

運動員睡眠品質對生理功能及運動表現之探討

陳俐蓉¹、洪寶蓮²、方世華³

¹ 國立臺灣體育運動大學運動健康科學學系

² 中國醫藥大學運動醫學系

³ 國立臺灣體育運動大學競技運動學系

摘要

高強度運動訓練之後，如何促進身體的復原以提昇選手的運動能力是競技運動最重要的議題之一。睡眠被認為與大腦的學習、認知、肌肉疲勞的恢復、免疫及內分泌系統功能的恢復等有密切的相關性，而此些生理功能正是影響運動員表現的關鍵。對運動員而言，可能因長時間、高強度的運動訓練，導致肌肉損傷與疼痛而降低睡眠品質，進而影響運動員的運動表現，因此，好的睡眠品質對於優秀運動員相當重要。本文利用近年對睡眠品質的研究結果說明睡眠品質不佳對運動員可能產生的影響，包括運動表現、對疼痛之反應、免疫細胞數目與功能、細胞激素及內分泌系統的影響。藉由了解運動員睡眠品質與各生理功能之相關性，應進一步探討優秀運動員睡眠之質與量以及睡眠管理的方法，這些都是未來值得深入研究的課題。

關鍵詞：睡眠、免疫功能、內分泌系統、過度訓練、運動能力

通訊作者：方世華

E-mail：shfang@ntupes.edu.tw

DOI：10.3966/2226535X2016060502001

壹、前言

高強度運動後如何促進身體的復原及提昇選手的運動能力是運動科學最重要的議題之一。睡眠被認為與許多生理功能都有密切的相關性，如：學習、記憶、認知及肌肉的疲勞恢復 (Cirelli & Tononi, 2008; Dattilo et al., 2011)、免疫及內分泌系統的恢復 (Benington & Heller, 1995)、整合新記憶的知識 (Diekelmann & Born, 2010) 及代謝過程 (Inoue, Honda, & Komoda, 1995)，當睡眠被打擾時，這些正常的生理功能的確也會被嚴重影響。過去的研究已經證實當睡眠時間被減少至每晚六小時以下連續四天後，認知表現 (Belenky et al., 2003)、葡萄糖代謝 (Spiegel, Leproult, & Van Cauter, 1999) 及免疫功能 (Krueger, Majde, & Rector, 2011) 均會減弱。還有許多關於睡眠的研究 (Faraut, Boudjeltia, Vanhamme, & Kerkhofs, 2012) 都顯示每天睡眠少於六小時且無法補眠者，會引起非專一性的白血球活化及全身低程度的發炎反應如：C-反應蛋白 (C-reactive protein)、介白素-6 (interleukin-6, IL-6)、腫瘤壞死因子- α (tumor necrosis factor- α , TNF- α) 分泌增加，對於優秀運動員而言睡眠特別重要，因為對這些生理功能的負面作用最後會降低了運動員的表現。

貳、睡眠的背景介紹

睡眠是一個複雜的生理及行為狀態，依據腦電波 (electroencephalogram) 記錄睡眠時的腦波變化，將睡眠分為快速動眼期 (rapid eye movement, REM) 與非快速動眼期 (non-rapid eye movement, NREM)，快速動眼期的特徵是肌肉鬆弛、做夢，被認為是大腦活化的狀態。非快速動眼期即慢慢進入睡眠的深層期。一般認為慢波睡眠 (slow-wave sleep, SWS) 或稱深層睡眠 (deep sleep) 對於優秀運動員的恢復是很重要的，因為生長激素在深層睡眠時也同步被分泌

(Shapiro, Bortz, Mitchell, Bartel, & Jooste, 1981)。睡眠受到大腦的控制有一定的約日節律 (circadian rhythms)，松果體分泌的褪黑素 (melatonin) 在夜間達到最高，具有促進睡眠的功能 (Halson, 2014)。所謂睡眠品質不佳所指的包括深層睡眠時間減少及睡眠被打斷的次數增加，當慢波睡眠被剝奪而減少時，也會發現運動表現下降 (Dijk, 2010)。

