

本文章已註冊DOI數位物件識別碼

▶ 晝伏夜出的荷爾蒙－以褪黑激素生理學觀點探討運動與保健

The Hormone Hiding by Day and Coming Out at Night: The Physiological View of the Melatonin to Review Exercise and Health Care

doi:10.6127/JEPF.2005.02.02

運動生理暨體能學報, (2), 2005

Journal of Exercise Physiology and Fitness, (2), 2005

作者/Author：蔡宗晏(Zong-Yan Cai)

頁數/Page：19-29

出版日期/Publication Date：2005/04

引用本篇文獻時，請提供DOI資訊，並透過DOI永久網址取得最正確的書目資訊。

To cite this Article, please include the DOI name in your reference data.

請使用本篇文獻DOI永久網址進行連結:

To link to this Article:

<http://dx.doi.org/10.6127/JEPF.2005.02.02>



DOI Enhanced

DOI是數位物件識別碼（Digital Object Identifier, DOI）的簡稱，是這篇文章在網路上的唯一識別碼，用於永久連結及引用該篇文章。

若想得知更多DOI使用資訊，

請參考 <http://doi.airiti.com>

For more information,

Please see: <http://doi.airiti.com>

請往下捲動至下一頁，開始閱讀本篇文獻

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE



晝伏夜出的荷爾蒙——以褪黑激素生理學觀點探討運動與保健

蔡宗晏

國立台灣師範大學

摘要

褪黑激素 (Melatonin) 是松果體分泌的荷爾蒙，具有夜高晝低的日夜節律(circadian rhythm)分泌特性。對於人體有助眠、降血壓、促進免疫力、清除自由基、增進抗氧化能力及抑制腫瘤壞死因子等生理益處。運動對於褪黑激素的影響，可能與運動時段、環境照明度、運動強度及持續時間有關。目前已知單次運動方面：白天運動褪黑激素的濃度會有短暫上升的現象或維持不變，夜間運動反而會減緩褪黑激素分泌；至於長期運動方面：漸進性的運動使褪黑激素濃度上升，劇烈運動會使褪黑激素動降低。未來研究可朝褪黑激素與過度訓練的關聯性加以邁進，為運動訓練和運動保健帶來新的契機。

關鍵詞：褪黑激素、日夜節律

連絡作者：蔡宗晏

聯絡電話：(02) 29312901#10

投稿日期：94 年 1 月

通訊地址：116 台北市文山區汀州路四段 88 號

E-mail：flameyan@yahoo.com.tw

接受日期：94 年 3 月

前言

1995 年下半年，褪黑激素 (melatonin) 在美國掀起一鼓旋風，媒體大幅報導褪黑激素還老回春、抗氧化、預防心血管疾病、抗癌...等神奇功效，幾乎被描述為促進各種生理功能的萬靈丹，一度供不應求。究竟褪黑激素對人體有如何的神奇功效，使得人人對它趨之若鶩，以及運動介入對於內生性 (endogenous) 褪黑激素的變化又會造成什麼樣的影響？本文以文獻回顧的方式，探討褪黑激素對人體的作用以及與運動的關聯性。

褪黑激素的發現

褪黑激素主要是由松果腺分泌的一種化學物質，人體松果腺解剖位置在兩眉中央往後腦直線延伸約三分之二處，位於第三腦室上方，重約 130 公克，長約 1 公分 (王建楠，1999)。褪黑激素由美國 Lerner 醫師發現，Lerner 最初只是想找出漂白皮膚的激素，當他查閱了數篇醫學文獻後，在一篇 1917 年不知名的文獻中發現科學家將牛的松果體丟入盛裝蝌蚪的水槽，結果使蝌蚪的皮膚變成透明。於是 Lerner 從牛的松果體著手，想找出松果體中到底是何種物質掌控漂白皮膚的作用，接著 Lerner 和他的同事經過了長達四年不斷的解剖一共 25 萬隻牛的松果體，和一再重複過濾、離心、蒸發等步驟，卻僅得到 0.1 毫克的有效成分，由於此方法太過費時費力，於是就此作罷。Lerner 因此另謀途徑，企圖在已知的實驗結果中，用邏輯推理的方式找出該物質的化學式，如此一來便可用人工合成的方法，較經濟的得到此物質，最後

