強度	
4	比賽期-I	15	專項診斷-2	是否達到個人最佳訓練效果
		16		
		17	•訓練檢測-4	訓練是否達到目標強度
		18		
5		19	專項診斷-3	個人最佳效果是否穩定
		20		
		21		
		22		
6		過度期-I	23	
7	準備期-II	24	一般診斷-4	訓練強度設定指標
		25		
		26	•訓練檢測-5	訓練是否達到目標強度
		27		
		28		
		29	一般診斷-5	訓練效果評價與訓練強度設定
		30		
31		•訓練檢測-6	訓練是否達到目標強度	
8	專項期-II	32	專項診斷-4	訓練效果是否持續成長
		33		
		34	•訓練檢測-7	訓練是否達到目標強度
		35		
36		專項診斷-5	訓練效果是否穩定	
9		37		
		38		
	39	•訓練檢測-8	訓練是否達到目標強度	
	40			
10	比賽期-II	41	專項診斷-6	個人最佳成績是否穩定
		42		
		43		
		44	•訓練檢測	訓練效果是否穩定
11		45		
	46	主要比賽		
	47		穩定專項能力訓練	
	48	主要比賽		
	過度期-2	49		
		50		維持基礎耐力能力

12	過度期-2	49		
		50		維持基礎耐力能力
		51		維持基礎耐力能力
	準備期-1	52		增進基礎體能訓練

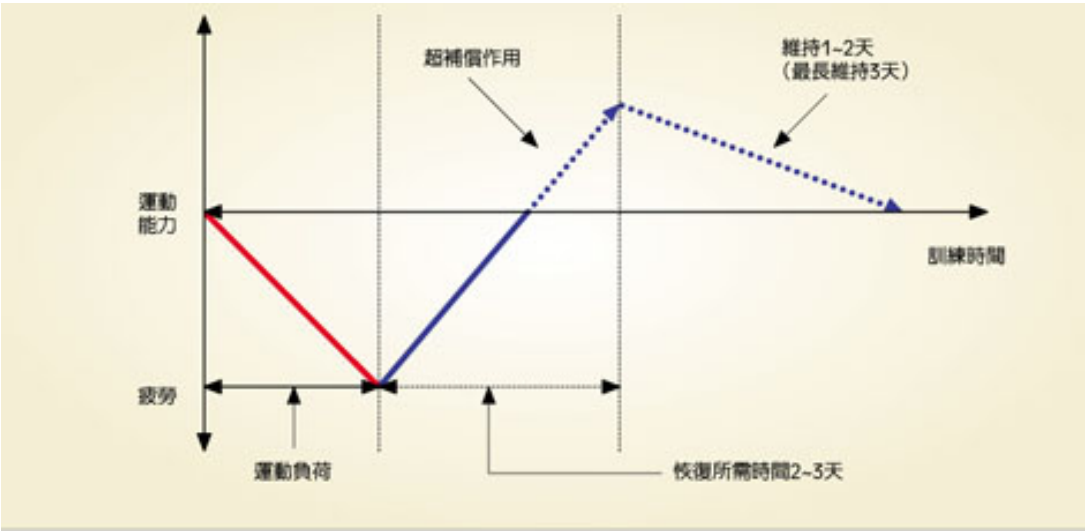


圖1 Jakolew 1972運動負荷與生物適應 (In: Martin et al. 1991: Handbuch Trainingslehre)

表2 運動後身體各項元素再生所需時間 (Neumann et al. 1998)

恢復期	恢復程序	所需時間	運動型態
短時間	Crp再重新補充	3~5 min	最大負荷 (alaktacid) 10~12 s
	乳酸排除	15 min	高強度無氧負荷
	肝糖重新恢復在快速肌 (FT)	30 min	無氧乳酸負荷 (快速耐力訓練)
中時間	在ST-肌纖維的肝糖恢復	24~36 h	高強度的有氧運動 (40~60min)
	電解質再平衡 (Na, K)	6h	長時間負荷水分流失 (大於1小時)
	收縮蛋白質再建立 (Activ, Myosin)	12~48 h	最大的肌肉負荷 (力量訓練)
長時間	失去的肌肉酵素再平衡	48~60 h	高強度或長時間的負荷 (大於2小時)
	組織內蛋白質再建立 (Mitochondri)	48~72 h	頻繁的乳酸堆積在肌肉內 (高強度間歇訓練)
	肝糖超補償	2~3 day (碳水化合物)	高強度有氧負荷 (60~90 min)
	電解質平衡 (Mg, Fe)	2~3 days	長時間負荷水分流失
	荷爾蒙的平衡：		
	1.Catecholamine再合成	2~3 (5) days	無氧乳酸負荷及訓練強度變化頻繁，心理壓力。
	2.Cortisol再合成	3~5 (7) days	馬拉松賽及超長時間負荷。
	組織內蛋白質新生 (酵素、粒線體、結締組織、軟骨組織)	day - weeks	長及強的負荷 (鐵人三項)