一般運動員除了需要早起進行晨操之外，若沒有養成良好的睡眠習慣（晚間看電視或是上網時間過長）及過度煩惱比賽的事等，導致運動員在重要比賽前及平時訓練階段都可能處於睡眠不足或是品質不佳的情況之下。過去針對一群奧運項目的選手及另一組年齡、性別相似的非運動員進行睡眠習慣的調查 (Leeder, Glaister, Pizzoferro, Dawson, & Pedlar, 2012)，結果發現運動員需要較長的時間才能入睡而且睡眠效率也比對照組差。尤其是運動員在賽前的睡眠品質較差 (Erlacher, Ehrlenspiel, Adegbesan, & El-Din, 2011; Lastella, Lovell, & Sargent, 2014; Lastella, Roach, et al., 2014)，可能影響的因素包括賽前焦慮或是興奮、不熟悉的睡眠環境（旅館）、時差的改變及較早的比賽時程。過去已有研究發現時差會導致最大肌力、無氧動力及重直跳的表現下降 (Reilly, Waterhouse, & Edwards, 2005)，甚至降低游泳選手的手臂與肘關節屈曲強度 (Wright et al., 1983)。在一份針對 283 位澳洲優秀運動員的問卷調查結果中發現 64% 選手在比賽前有睡眠品質不佳的狀況 (Juliff, Halson, & Peiffer, 2015)，主要原因是想到比賽及焦慮，除了少數運動員會以閱讀、看電視或其他放鬆方式之外，超過半數的運動員是沒有改善策略。因此，優秀運動員睡眠的質與量都需要詳細的評估，也須有效改善睡眠品質的介入，以避免影響整體生理功能、訓練及運動表現。

參、睡眠品質不佳對運動員的影響

一、對運動表現的影響

睡眠品質被選手、教練認為是影響運動員訓練、恢復及比賽的重要因素

(Samuels, 2008)，然而因為運動表現與生理及技術都有關，也因此較難直接證明睡眠品質不佳與運動表現的直接關聯性。睡眠干擾是菁英運動員較為困擾的問題，因為部份睡眠剝奪會影響警覺性(Doran, Van Dongen, & Dinges, 2001)、注意力(Nilsson et al., 2005)、反應時間(Corsi-Cabrera, Arce, Ramos, Lorenzo, & Guevara, 1996)及情緒(Zhang, Si, Chung, Du, & Terry, 2014)等，均是影響菁英運動員表現相關的重要因子。有幾個研究刻意針對運動員進行睡眠剝奪 24 小時以上之後再進行運動能力測驗，發現睡眠剝奪 24 小時不會影響到無氧能力的表現，但在睡眠剝奪 36 小時後就會影響其無氧動力的表現(Souissi, Sesboue, Gauthier, Larue, & Davenne, 2003)。另外，對於剝奪舉重選手睡眠 24 小時雖然沒有影響到他們的專項運動表現，但是發現其情緒上出現明顯混亂、疲倦的情況(Blumert et al., 2007)。另外在睡眠剝奪 24 小時後會發現耐力跑步的能力下降(Oliver, Costa, Laing, Bilzon, & Walsh, 2009)。若是短時間的睡眠剝奪如：2.5 小時則對游泳選手的運動表現沒有顯著影響，但同時也會發現選手的情緒會有明顯混亂、疲倦、易怒缺乏活力的改變。對於菁英運動員而言，經常曝露於高強度的訓練與激烈的比賽更需要充分的恢復，而睡眠被認為是生理與心理恢復的最佳方式。

二、對疼痛感的影響

過去研究指出睡眠剝奪會促進疼痛的感覺，可能是因為訓練或是比賽造成的疼痛而影響了睡眠(Lautenbacher, Kundermann, & Krieg, 2006)。疼痛經由感覺神經傳導而感覺神經會受到免疫細胞產生的發炎物質所活化(Ziemssen & Kern, 2007)。當睡眠被剝奪時也會因抑制同化賀爾蒙如：睪固酮的產生而抑制蛋白質的合成(Dattilo et al., 2011)，進而會影響肌肉損傷的恢復，然而目前這部分的研究相當有限。

