

LED 健康照明之睡眠與藍光國際文獻研析

一、前言

光源在人類生命中是一個非常重要的關鍵，亦影響著世界上全部生命。光源對於生命晝夜節律系統來說，是最強的影響因子，亦即可以調節生物的生理時鐘。環境光在下視丘視上核(suprachiasmatic nuclei, SCN)裡，主要協調哺乳類動物的生理時鐘，保持內部生理與心理節奏最佳同步(1)。人跟隨日光日出而做日落而息，不過當人造光源影響了我們的生活時，亦對我們的生理節奏和很多生理行為產生了非常大的影響，有相當多的研究證明了此點，這樣的影響起源於眼睛和被稱為與視力是分開的非圖像形成或者非視覺回應(2)，影響包括松果體的褪黑激素(melatonin)產生與抑制(3, 4)、心率的增加和核心體溫的變化(5)、皮質醇產生與刺激(6)等。

光源可以作為神經生物學之刺激物，用來增加警覺與認知的機能(6, 7)，這基本的生物學應用，可以利用於治療如沮喪與睡眠問題(8, 10)，亦或許在防止高血壓(11)、糖尿病(12)、學習障礙(13)以及動脈粥狀硬化(14)等，光源刺激可以被認為是有利且無毒性之深具潛力的治療方式，利用視覺直觀感知和警覺性，例如明亮的照明會抑制褪黑激素(melatonin)和晝夜節律相位飄移，或者為使晝夜節律影響減到最小而使用更昏暗的照明，附帶會引起生理機能下降與引起沮喪。

有益的光照、對晝夜節律同步的影響、睡眠品質影響、特性與認知機能的精確度、光源強度與光譜的組成等，這些都是當我們的環境裡使用人工照明時，應該被仔細考慮的。

二、藍光的影響

在日變周期的睡眠研究中，褪黑激素一直是主要對象，褪黑激素是由腦松果體分泌的激素之一，又稱為松果體素、儲存在松果體內，交感神經興奮時刺激松果體細胞釋放褪黑素於血液中，褪黑素的分泌會隨晝夜節律而變化，白天分泌受抑制，晚上分泌活躍；一般來說褪黑激素的分泌在晚上十一點到凌晨兩點達到高峰，清晨六點到八點於人體眼球

之視網膜接觸到光線後，松果體便停止分泌褪黑激素，其間分泌量相差十倍。它雖然不是睡眠藥物，但確會減少人的警覺性，使人擁有較好的睡眠品質。美國 Brainard 等和英國 Thapan 等研究團隊，分別在深夜進行實驗，研究人員讓受試者接受不同光線的照射，再檢測血中褪黑激素濃度受抑制的程度，作為實驗反應指標，經由照射不同波長的單色光線，結果顯示反應最強烈之峰值分別為 464nm 及 459nm，對於波長 446~477nm 的光(藍光)有最好的反應。

根據華盛頓郵報報導，大腦中的松果體會在睡前幾小時開始釋放褪黑激素，這種激素雖然不是睡眠藥物，但它確實會減少人的警覺性，促使人們擁有較好的睡眠品質。但是照明中的光，特別是藍光，會抑制腦內釋放褪黑激素，阻擋睡意，這不需要直接盯著電視或電腦螢幕等 3C 產品，只要周圍有足夠的藍光刺激到眼睛，就有機會停止釋放褪黑激素，所以睡前看平板或電腦會更難擁有好眠。

藍光對青少年影響更大，紐約倫斯勒理工學院研究員 Mariana Figueiro 發現，成人接觸藍光約莫兩小時，褪黑激素就會開始降低，而青少年受藍光刺激的量只要成人的十分之一，就會比成人抑制更多褪黑激素。2003 年一項研究，讓一群人在山中露營一周，只有自然光，沒有任何電子設備，無論受試者本來認為自己是晨型人或是夜貓族，受試者的生理時鐘跟著日出日落產生規律的一致性。

