【原 著】

木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境による睡眠の質改善と疲労軽減効果

Effects of a Combination of Wooden Interior and Indirect Lighting in the Bedroom on Improving Sleep Quality and Attenuating Fatigue

杉野友啓^{1,2,*}, 山田浩嗣³, 梶本修身¹
Tomohiro SUGINO^{1,2,*}, Hirotsugu YAMADA³, Osami KAJIMOTO¹

¹ 大阪市立大学大学院医学研究科疲労医学講座

² 株式会社総合医科学研究所

³ 住友林業株式会社

【要 旨】

本研究では、木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境による睡眠の質改善と疲労軽減効果について検討するため、健康成人男性を対象とした医学的試験を実施した。

その結果、木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境は直接照明の寝室環境との比較において、セントマリー病院質問票による主観的睡眠評価から睡眠の質を改善すること、アクティブトレーサーによる自律神経機能評価から就寝時に副交感神経優位な状態へスムーズに移行すること、VASによる主観的評価から起床時の眠気および疲労感が軽減すること、およびATMTにおいて作業能率（パフォーマンス）が向上することが示唆された。木の内装と間接照明の組み合わせは、就寝前に適した副交感神経優位な状態へスムーズに移行させる寝室環境をつくることにより、睡眠の質を改善し疲労を軽減させる機能性を有することが示唆された。

はじめに

平成19年に厚生労働省が行った調査では、国民の5人に1人が何らかの睡眠障害を抱えていることが示された¹⁾。睡眠障害は心身の不調を引き起こし、日中の作業能率の低下（疲労）および生活の質（QOL）の低下をもたらすことから深刻な問題と捉えられている。睡眠に影響を及ぼす要因の一つとして室内環境が挙げられるが、大きく物理的要素、化学的要素、生物学的要素、精神的要素の4要素で構成される²⁾。これまで、寝室環境による睡眠の質改善に関する報告はいくつかなされているが³⁻⁵⁾、複数の要素を伴った寝室環境による報告はほとんどないのが実情である。このような背景から、物理的要素に精神的要素が合わさった木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境により、より効果的な睡眠の質の改善と疲労の軽減ができれば、その意義は大きいと考えられる。

本研究では、木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境による睡眠の質改善と疲労軽減効果について検討するため、健康成人男性を対象とした医学的試験を実施した。

材料・方法

1. 対象

対象となる被験者は、ピッツバーグ睡眠質問票（PSQI）^{6,7)}にて6点以上を示し、本試験参加に際し、事前に当該試験の説明を受け、その内容を理解した上で趣旨に賛同し、

【キーワード】

木の内装、間接照明、寝室環境、睡眠の質、疲労

受理日：2015年4月27日

* 〒560-0082 大阪府豊中市新千里東町1-4-2 千里ライフサイエンスセンター13階 株式会社総合医科学研究所
Tel: 06-6871-8888 Fax: 06-6871-8899 E-mail: sugino@soiken.com

被験者本人による文書同意が得られ、本試験の被験者となることを自発的に志願した 20 歳以上 65 歳以下の健常男性とした。ただし睡眠障害の治療を受けている者、慢性疲労症候群 (CFS) や特発性慢性疲労を有している者、過去 3 ヶ月以内に他の臨床試験に参加した者、または現在他の臨床試験に参加中の者、その他試験責任医師が不適当と判断した者はあらかじめ除外した。

以上の条件を満たした 12 名を、試験データの解析に参加しない割付け担当者が 3 グループに割付けた。

なお、本試験は、ふくだ内科クリニック倫理審査委員会 (IRB) の承認のもとに行われ、ヘルシンキ宣言の趣旨に従って実施した。

2. 試験設備

試験設備は下記の 3 条件とし、被験者は全ての条件下で 1 回ずつ睡眠してもらった。

条件 1: 直接照明の寝室環境 (写真 1-1)

条件 2: 間接照明の寝室環境 (写真 1-2)

条件 3: 木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境 (写真 1-3)

写真 1-1 条件 1 (直接照明の寝室環境)

写真 1-2 条件 2 (間接照明の寝室環境)

写真 1-3 条件 3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)

直接照明: LED シーリングライト (大光電機 (株), DCL-38460Y)

間接照明: LED ライン照明 (大光電機 (株), DSY-4048YT)

木の内装: ハーモシーリング (住友林業クレスト (株), ダークチーク色)

試験室は約 12.4 m² (幅 2730×奥行 4550×高さ 2550 mm) で、試験室の中央奥にカウチベッド (幅 780×長さ 1910×高さ 345 mm) を設置し、敷き布団 1 枚、掛け布団 1 枚、毛布 1 枚を使用した。カウチベッドの横にサイドテーブル (日本ベッド製造 (株), ナイトテーブル No.269) を設置し、条件 2 および条件 3 についてはスタンドライト (大光電機 (株), DST-34647) をサイドテーブルの上に置いて使用した。