三、對免疫細胞數目與功能的影響

睡眠與免疫系統的關係可能是雙向互相影響，過去研究指出小於 7 小時的

睡眠會比獲得 7-9 小時睡眠者在 T 細胞的功能部份增加 49%，這可能與全身低程度的發炎現象有關 (Fondell et al., 2011)，同時自然殺手細胞的功能下降使得身體的防禦能力降低。若增加睡眠或是小睡片刻之後則會使皮質醇 (cortisol) 濃度下降 (Faraut et al., 2011)。睡眠不足會引發類似壓力反應，即免疫系統的發炎反應，導致嗜中性白血球增加、血清中 C-反應蛋白增加、葡萄糖耐受性下降 (Spiegel et al., 1999)、交感神經活化、壓力增加及唾液中 α -澱粉酶 (α -amylase) (Lange & Born, 2011; Seugnet, Boero, Gottschalk, Duntley, & Shaw, 2006) 增加，加上運動時伴隨產生的肌肉發炎，這將更不利於運動後的恢復。

四、睡眠剝奪對運動員細胞激素的影響

由電生理、生化及分子基因學的研究結果顯示介白素-1 β 及腫瘤壞死因子- α 是影響睡眠最主要的兩種細胞激素，在多種不同的動物實驗結果也證實給予介白素-1 β 及腫瘤壞死因子- α 後，非快速動眼期的慢波活性會增加，同時介白素-1會與血清素 (serotonin) 交互作用而影響睡眠、在大腦廣佈著介白素-1 β 及腫瘤壞死因子- α 的接受器，同時也可在大腦測得介白素-1 β 及腫瘤壞死因子- α 的蛋白質，且其表現量與非快速動眼期成正比 (Bredow, Guha-Thakurta, Taishi, Obal, & Krueger, 1997; Floyd & Krueger, 1997)。正常睡眠可以促進介白素-12 的分泌 (Besedovsky, Lange, & Born, 2012)，這是一個啟動第一型輔助型 T 細胞的活化的關鍵性細胞激素，與免疫功能息息相關。

五、對內分泌系統的影響

由實驗室及流行病學的研究結果都顯示睡眠剝奪會增加肥胖與糖尿病的發生率 (Knutson, Spiegel, Penev, & Van Cauter, 2007)，一份針對婦女的飲食內容問卷結果與以腕表睡眠記錄器記錄睡眠品質的比較研究，發現睡眠時間與攝取的脂肪量呈負相關 (Grandner, Kripke, Naidoo, & Langer, 2010)，可能是因為減少睡眠會影響葡萄糖代謝進而降低腦部葡萄糖的利用、增加傍晚皮質醇的分泌量、改變睪固酮的分泌及前發炎細胞激素的產生。過去研究指出睡 4 小時比

睡 12 小時有較低的葡萄糖耐受能力、傍晚時皮質醇濃度與交感神經的活性都增加 (Allen, 2000)。另外睡眠剝奪也會增加血壓與正腎上腺素 (norepinephrine) (Lusardi et al., 1999)。這些賀爾蒙的改變會降低蛋白質的合成將不利於運動員肌肉損傷的恢復 (Dattilo et al., 2011)。

肆、過度訓練對於運動員睡眠的影響

在過度訓練的許多症狀中包括慢性疲勞及睡眠周期的改變 (Hackney, 2013)，過去許多研究睡眠與運動的文獻都著重在以中度的運動來改善睡眠品質，可能透過調節體溫、身體的恢復及對能量的保留而達到對睡眠正向的影響 (Driver & Taylor, 2000)。然而對運動員而言，在長時間、高強度的運動後可能因為肌肉損傷與疼痛而影響睡眠，這些損傷可來自物理性的破壞，例如：衝擊造成肌節的破壞 (sacromeric damage) 以及肌細胞壞死，並釋放肌細胞特定表現的一些蛋白質進入血液中，常被用來觀察肌肉損傷指標包括血漿中肌酸激酶 (creatine kinase, CK) 以及肌紅蛋白 (myoglobin) 的濃度。血清素濃度也是過度訓練的指標之一且被認為與降低中樞神經系統活性及引發疲勞有關 (Budgett, Hiscock, Arida, & Castell, 2010)，這些都將影響運動員的運動表現。

