

急性高強度間歇訓練對街舞 Breaking 選手專項心跳率、血乳酸之影響-個案研究

蕭敬衡¹

張嘉澤²

¹國立體育大學競技與教練科學研究所 研究生

²國立體育大學競技與教練科學研究所 助理教授

摘要

目的:本研究主要在於探討連續三天的急性高強度間歇負荷，對街舞 Breaking 選手專項心跳率、血乳酸以及適應狀況之影響。**方法:**受試者為大專 Breaking 選手一名，以三套 1 min 之 Breaking 整套動作做為專項測試，透過連續三天之高強度間歇訓練（划船測功儀，4x200 m，Level 4）後，間隔一天休息時間，再進行一次相同之 Breaking 專項測試，主要收集參數為心跳率以及血乳酸。**結果:**第一天訓練 (Tr1) 第一 Set 200 m 平均輸出功率與第二天相較下上升了 11 Watt，第三天與第一天相較下上升了 22 Watt；第三天訓練 (Tr3) 與 (Tr1) 之血乳酸值相較下上升了 4.1 mmol/l，而心跳率下降了 5 min⁻¹。專項測試部分，T2 最大血乳酸與 T1 相較下下降了 2.2 mmol/l，而心跳率下降了 2 min⁻¹。**結論:**一、三天高強度間歇訓練期間，受試者在肌肉力量輸出以及心跳率部分呈現正適應的反應。二、連續三天急性高強度間歇訓練可快速改善街舞 Breaking 選手專項血乳酸的濃度、降低運動負荷心跳率，提升耐力能力。

關鍵詞:平均輸出功率、運動負荷適應、耐力、體循環、新陳代謝

壹、緒論

Breaking 又稱霹靂舞，舞者運用身體各部位與地板接觸，做出各種高難度動作，其中又有大地板、小地板之分。大地板例子之一「風車」，是舞者以背部貼地做中心軸，兩腳騰空做風車狀轉動，而小地板則以排腿為主體動作，比較強調花式動作（彭郁芬、溫富雄，2004）。但無論是何種風格，皆強調高力量輸出的呈現，且 Breaking 發展至今，其技術已相當成熟，在整套中除了舞者本身的音樂性之外，還必須包含數種高難度的大小地板之連結，且不予許失誤，此現象將增加舞者肌肉收縮的速度，在不能失誤的情況下又考驗到舞者高強度肌肉收縮的穩定性。現今 1on1 Breaking battle 比賽當中往往在冠軍賽會要求選手做出 2-3 套的動作互相較勁（一回合一人出一套，待對手做完再做下一套），每套持續時間約在 40-60 s 不等，從此運動型態來看 Breaking 屬於非循環式運動項目。

張嘉澤 (2008) 指出，非循環式運動項目主要能量來源為 ATP-PC 及無氧糖酵解。蕭敬衡、陳佳慧與張嘉澤 (2011) 年以一名大專 Breaking 舞者進行 3 次相同整套動作之研究指出，隨者整套的次數增加，選手處於無氧狀態時間亦增加，該舞者在三套完成後最大乳酸值高達 17.53 mmol/l，心跳率則為 190 min⁻¹。接近徑賽 400m 負荷強度 18-25 mmol/l (Neumann et al., 1993)。Liesen et al. (1985) 指出，當血液乳酸值堆積超過 7 mmol/l 時，將影響運動技術的協調。Stamford, Weltman, Moffatt and Sady (1981) 指出，血乳酸的堆積會干擾肌肉的收縮、神經傳導的速度以及能源的利用，並導致疲勞的出現。除了肌肉的收縮能力外，心臟對於血液的輸送能力，亦為支撐運動表現的重要基礎，在運動過程中為了能供給作用肌群足夠的血液量，將增加心跳率，提高心臟的工作量，此時若無良好的心臟壓縮機轉，將使選手提早產生衰竭的現象 (Thomas, Baechle & Roger, 2000)。由此可知，如何透過訓練提高 Breaking 選手長時間維持高競技狀態的能力，是相當重要的。