■ 訓練適應

生理適應與恢復（再生）是顯現訓練效果擬定訓練計畫內容之重要指標。唯有足夠的恢復時間，才能產生好的訓練適應與增加肌肉能量儲存。而訓練負荷劑量、時間與方式，是直接影響體內生物參數再生的主要因素。例如高強度間歇訓練型態，需要較長時間的恢復。體內各項元素再生速度，是依據訓練強度與運動型態，分為短時間、中時間與長時間三個階段，如表2所示（Neumann 1998）。

競技運動員對訓練強度的適應很快，依據生理適應週期為4~6週。對於經過二年以上專項訓練之選手，其訓練週期計畫，只需要4週即可。訓練週期前二週為強度適應期，後二週訓練則為適應穩定期。教練如能掌握運動員之生理適應特徵，既能縮短訓練週期，亦能提早進入下階段之訓練（Hollmann et al. 1980）。

依據Jakolew理論，產生超補償作用時間為2~3天，維持超補償時間為1~2天（最長可維持3天），如圖1。週訓練單元強度計畫編排方式，以3天為一小週期。由高強度訓練開始（第一天），第二天中強度最後為低負荷訓練。其中第二與三天為恢復期（Jakolew超補償階段），第四天達到超補償作用，也是另一個訓練小週期的開始（圖2）。這種週期訓練負荷方式，容易掌握選手生理恢復。在比賽期可以容易應用訓練效果延緩理論（Weineck 1996），調整運動員巔峰於重要之比賽。

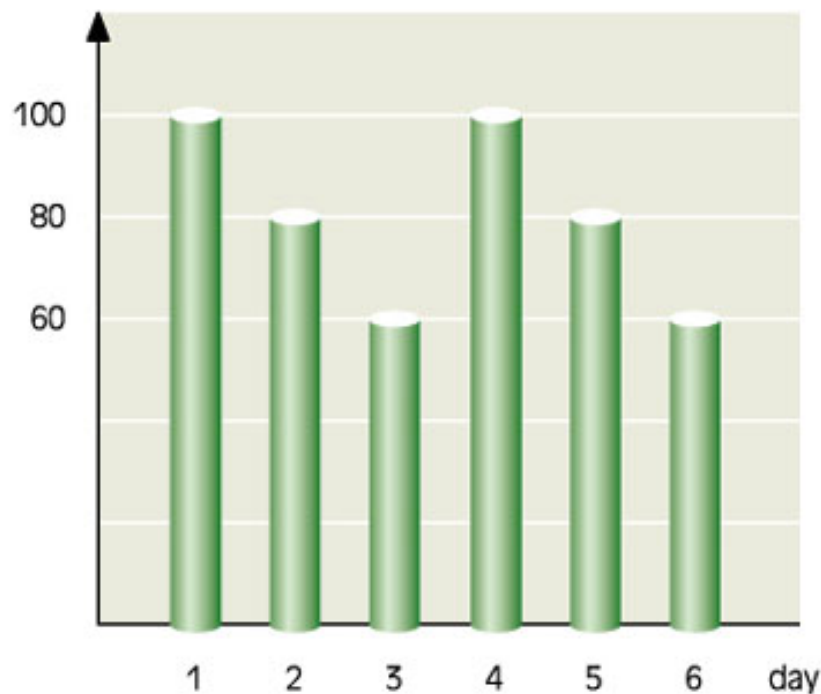


圖2 週訓練負荷依據Jakolew超補償時間編排

■ 訓練效果判斷

達到訓練效果是選手與教練的目標。運動能力診斷另一項功能，也是訓練效果判斷。訓練效果評價可分為個人基礎能力、專項能力與團隊項目之團體能力分布分析。基礎能力診斷之有氧一無氧閾值測試，可作為個人基礎能力訓練效果判斷。藉助有氧一無氧閾值曲線，向右或向左移動是否顯著（圖3），即可清楚了解週期之訓練效果。

專項能力訓練效果評價，是以接近比賽型態作為測試方式。而其執行時間，是以訓練計畫內之專項訓練階段，作為運動專項能力評價與訓練調整。徑賽短距離專項快速耐力能力診斷，以Mader（1982）兩段式測試為主要方式（圖4）。徑賽400m項目也可以應用2x 300m測試方式，評價其專項快速耐力能力。球類與技擊項目，專項無氧非乳酸耐力能力判斷，可藉助最大乳酸代謝率與有氧閾值耐力能力作為評價。

