

LED照明システムによる概日リズム調節が施設高齢者の睡眠に及ぼす影響

The impact of circadian rhythm regulation by an LED lighting system on the sleep state of nursing home elderly

中谷こずえ¹⁾, 岡本和士²⁾, 松浪有高³⁾

北川邦行^{4),5)}, 高田誠一郎⁵⁾, 宮地清和⁵⁾

Kozue NAKATANI, Kazushi OKAMOTO, Aritaka MATSUNAMI

Kuniyuki KITAGAWA, Seiitirou TAKADA, Kiyokazu MIYATI

抄録：高齢者施設で生活する利用者の概日リズムを整えるため、光源の波長を変えるLED照明システムを療養病棟高齢者6名の病室に導入した。そして、LED照明システムの実験前後で、唾液中のメラトニン分泌量と睡眠状況の変化を比較した。その結果、実験介入では、LED照明システム統制期と実験期を比較し、午前中のメラトニン分析定量の大幅な減少が認められた。さらに、睡眠状況については、「夜間・早朝覚醒」や「夜間における興奮」の減少を確認した。

キーワード：LED照明, 概日リズム, 施設高齢者, 睡眠症状, メラトニン

I. はじめに

日本の65歳以上の高齢者の割合は、平成25年11月現在で総人口の25.1%を超えている(総務省統計局2014)。ところで、高齢者の睡眠は、加齢とともに量的にも質的にも変化し、深睡眠やレム睡眠が減少し、浅睡眠が増え、また中途覚醒が目立つようになる。この背景には高齢者の健康問題、睡眠障害の合併頻度の上昇、体内時計の加齢変化が想定されている(内村, 2013)。正常な成人の概日リズムとは、昼間目覚めて、夜間眠るといった活動リズムで、約24時間周期で繰り返されている。人間は光・音・温度などの刺激や定期的な食事摂取、社会的接触により調整しながら生活をしている(見波, 2004)。

高齢者を対象とした睡眠に関する疫学調査は多数おこなわれており、高齢者は若者と比較して不眠傾向にあると報告されている(千葉, 田村, 吉澤, 2013)(小林, 三橋, 山懸, 眞鍋, 岡本, 木村, 2012)。不眠には、入眠障害、中途覚醒、早朝覚醒などがある。また、65歳の睡眠時間は6時間程度で、深睡眠の割合が減少し、浅睡眠が増加する(鈴木, 金野, 内山, 2013)。

睡眠障害を起こす主な原因に認知症があげられ、BPSD症状のひとつと捉えられている(三島, 2013)。アルツハイマー型認知症やレビー小体認知症では脳器質障害部位とその広がり、基礎疾患の臨床特徴などに応じて多様な不眠、過眠症状を呈すると報告されている(三

島, 2010)。このことは、睡眠衛生指導として「睡眠障害対処の12の指針」にも呈示されている(鈴木他, 2013)。本来ならば、高齢者自身が健康意識を持ち自覚しながら規則正しい生活を送ることが望ましい。ところが、高齢者施設で生活をする高齢者は要介護者であり、日常生活を円滑に営むためには支援が必要である。

認知症でなくとも、高齢になると一般的に、視床又は核の神経細胞の減少、松果体におけるメラトニンの分泌量の低下、分泌リズムの振幅の減少、深部体温リズムの平坦化がみられる。このため、昼夜のメリハリが减弱し、睡眠覚醒リズムが不明瞭化する。メラトニンの分泌リズムが狂う原因の1つとして、光暴露量の減少が指摘されている(三島, 2013)。施設高齢者は、外出機会が乏しく自然光を浴びないため、日中でも1000luxに満たない低照度環境で生活している(三島, 2013)(河野, 長濱, 堀口, 2013)(大川, 2010)。施設内の環境照度を測定した結果から、ダイルームでの窓際の席と窓から離れた席ではかなりの差があることがわかっている。また、高照度の光は屋内では得られにくい(浅野, 2007)。したがって、施設高齢者が、太陽の光を浴びて自然の力を活かし、概日リズムをコントロールすることは難しい。睡眠障害の非薬物治療の1つである照度光療法では、1日に30分から1時間程度、2500luxから10000luxの高照度の光を照射し、概日リズムの位相を変化させる(内村, 2013)。この治療は、多くの文献(三島, 2013)(河野他, 2013)(山寺, 2013)(伊藤, 2012)(大川,