高強度間歇訓練 (High Intensity Interval Training-HIIT) 指的是在高強度的運動後伴隨著不完全休息，再緊接著進行高強度的訓練，使訓練過程能反覆處於高強度負荷，以獲得更高的生理刺激稱之。其目的在於改善無氧效率、快速耐力能力以及增強心臟壓縮與呼吸的工作能力 (張嘉澤，2008)。Powers and Howley (1997) 指出，高強度間歇訓練主要目的是促進心臟血管的適應，包括心輸出量、血液含氧量及氧氣運輸等。Heck et al. (2002) 指出，進行高強度間歇訓練時，因肌肉能量提供路徑約 90 % 為無氧狀態，促使粒線體呈現高度無氧循環，因此訓練後可提升肌肉磷酸果糖激酶 (PFK) 的活性。Weicker et al. (1994) 指出，運動員在高負荷劑量，重複接受刺激狀態下，可提升肌肉對無氧收縮產生適應反應，進而增加無氧糖酵解的活性。Edge et al. (2006) 以 6-10 次 120-140 % 乳酸閾值強度，每次持續 2 分鐘，每次間歇 30 s，共進行五週之腳踏車 HIIT 訓練，結果顯示 VO_{2peak}、乳酸閾值及肌肉緩衝能力有明顯進步。何正峰、李文志、王錠堯 (2008) 以兩週 7 次，強度為 130 % 之無氧閾值速度，每次持續兩分鐘之高強度間歇訓練，

研究指出可有效提升有氧-無氧閾值能力。過去亦有研究指出透過高強度間歇訓練可有效提升無氧能力及降低負荷最大心跳率 (Roberts, Billeter & Howald., 1982; 葉明春, 2006)。

運動負荷劑量造成生理平衡干擾，此現象反應在於體循環與新陳代謝的壓力，過去研究指出，在運動過程中此兩項能力的變化可反應出個人承受負荷的情況，其中以心跳率最能直接反應運動員體循環的能力，而新陳代謝的部分則反應在血乳酸的改變 (Hottenrott, 1993)。張嘉澤 (2008) 指出，當身體接受運動訓練時，人體的器官與組織即開始進入“調整”階段，器官為了應付各種不同的刺激所需的能量消耗，而隨著訓練負荷的增強而增加活性。因器官組織對於訓練產生的適應顯現，在相同運動負荷以及時間下，肌肉所代謝的乳酸值將下降，而血液乳酸的堆積，也將加速排除。Neumann (1990) 指出，在所有器官組織中，因外來的負荷刺激而最快產生適應的為心跳率的調節，以日為單位，其次是血液乳酸堆積以及排除的能力，以週為單位，至於身體其它組織的功能適應，有些則是需要比較長的時間。

綜合上述可知，街舞 **Breaking** 屬於短時間高強度的運動，隨著比賽節奏提升，對選手造成的負荷亦增加，倘若沒有良好的耐力能力，將導致選手無法維持高力量輸出的穩定。而透過高強度間歇訓練可有效改善心臟的壓縮及無氧糖酵解的活性，提升運動員耐力，但過去研究皆探討以長時間 (兩週以上) 進行訓練對運動員之效益，甚少研究以短時間急性的高強度間歇負荷作為訓練模式，觀察對運動員生理變化之影響，從適應來看，心跳率及乳酸在一週內即可改善，因此本研究目的在於觀察透過連續三天的急性高強度間歇負荷刺激，對於街舞 **Breaking** 選手專項心跳率、血乳酸以及適應狀況之影響。

貳、研究方法

一、研究對象

本研究以一名大專 Breaking 選手為研究對象，身高 169 cm，體重 58 kg。訓練年數 6 年。每週進行 5 天，每天三小時以上之規率訓練，最佳成績為全國第三名。測試期間不進行任何非本研究設定之訓練計畫以外的運動。