伍、運動員睡眠管理的實務方式

根據過去對於睡眠機轉研究的發現 (Stepanski & Wyatt, 2003)，可以提供運動員改善睡眠品質的具體作法。首先是維持規律的就寢與起床時間，可使大腦控制日夜節律的系統維持穩定。其次是避免在接近就寢時間 (3 小時內) 從事高強度運動，因為運動導致的體溫升高及交感神經亢奮都不利於進入睡眠狀態。若是運動後以低溫的水沖洗身體，可有助於核心溫度下降 (Robey et al., 2013)。另外在飲食部份，研究建議食用富含色氨酸 (tryptophan) 的食物如豆

類與堅果類或是高升糖指數的碳水化合物，可以增加體內褪黑素的分泌(Afaghi, O'Connor, & Chow, 2007; Wada et al., 2013)，有助於提高睡眠品質。

陸、結語

事實上，運動員的疲勞感雖為主觀之感受，但與運動後恢復、睡眠品質、組織損傷以及能源短缺有關。睡眠被認為是維護人類健康基本的要求，也是菁英運動員在身心壓力之下最佳的恢復方法，若是運動員睡眠品質不佳則在生理部分會造成免疫系統與內分泌系統功能下降，在心理方面對於需要戰術應用的運動表現能力下降，類似過度訓練的症狀出現，通常在無氧運動類型易出現交感神經功能的改變，導致失眠無法休息、易怒、心悸亢奮及高血壓等症狀；而在有氧運動類型易出現副交感神經功能的改變，導致疲勞、沮喪及失去動力等症狀。總而言之，由過去的研究回顧中(Chennaoui, Arnal, Sauvet, & Leger, 2014)已發現運動訓練可能藉由影響體溫、產生的發炎細胞激素、自主神經系統功能、日夜周期、情緒等因素影響運動員的睡眠品質，進而影響選手在高強度的運動訓練或是比賽後的疲勞消除與體能恢復。另一方面，當睡眠品質不佳時，將影響到代謝、內分泌系統、增加發炎現象及交感神經系統而降低運動員的恢復及運動表現，甚至出現過度訓練的症候群。因此，了解運動員睡眠品質與各生理功能之相關性及找出可能改善的介入是值得深入研究的課題。