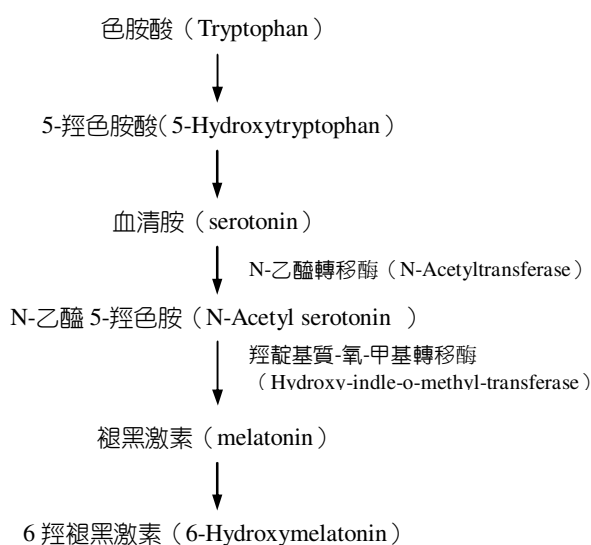
Lerner 成功的推演出該物質的化學式。1958 年，Lerner 將此物質取名為 melatonin (褪黑素)，mela 取自於 melain (一種黑色素)，因為 melatonin 能使製造 melain 的細胞褪色，而 melatonin 前驅物是血清胺 (serotonin)，故以 melain 的字首 mela，與 serotonin 的字尾 tonin，命名之。雖然命名為褪黑激素，但是在哺乳動物的皮膚已失去了褪黑的功能，當時對於它的生理作用仍不清楚，因此松果腺曾一度被認為是無用的腺體。到了 1963 年，始被歸為激素類。1970 年以後，放射免疫分析法 (radioimmunoassay, RIA) 的發明，才發現松果腺分泌的褪黑激素有許多重要的生理功能，大量的研究也使褪黑激素生理作用的神秘面紗一一被解開 (郭素菁，1997)。

褪黑激素的合成、代謝與分泌週期

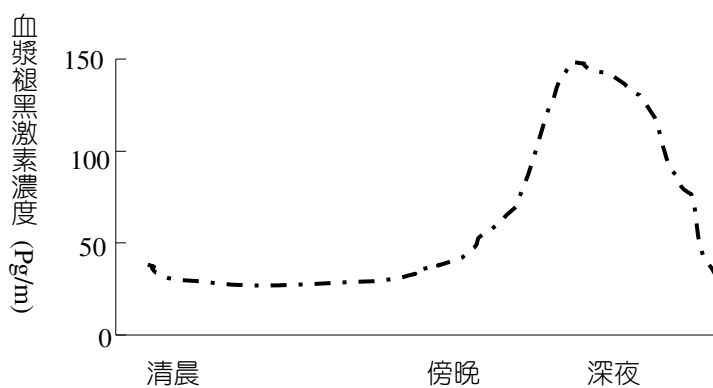
褪黑激素在松果腺內由色胺酸 (tryptophan) 經由圖一的步驟所合成。首先，視網膜將環境的明暗訊息投射至上視交叉神經核 (suprachiasmatic nucleus, SCN)，接著由前腦內側神經束上頸神經結節之交感神經節後纖維，釋放神經傳導物質正腎上腺素，至松果腺 β -腎上腺素激導接收器，再經由第二訊息的傳遞作用，活化 N-乙酰轉移酶 (N-acetyltransferase, NAT)，導致褪黑激素的合成 (房同經等，1991)。由於催化合成褪黑激素化學步驟的羥靛基質-氧-甲基轉移酶 (hydroxy-indole-o-methyl-transferase, HIOMT) 會受到光線作用而降低它的活性 (Atkinson, Drust, Reilly, & Waterhouse, 2003)，使得褪黑激素濃度呈現明顯的日消夜長變化 (見圖二)，夜晚濃度約為白天的 5~10 倍，此外，

有學者指出，刺激褪黑激素釋放需要重新合成褪黑激素，因此白天光照的剝奪會阻礙夜間褪黑激素的分泌（郭素菁，1997）。褪黑激素在肝臟中，經 6-羥化作用被代謝為 6-羥褪黑激素（6-Hydroxymelatonin），接著約有

20~30%與尿甘酸化物（glucuronide）結合，60~70%與硫酸鹽（sulphate）結合，而在尿液中主要的代謝產物是 6 硫酸羥褪黑激素（6-sulphatoxymelatonin, aMT6s）（Webb & Puig-Domingo, 1995）。