3. 試験デザイン

試験は 3 試験区クロスオーバー試験とし、説明会および同意取得の後、第一夜効果を排除するため、慣らし睡眠日を設けた後、原則として 1 週間隔の同一曜日に 3 回宿泊させ、条件 1、条件 2 および条件 3 の 3 試験区を設定し比較検討した (図 1)。

4. 被験者の管理

被験者にはそれまでの食生活および運動などの日常生活を変えないように指示し、試験期間中は毎日、睡眠時間、就業時間、食事内容、アルコール摂取量、医薬品の使用状況および体調等の生活状況を日誌に記録させることにより日常生活を把握した。ただし、栄養解析は実施しなかった。食事をコントロールするため、検査日前日の夕食は約 900 kcal の同一の弁当を摂取させ、その後は飲水を除いて絶食とした。

被験者の服装は T シャツおよび上下スウェット (長袖、長丈) に統一し、靴下は履かないように指示した。

5. 分光放射照度の測定

各条件の試験室内の分光放射照度を SD-2000 (Ocean Optics 社製) を用いて測定した。測定箇所はベッド中央上 30 cm とした。それぞれの条件でのベッド上中央の水平面照度を一定 (40 lx) となるように調光制御した。

6. 温湿度の記録

試験室内の温湿度を 15 分間隔で記録した。デジタル温度・湿度計ウェザーコム EX-501 (エンパックス気象計 (株)) を、試験室内のサイドテーブル上 (床 上 70 cm) に設置した。

7. 検査方法

下記の検査を実施した。すべての検査はふくだ内科クリニックの管理のもとに実施した。

図1 試験デザイン

A: 試験全体の流れ, B: 検査日の流れ

i. 睡眠状態の評価

就寝中に、眠りSCAN[®]（パラマウントベッド（株））による睡眠状態の評価を実施した。眠りSCANは、マットレスの下に敷いたセンサーでマットレス上の振動を検知して体動の頻度や強度と関係する活動量を算出し、1分ごとの活動量時系列データから睡眠・覚醒状態を判定することができる。評価項目は入眠潜時、睡眠効率、総睡眠時間、覚醒回数、中途覚醒時間、平均活動量の7項目とした。

ii. セントマリー病院睡眠質問票

起床時に、セントマリー病院睡眠質問票⁹⁾による自覚調査を実施した。セントマリー病院睡眠質問票は直前の24時間の睡眠について評価する自己式質問票で、日々の睡眠の質の評価に用いられる。7項目の質問は、問1（睡眠深度）、問2（中途覚醒度）、問3（熟眠感）、問4（起床時の爽快感）、問5（睡眠の満足感）、問6（早朝覚醒の有無）、問7（就眠困難度）の7項目とした。

iii. Visual Analogue Scale (VAS)

主観的評価としてVAS¹⁰⁾を実施した。VASは、両端をそれぞれ最良の感覚、最悪の感覚と定義した100 mmの線分上に、現在の主観の程度を示す検査である。

試験室入室前、就寝前、起床時に疲労感、快適感、眠気の各項目について実施した。

iv. カロリンスカ眠気尺度日本語版（KSS-J）

宿泊翌日の10時、13時、16時に日中の眠気を測る指標として、カロリンスカ眠気尺度日本語版¹¹⁾を実施した。

v. 自律神経機能評価（アクティブトレーサー）

検査日にアクティブトレーサーAC-301A（（株）ジー・エム・エス）を用いて心拍を測定し、心拍変動解析により自律神経機能を測定した¹²⁾。試験室入室前30分間、試験室入室後30分間、就床前30分間、就寝後30分間の心拍数、低周波成分（LF: low frequency）、高周波成分（HF: high frequency）、LF/HF、R-R間隔変動係数（CVRR: coefficient of variation of R-R intervals）の平均値を算出し解析に用いた。

vi. 作業能率評価

検査日の起床時に2-back課題¹³⁾を30分間実施した後にAdvanced Trail Making Test（ATMT）¹⁴⁾を5セット実施した。ATMTはパソコン画面上に表示される「1」から「25」までの数字を「1」から順番にできる限り早くクリックする探索課題であり、A課題、B課題、C課題の3種類の課題を設定した。A課題は「1」から「25」の配置が変わらない課題、B課題は「1」から「25」の配置は変わらないが、ターゲットの数字を押すと、その数字が消えて新たな数字がランダムに出現する課題（「1」を押すと「1」が消えて「26」が出現、「2」を押すと「2」が消えて「27」が出現）、C課題はB課題に加え、押すたびに「25」までの数字の配置も変わる課題とした。評価項目はC課題におけるエラー数、平均反応時間、標準偏差、変動係数とし、A課題、B課題それぞれとの差分値についても評価に用いた。

