



第 2 回

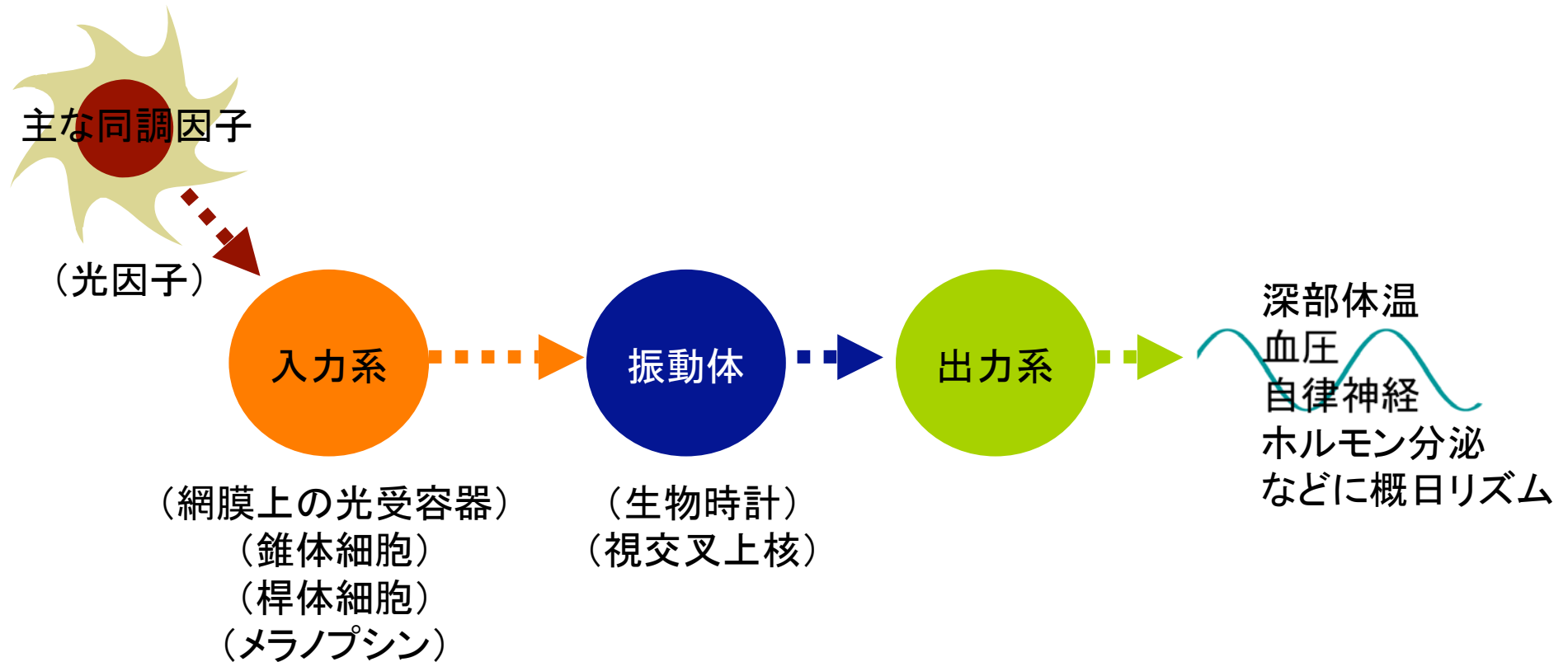
概日リズムと光環境

Circadian rhythm and light environment

By Nana N TAKASU

画像出所 : <http://www.iisd.org/didigest/jan96/clock.gif>

生体リズムの光同調経路



24時間に近い周期で振動する生物時計を、毎日、光は24時間周期にリセットする。

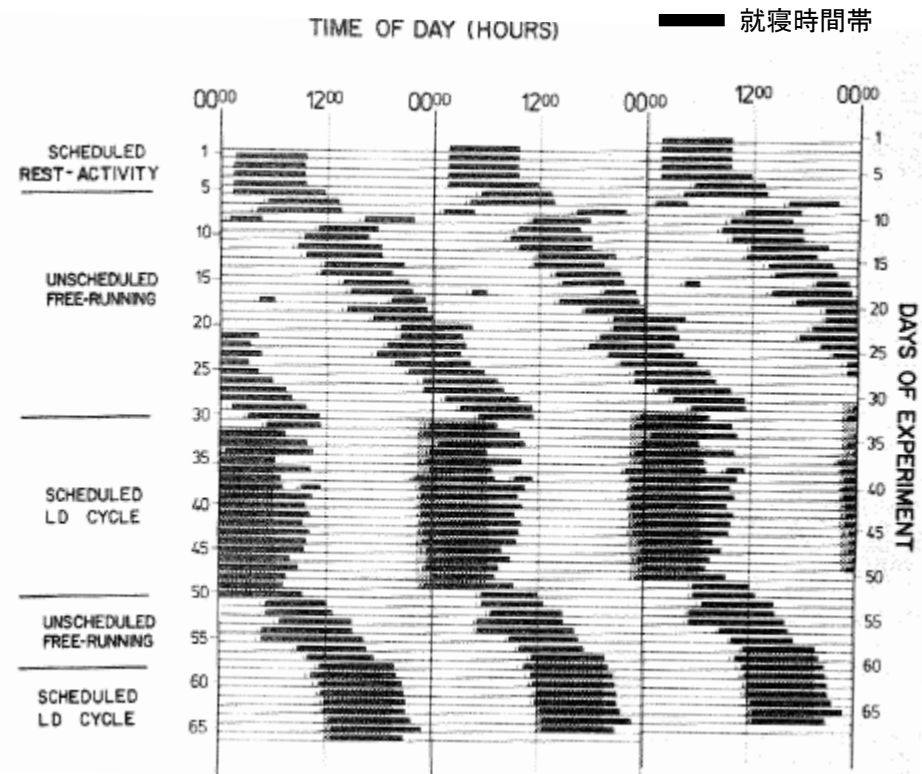
光照射のタイミングや長さ、日数、光照度、光履歴などにより位相反応は異なることが知られている。光のリズム同調作用は複雑である。

光のリズム同調

Table 2. Summary of Factors controlled under each experimental condition*

Factor		Fully scheduled regimen	Unscheduled regimen	Scheduled regimen LD cycle†
I	Knowledge of the time of day	Self-estimated	Self-estimated	Self-estimated
II	Environmental LD cycle	Scheduled‡	Linked to chosen wake times	Scheduled
III	Social contacts§	Scheduled	Linked to chosen wake times	Linked to chosen wake times
IV	Timing of food availability	Scheduled‡	Self-selected	Self-selected
V	Scheduling of bedrest and activity	Scheduled‡	Self-selected	Self-selected

* Ambient temperature was self-selected throughout these studies.
 † Scheduled (by the experimenter) according to the subject's previously reported daily diary.
 ‡ The light and dark episodes were separated by 1 h dawn-dusk (twilight) transitions.
 § Subjects were not disturbed or visited by staff for any reason during chosen or scheduled bedrests unless subject called for aid (e.g. for nocturnal micturition).