二、研究程序

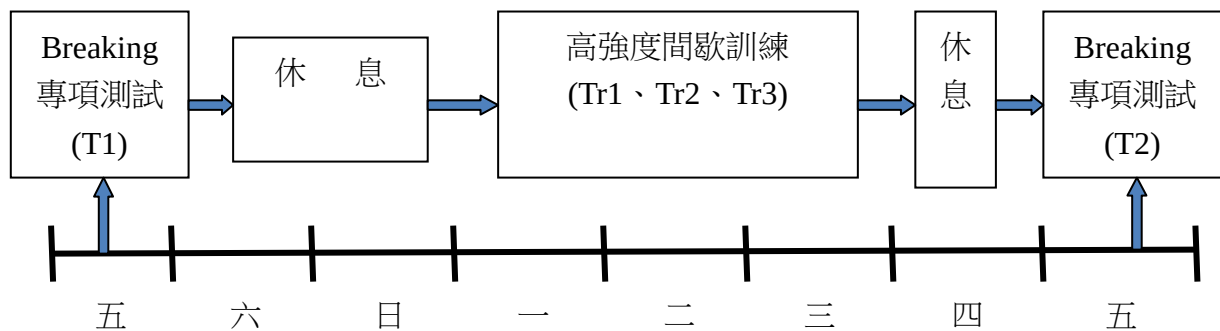
本研究共有一個測試，一種訓練。測試為 Breaking 專項測試 (T1, T2)，訓練為三天高強度間歇訓練 (Tr1, Tr2, Tr3)。

(一) Breaking 專項測試 (T1, T2):

以三套 Breaking 整套動作進行測試，每套持續時間 1 min，皆以相同之音樂及動作控制強度，以個人最佳動作進行。該受試者已相當熟悉整套動作及拍子，因此皆可盡全力做完整套動作，測試前請受試者進行熱身 20 min (包含伸展、自我專項熱身) 並以靜態休息 10 min 後進行主要測試。

(二) 三天高強度間歇訓練 (Tr1, Tr2, Tr3):

以划船測功儀 (Concept II Model E, Concept II -America) 作為訓練工具，熱身為 200 m 划槳熱身，休息 3 min 後進行主要訓練，訓練範圍為 4x200 m，休息時間 3 min (靜態休息)，阻力定為 Level 4，受試者必須盡全力划行 4 趟 200 m 之負荷，訓練期間研究人員皆在旁鼓勵受試者盡全力划槳直至 200 m 結束，以確保受試者無自我配速及保留體力之問題，圖-1 為研究流程圖:



三、生物參數採集

本研究主要觀察之參數為分為兩部份，前者為專項測試，採集生物參數為心跳率 (HR) 及血乳酸 (La)，心跳率請選手全程配戴心率偵測錶 (Polar S725X, Polar-Finland)，於每套結束數後及三套結束後的 5 min 收集；血乳酸則以耳垂採血方式，每次 10 μ l (大約一滴汗)，採集時間為安靜值 R、R2、每套結束後、三套結束後第 3、5、7、10、15 min。至於間歇訓練部分，主要收集之參數為划船平均輸出功率 (Watt)、心跳率及血乳酸，平均輸出功率 (Watt) 以划船測功儀所配備之 Log card 記錄每趟之平均輸出功率，心跳率則於每趟 200 m 結束後以及 4 趟結束後第 5 min 收集，血乳酸部分，採集時間為安靜值 R、R2、每趟 200 m 結束後、4 趟結束後第 3、5、7、10、15 min。

四、資料處理

本研究以描述性統計描寫受試者基本資料以及分析各參數之結果，測試後血液參數分析，血乳酸部分是透過EFK德國制血糖乳酸分析儀 (Diagnostic Biosen C-line;EFK-diagnostic) 進行分析，血氨部份則為血氨測定 (PocketChem BA PA-4130;ARKRAY)。並以SigmaPlot 8.0製作圖型。

