LEDの調光特性がメラトニン分泌抑制に及ぼす作用

○日高勇樹（九州大学大学院芸術工学府芸術工学専攻）

矢野雅人（九州大学芸術工学部）

小崎智照（福岡女子大学国際文理学部）

Effects of Flicker and Non-flicker Light on Melatonin Secretion Suppression

Yuki HIDAKA (Kyushu University, Graduate school of Design)

Masato YANO (Kyushu University, School of Design)

Tomoaki KOZAKI (Fukuoka Women's University)

1. はじめに

日常生活において、人工照明は必要不可欠な存在になっている。私たちは常に明環境で過ごせるようになったが、本来自然光を浴びることのなかった夜間においても明るい光を浴び続ける状況を生み出した。しかし、夜間に光を浴びるとメラトニン分泌抑制や概日リズムと生活リズムの乖離が引き起こされ、これが長期化すると睡眠障害や癌といった健康リスクを高める可能性が考えられている¹⁾。夜間に光を浴びない環境を作ることは困難であるため、健康的な環境作するためにはこれらの作用が弱い人工照明を検討する必要がある。

メラトニン分泌抑制は、主に新規の光受容器であるメラノプシン含有網膜神経節細胞(mRGC)が光を感受することで生じる。mRGCは可視光の青色短波長光（約460nm）で大きく作用することが知られており²⁾。錐体細胞や桿体細胞といった従来の光受容器とは反応特性が異なることが示唆されている³⁾。光刺激を提示した後の反応潜時が比較的短く、消灯後即座に反応を終える錐体細胞や桿体細胞に対し、mRGCは比較的長い潜時をもち、光消灯後も反応が持続することが報告されている。

近年普及が進んでいるLED照明に注目すると、その調光方式は定常光方式とパルス光(PWM)方式で大別される。PWM方式は高速点滅することで調光する方式であり、点滅1サイクルにおける点灯の割合（デューティ比）によって調整される（図1）。この調光方式での点灯時間の長さの差は、mRGCの反応特性により夜間の光曝露によるメラトニン分泌抑制の作用に差を生じさせる可能性が考えられる。

そこで、本研究では、定常光とパルス光方式の異なる調光特性が、メラトニン分泌抑制に差を生じさせるかを検討することを目的とした。

2. 方法

被験者は健康な男子大学生15名（ 21.6 ± 1.5 歳）であった。被験者には実験1週間前から睡眠統制を行ってもらい、前日は飲酒及びカフェインの摂取をしないように指示した。本研究は、九州大学大学院芸術工学研究院実験倫理委員会の承認を得て、全被験者に実験の趣旨、方法及び本実験に関わる安全性について十分な説明を行い、文書にて同意を得た上で行った。

実験は午前0時から2時半までの150分間で行った。被験者は0時から1時間、dim(< 5lx)環境で安静にした。その後、各条件の光を90分間曝露した。唾液採取を、光曝露前後及び光曝露の間に行った（図2）。

各光曝露は、dim条件、定常光条件（照度：32lux，ピーク波長：465nm）とパルス光条件（照度：30lux，ピーク波長：460nm，周波数：100Hz，デューティ比：10%）の3条件とした。定常光条件とパルス光条件の調光方式による差を検討するため、メラノプシンに与える刺激量を統一し、メラノピック刺激照度は $38 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ とした。

光曝露を行う装置の高さと幅は530mmであり、被験者の瞳の位置より500mm前に光源としてLEDパネルを、250mm前にディフューザーとして白色アクリル板を設置した。また、照明装置正面に顎台を設置し、光源と被験者の瞳の距離が500mmで一定となるようにした。

解析は、Dim条件において十分なメラトニン分泌が認められなかった3名のデータを除外し、12人を用いて行った。統計解析は、R(for Windows GUI front-end)を用いてシャピロ・ウィルク検定を行い、データの正規性を確認した。Microsoft Office Excel 2016を用いて対応のあるBonferroni補正の両側分布のt検定(パラメトリック検定)を行った。p値が0.05未満を有意とした。

図1 デューティ比10%のパルス波(周波数100Hz)

図2 プロトコル

3. 結果

光曝露前0:55時点で、条件間のメラトニン濃度に差は認められなかった。1:15時点で、定常光条件のメラトニン濃度はdim条件より有意に小さかった。1:30から2:30まで、定常光条件、パルス光条件のメラトニン濃度はどちらもdim条件より有意に小さかった。

4. 考察

光曝露前において条件間にメラトニン濃度の差は認められなかったため、光曝露前の初期値に差はなく、光曝露開始後のメラトニン濃度の差は調光方式によって生じたものだと考えられる。

曝露開始15分の段階で、定常光条件のメラトニン濃度はdim条件より有意に小さかったのに対し、パルス光条件ではdim条件との間に差が認められなかった。曝露開始30分以降、パルス条件と定常光条件のメラトニン濃度はともにdim条件より有意に小さかった。開始15分の段階で、dim条件が基準ではあるものの、定常光条件がパルス光条件より作用が強い可能性が示唆される。しかし、曝露後30分以降は差が認められなかったため、曝露初期の段階でのみ差が生じるのではないかと示唆された。これはmRGCの反応特性である反応潜時の長さから、曝露初期ではパルス光のごく短い点灯に対し、作用が十分に生じなかった可能性が挙げ

られる。また曝露開始30分以降において定常光と同様にdim条件との間に差が認められるようになったのは、mRGCの反応特性である反応持続性の高さにより、反応の蓄積により作用が強まりパルス光との間に差が認められなくなったことが考えられる。つまり、調光方式による差は曝露開始初期にしか認められず、曝露が継続すると調光方式による差は生じないことが示唆された。しかし、定常光とパルス光の条件間の間に差は認められなかったため、生じてもわずかである可能性が考えられる。

本研究で用いた光は比較的光強度が強かったため、パルス光条件においても曝露開始初期段階からmRGCが強く反応し、パルス光と定常光との差があまり生じなかった可能性がある。本研究で用いたものより低い強度でもmRGCは反応することが報告されているため、照度を低下させることで初期段階において条件間に更なる差が認められるか、もしくは曝露開始後30分の段階でも差が認められる可能性が考えられる。今後は光強度を下げ、研究を行うことが必要である。

謝辞

本研究は科学研究費補助金（課題番号15H04431）の助成により行った。

参考文献

- 1) Blask D.E et al : “Melatonin-Depleted Blood from Premenopausal Women Exposed to Light at Night Stimulates Growth of Human Breast Cancer Xenografts in Nude Rats”, Cancer Research, 65(23): 11174-11184, 2005
- 2) Brainard G.C et al: “Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans: Evidence for a Novel Circadian Photoreceptor”, The Journal of Neuroscience, 21(16), 6405-6412, 2001
- 3) Dacey D.M et al : “Melanopsin-expressing ganglion cells in primate retina signal colour and irradiance and project to the LGN”, Nature, 433(7027): 749-754, 2005