美國哈佛大學 Charles A. Czeisler 教授表示，若是人們在睡前使用平板電腦、智慧型手機等這些人造燈光的 3C 產品，將會影響人類身體的自然節奏，並影響大腦中的化學物質如褪黑激素，進而影響睡眠狀態。這個研究被刊登在 (Nature)雜誌上。九州大學的研究也發現，正常的狀態之下，人類在晚上會分泌大量的褪黑激素，讓人想睡覺，但是若在晚上接觸藍光越多，褪黑激素的分泌量就會相對地減少，使人生理時鐘大亂。相反的，老年人接收的光線量不足，會分泌大量的褪黑激素，經常晚間七、八點就想睡覺，或是白天也想睡，由上述原理可知，明亮的燈光可改善老年人過早入睡的情形，也間接降低晨間出外運動發生意外的機率。

三、睡眠行為

在人類生活中，睡眠行為是最小的肢體活動，伴隨者閉眼與肌肉的放鬆，並減少對環境刺激的響應(20)。以眼睛活動的方式，可以分為非快速眼動(NREM)和快速眼動(REM)期兩部分，非快速眼動時期主要可以分為四個睡眠期，第一與第二期為淺睡期，第三與第四為深睡期。快速眼動睡眠，亦稱異相睡眠(Para-sleep)或者也叫快相睡眠，異相睡眠或快波睡眠是一個睡眠的階段，眼球在此階段時會快速移動。在這個階段，大腦神經元的活動與清醒的時候相同。多數在醒來後能夠回憶的夢都是在快速眼動睡眠發生的。它是全部睡眠階段中最淺的，在快速眼動睡眠時醒過來的人會不同於在其他睡眠階段的情形，而是充滿警覺心並且精神飽滿。與交感神經系統作用有關、血壓升高、心臟速率增加和瞳孔放大。參與促進覺醒的神經元定位在網狀結構腦幹、丘腦後部、基底前腦和丘腦(23)。睡眠和清醒的交替保持週期為 24 小時晝夜節律(24-26)。晝夜節律的主要調節的行為和生理反應是下視丘視上核(SCN)的下丘腦前部(24, 27)。光為晝夜節律系統最強同步劑(zeitgeber)。環境光刺激視交叉上核(SCN)，其作用為促使哺乳動物生物鐘保持生理和心理節律內部同步，以獲得身體機能(1)。

四、光照對晝夜節律與睡眠

相當多的研究證明光對人體生理和行為有許多方面的影響，這種反應包括抑制松果體褪黑激素產生(3, 4)、心率和核心體溫的增加(5)、刺激皮質醇產生(6)等，光可以作為神經生理學刺激劑以提高警覺性和認知能力(6,7)。

不同照度和色溫的光照下，高照度(2000 Lux)和高色溫(7500 K 或 6500 K)可以增加睡眠弛豫時間、增加舒張壓和交感神經反應(26,27)；對於較低色溫度(3000 K 和 5000 K)和照度(320 Lux-1000 Lux 間) (26)血壓沒有差異。然而，從暗到亮的照明燈光(3-30 Lux) (28)卻會增加交感神經反應。

從單色藍光的研究結果顯示，藍光(480nm)對於內在光敏視網膜神經節細胞的影響，只要 2 個小時的照射就會到達最高感光度(31)；夜間

昏暗環境下，處於照度 12 Lux-1260 Lux 間，晝夜節律和褪黑激素抑制呈現線性變化。夜間處於藍色發光二極體(LED)波長為 485-467nm 的環境，於不同光量(20 μ W~600mW)下，照射 90 分鐘，引起褪黑激素抑制效果等同於 4000K、40 μ W 的效果(33)。