1)短期大学部専攻科 2)愛知県立大学看護学部 3)名古屋大学工学部 4)名古屋大学名誉教授 5)ミヤチ株式会社

2014)でも非薬物療法として推進されている。しかし、この方法の短所は施設高齢者の行動が制限されることである。また、認知症高齢者に治療目的の理解と、眩しいと感じる中で一定時間滞在することは難しい。

光は、人々に安心感を与え平和や豊かさの象徴でもある。その反面、現在ではその便利さを追求し、夜も昼と同じように明るくするという風潮や深夜営業の店舗の増加に伴い、生体リズムを乱す生活をしているといっても過言ではない。夜間に、照明にあたる機会の多い現代社会では夜間のメラトニン分泌が抑制され、概日リズムも乱しやすい傾向にある。通常、メラトニンは朝になると分泌が減少し、セロトニンの分泌が増加する。しかし、概日リズムが乱れた状態では午前中でもメラトニンが分泌され続けるため、セロトニンが十分分泌されずに気力低下、集中力低下、うつ傾向が生じるといわれている(三上, 松下, 2010)。

最近、赤色、緑色、青色で構成されている白色LED (Light Emitting Diode) の中の青色の波長がメラトニンの分泌を抑制し、人の睡眠に深く関与しているとする報告が行われた(宮地, 岡本, 高田, 松浪, 北川, 2011)。この白色LEDは白熱電球や蛍光灯の代替照明として普及し、照明は長寿命、高発効率、低消費電力、二酸化炭素の排出が少ない。また、紫外線を含まないなど白熱灯や蛍光灯にはみられない特徴を多く備えている。現在実用化されている蛍光灯は、点灯時、波長および色温度特性が固定されているために人体にもともと備わっている概日リズムを乱す原因になっている。そこで施設高齢者の睡眠状況を整えるためにLED照明の利用を考えることにした。従来の研究ではこのような目的での研究報告はみあたらなかった。そのため、われわれは、高齢施設の住環境、特に概日リズムを向上させるため、時間毎に変化する室内照明システムを開発した(宮地他, 2011)。このシステムは、LED照明に含まれる青い光の成分を一定時間毎に強めたり、弱めたりすることで、概日リズムをコントロールする照明である。これは、青色を含む様々な色のLEDを組み合わせて「見かけの色」を一定に保ったまま、コンピューター制御で青色成分の強さを自動制御したものである(以下LED照明システムとする)。

このLED照明システムを療養病棟の施設高齢者の住空間に導入した。この方法は非薬物であり、患者に負担を加えることなく環境を整えることができる。環境を整え、太陽光の代替として補助的に活用ができると考え取り組んだ。

施設高齢者にとって概日リズム調節は、身体的にも施設の機能的にも難しい。そのため、睡眠障害を引き起こす原因にもなっている。そこで、概日リズムの調節を補助するため病室内にLEDの青色波長を活用したLED照明システムを導入した。そして、そのシステムの照明曝露により施設高齢者の睡眠障害の改善を図ることを目

的とした。

療養病棟における認知症の有無に関わらず、65歳以上の高齢者へLED照明システムを導入した効果の検証を行うため実験研究とした。研究参加者に対して、統制条件として通常照明、統制条件としてのLED照明を設定した。

本研究では、療養病棟で生活し、65歳以上の高齢者に対してLED照明システムを導入し、それによる照明(暴露)の効果をみることにした。

II 方法

1. 研究参加者

療養病棟入院中の65歳以上の高齢者(患者)6名であった。既往歴情報として、眼疾患はみられなかった。

2. 照明実施期間

通常照明期間として、平成24年12月10日から16日とした。

LED照明実施期間として、平成24年12月17日から平成25年1月8日の4週間とした。

表1 照明とデータ採取

	12/10 ~16	12/17 ~23	12/24 ~30	12/31 ~1/6	1/7 ~9	1/10 ~11
通常照明	→					→
LED照明		→				
メラトニン	○				○	○
睡眠状況			○			○