圖一 褪黑激素的合成與代謝



圖二 褪黑激素分泌相位週期

褪黑激素的生理功能與作用

內生性的濃度與生理功能

由於褪黑激素晝低夜高的分泌特性，使早期的研究主題在於人類生理功能是否有晝夜差異，陸續的研究顯示褪黑激素扮演人類白天覺醒，夜晚睡眠的重要角色。第一個例子為人體內褪黑激素日夜的變化與體溫變動有非常密切的關係，一般而言，正常的睡眠行為伴隨著體溫的下降，而當體溫最低點時，大約是內生性褪黑激素分泌最多的時刻 (Saarela & Reiter, 1994)，因此褪黑激素分泌的節律曲線相位提前 (phase advance) 或相位延後 (phase delay)，暗示著睡眠行為的提前或延後。第二個例子為，老年人通常抱怨睡眠品質不良，這或許與隨著年紀衰老，松果腺因為鈣鹽沉積而形成腦沙 (brain sand)，使松果腺逐漸萎縮、褪黑激素分泌也逐漸減少的原因有關，例如在補充褪黑激素後，對於褪黑激素濃度較低的老年人更具有助益睡眠的作用 (林則彬等, 2004)。之後的研究發現褪黑激素對人體健康狀況也扮演舉足輕重的角色，許多健康狀況欠佳者，體內的褪黑激素濃度皆比正常人低，例如，一項研究也發現體內低密度脂蛋白濃度太高的人，褪黑激素的濃度多半很低 (Muller-Wieland, Behnke, & Krone, 1994)。近幾年的研究發現，褪黑激素吲哚 (indole) 類的化學結構是自由基有效清除者和強抗氧化劑 (Reiter, Carneiro, & Oh, 1997)。Benot et al. (1999) 的研究指出不同年齡層的受試者，血清褪黑激素和總抗氧化狀態 (total antioxidant status, TAS) 在 24 小時內有消長變化，且在夜間 01:00 達最高值，然而，當受試者夜間暴露 (expose) 在大於 1500 勒克斯 (lux) 的照明度下時，褪黑激素和 TAS

皆顯著降低。該研究也發現，隨著年齡的老化，褪黑激素和 TAS 皆有下降的現象。

離體 (in vitro) 的研究

Muller-Wieland et al. (1994) 將人類的白血球培養在不同濃度的褪黑激素培養皿中，發現褪黑激素抑制膽固醇的合成高達 38%，也使低密度脂蛋白 (low density lipoprotein, LDL) 膽固醇囤積的現象減少了 42%。洪榮堂 (1999) 研究指出，褪黑激素會促進 T 淋巴細胞之增殖，且會促使 T 淋巴細胞釋放出較多的介白激素-4 (interleukins-4, IL-4)，因此提昇免疫功能。

口服褪黑激素的生理反應與作用

一般人白天口服褪黑激素可增加迷走神經的活動 (Nishiyama et al., 2001)，減弱正腎上腺素活動、降低血壓 (Cagnacci, Arangino, Angiolucci, Maschio, & Melis, 1998)、安靜狀態的心跳率下降 (Harris, Burgess, & Dawson, 2001)、體溫降低 (Aizawa, Tokura, & Morita, 2002; Satoh & Mishima, 2001)、增加清醒狀態腦電圖 θ/α 波頻率 (Cajochen, Kräuchi, & Wirz-Justice, 1997)，產生思睡感 (Dawson & Encel, 1993)。此外，夜晚服用褪黑激素可縮短快速動眼睡眠 (rapid eye movement sleep, REMs) 的潛伏期，增加睡眠品質 (Cajochen, Kräuchi, Danilenko, & Wirz-Justice, 1998)。Luboshitzky et al. (2000) 歷經一個月的雙盲研究發現，傍晚 17:00 服用安慰劑組比褪黑激素組有較長的 REM 潛伏期，以及睡眠週期中 REM 所佔的百分比比較少。對於夜班工作者來說，服用褪黑激素則可增加白天的睡眠時間 (Sharkey, Fogg, & Eastman, 2001)；對於跨越多個時區產生的時差 (jet lag) 問題，服用褪

黑激素也有降低頭暈、昏眩、疲勞感與重新設定生理時鐘的作用 (Caspi, 2004)。臨床發現很多癌症病患者都有褪黑激素分泌不正常的現象，在補充褪黑激素後，可觀察到腫瘤抑制作用，病患的精神狀況也獲得改善 (季匡華等, 1997)。

從以上的研究看來，褪黑激素對人體生理功能確實有很多益處，或許這就是其被稱作萬靈丹的原因。然而，細查其研究，不難發現促進人體生理功效的科學證據，大多侷限於病患與日夜節律 (circadian rhythm) 失調者，健康的成年人額外補充褪黑激素是否也有健康促進的效用，仍有一些質疑與爭議，例如 Wakatsuki, Okatani, Ikenoue, Kaneda, & Fukaya (2001) 研究發現在正常血脂範圍的停經婦女，補充褪黑激素 2 週後，對於血漿總膽固醇、高密度脂蛋白 (high density lipoprotein, HDL) 和 LDL 均沒有顯著差異。此外，雖然沒有直接證據證實補充褪黑激素的副作用，但畢竟它是激素類，對人體不能太多，而且應服用的合適劑量也不甚清楚，距今 20 年前的研究就指出，5 位受試者在服用 2 毫克褪黑激素的後，血液中褪黑激素濃度竟可相差 35 倍 (Aldhous, Franey, & Arendt, 1985)。