參、結果分析

圖-2 為三天訓練中每趟 200 m 之平均輸出功率分析。第一天訓練 (Tr1) 第一 Set 200 m 平均輸出功率為 361 Watt，第二天 (Tr2) 為 372 Watt，上升了 11 Watt，第三天 (Tr3) 則為 383 Watt，與 Tr1 相較上升了 22 Watt；Tr1 第四 Set 平均輸出功率為 284 Watt，Tr2 為 290 Watt，上升了 6 Watt，Tr3 則為 300 Watt，上升了 10 Watt。

Tr1 與 Tr3 訓練之血乳酸分析。Tr1 之最大乳酸值出現在 E7，為 15.8 mmol/l，Tr3 出現在 E5，為 19.9 mmol/l，上升了 4.1 mmol/l，如圖-3 所示。

圖-4 為三天訓練中每趟 200 m 之心跳率分析。Tr1 之最大心跳率為 183 min^{-1} ，Tr3 為 178 min^{-1} ，下降了 5 min^{-1} 。

專項測試前後測之血乳酸分析。前測 (T1) 第一套完成後血乳酸為 5 mmol/l，後測 (T2) 為 3.8 mmol/l，下降了 1.2 mmol/l；T1 第三套完成後血乳酸為 14.7 mmol/l，T2 則為 11.1 mmol/l，下降了 3.6 mmol/l；T1 最大乳酸值為 15.8 mmol/l，T2 則為 13.6 mmol/l，下降了 2.2 mmol/l，如圖-5 所示。

圖-6 為專項測試前後測之心跳率分析。T1 第一套結束後心跳率為 176 min^{-1} ，T2 為 169 min^{-1} ，下降了 7 min^{-1} ；T1 第三套結束後心跳率為 187 min^{-1} ，T2 則為 185 min^{-1} ，下降了 2 min^{-1} 。運動結束後第 5 min，T1 為 124 min^{-1} ，T2 為 120 min^{-1} ，下降了 4 min^{-1} 。