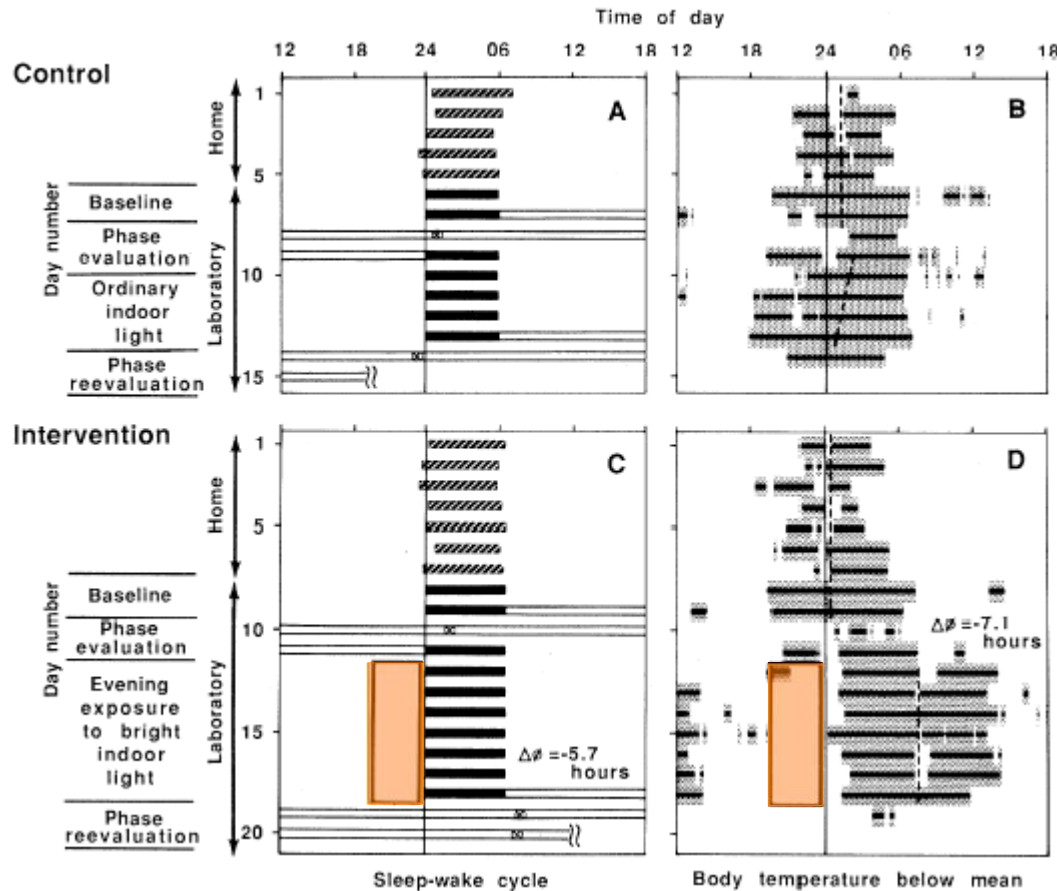


Czeisler CA et al (1981) Photochem Photobiol.

時刻の分からない実験室で、眠気を感じたら消灯して就寝し、目が覚めたら点灯して起床する、覚醒時には実験者と接触でき、食事も自由にとることができる生活を送ると、睡眠覚醒リズムは24時間にリセットされず、位相は徐々に後退していく。