運動與褪黑激素

外加 (exogenous) 的補充褪黑激素是否有提昇內因性褪黑激素的效果，仍有待考驗，然而，吾人是否能透過運動，以自然的方式改善體內的褪黑激素含量，以及改變褪黑激素的分泌曲線相位，為體育運動從業人員關心的課題。由於褪黑激素夜高晝低的日

夜節律分泌相位的特性，故常被研究者用來探討運動對於褪黑激素相位的變化，另一方面的研究則探討運動對於安靜狀態褪黑激素的影響，雖然研究結果還有些許的不一致，但可能與下列的因素有關，分述討論之：

白天單次運動對褪黑激素的影響

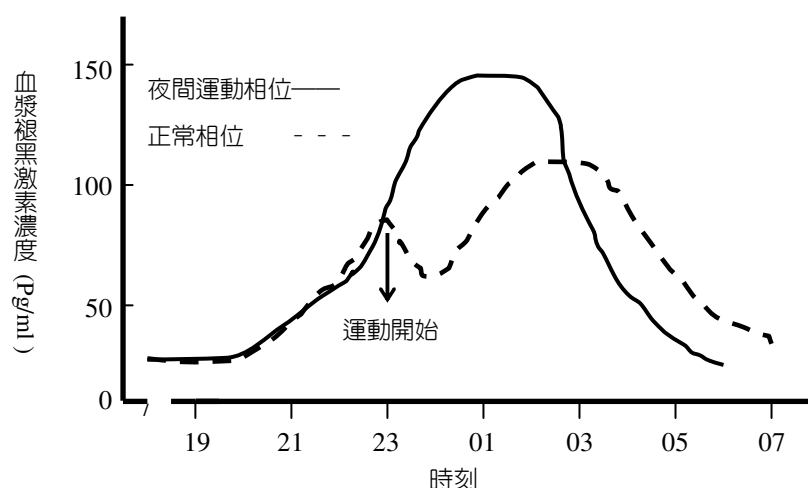
運動時身體內在對抗壓力的結果，使正腎上腺素的濃度上升，因此運動可能會使褪黑激素濃度上升。Carr et al. (1981) 讓 7 名未受訓練的女性進行漸進性的耐力訓練 8 週，在 8 週的訓練期間進行 3 次 1 小時的非最大的運動測驗，並觀察血漿褪黑激素運動後的變化。研究發現 3 次非最大運動測驗後，褪黑激素濃度均上升，升高的範圍在 100~200% 之間，但在運動後 30 分鐘回到安靜值。Thientz, Lang, Deriaz, Ceretelli, & Sizonenko (1984) 以 10 名未受訓練的成年男性為受試者，用 $\dot{V}O_{2max}$ 跑步 5 分鐘後，發現褪黑激素濃度並無顯著上升。數週後，他們讓這 10 名男性中的其中 7 人，以 65~70% $\dot{V}O_{2max}$ 跑步 30 分鐘，發現褪黑激素濃度也無顯著上升。除此之外，他們尚發現 15 名受過訓練的成年人，在跑完馬拉松後的褪黑激素濃度也無顯著上升。Thientz et al. (1984) 認為，他們研究的結果與過去的研究不一致的原因，或許與 RIA 分析褪黑激素所使用的抗體不同所致。在此研究之後，Ronkainen, Vakkuri, & Kaupplia (1986) 測量 11 名女性跑者跑完 10 公里後褪黑激素的濃度，發現上升為跑前的 2 倍；Strassman, Appenzeller, Lewy, Qualls, & Peake (1989) 研究發現 34 名男性、9 名女性完成 28.5 哩長距離高海拔越野跑步後，血漿褪黑激素濃度上升，且男性增加量顯著高於女性，而完成的

時間與褪黑激素成負相關。然而，Elias et al. (1993) 以 7 名年齡在 22~42 歲之間，經常運動的男性為受試者，在 09:30~10:00 之間，用 Bruce 跑步機漸增負荷的方法，跑步至衰竭 (all out)，並測量運動後 30 秒、15 分鐘的血漿褪黑激素，接著每 30 分鐘測量 1 次，直至運動後 180 分鐘為止，結果發現褪黑激素的濃度並無顯著變化。以上的研究發現白天長時間的運動褪黑激素有上升的現象，濃度上升的水平與運動強度有關，但是短時間的運動可能無法引起顯著的變化。