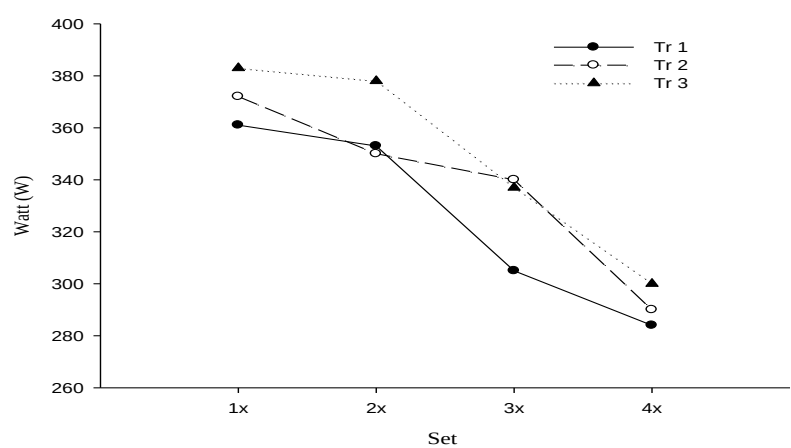


圖-2 三天訓練中每趟 200 m 之平均輸出功率分析

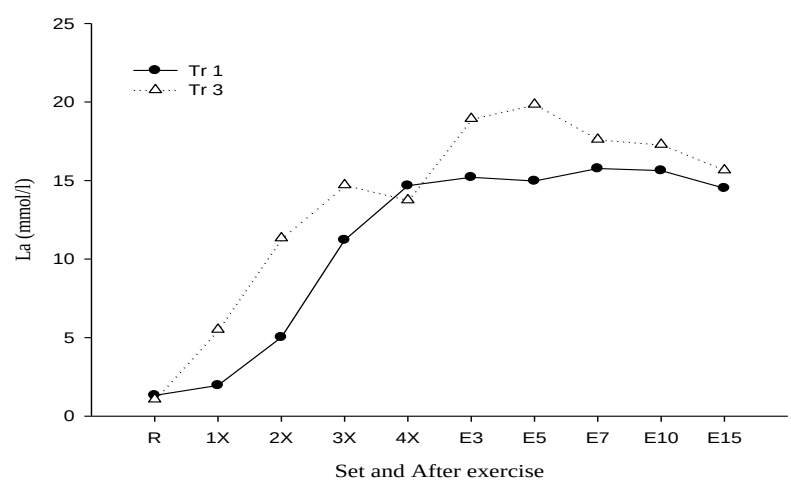


圖-3 第一天與第三天訓練之血乳酸分析

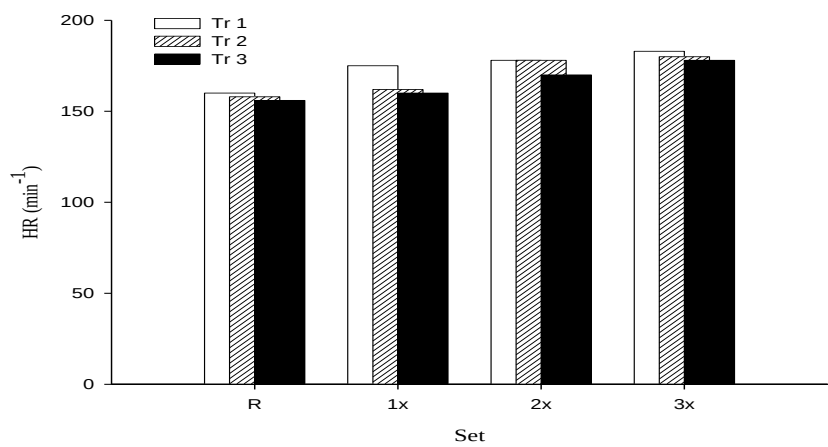


圖-4 三天訓練中每趟 200 m 之心跳率分析

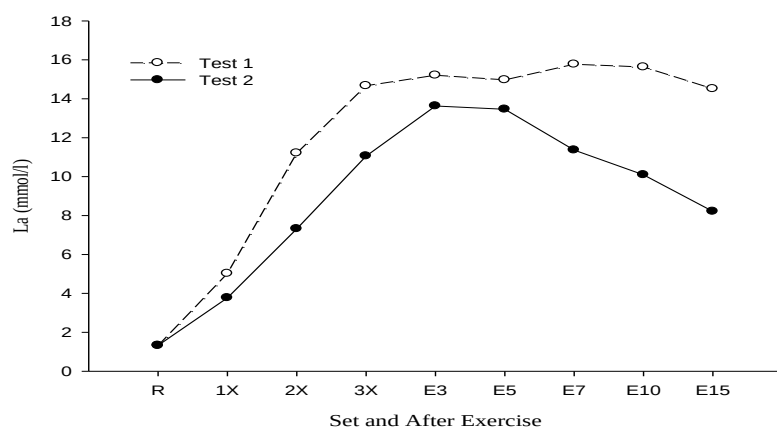


圖-5 專項測試前後測之血乳酸分析

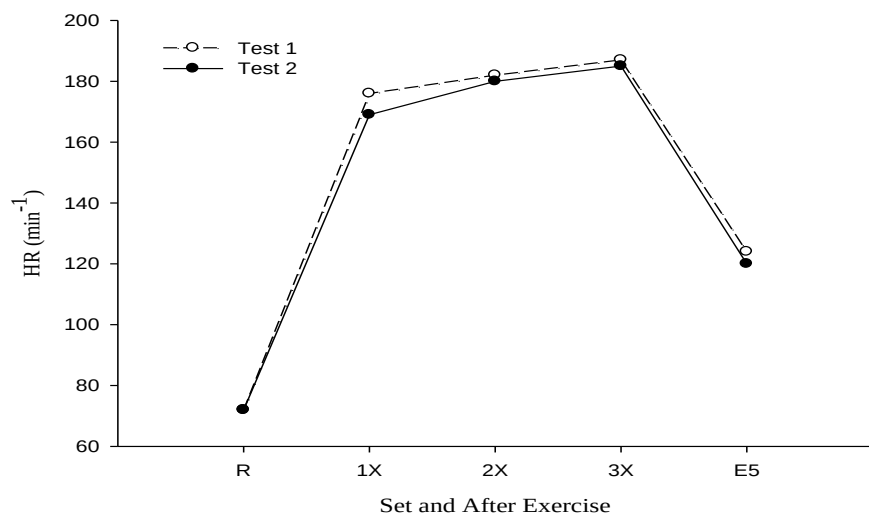


圖-6 專項測試前後測之心跳率分析

肆、討論

一、三天高強度間歇訓練之適應分析

本研究結果顯示，受試者在連續三天急性高強度間歇訓練中，平均輸出功率在四趟 200 m 皆呈現上升之情形，尤其是第三天上升幅度最為明顯，如圖-2 所示。此現象顯示受試者在第一天的急性負荷後第二天肌肉收縮立即呈現正適應的反應，因此可維持更高力量的輸出。從心跳率的適應來看，第二天訓練時即產生下降的現象，第三天訓練之最大心跳率與第一天相較下下降了 5 min^{-1} ，如圖-4 所示。Neumann (1990) 指出，在所有器官組織中，因外來的負荷刺激而最快產生適應的為心跳率的調節，以日為單位，與本研究相符。張嘉澤 (2008) 指出，當身體接受運動訓練時，人體的器官與組織即開始進入“調整”階段，器官為了應付各種不同的刺激所需的能量消耗，而隨著訓練負荷的增強而增加活性，一般訓練生理適應反應之症狀分為：(一) 低心跳與肌肉收縮困難 (二) 高心跳與肌肉收縮輕快 (三) 低心跳與肌肉收縮輕快三種，前兩點受到負荷劑量過高或恢復時間不足等原因，因而產生負適應的反應，而第三點則反應出運動員呈現正適應的反應，因而提升訓練效果。本研究受試者受到肌肉收縮及心跳率產生適應的影響，因此可維持更高力量的輸出，因而提升平均輸出功率，且降低運動負荷之心跳率。