○データの採取

3. 通常の照明及びLED照明システム

通常照明とは、療養病棟で元々使用していた蛍光灯を用いた照明のことである。

LED照明システムとは、午前中及び昼間では、LEDの青色波長を加えた照明を行い、夕方以降はその波長を除いた照明を病室内に設置しコンピューター制御で時間毎曝露させる照明システムである(宮地他,2011)。コンピューター制御はナースステーションで行った。

電球色は、3000Kを主体に5時から14時までの青色2+(5000K)とし、14時から17時30分まで青色1+(4000K)とした。17時30分から5時までは青色無の電球色とした。照明直下1.5m地点で600luxに統一し、青色波長強度は、朝から昼間>夕方>夜間となるように調節した。

4. 手続き(表1)

研究実施の第1週目は統制(対照)期間として、通

常の白熱電球による照明を行った。第2週目すなわち実験期間の第1週目の平成24年12月17日からLED照明システムによる照明を行い、第5週目の平成25年1月8日までの第4週間継続した。

5. データの収集と処理

1) メラトニンの定量分析

メラトニンの定量分析に必要な唾液採取は、LED照明システムを導入1週間前の統制期間初日の平成24年12月10日に行った。そして、導入後4週目の2日目の平成25年1月8日にシステムを撤去し、その翌日の1月9日に行った。さらに平成25年1月11日にも唾液採取した。各採取日ともに唾液の採取は午前6時から8時の間に行った。具体的には、口唇と歯茎の間に誤嚥防止機能付き採取用スポンジを挿入し、3分間保持し、唾液を採取した。採取した唾液は、乾燥しないスピッツを冷蔵庫で保管し、翌日名古屋大学エコトピア研究所へ届けた。研究所では、採取した唾液は、ELISA (Mnxyne-Linked Immuno Sorbent Assay) の直接吸着法を用いて分析した (BUHLMAN 社の EK-DSM)。

メラトニンは微量ホルモンであるため、小数点3位以下を四捨五入として表記した。

2) 睡眠状況の評価

睡眠状況の評価は、LED照明システム導入後2週第1日目の12月24日とシステム撤去後3日目の平成25年1月11日に行った。睡眠状況の評価は、夜間覚醒、早朝覚醒、昼間のうたた寝や夜間の興奮状態の有無について、毎日関わっている介護職員に尋ねた。

3) 行動面の評価

行動の評価は、睡眠状況の評価実施と同じ日に行った。行動面の評価として、物品記録、言語の流暢性及び日常会話を取り上げた。記録と言語の流暢性については、長谷川式簡易知能評価スケール (改訂版) の第8問の物品記録の問題と、第9問の言語の流暢性の問題を用いた。日常会話については、①会話が成立しない、②会話は可能だがつじつまが合わない、③簡単な会話は通じる、④会話がスムーズに成立する、の4段階で評価した。この評価は、睡眠状況の評価者と同じ介護職員により行われた。

6. 倫理的配慮

名古屋大学研究倫理審査委員会の承諾を得て行い、さらに、各施設の倫理審査委員会の承諾を得て実施した。

研究参加者への依頼は、それぞれの施設管理者に依頼文書で行った。そして、施設の倫理審査委員会のヒアリングを受けて正式に承諾していただいた。その上で、患者とその家族に研究内容についての説明を行った。認知症患者には、家族の同意を確認後に同意書にサインをし

てもらった。また、家族が遠方で、直接対面での説明が行えない場合は電話で説明を行った。そして、研究参加者または判断が難しい場合は、その家族に同意書にサインをしていただいた。さらに、この研究を承諾した後でも、途中でいつでも拒否できることを同意書に明記し、口頭でも説明を行い、同意が得られた参加者にのみ実施した。また研究対象者に関するデータは、コード番号表で管理し、施設や個人が特定できないように匿名化した。

III 結果

1. メラトニン量

図1には、LED照明システム導入1週間前の12月10日 (導入前) と導入後4週目の平成25年1月9日の研究協力者6名それぞれのメラトニン量を示した。図1に示すように通常照明に比べLED照明後は個体差がみられるが、全ての研究協力者においてメラトニン量が減少した。図2には、図1で示したLED照明4週目とLED撤去後3日目のメラトニン量を示した。図2によると、研究協力者のAとBを除く4名ともにほぼ同量で推移した。研究協力者のAとBは、4週目に比べ、LED撤去後3日目のメラトニン量が増加した。図1の導入前のメラトニン量に比べると測定誤差の範囲内ともよい。