夜間運動對褪黑激素的影響

褪黑激素在夜間大量分泌，因此在這個時段運動，褪黑激素分泌量是否與白天單次運動一樣，也有上升的現象？關於此問題，Monteleone, Maj, Fusco, Orazzo, & Kemali (1990) 首度研究夜間運動對褪黑激素的影響，他們以 7 位受過訓練，年齡在 26~36 歲的男性為受試者，依隨機分派和次序平衡方式，讓受試者一次接受運動實驗處理，一次

保持安靜狀態，兩次相隔時間一週，觀察褪黑激素的變化。運動的方式是先 50% 的個人最大工作能力 (maximal work capacity, MWC) 為運動強度騎固定式腳踏車 10 分鐘，緊接著以 80% 的 MWC 騎腳踏車 10 分鐘，結果發現 22:40~23:00 之間運動後瞬間褪黑激素濃度下降，夜間分泌的峰值也下降，分泌峰值相位往後移 (見圖三); Buxton et al. (1997) 在 01:00 比較無運動狀態下、中等強度 3 小時的運動、1 小時高強度運動的褪黑激素分泌相位，發現三組皆產生延後的現象，而中等強度 3 小時的運動造成褪黑激素分泌延後的时间最長; Baehr et al. (2003) 比較老年人和年輕人在個人就寢習慣前運動對於褪黑激素分泌相位的影響，也發現不論年輕人和老年人，夜間運動後皆有褪黑激素分泌曲線相位後移的現象。由此可看出，夜間運動會阻礙褪黑激素夜間正常分泌量，以及使分泌曲線相位後移。



圖三 夜間運動阻礙正常的褪黑激素相位

照明度與運動時段對褪黑激素的影響

褪黑激素的合成作用受到光線的抑制，因此若一天內在不同時段運動，或在不同照明度環境下運動，是否會有不一樣的結果？以及是否白天在弱光下運動，夜間在強光下運動，有燈光模擬晝夜情境的效果，影響褪黑激素正常的晝夜分泌？Theron, Oosthuizen, & Rautenbach (1984) 以燈光強度做為變項，比較白天 09:00~13:00 之間，讓受試者分別在室內 54lux 的弱光和 320lux 一般室內照明度下從事登階運動 (step-climbing) 240 分鐘，結果發現運動後 10 分鐘褪黑激素開始上升，30 分鐘達高峰並維持水平，在運動後 1 小時恢復至安靜值，且在 54lux 弱光照明下，運動後結束瞬間褪黑激素上升量顯著高於 320lux 照明組。Zhang & Tokura (1999) 比較白天運動前暴露在不同燈光強度對稍後運動後褪黑激素分泌的影響，他們讓受試者在 06:00~12:00 之間，先暴露在不同照明度的弱光 (50lux) 和強光 (5000lux) 的環境下，之後皆在 500lux 下，以 60% $\dot{V}O_{2max}$ 騎腳踏車 1 小時 (12:00~13:00)，研究發現運動前弱光照明組運動後唾液褪黑激素並無顯著增加，但運動前強光照明組唾液褪黑激素在運動後顯著上升；關於夜間運動方面：Monteleone, Maj, Fuschino, & Kemail (1992) 比較夜間在強光 (2500lux) 照明下運動與強光照明下安靜休息對褪黑激素分泌量的影響，結果顯示夜間強光照明下運動或強光下安靜休息皆會使褪黑激素分泌量下降，且分泌相位後移，然而，兩組並沒有顯著差異。Youngstedt, Kripke, & Elliott (2002) 在實驗室花了 3 夜 2 晝的時間，控制受試者實驗前後的曝光程度，他們先讓受試者在室內接受 50lux 的弱光，接著在

23:00~02:00 之間暴露在 3000lux 的強光下，一組以 70% 最大保留心跳率騎固定式腳踏車運動 3 小時，控制組則安靜休息 3 小時，接著皆在室內接受 50lux 的弱光，結果發現兩組的褪黑激素均有相位延後分泌的現象，然而兩組之間並沒有顯著差異。以上的實驗結果顯示，白天在強光和弱光照明下運動後褪黑激素皆上升，但此現象會受先前所處的弱光照明度所影響，使運動後分泌量受抑制，而夜間不論在強光照明下運動或只在照明度較強的環境下安靜休息，皆阻礙褪黑激素分泌。

Buxton, Lee, L'Hermite-Baleriaux, Turek, & Van Cauter (2003) 以 38 名年齡在 20~30 歲之間，規律運動習慣的男性為受試者，比較無運動狀態下、上午 (09:56) 運動、午間 (12:56) 運動、傍晚 (18:24) 運動、夜間 (00:33) 運動對褪黑激素分泌曲線相位的差異，結果發現，傍晚運動組褪黑激素分泌曲線相位前移，其它組均後移。此研究暗示著在傍晚時段運動有利於夜間褪黑激素提早分泌，獲致良眠。