圖-3 為第一天與第三天訓練之血乳酸適應，結果顯示第三天之血乳酸高於第一天，且最大乳酸值與第一天相較上升了 4.1 mmol/l ，此現象與第三天平均輸出功率提升有關，過去研究指出血乳酸與運動強度呈正相關，當運動強度越高，血乳酸堆積就越高 (Hollmann & Liesen., 1973)。因此血乳酸在此呈現上升的反應。

二、Breaking 專項之血乳酸與心跳率分析

本研究結果顯示，受試者經過連續三天的高強度間歇訓練後，血乳酸及心跳率在每一整套完成後皆有下降的情形，T2 最大血乳酸值為 13.6 mmol/l ，與 T1 相較下下降了 2.2 mmol/l 。而最大心跳率的部分，T2 與 T1 相較下下降了 2 min^{-1} ，如圖-5、圖-6 所示。此現象顯示受試者在相同運動強度下之體循環或新陳代謝部分，皆呈現適應的反應。Hollmann et al. (1986) 指出，耐力訓練 (持續、持續速度變換、間歇) 主要效果在於提升體循環與新陳代謝的能力。其機轉在於每跳心輸出量、每分鐘容積的提升以及改善粒線體內酵素活性等因素所致 (Zintl, 1994)。Heck et al. (2002) 指出，進行高強度間歇訓練時，因肌肉能量提供路徑約 90 % 為無氧狀態，促使粒線體呈現高度無氧循環，因此訓練後可提升肌肉磷酸果糖激酶 (PFK) 的活性。過去研究亦指出，運動員在高負荷劑量，重複接受刺激

狀態下，可提升肌肉對無氧收縮產生適應反應，進而增加無氧糖酵解的活性 (Weicker et al., 1994)。Powers and Howley (1997) 指出，高強度間歇訓練主要目的是促進心臟血管的適應，包括心輸出量、血液含氧量及氧氣運輸等。而 Neumann (1990) 除了心跳率之外，亦指出血乳酸的改善以週為單位。因此本研究受試者受到上述的生理機轉影響下，在經過三天高強度間歇訓練後，經過一天的休息時間，在專項 T2 的部分心跳率及血乳酸皆呈現進步的情形，此現象將減少街舞選手在進行整套動作時，對生理帶來的負荷，提升選手耐力能力。