図1 通常照明とLED照明前後メラトニン量 (Pg/ml)

A~F: 研究対象者

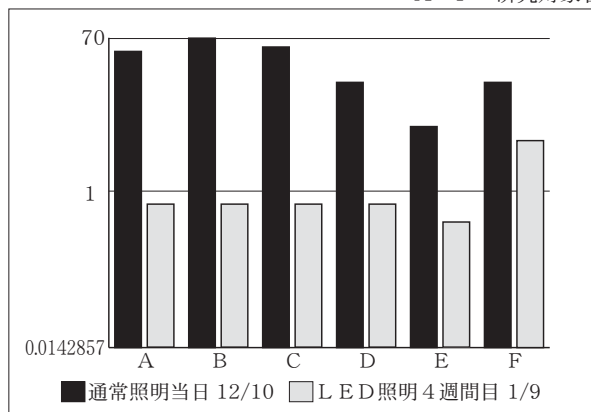


図2 LED照明4週間目とLED撤去後3日目のメラトニン量 (Pg/ml)

A~F: 研究対象者

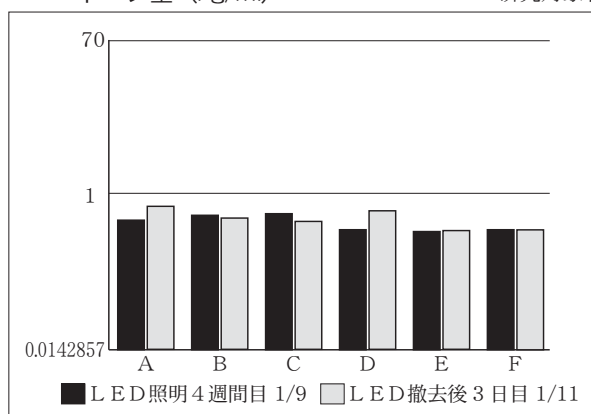


表2 睡眠・認知状況

調査日	A		B		C		D		E		F	
	1週目	4週目	1週目	4週目	1週目	4週目	1週目	4週目	1週目	4週目	1週目	4週目
夜間覚醒	○	×	×	×	○	×	○	×	○	×	○	×
早朝覚醒	○	×	×	×	○	×	○	×	×	×	×	×
昼間のうたた寝	○	○	○	×	○	○	○	×	○	○	○	×
夜間興奮	○	×	×	×	○	×	○	×	×	×	○	×
5つの物品憶物の個数	3	3	5	5	3	4	3	2	4	3	0	2
野菜の数	3	4	5	11	4	7	5	3	5	6	3	4
会 話	可能だが つじつま が合わない い	簡単な会 話は通じ る	簡単な会 話は通じ る	簡単な会 話は通じ る	可能だが つじつま が合わない い	簡単な会 話は通じ る	可能だが つじつま が合わない い	簡単な会 話は通じ る	可能だが つじつま が合わない い	簡単な会 話は通じ る	可能だが つじつま が合わない い	簡単な会 話は通じ る

○:あり ×:なし

2. 睡眠状況

表2には睡眠状況の評価結果を示した。夜中に目覚める夜間覚醒については、表2によると、システム導入前にはBを除く5名に認められていたが、導入によって5名全員に夜間覚醒が認められなくなった。また、早朝覚醒もみとめられなくなった。なお、研究協力者Bの睡眠状況は昼間のうたた寝以外は良好であった。

3. 物品記録・言語流暢性及び日常会話

物品記録及び言語の流暢性の問題の成績と日常会話の評価については表2に示した。物品記録の問題は5つの物品の記録数を表に示した。研究協力者Fの成績は0から2へ増加した以外、増減は1以内であった。言語の流暢性については、知っている野菜の名前をできるだけ多く言わせる問題であったが、D以外の5名の協力者に増加が認められた。日常会話については、簡単な会話が通じていたBを除く5名は、「可能だが、つじつまが合わない」から「簡単な会話は通じる」へ変化した。