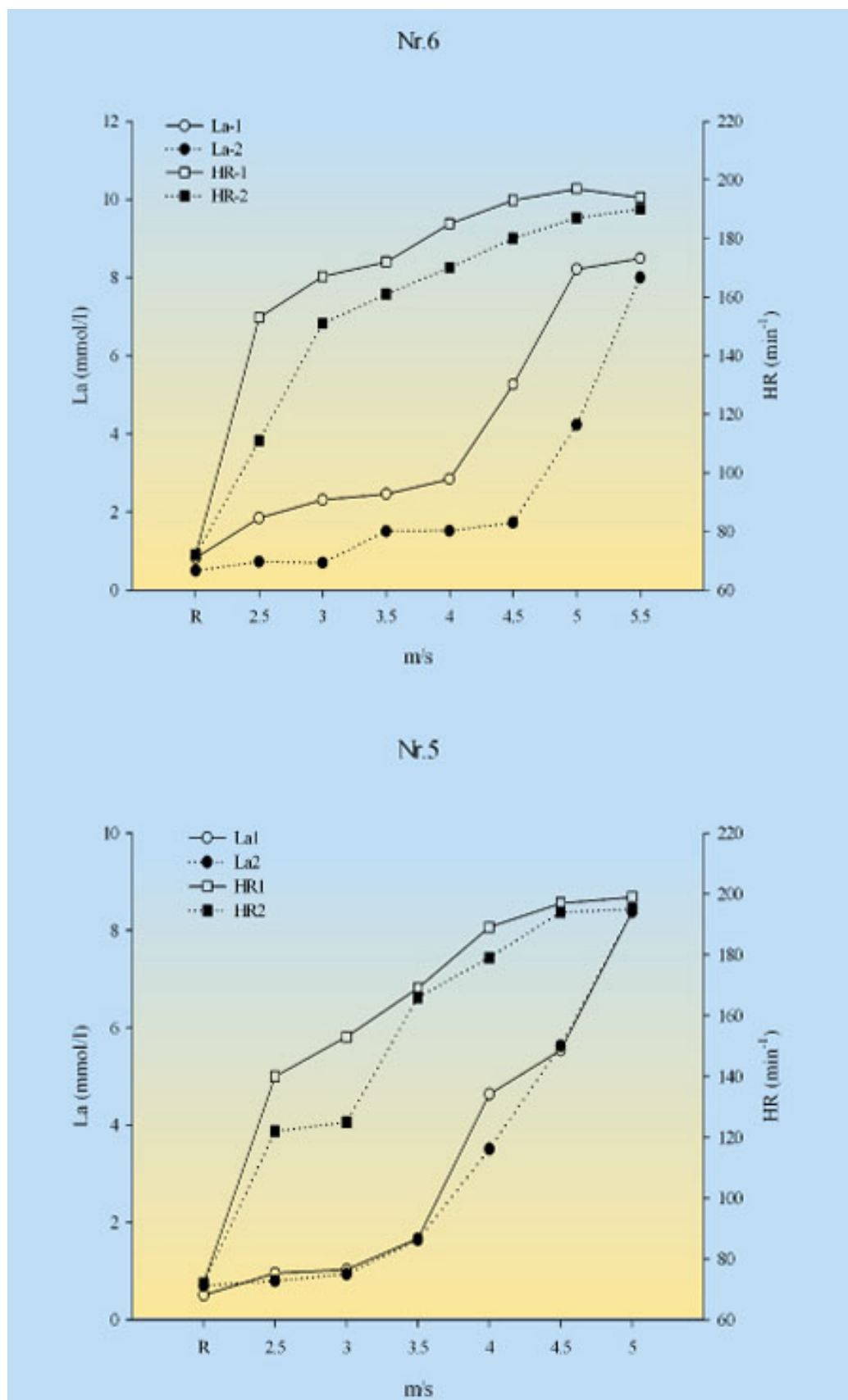


圖3 個人基礎能力判斷藉助有氧-無氧閾值曲線，Nr. 6第二次測試曲線明顯向右移動，顯示其基礎能力明顯提高。

曲線，Nr. 6 第二次測試曲線明顯向上
移動，Nr. 5 曲線移動不顯著

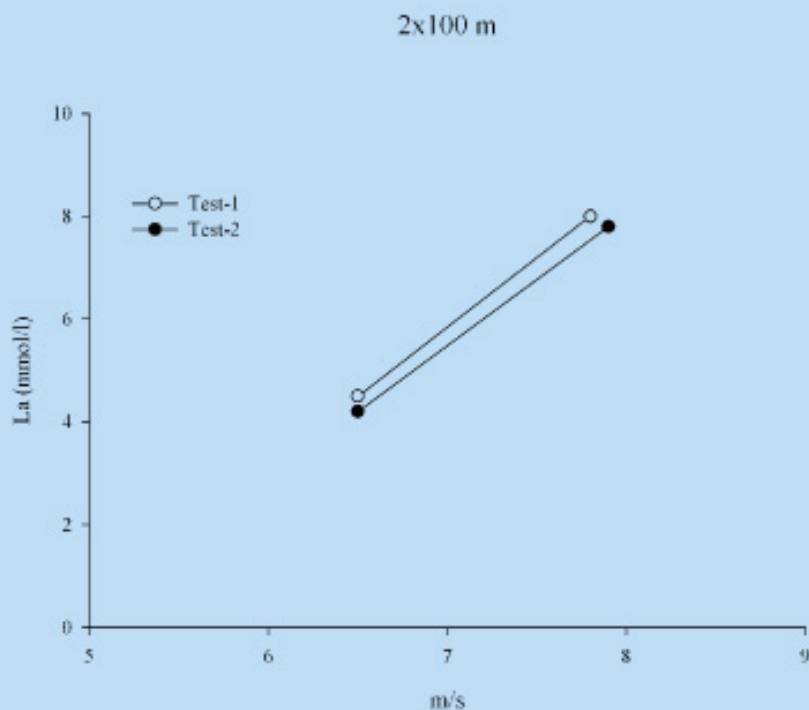


圖4 短距離專項 2 x 100m測試，前測與後測比較

■ 訓練調整

訓練調整措施主要在於訓練計畫之時間階段（短期或長期）、訓練內容（負荷、方式與持續時間）、訓練執行與比賽分析等。其對於運動員能力之提升與訓練效果維持，是主要影響因素（Carl et al. 1992）。在實際應用上，訓練調整措施是透過診斷與數據分析，作出訓練計畫之改變。其主要目的在於避免所擬定之訓練計畫，不適合運動員或訓練階段之目的。

訓練調整在階段訓練週期，主要著重在訓練負荷之改變。因此藉助訓練檢測，快速取得選手之生理反應參數，適時改變訓練內容。而目前能夠在短時間內，提供準確生理反應之生物參數，唯有血液乳酸值（Heck 1990）。在一般訓練情況，藉助運動中或運動結束，所產生之血液乳酸堆積濃度，作出訓練判斷，是最簡單與容易之措施（Hollmann et al. 1981）。目前運動訓練之血液乳酸應用，是其他生物參數無法取代的。Neumann et al. (1993) 提出乳酸在訓練調整上的控制與應用，在訓練檢測藉助血液乳酸值分析，具有以下功能：作為運動強度的判斷；作為訓練與比賽的運動能力判斷；作為有氧能力判斷；作為訓練範圍的判斷；作為訓練類型判斷；作為訓練方法的判斷。

■ 結語

競技運動訓練週期是非常緊迫的，每個訓練週期（4~6週）都非常重要。一年只有52週，扣除節慶與平常假期，真正作為訓練的時間大約只有40週。在這麼短的訓練階段，要達到高質的訓練效果。唯有藉助運動能力診斷與訓練調整系統，才能避免因錯誤訓練劑量或方式，而錯失一個提升訓練效果之週期時間。

希望透過本文對運動能力診斷與訓練調整系統之介紹，能夠提供運動教練在訓練上更具系統化與準確性。

對運動員之成績提升與維持訓練效果，具有正面之幫助。（張嘉澤為國立體育學院教練研究所副教授、詹元碩為德國波次坦（Uni-Potstam）大學博士候選人）

參考文獻

- 》 Carl, K.; Martin, D.; Lehnertz, K.: Handbuch Trainingslehre. Schorndorf. Auflage (1992) .