長期運動訓練與褪黑激素的適應

Díaz et al. (1993) 發現且女性運動員白天褪黑激素分泌量比非運動員高，然而，Ronkainen et al. (1986) 以在月經週期進行劇烈的運動訓練的女性跑者為實驗組與非運動員作為控制組，發現兩組的褪黑激素濃度並沒有顯著差異。

Skrinar et al. (1989) 以 25 名未受訓練的女性為受試者，實施 8 週，每週 10 次的跑步訓練，並用心跳率設定約等於 70~80% $\dot{V}O_{2max}$ 的運動強度。在訓練的第一週，受試者進行總長 20 哩的跑步訓練，接下來的四週每週總距離增加 7.5 哩，從第五週開始，每週訓練總距

離維持在 50 哩，直到第八週訓練結束。除了跑步訓練外，受試者每天從事兩次總時間約 3.5 小時中等強度的競賽型的運動（如排球、羽球...等）。值得注意的是，雖然訓練後最大攝氧量顯著上升，但褪黑激素卻下降 52%；Lucía et al. (2001) 測量 9 名世界級的自由車選手，在西班牙三週巡迴比賽的比賽前、第一週結束、第二週結束及第三週結束時尿液的 aMT6s 的變化。這些自行車選手每天從 12:00 開始出發，約在下午 16:30~15:30 分抵達另一站，平均每天大約要完成 168 公里的行程，平均時速約在 39 公里。在他們比賽的這些日子當中，大多是晴天，照明度約 5000~6000lux。研究結果發現，雖然每週結束時夜晚的 aMT6s 濃度比巡迴比賽前高，但是第二週和第三週卻有逐漸下降的趨勢。可推測長期高強度或高訓練量的運動，可能引起褪黑激素濃度下降。

結語

褪黑激素對於人體有助眠、降血壓、提高免疫力、抗氧化、清除自由基及降低低密度脂蛋白等的生理益處。除了助眠外，其它促進生理機能的這些研究大多來自於健康狀況較差的人補充褪黑激素後的反應，或比較正常人與病患褪黑激素的濃度與離體的研究而間接推論，健康的人直接補充褪黑激素是否具有改善生理機能的效果，還有待研究。至於運動於褪黑激素的關係，目前已知白天

單次運動結束後瞬間褪黑激素短暫上升，但短時間的運動褪黑激素濃度可能不會發生變化，夜間運動則會阻礙褪黑激素的分泌量和使分泌相位後移，只有在傍晚運動能使夜間褪黑激素分泌相位前移，可能有利於睡眠；然而短期的夜間強光模擬白天情境下運動或夜間暴露在強光下皆會阻礙正常的褪黑激素分泌，不像白天運動後有短暫的褪黑激素濃度上升的現象。長期運動訓練對於褪黑激素濃度的變化可能與運動量和運動強度有關，太劇烈的運動會使褪黑激素濃度下降。因此建議運動時間最好在傍晚，運動強度應循序漸進，且避免在夜間從事劇烈運動，白天則盡量避免在昏暗的室內停留太久，夜晚則減少燈火通明的強光照射，建立一個該亮則亮、該暗則暗的生活環境，如此一來，有助於保持褪黑激素的正常分泌型態供應量，為身體保健的理想之道。此外，許多運動員曾有過度訓練的經驗與輾轉難眠的情形，是否與當時褪黑激素的濃度下降有關？以及選手是否可透過適當劑量的補充褪黑激素，改善過度訓練的症狀？這兩者之間的關聯性與生理機轉仍有待未來進一步的研究。然而，必須注意的是，由於影響褪黑激素濃度的變項包括時段、環境照明度、實驗前的身體活動量等，且需要測量許多時間點才能繪製褪黑激素的節律曲線，因此，欲從事運動與褪黑激素方面的研究，設計實驗時需特別小心，以獲得有意義的結果，對運動訓練或運動保健帶來新的契機。