IV 考察

LED照明システム導入前と導入後のメラトニン量の比較から、午前中のメラトニン量は減少していた。千葉ら(2013)は、概日リズムを、睡眠・覚醒のリズムの形成に深く関わり、その同調因子には、光、食事、運動、社会的接触などが挙げられ、これらの中でも光は生物時計に対して最も強い影響を及ぼす因子であると述べている。そのようなことから、特にLED照明システムの青色成分が朝陽の代替として機能したと考えた。

睡眠状況の評価からみていくと、早朝から昼間にかけて、メラトニン分泌量を増加させるLED照明システムの青色波長が強く加えられたことにより、昼間のメラトニン分泌量を抑制させていた。そして、昼間のセロトニン分泌上昇が、夜間のメラトニン分泌量増加に繋がり睡

眠を促進させる効果となった。さらに、夕方以降はLED照明システムの青色波長が抑えられたことで夜間の環境が正常な睡眠・覚醒リズムを保ち概日リズムの正常化がなされたと考える。それが、夜間・早朝覚醒の抑止となっていた。また、概日リズムの安定が、睡眠の安定となり、夜間・早朝覚醒が減少するにいたったと考える。

物品記名・言語流暢性及び日常会話について、5つの物品記憶をたどるものは、それほどの差異はみられなかった。しかし、野菜の数を評価する内容の項目は、1名以外増加していた。三上(2010)らは、充実した老いを生きるためには、単に病気でないだけでなく、脳と心と眠りの健康度を上げることが重要であり、うつ病と不健康な心、睡眠に関連した病気と不健康な眠りとの間には必ずしも明確な境界がないかもしれない。と述べている。そのことから、認知機能が上昇したと考えるよりも、安定した睡眠が高齢者の心の健康にも作用を及ぼしたと考える。言語の流暢性は、概日リズムの安定により夜間・早朝覚醒がみられないことで睡眠の安定にも繋がり、精神安定も図られたと考える。

LED照明システムにより、昼間の明るい環境及び夜間の環境が正常な睡眠・覚醒リズムを保つことに繋がっていた。それが、LED照明システムの実験前後における午前中のメラトニン量の減少として明確にされた。また、導入第4週目とLED撤去後3日目のメラトニン量が同量であったという点について、効果が一定程度持続することも明らかとなった。

以上のことから、LED照明システムは、太、陽光に対する生物時計のリセット機能として補助的に活用できるものと考えられる。本来は、自然の太陽光を高年齢自身が浴びられることが必要である。しかし、入院中の高齢患者は、生活範囲も制限されている。さらに、入院中は対人関係も限られメリハリのない1日を強いられるといっ

でも過言ではない。そのようなことから、LED照明システムは、室内環境を変えるだけで、利用者への負担が無い点が実用的であり、生活環境を照明で整えることで概日リズムも整える可能性があると考えられる。

メラトニン量や睡眠状況の変化から、薬物ではなく照明環境を整えることが睡眠に影響を与えることが明らかとなった。そのことは、施設高齢者だけではなく、地域で生活する高齢者の健康維持増進に寄与する可能性にも通じる。

V おわりに

LED照明システムは、時間毎のLEDの青色波長を調節することで、午前中のメラトニン分泌量を抑制できた。「夜間覚醒」や「早朝覚醒」を減らし、施設内で生活する高齢者の概日リズムを整える補助として活用できる可能性を実証した。また、LED照明システム第4週目と実験終了後3日目のメラトニン量が同量であったという点について、効果が一定程度持続することも明らかとなった。今後は、どの程度持続可能であるのか期間についても調べていく必要があると考える。また、メラトニン量だけではなくセロトニン量も測定し、その相関についても明らかにしていきたい。

さらに、高齢利用者や参加患者数を増やし睡眠時間や睡眠の質に対する評価も行い、その効果を実証していきたい。今回は、65歳以上の療養病棟入院中と抽象的な条件であったことから、もっと具体的に対象者をしばって進めていくことで効果の有無を明らかにできると考える。また、LED照明システムに有効な人はどのような人なのかについても明らかにしていきたい。