參考文獻

- Afaghi, A., O'Connor, H., & Chow, C. M. (2007). High-glycemic-index carbohydrate meals shorten sleep onset. [Clinical Trial Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Am J Clin Nutr*, *85*(2), 426-430.
- Allen, R. P. (2000). Article reviewed: Impact of sleep dept on metabolic and endocrine function. *Sleep Med*, *1*(2), 149-150.
- Belenky, G., Wesensten, N. J., Thorne, D. R., Thomas, M. L., Sing, H. C., Redmond, D. P., . . . Balkin, T. J. (2003). Patterns of performance degradation and restoration during sleep restriction and subsequent recovery: a sleep dose-response study. *J Sleep Res*, *12*(1), 1-12.
- Benington, J. H., & Heller, H. C. (1995). Restoration of brain energy metabolism as the function of sleep. *Prog Neurobiol*, *45*(4), 347-360.
- Besedovsky, L., Lange, T., & Born, J. (2012). Sleep and immune function. [Research Support, Non-U.S. Gov't Review]. *Pflugers Arch*, *463*(1), 121-137. doi: 10.1007/s00424-011-1044-0
- Blumert, P. A., Crum, A. J., Ernsting, M., Volek, J. S., Hollander, D. B., Haff, E. E., & Haff, G. G. (2007). The acute effects of twenty-four hours of sleep loss on the performance of national-caliber male collegiate weightlifters. *J Strength Cond Res*, *21*(4), 1146-1154. doi: 10.1519/R-21606.1
- Bredow, S., Guha-Thakurta, N., Taishi, P., Obal, F., Jr., & Krueger, J. M. (1997). Diurnal variations of tumor necrosis factor alpha mRNA and alpha-tubulin mRNA in rat brain. *Neuroimmunomodulation*, *4*(2), 84-90.
- Budgett, R., Hiscock, N., Arida, R. M., & Castell, L. M. (2010). The effects of the 5-HT_{2C} agonist m-chlorophenylpiperazine on elite athletes with unexplained underperformance syndrome (overtraining). *Br J Sports Med*, *44*(4), 280-283. doi: 10.1136/bjism.2008.046425
- Chennaoui, M., Arnal, P. J., Sauvet, F., & Leger, D. (2014). Sleep and exercise: A reciprocal issue? *Sleep Med Rev*. doi: 10.1016/j.smrv.2014.06.008
- Cirelli, C., & Tononi, G. (2008). Is sleep essential? *PLoS Biol*, *6*(8), e216. doi: 10.1371/journal.pbio.0060216
- Corsi-Cabrera, M., Arce, C., Ramos, J., Lorenzo, I., & Guevara, M. A. (1996). Time course of reaction time and EEG while performing a vigilance task during total sleep deprivation. *Sleep*, *19*(7), 563-569.
- Dattilo, M., Antunes, H. K., Medeiros, A., Monico Neto, M., Souza, H. S., Tufik, S., & de Mello, M. T. (2011).

- Sleep and muscle recovery: endocrinological and molecular basis for a new and promising hypothesis. *Med Hypotheses*, 77(2), 220-222. doi: 10.1016/j.mehy.2011.04.017
- Diekelmann, S., & Born, J. (2010). The memory function of sleep. *Nat Rev Neurosci*, 11(2), 114-126. doi: 10.1038/nrn2762
- Dijk, D. J. (2010). Slow-wave sleep deficiency and enhancement: implications for insomnia and its management. *World J Biol Psychiatry*, 11 Suppl 1, 22-28. doi: 10.3109/15622971003637645
- Doran, S. M., Van Dongen, H. P., & Dinges, D. F. (2001). Sustained attention performance during sleep deprivation: evidence of state instability. *Arch Ital Biol*, 139(3), 253-267.
- Driver, H. S., & Taylor, S. R. (2000). Exercise and sleep. *Sleep Med Rev*, 4(4), 387-402. doi: 10.1053/smrv.2000.0110
- Erlacher, D., Ehrlenspiel, F., Adegbesan, O. A., & El-Din, H. G. (2011). Sleep habits in German athletes before important competitions or games. *J Sports Sci*, 29(8), 859-866. doi: 10.1080/02640414.2011.565782
- Faraut, B., Boudjeltia, K. Z., Dyzma, M., Rousseau, A., David, E., Stenuit, P., . . . Kerkhofs, M. (2011). Benefits of napping and an extended duration of recovery sleep on alertness and immune cells after acute sleep restriction. *Brain Behav Immun*, 25(1), 16-24. doi: 10.1016/j.bbi.2010.08.001
- Faraut, B., Boudjeltia, K. Z., Vanhamme, L., & Kerkhofs, M. (2012). Immune, inflammatory and cardiovascular consequences of sleep restriction and recovery. *Sleep Med Rev*, 16(2), 137-149. doi: 10.1016/j.smrv.2011.05.001
- Floyd, R. A., & Krueger, J. M. (1997). Diurnal variation of TNF alpha in the rat brain. *Neuroreport*, 8(4), 915-918.
- Fondell, E., Axelsson, J., Franck, K., Ploner, A., Lekander, M., Balter, K., & Gaines, H. (2011). Short natural sleep is associated with higher T cell and lower NK cell activities. *Brain Behav Immun*, 25(7), 1367-1375. doi: 10.1016/j.bbi.2011.04.004
- Grandner, M. A., Kripke, D. F., Naidoo, N., & Langer, R. D. (2010). Relationships among dietary nutrients and subjective sleep, objective sleep, and napping in women. *Sleep Med*, 11(2), 180-184. doi: 10.1016/j.sleep.2009.07.014
- Hackney, A. C. (2013). Clinical management of immuno-suppression in athletes associated with exercise training: sports medicine considerations. *Acta Med Iran*, 51(11), 751-756.