- 》 Heck, H.: Laktat in der Leistungsdiagnostik. Koln , 78~80 (1990) .
- 》 Hollmann, W.; Rost, R.: Ergometrie zur Hypertoniediagnostik. Dt. med. Wschr. 106 (1981) .
- 》 Mader, A.; Lisen, H.; Heck, H.; Philippi, H.; Rost, R.; Schurch, P.; Hollamnn, W.: Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. Sportarzt und Sportmed. 27, 4 80~88 (1976) .
- 》 Mader,A.; Heck,H.; Liesen, H.; Hollmann, W.: Simulative Berechnungen der dynamischen Änderungen von Phosphorylierungspotential, Laktatbildung und Laktatverteilung beim sprint (1982) .
- 》 Martin, D.; Carl, K.; Lehnertz, K.: Handbuch Trainingslehre (1991) .
- 》 Neumann, G.; Berbalk, A.: Umstellung und Anpassung des Organismus-grundlegende Voraussetzungdersportlichen Leistungsfähigkeit (1991) .
- 》 Neumann, G.; Pfuetzner, A.; Hottentott, K.: Alles unter Kontrolle. 1 Auflage. Achen 127~138 (1993) .
- 》 Neumann,G.; Pfutzner, A.; Berbalk, A.: Optimierte Ausdauertraining. Meyer & Meyer Verlag (1998) .
- 》 Weineck, J. E.: Optimales Training (1996) .