引用文獻

- 王建楠 (1999): 褪黑激素。 **台灣醫界**, 42 (8), 14-16。
- 季匡華、王惠暢、林賢岳、羅敏菁、梁麗麗、賴允亮 (1997): 褪黑激素：新提出的抗癌荷爾蒙。 **放射治療與腫瘤學**, 4 (3), 229-236。
- 房同經、丘思穎、白禮源、林怡平、林志聰、蔡秀欣等 (譯)(1991): **甘肅醫用生理學**。台北市: 藝軒。(Canong, W. F., 1991).
- 林則彬、黃佩真、蔡素宜、梁女足、詹智強、賴郁君 (譯) (2004): **人體生理學—由細胞銜接系統導讀 (第四版)**。台北市: 合記。(Sherwood, L., 2003)
- 洪榮堂 (1999): **探討褪黑激素對 T 淋巴細胞活化及腫瘤壞死因子群表現的影響**。國立國防醫學院微生物及免疫學研究所碩士論文。
- 郭素菁 (譯) (1997): **褪黑激素**。台北市: 聯經。(Reiter, R. J., & Robinson, J., 1995)
- Aizawa, S., Tokura, H., & Morita, T. (2002). The administration of exogenous melatonin during the daytime lowers the thermoregulatory setpoint. *Journal of Thermal Biology*, 27, 115-119.
- Aldhous, M., Franey, C., & Arendt, J. (1985). Plasma concentration of melatonin in man following oral absorption of different preparations. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 19, 517-521.
- Atkinson, G., Drust, B., Reilly, T., & Waterhouse, J. (2003). The relevance of melatonin to sports medicine and science. *Sports Medicine*, 33(11), 809-831.
- Baehr, E. K., Eastman, C. I., Revelle, W., Olson, S. H., Wolfe, L. F., & Zee, P. C. (2003). Circadian phase-shifting effects of nocturnal exercise in older compared with young adults. *American Journal of Physiology: Regulatory, integrative and comparative physiology*, 284(6), R1542-1550.
- Benot, S., Goberna, R., Reiter, R. J., Garcia-Mauriño, S., Osuna, C., & Guerrero, J. M. (1999). Physiological levels of melatonin contribute to the antioxidant capacity of human serum. *Journal of Pineal Research*, 27(1), 59-64.
- Buxton, O. M., Frank, S. A., L'Hermite-Balériaux, M., Leproult, R., Turek, F. W., & Van Cauter, E. (1997). Roles of intensity and duration of nocturnal exercise in causing phase delays of human circadian rhythms. *American Journal of Physiology*, 27(3), Pt 1: E536-542.
- Buxton, O. M., Lee, C. W., L'Hermite-Balériaux, M., Turek, F. W., & Van Cauter, E. (2003). Exercise elicits phase shifts and acute alterations of melatonin that vary with circadian phase. *American Journal of Physiology: Regulatory, integrative and comparative physiology*, 284(3), R714-724.
- Cagnacci, A., Arangino, S., Angiolucci, M., Maschio, E., & Melis, G. B. (1998). Influences of melatonin administration on the circulation of women. *The American Journal of Physiology*, 274(2), Pt 2: R335-338.
- Cajochen, C., Kräuchi, K., & Wirz-Justice, A. (1997). The acute soporific action of daytime melatonin administration: effects on the EEG during wakefulness and subjective alertness. *Journal of Biological Rhythms*, 12(6), 636-643.
- Cajochen, C., Kräuchi, K., Danilenko, K. V., & Wirz-Justice, A. (1998). Evening administration of melatonin and bright light: interaction on the EEG during sleep and wakefulness. *Journal of Sleep Research*, 7(3), 145-157.
- Carr, D. B., Reppert, S. M., Bullen, B., Skrinar, G., Beitins, I., Arnold, M., et al. (1981). Plasma melatonin increases during exercise in women. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 53(1), 224-225.
- Caspi, O. (2004). Melatonin for the prevention and treatment of jet lag. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 10(2), 74-78.
- Dawson, D., & Encel, N. (1993). Melatonin and sleep in humans. *Journal of Pineal Research*, 15, 1-12.
- Díaz, B., García, R., Colmenero, M. D., Terrados, N., Fernández, B., & Marín, B. (1993). Melatonin and gonadotropin hormones in pubertal sportsgirls. *Revista Espanola De Fisiologia*, 49(1), 17-22.
- Elias, A. N., Wilson, A. F., Pandian, M. R., Rojas, F. J., Kayaleh, R., Stone, S. C., et al. (1993). Melatonin and gonadotropin secretion after acute exercise in physically active males. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 66(4), 357-361.
- Harris, A. S., Burgess, H. J., & Dawson, D. (2001). The effects of day-time exogenous administration on cardiac autonomic activity. *Journal of Pineal Research*, 31(3), 199-205.
- Luboshitzky, R., Levi, M., Shen-Orr, Z., Blumenfeld, Z., Herer, P., & Lavie, P. (2000). Long-term melatonin administration does not alter pituitary-gonadal hormone secretion in normal men. *Human Reproduction*, 15(1), 60-65.
- Lucía, A., Díaz, B., Hoyos, J., Fernández, C., Villa, G., Bandrés, F., et al. (2001). Hormone levels of world class cyclists during the Tour of Spain stage race. *British Journal of Sports Medicine*, 35(6), 424-430.
- Monteleone, P., Maj, M., Fusco, M., Orazzo, C., & Kemali, D. (1990). Physical exercise at night blunts the nocturnal increase of plasma melatonin