伍、結論與建議

一、結論

- (一) 三天高強度間歇訓練期間，受試者在肌肉力量輸出以及心跳率部分呈現正適應的反應。
- (二) 連續三天急性高強度間歇訓練可快速改善街舞 Breaking 選手專項血乳酸的濃度及降低心跳率，提升耐力能力。

二、建議

本研究結果發現，透過連續三天急性高強度間歇訓練對於 Breaking 選手耐力能力有提升的效果，因此建議用在選手耐力能力遲遲無法改善，或在過渡期進入準備期時，以此種方式給選手急性的刺激，待改善後仍需依照超補償原則，給與選手適當的休息時間以恢復其生理機能為佳。

參考文獻

- 張嘉澤 (2008)。訓練學。台北縣林口鄉：運動能力診斷協會。
- 何正峰、李文志、王錠堯 (2008)。兩週不同型態跑步訓練對有氧及無氧耐力之影響。運動生理暨體能學報，第8期，81-89。
- 葉明春 (2006)。間歇訓練對乳酸閾值的效應（未出版之碩士論文）。國立台灣體育學院，台中市。
- 彭郁芬、溫富雄 (2000)。嘻哈(Hip Hop 風潮)，大專體育，第75期，101-105。
- 蕭敬衡、陳佳慧、張嘉澤 (2011)。個人閾值能力與街舞 **Breaking** 運動負荷之關係-個案探討。中華民國大專院校 100 年度體育學術研討會。臺北市立體育學院。
- Edge, J., Bishop, D., & Goodman, C. (2006). The effects of training intensity on muscle buffer capacity in females. *European Journal of Applied Physiology*, 96(1), 97-105.
- Hollmann, W., & Liesen, H. (1973). Der Einflublen eines zweiwöchien Höhentrainings auf die Leitungsfähigkeit im Flachland, gemessen an spiroergometrischen und metabolischen parameteren.
- Hottenrott, K. (1993). *Trainingssteuerung im Ausdauersport: Theorien-Untersuchungen Beispiele*. Sportwissenschaft und sportpraxis. Bd. 92, Czwalina Verlag.
- Liesen, H., Ludemann, E., Schmengler, D., Föhrenbach, R., & Mader, A. (1985). Trainingssterung im Hochleistungssport. Aspekte und Beispiele. *DzSmed* 1, 8-18.
- Neumann, G. (1990). Umstellung und Anpassung der Funktionssysteme. In: Das gross Buch vom Laufen. Meyer & Meyer Verlag. 222-223.
- Neumann, G., Pfutzner, A., & Hottentott, K. (1993). Alles unter Kontrolle. 1 Auflage. Aachen: Meyer & Meyer.
- Stamford, B. A., Weltman, A., Moffatt, R., & Sady, S. (1981). Exercise recovery above and below the anarerobic threshold following maximal work. *Journal of Applied Physiology*, 51(4), 840-844.
- Powers S. K., & Howley E. T. (1997) Calculation of oxygen uptake and carbon dioxide production. In: *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance* (3rd ed.). Madison, WI: Brown & Benchmark, 477-480.
- Roberts, A. D., Billeter, R., & Howald, H. (1982). Anaerobic muscle enzyme Changes after interval training. *International Journal Sports Medicine*, 3, 18-21.

- Thomas, R., Baechle & Roger, W, E. (2000). Essentials of Strength Training and Conditioning, 2nded. Human Kinetics Publishers, Inc.
- Weicker, H., & Strobel, G. (1994). *Sportmedizin: Biochemisch-physiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung*: G. Fischer. Verlag, S.25-28.
- Zintl, F. (1994). Ausdauer Training. Grundlagen, Methoden, Trainingssteuerung.