しかし、明暗サイクルだけを24時間周期に固定すると、睡眠覚醒リズムは24時間にリセットされ同調した。この結果から明暗サイクルは同調因子であることが示された。

光のリズム同調

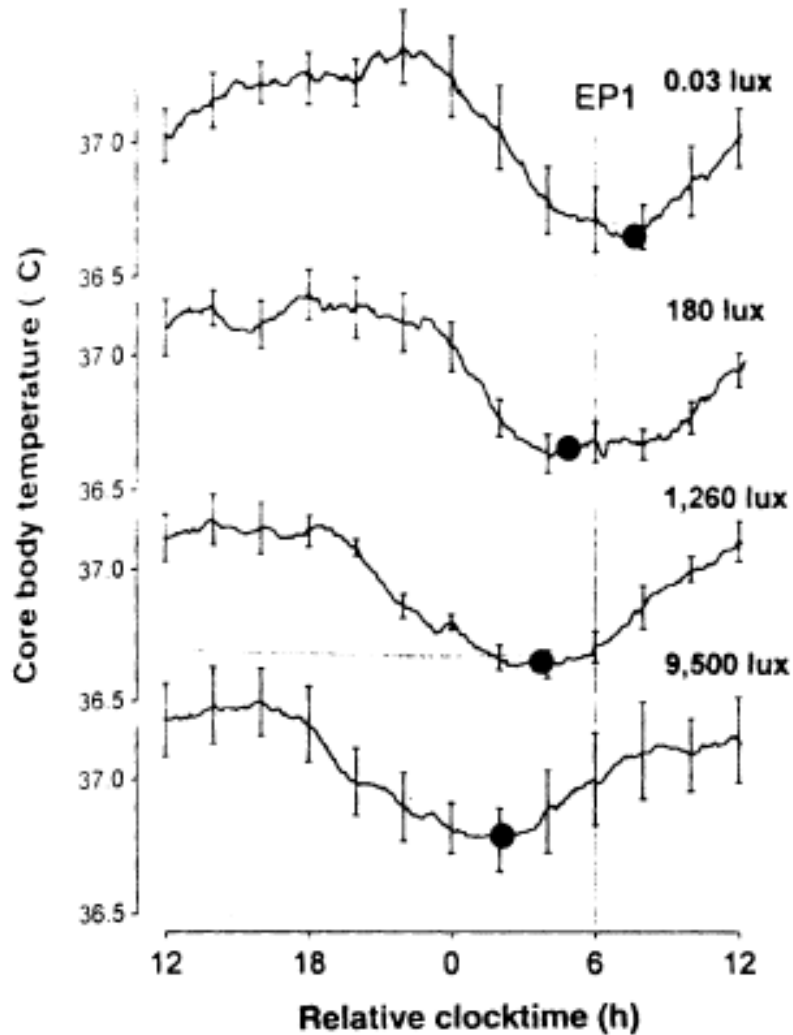


前頁では明暗サイクルは同調因子であることが示されたが、この同調は、明暗サイクルが生物時計に直接作用したのか、睡眠覚醒サイクルを介して間接的に生物時計に作用したのか不明である。

そこで睡眠覚醒サイクルを固定し、就寝時直前の高照度光照射の影響を検討してみたところ、高照度光照射により深部体温リズムの位相後退が観察された。

明暗サイクルは、睡眠覚醒サイクルを介さず、生物時計に直接作用することが示された。

光の強さと位相反応の大きさ

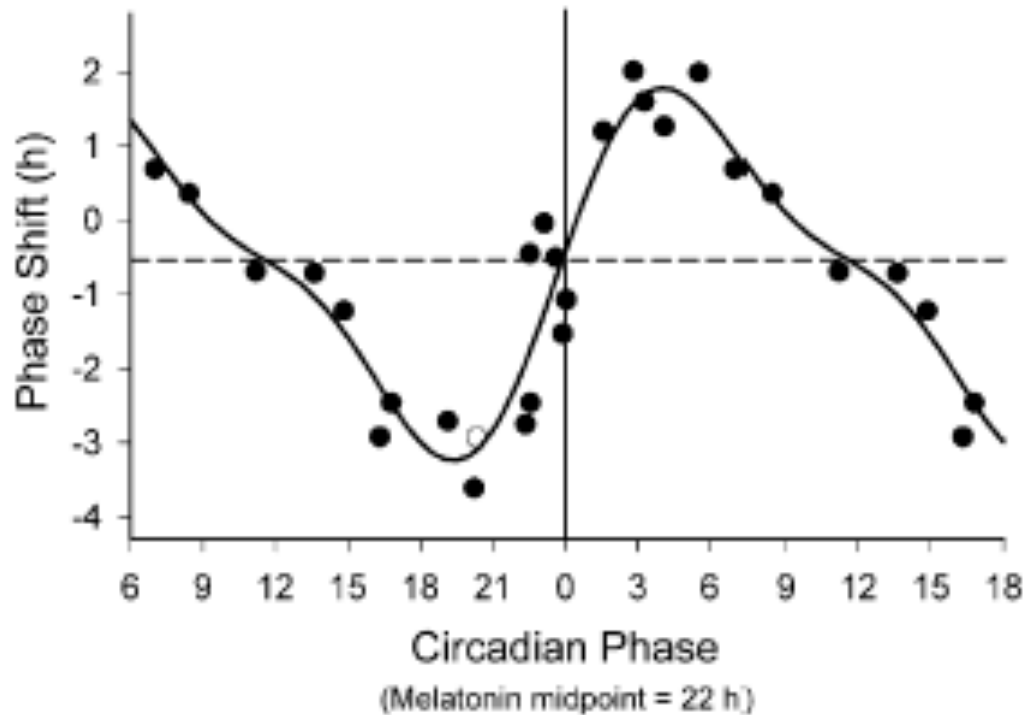


光照射前の深部体温リズム最低値位相を6時とする相対時刻表示。

5時間の光照射を3日間連続して行った実験であるが、光照射のタイミングは、深部体温最低値時刻から1.5時間後(7.5時)に光照射時間帯の midpoint となるよう設定している。光照射以外の時間帯は～10—15ルクスの低照度条件である。