- Halson, S. L. (2014). Sleep in elite athletes and nutritional interventions to enhance sleep. [Review]. *Sports Med, 44 Suppl 1*, S13-23. doi: 10.1007/s40279-014-0147-0
- Inoue, S., Honda, K., & Komoda, Y. (1995). Sleep as neuronal detoxification and restitution. *Behav Brain Res, 69*(1-2), 91-96.
- Juliff, L. E., Halson, S. L., & Peiffer, J. J. (2015). Understanding sleep disturbance in athletes prior to important competitions. *J Sci Med Sport, 18*(1), 13-18. doi: 10.1016/j.jsams.2014.02.007
- Knutson, K. L., Spiegel, K., Penev, P., & Van Cauter, E. (2007). The metabolic consequences of sleep deprivation. *Sleep Med Rev, 11*(3), 163-178. doi: 10.1016/j.smrv.2007.01.002
- Krueger, J. M., Majde, J. A., & Rector, D. M. (2011). Cytokines in immune function and sleep regulation. *Handb Clin Neurol, 98*, 229-240. doi: 10.1016/B978-0-444-52006-7.00015-0
- Lange, T., & Born, J. (2011). The immune recovery function of sleep - tracked by neutrophil counts. *Brain Behav Immun, 25*(1), 14-15. doi: 10.1016/j.bbi.2010.08.008
- Lastella, M., Lovell, G. P., & Sargent, C. (2014). Athletes' precompetitive sleep behaviour and its relationship with subsequent precompetitive mood and performance. *Eur J Sport Sci, 14 Suppl 1*, S123-130. doi: 10.1080/17461391.2012.660505
- Lastella, M., Roach, G. D., Halson, S. L., Martin, D. T., West, N. P., & Sargent, C. (2014). Sleep/wake behaviour of endurance cyclists before and during competition. *J Sports Sci, 1-7*. doi: 10.1080/02640414.2014.942690
- Lautenbacher, S., Kundermann, B., & Krieg, J. C. (2006). Sleep deprivation and pain perception. *Sleep Med Rev, 10*(5), 357-369. doi: 10.1016/j.smrv.2005.08.001
- Leeder, J., Glaister, M., Pizzoferro, K., Dawson, J., & Pedlar, C. (2012). Sleep duration and quality in elite athletes measured using wristwatch actigraphy. *J Sports Sci, 30*(6), 541-545. doi: 10.1080/02640414.2012.660188
- Lusardi, P., Zoppi, A., Preti, P., Pesce, R. M., Piazza, E., & Fogari, R. (1999). Effects of insufficient sleep on blood pressure in hypertensive patients: a 24-h study. *Am J Hypertens, 12*(1 Pt 1), 63-68.
- Nilsson, J. P., Soderstrom, M., Karlsson, A. U., Lekander, M., Akerstedt, T., Lindroth, N. E., & Axelsson, J. (2005). Less effective executive functioning after one night's sleep deprivation. *J Sleep Res, 14*(1), 1-6. doi: 10.1111/j.1365-2869.2005.00442.x
- Oliver, S. J., Costa, R. J., Laing, S. J., Bilzon, J. L., & Walsh, N. P. (2009). One night of sleep deprivation decreases