- levels in healthy humans. *Life Sciences*, 47(22), 1989-1995.
- Monteleone, P., Maj, M., Fuschino, A., & Kemali, D. (1992). Physical stress in the middle of the dark phase does not affect light depressed plasma melatonin in humans. *Neuroendocrinology*, 55, 367-371.
- Muller-Wieland, D., Behnke, B., & Krone, W. (1994). Melatonin inhibits LDL receptor activity and cholesterol synthesis in freshly isolated human mononuclear leukocytes. *Biochemical and Biophysical Research Communication*, 203(1), 416-421.
- Nishiyama, K., Yasue, H., & Moriyama, Y., Tsunoda, R., Ogawa, H., Yoshimura, M., et al. (2001). Acute effects of melatonin on cardiovascular autonomic regulation in healthy man. *American Heart Journal*, 141(5), E9.
- Reiter, R. J., Carneiro, R. C., & Oh, C. S. (1997). Melatonin in relation to cellular antioxidative defense mechanisms. *Hormone and Metabolic Research*, 29(8), 363-372.
- Ronkainen, H., Vakkuri, O., & Kauppila, A. (1986). Effects of physical exercise on the serum concentration of melatonin in female runners. *Acta Obstetrica Et Gynecologica Scandinavica*, 65(8), 827-829.
- Saarela, S., & Reiter, R. J. (1994). Function of melatonin in thermoregulatory process. *Life Science*, 54, 295-311.
- Satoh, K., & Mishima, K. (2001). Hypothermic action of exogenously administered melatonin is dose-dependent in humans. *Clinical Neuropharmacol*, 24, 334-340.
- Sharkey, K. M., Fogg, L. F., & Eastman, C. I. (2001). Effects of melatonin administration on daytime sleep after simulated night shift work. *Journal of Sleep Research*, 10(3), 181-192.
- Skrinar, G. S., Bullen, B. A., Reppert, S. M., Peachey, S. E., Turnbull, B. A., & McArthur, J. W. (1989). Melatonin response to exercise training in women. *Journal of Pineal Research*, 7(2), 185-194.
- Strassman, R. J., Appenzeller, O., Lewy, A. J., Qualls, C. R., & Peake, G. T. (1989). Increase in plasma melatonin, beta-endorphin, and cortisol after a 28.5-mile mountain race: relationship to performance and lack of effect of naltrexone. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 69(3), 540-545.
- Theron, J. J., Oosthuizen, J. M., & Rautenbach, M. M. (1984). Effect of physical exercise on plasma melatonin levels in normal volunteers. *South African Medical Journal*, 66(22), 838-841.
- Thientz, G., Lang, U., Deriaz, O., Ceretelli, P., & Sizonenko, P. C. (1984). Day-time plasma melatonin response to physical exercise in human. *The Journal of Steroid Biochemistry*, 20, 1470.
- Wakatsuki, A., Okatani, Y., Ikenoue, N., Kaneda, C., & Fukaya, T. (2001). Effects of short-term melatonin administration on lipoprotein metabolism in normolipidemic postmenopausal women. *Maturitas*, 38(2), 171-177.
- Webb, S. M., & Puig-Domingo, M. (1995). Melatonin in health and disease. *Clinical Endocrinology*, 42, 221-234.
- Youngstedt, S. D., Kripke, D. F., & Elliott, J. A. (2002). Circadian phase-delaying effects of bright light alone and combined with exercise in humans. *American Journal of Physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*, 282(1), R259-266.
- Zhang, P., & Tokura, H. (1999). Thermoregulatory responses in humans during exercise after exposure to two different light intensities. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 79(3), 285-289.

The Hormone Hiding by Day and Coming Out at Night: The Physiological View of the Melatonin to Review Exercise and Health Caree

Cai Zong-Yan

National Taiwan Normal University

ABSTRACT

Melatonin is a hormone which is secreted by the pineal gland. The secretion of its circadian rhythm is higher in the nighttime and lower in the daytime in characteristic. The physiological benefits of melatonin for humans are aiding sleep, reducing blood pressure, stimulating immune function, scavenging free radicals, enhancing antioxidative capacity, suppressing tumor necrosis factor and so on. The influence of exercise upon plasma melatonin may be related with the exercise time of day, circumstance illumination, exercise intensity and duration. At present we have known the aspect of single bout of exercise upon plasma melatonin as follows: exercise in the daytime elicits transient increases or keeps unchanged in plasma melatonin, but exercise at night blunts the nocturnal increase of plasma melatonin levels; As for the aspect of long term exercise: progressive exercise would rise plasma melatonin concentration, but vigorous exercise would diminish it. The future research can step toward the relevance of melatonin to overtraining to carry the new moment for sports training and sports health care.

Key words: Melatonin, Circadian rhythm