●は最低値位相の平均値だが、180ルクス以上の光照射で位相前進が見られ、照度依存的な位相反応も観察された。

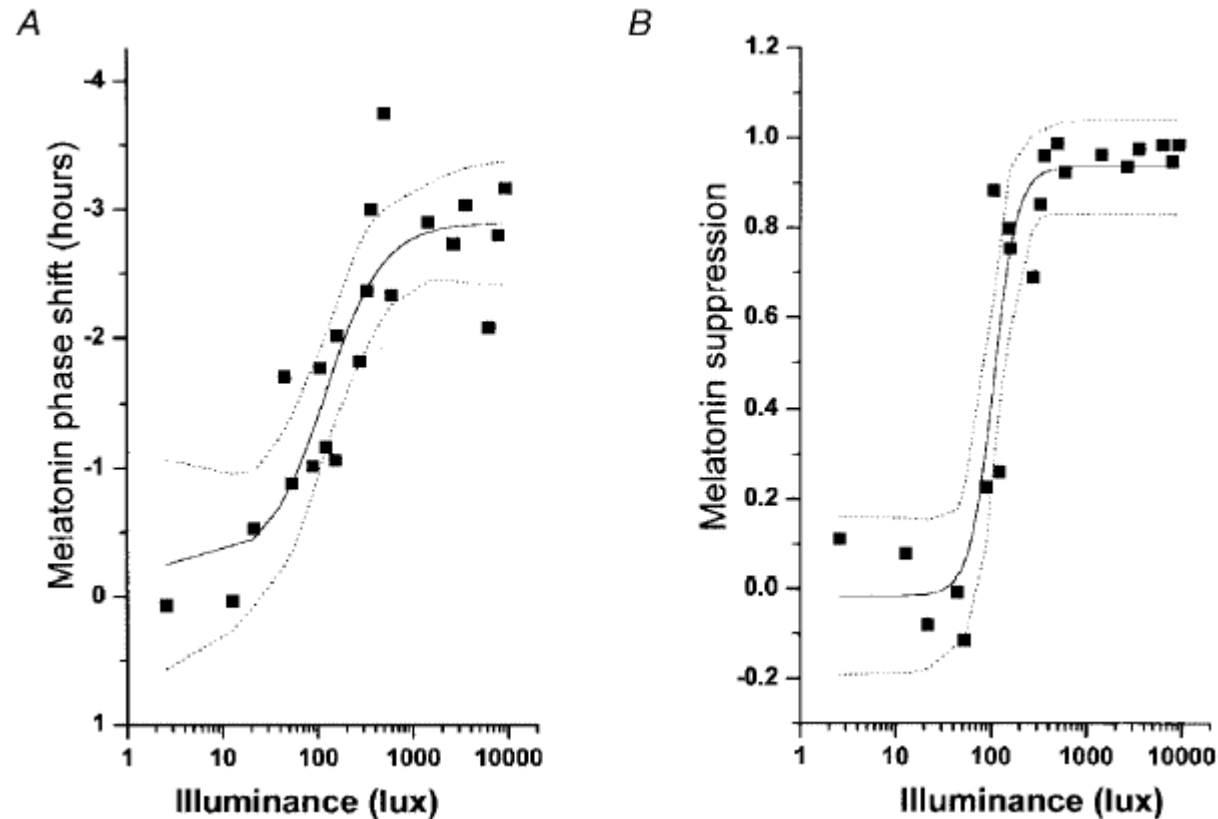
各位相の光に対する位相変化(方向と大きさ) (位相反応曲線)