謝辞

本研究にご協力くださいました入院加療中の高齢者と関係機関の皆様にご心より感謝申し上げます。

また、論文執筆において多大な指導をしてくださりました堅田明義教授にご心よりお礼申し上げます。

引用文献

- 浅野祐子 (2007) 認知症高齢者の生活リズムを整えるためのケア, 日本認知症ケア学会誌. 6(1), 90 - 95.
- 樋口重和 (2008) 光とメラトニン抑制, 時間生物学. 14 (1) 13-20.
- 伊藤敬雄 (2012) 特集認知症と睡眠障害 認知症にみられる睡眠障害への非薬物療法, ねむりと医療. 5 (1), 24-28.
- 小林光代, 三橋美和, 山懸恵美, 眞鍋えみ子, 岡山寧子, 木村みさか (2012) 日常生活行動が自立した高齢者の睡眠改善ケアのためのライフスタイルの検討こんな日本生理人類学会誌. 17 (3), 117-124.
- 河野公範, 長濱道治, 堀口淳 (2013) 特集知っておきたい6 高齢者の睡眠障害, Geriatric Medicine. 51 (11), 1179-1183.
- 三島和夫 (2010) 睡眠の制御メカニズムとその加齢変化, 老年精神医学雑誌. 21 (9), 939 - 956.
- 三島和夫 (2013) 総説1 加齢による睡眠や生体リズムの変化, Geriatric Medicine. 51(11), 1131-1136.
- 三上章良, 松下正輝: 特集 高齢者のうつ病と睡眠障害, 老年精神医学雑誌. 21 (9), 981-1094.
- 見波栄二郎 (2004) 日中臥床・夜間不眠の悪循環から脱するために, 月刊総合ケア. 14 (7), 33-38.
- 宮地清和, 岡本和土, 高田誠一郎, 松浪有高, 北川邦行 (2011) スペクトルの異なるLEDパネル照明下におけるメラトニン及びセロトニン分泌量の測定, 日本分析化学会. 60 年会 プログラム, C2008Y.
- 大川匡子 (2010) 総説1. 高齢者の睡眠特性と睡眠障害の疫学, Geriatric Medicine . 48(6), 729 - 734.
- 大川匡子 (2014) 第3章 健康なくらしに寄与する光 2 光の治療的応用—光による生体リズム調節—, 文部科学省 <http://www.mext.go.jp/b?menu/shingi/gijyutu/gijyutu3/toushin/attach/133542.htm>, 2014.10.19.
- 総務省統計局 (2014) 人口推定 (平成 25 年 11 月 1 日現在確定値, 平成 26 年 4 月報
- 鈴木貴浩, 金野倫子, 内山真 (2013) 高齢者の睡眠障害—高齢者の睡眠障害の鑑別診断—, Geriatric Medicine . 51(11), 1137 - 1142.
- 千葉茂, 田村義之, 吉澤門土 (2013) 総説 加齢と睡眠障害, 睡眠医療. 7, 297-304.
- 内村直尚 (2013) 総説 最近の不眠症と治療の考え方, Geriatric Medicine . 51(11), 1211-1214.
- 内村直尚 (2013) 特集 知っておきたい高齢者の睡眠障害 序文, Geriatric Medicine. 51(11), 1129-1130.
- 山寺亘 (2013) 臨床に役立つ Q&A 1 高齢者の睡眠障害に対する非薬物療法, Geriatric Medicine. 51 (11), 1195-1197.

The impact of circadian rhythm regulation by an LED lighting system on the sleep state of nursing home elderly

Kozue NAKATANI, Kazushi OKAMOTO, Aritaka MATSUNAMI,
Kuniyuki KITAGAWA, Seiitirou TAKADA, Kiyokazu MIYATI

Abstract : light emitting diode (LED) lighting system emitting variable wavelength light was installed in the rooms of 6 elderly people to correct the circadian rhythm of those living in nursing homes. Then, changes in the amount of melatonin secretion in the saliva and the sleep state before and after the LED lighting system experiment were compared. The LED lighting system experimental period resulted in a significant decrease in melatonin secretion in the morning compared to that found for the LED lighting system control period. Furthermore, regarding sleep state, we found a significant decrease in "night-time and early-morning waking" as well as "loss of sleep" resulting from uneasiness during night-time.

Keywords : LED light, circadian rhythm, nursing home elderly, sleep state, melatonin