- treadmill endurance performance. *Eur J Appl Physiol*, 107(2), 155-161. doi: 10.1007/s00421-009-1103-9
- Reilly, T., Waterhouse, J., & Edwards, B. (2005). Jet lag and air travel: implications for performance. [Review]. *Clin Sports Med*, 24(2), 367-380, xii. doi: 10.1016/j.csm.2004.12.004
- Robey, E., Dawson, B., Halson, S., Goodman, C., Gregson, W., & Eastwood, P. (2013). Post-exercise cold water immersion: effect on core temperature and melatonin responses. *Eur J Appl Physiol*, 113(2), 305-311. doi: 10.1007/s00421-012-2436-3
- Samuels, C. (2008). Sleep, recovery, and performance: the new frontier in high-performance athletics. *Neurol Clin*, 26(1), 169-180; ix-x. doi: 10.1016/j.ncl.2007.11.012
- Seugnet, L., Boero, J., Gottschalk, L., Duntley, S. P., & Shaw, P. J. (2006). Identification of a biomarker for sleep drive in flies and humans. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 103(52), 19913-19918. doi: 10.1073/pnas.0609463104
- Shapiro, C. M., Bortz, R., Mitchell, D., Bartel, P., & Jooste, P. (1981). Slow-wave sleep: a recovery period after exercise. *Science*, 214(4526), 1253-1254.
- Souissi, N., Sesboue, B., Gauthier, A., Larue, J., & Davenne, D. (2003). Effects of one night's sleep deprivation on anaerobic performance the following day. *Eur J Appl Physiol*, 89(3-4), 359-366. doi: 10.1007/s00421-003-0793-7
- Spiegel, K., Leproult, R., & Van Cauter, E. (1999). Impact of sleep debt on metabolic and endocrine function. *Lancet*, 354(9188), 1435-1439. doi: 10.1016/S0140-6736(99)01376-8
- Stepanski, E. J., & Wyatt, J. K. (2003). Use of sleep hygiene in the treatment of insomnia. [Review]. *Sleep Med Rev*, 7(3), 215-225.
- Wada, K., Yata, S., Akimitsu, O., Krejci, M., Noji, T., Nakade, M., . . . Harada, T. (2013). A tryptophan-rich breakfast and exposure to light with low color temperature at night improve sleep and salivary melatonin level in Japanese students. *J Circadian Rhythms*, 11, 4. doi: 10.1186/1740-3391-11-4
- Wright, J. E., Vogel, J. A., Sampson, J. B., Knapik, J. J., Patton, J. F., & Daniels, W. L. (1983). Effects of travel across time zones (jet-lag) on exercise capacity and performance. *Aviat Space Environ Med*, 54(2), 132-137.
- Zhang, C. Q., Si, G., Chung, P. K., Du, M., & Terry, P. C. (2014). Psychometric properties of the Brunel Mood Scale in Chinese adolescents and adults. *J Sports Sci*, 32(15), 1465-1476. doi:10.1080/02640414.2014.

898184

Ziemssen, T., & Kern, S. (2007). Psychoneuroimmunology--cross-talk between the immune and nervous systems.

[Historical ArticleReview]. *J Neurol*, 254 Suppl 2, II8-11. doi: 10.1007/s00415-007-2003-8

Study of Sleep Quality in Athletes on the Physiological Functions and Sport Performance

Li-Jung Chen¹, Bao-Lien Hung², Shih-Hua Fang³

¹Department of Exercise Health Science, National Taiwan University of Sport

²Department of Sports Medicine, China Medical University

³Institute of Athletics, National Taiwan University of Sport

Abstract

How to speed up the physical recovery for enhancing the athletes' sport performance after a high-intensity training is one of the most important issues in sport science. Sleep quality is well associated with the recovery of numerous physiological functions such as learning and recognition of brain, recovery of muscle fatigue, immune and endocrine systems, which are the key factors determining the sport performance of athletes. Long-term and high-intensity training might cause muscle injury and pain, which would deteriorate the quality of sleep, and result in poor sport performance for athletes. Therefore, a good sleep quality is very important for the elite athletes. Based on the recent studies in sleep quality, this article demonstrated the effects of poor sleep quality on sport performance, pain response, numbers and functions of immune cells, cytokines and endocrine system. Through understanding the relationships between sleep quality and various of physiological functions, further evaluation on the sleep quality and quantity, and the sleep management in the elite athletes are worthy of more investigations.

Key words: Sleep; Immune function; Endocrine system; Overtraining; Sport ability