生体リズムのどの位相で光照射を行うかで、位相変化の向き(プラスは位相前進、マイナスは位相後退)や大きさが異なる。

左図では深部体温最低値を0時としているが、例えば3時から6時付近で光照射を行うと、約2時間の位相前進が見られる。

光照度とメラトニン分泌抑制及び位相変化の関係

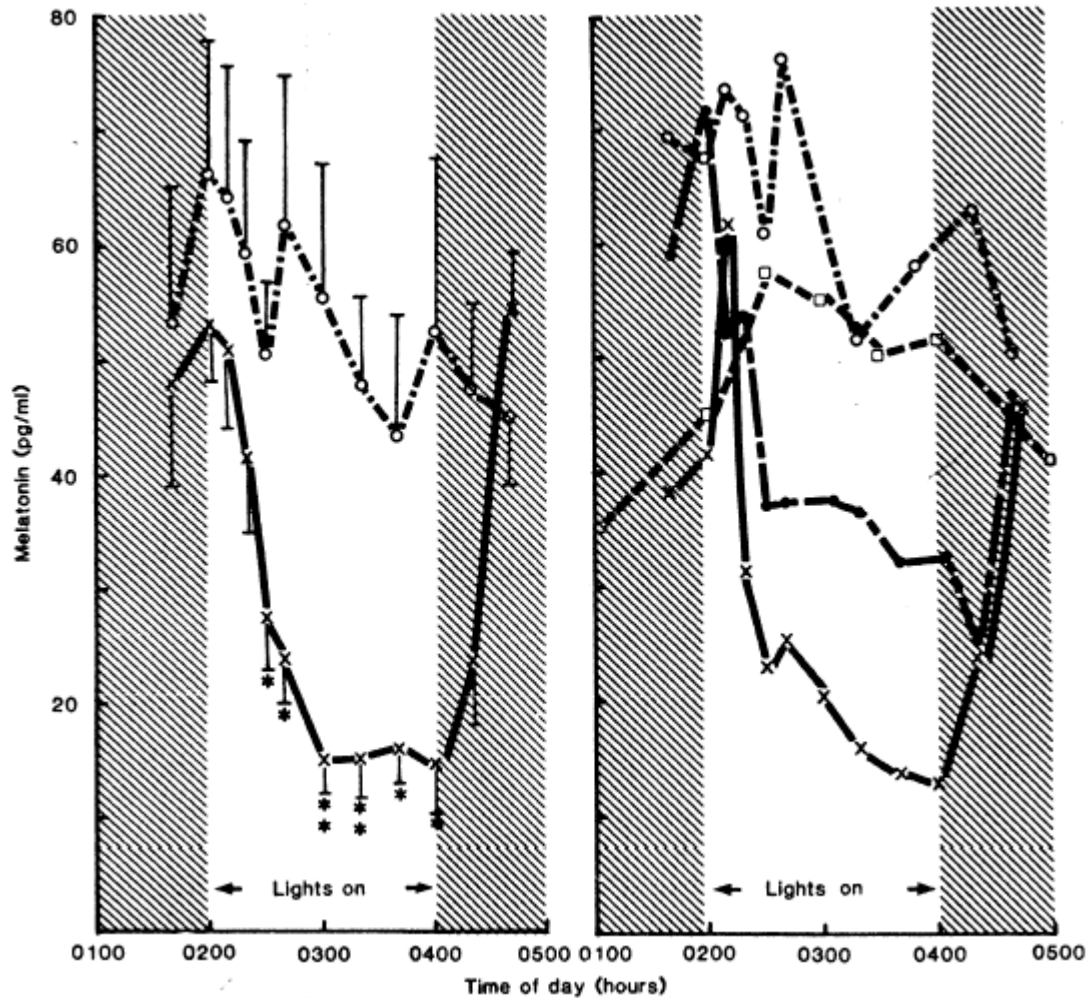


Zeitzer JM et al (2000) J Physiol

X軸は光の強さ、Y軸は位相変化量(左図A)、メラトニン分泌抑制率(右図B)