Obayashi 等人做了一系列的橫斷面分析(HEIJO-KYO studies)，對於晚上在社區老年人照明調查，並研究對健康的影響，結果顯示，在夜間更晚時暴露於光照下，導致抑鬱症的風險較高(10)、較差 actigraphic 睡眠(34)、更高的夜間收縮壓(11)以及肥胖和血脂異常(13)等有關。因此睡眠時，保持黑暗是必要的，以保持固定的節律相位和褪黑激素的產生，亦會降低造成不健康的心理和生理結果。至於在傍晚的光線照射，從不同的色溫(3000K、5000K、6700K)高亮度(1000 Lux)，於 19:00-20:00 的照射下，腦波中頻率較低之慢波睡眠減少(35)、心率變異被抑制、增加心率和睡眠期間降低心臟迷走神經活性(36)。在睡覺之前兩小時，使用低照度(40 Lux)和不同色溫(3000K 與 6500K)照射，其中以色溫 6500K 照射下，褪黑激素會明顯的被抑制產生，亦會提高主觀的警覺，增加幸福感和視覺舒適性，但在第一個睡眠週期、非快速眼動慢波睡眠是減少的(37)。

比較低照度 30 Lux 到 150 Lux、色溫 3000K 與 5000K 於下午照射下結果顯示，兩種色溫於低照度 30 Lux 照射下， α 腦波是相似的;但在 150 Lux 的照度下，色溫 3000K 較色溫 5000K 下更多的 α 波產生(38)。此外，睡眠前 150 Lux 光照射對睡眠沒有影響，但在睡眠期間 30 Lux 照射卻會影響睡眠(38)，使用低色溫燈比照度降低更重要。

Kayaba 等於 2014 年所作之實驗結果比較顯示，藍光 LED(465nm, 12.1 μ W)在就寢前 2 小時內，沒有照射的睡眠和有照射睡眠過程中，其早晨時間量測發現，腦波 α 波在藍光照射下較低，但 α 或 δ 波在睡眠期間沒有差異，睡眠時新陳代謝也不受影響，但在早餐時能量消耗、耗氧量、二氧化碳的產生和熱效應，在晚間使用藍光 LED 照射下顯著降低(39)。此外，藍光比綠光(555nm)提高警覺性和延遲期更強(40)。

除了環境照明，藍光也存在於電腦屏幕、電視、智慧手機等，LED 電腦螢幕中，藍光影響 1 小時，相當於螢光燈持續 5 個小時的物理效果，

而且注意力、警覺性和學習效果皆獲得提高，但褪黑激素的產生受到抑制， α 波和嗜睡情形在 LED 螢幕下減少(41)。

來自日本以社區為基礎的研究隊發現，日本老年人的環境，睡眠時間之前照度是相當低的，以平均黃昏暮光約為 25.4~27.3 Lux 照射老年人，相較於睡前 4 小時以較高照度與延長睡眠下，高照度與延長睡眠下老年人增加了糖尿病可能性，亦降低尿中褪黑激素(12,42)。

五、結論

光源對於生理和行為影響很大，夜晚暴露於光照下 2-4 小時，睡覺時即會壓抑褪黑激素的產生，尤其是短波的藍色光(485-460 nm)，藍光存在於電腦螢幕、電視、智慧手機等，並且與褪黑激素的抑制有關。以高照度(大於 1000 Lux)並且高色溫(大於等於 6500K)的光在就寢前照射，將會提升警覺性、睡眠的相位延遲、腦波中較少的慢波產生，這些都是睡眠之前必須避免，但更高照度卻能提升主觀的警惕、幸福感和視覺舒適。因此，中間的照度(大約 30-150 Lux)以及色溫(3000K-5000K)可能為合適就寢前之光環境。

目前在台灣一般光環境大約在 100-200 Lux、色溫 5000K，可能不像日本人一樣習慣於 30 Lux 的低照度。在臺灣的環境中，就寢前，考慮到視覺舒適、幸福感和警覺性，中間光(3000K 對 5000K，30-160 Lux)是值得被考慮的。