照度が上昇するにつれて位相変化量とメラトニン分泌抑制は共に増大するが、ある一定の照度に達すると反応は一定となる。

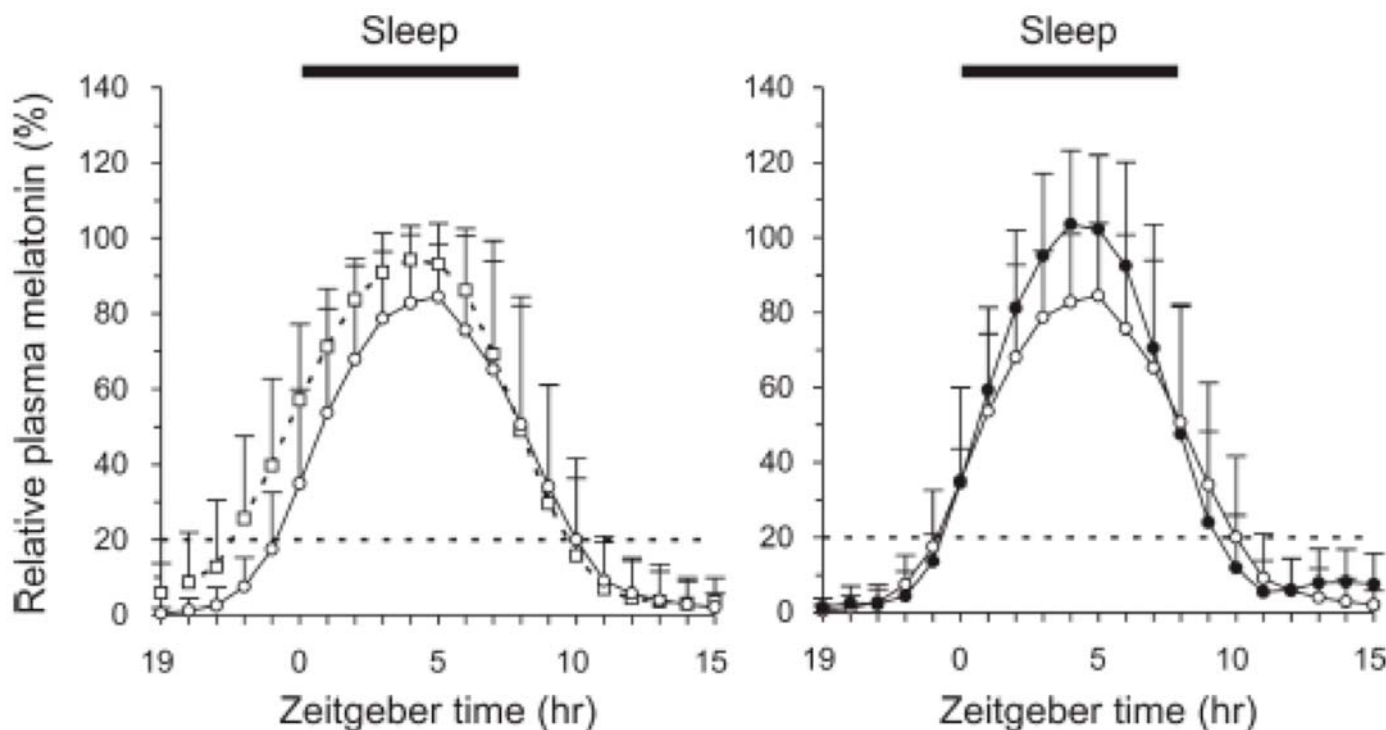
夜間光によるメラトニン分泌抑制



(左図) 500ルクス(○)と2500ルクス(×)の夜間光が夜間メラトニン分泌に与える影響 (n=6)。2500ルクスでは500ルクスと比較し、有意にメラトニン分泌が抑制された。

(右図) 0ルクス(□)、500ルクス(○)、1500ルクス(●)、2500ルクス(×)の夜間光が夜間メラトニン分泌に与える影響 (n=6)。メラトニン分泌抑制は照度依存的であることが示唆された。

日中の高照度光環境による夜間メラトニンレベル上昇



Takasu NN et al (2006) Am J Physiol

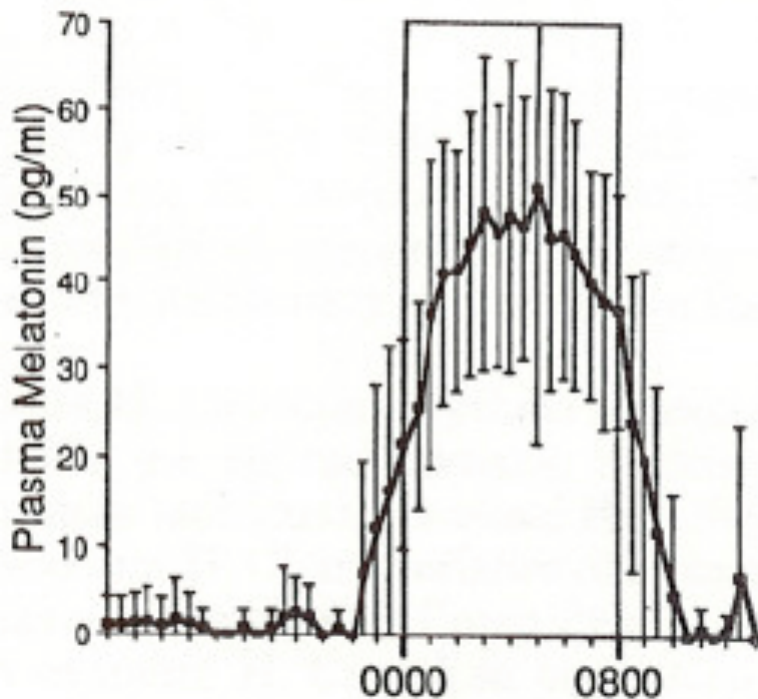
メラトニンレベルは実験初日(□)のメラトニンリズム振幅を100%とした相対表示とし、時刻は就寝時刻を“0時”とした相対時刻である。実験室にて固定された睡眠覚醒スケジュール(0時~8時を就寝時間帯)で15日間生活してもらう。まず日中の照度が約10ルクスである低照度光環境下で1週間、続いて約5,000ルクスの高照度光環境下で生活してもらったところ、日中の光照度条件が低照度から高照度に変化すると、夜間メラトニンレベルが有意に上昇した。実験初日(□)、約10ルクス(○)、約5,000ルクス(●)

日長変化に伴うメラトニン分泌時間の変化

(長日条件下)

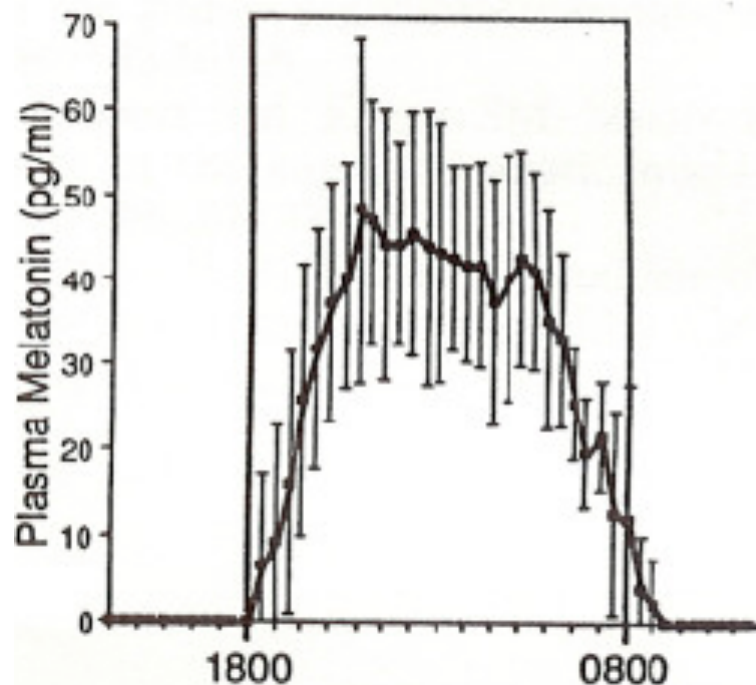
16 時間明期、8時間暗期

C. Melatonin



(短日条件下)

10時間明期、14時間暗期



Wehr T et al (1993) Am J Physiol

メラトニン分泌時間は日長にも影響を受け、短日下では長日下と比べ長い。