vii. 理学的検査

検査日の来院時に血圧（上腕動脈）、脈拍数（橈骨動脈）、

体重、体温（耳）を測定した。

viii. 問診

検査日の来院時に問診を行い、自覚症状及び他覚所見の発現状況を把握した。

8. 統計解析

試験データを集計し、項目毎に統計解析を行った。試験設備間の比較において、正規分布に従っているデータに関しては反復測定分散分析後 Bonferroni の多重比較検定、正規分布に従っていないデータに関しては Wilcoxon の符号付き順位検定後 Bonferroni 補正を実施した。試験設備内の経時変化については、正規分布に従っているデータに関しては、反復測定分散分析後 Bonferroni の多重比較検定、正規分布に従っていないデータに関しては、Wilcoxon の符号付き順位検定後 Bonferroni 補正を実施した。統計処理ソフトは SPSS Ver.22（日本アイ・ピー・エム(株)）を使用し、有意水準は両側検定で 5% とし 10% を傾向ありとした。

結 果

1. 分光放射照度の測定

条件 1、条件 2、条件 3 の分光放射照度を図 2 に示した。条件 1 では LED 照明の特徴である 2 つのピーク（青色波長：440～490 nm と黄色波長：570～590 nm）が生じているのに対し、条件 2 および条件 3 では、青色波長のピークがなくなり、黄色波長のピークのみとなる。また、条件 3 では条件 2 に比べて、緑色波長成分（500～570 nm）が少なく、赤色波長成分（610～760 nm）が多く含まれている。

2. 温湿度の記録

試験室の温湿度は、条件 1 が 24.6～26.0℃、43～70%、条件 2 が 25.0～26.2℃、44～72%、条件 3 が 24.5～25.7℃、46～73% であった。

3. 被験者背景

割付けした 12 名のうち、脱落中止症例は無かったため、完了した被験者は 12 名であった。有効性評価における解析除外症例について、試験責任医師が検討を行い、第三者有識者（大阪府済生会中津病院糖尿病内分泌内科部長、西村治男医師）による審査を実施した結果、1 名が眠り SCAN における睡眠効率が 43.5～62.9% と要治療域の睡眠障害と判断され、解析から除外されたため、有効性評価の解析対象となった被験者は 11 名であった。完了者 12 名の年齢は 49.3 ± 8.7 歳、PSQI は 8.5 ± 1.5 、有効性評価対象者 11 名の年齢は 48.1 ± 8.1 歳、PSQI は 8.4 ± 1.5 であった。また、各段階での被験者の流れを示すフローチャートを図 3 に示した。

4. 睡眠状態の評価

眠り SCAN による睡眠状態の評価では、試験設備間の比較において、入眠潜時、睡眠効率、総睡眠時間、覚醒回数、中途覚醒時間、平均活動量のいずれの項目においても、各条件間で有意差および傾向はみられなかった。

5. セントマリー病院睡眠質問票

セントマリー病院睡眠質問票による主観的睡眠評価では、試験設備間の比較において、条件 3 は条件 1 と比較して、早朝覚醒の有無の有意な減少、中途覚醒度の低下傾向、熟眠感の上昇傾向がみられた。条件 1 と条件 2 との間、条件 2 と条件 3 との間においては、いずれの項目においても有意差および傾向はみられなかった（表 1）。

6. KSS-J

KSS-J による日中眠気評価では、試験設備間の比較において、各条件間で統計学的な有意差および傾向はみられなかったが、各試験設備内の経時変化（10 時、13 時、16 時）において、条件 1 が 3.6 ± 2.0 、 4.0 ± 1.9 、 4.4 ± 1.9 と上昇方向に推移する一方で、条件 2 は 3.9 ± 2.2 、 3.3 ± 1.3 、 3.3 ± 1.8 、条件 3 は 3.7 ± 2.5 、 3.4 ± 1.5 、 3.1 ± 1.4 と低下方向に推移していた。

図 2 分光放射照度

条件 1: 直接照明の寝室環境。条件 2: 間接照明の寝室環境。
条件 3: 木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境

図3 各段階での被験者の流れを示すフローチャート

表1 セントマリー病院睡眠質問票による主観的睡眠評価

		起床時		
睡眠深度	条件1 (直接照明の寝室環境)	3.6	±	1.4
	条件2 (間接照明の寝室環境)	4.3	±	1.6
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	4.8	±	1.1
中途覚醒度	条件1 (直接照明の寝室環境)	3.3	±	1.2
	条件2 (間接照明の寝室環境)	2.9	±	2.2
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	2.3	±	1.5
熟眠感	条件1 (直接照明の寝室環境)	3.7	±	1.2
	条件2 (間接照明の寝室環境)	3.9	±	1.3
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	4.7	±	1.1
起床時の爽快感	条件1 (直接照明の寝室環境)	3.5	±	0.9
	条件2 (間接照明の寝室環境)	3.9	±	1.0
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	4.2	±	1.3
睡眠の満足感	条件1 (直接照明の寝室環境)	3.0	±	0.8
	条件2 (間接照明の寝室環境)	3.4	±	1.0
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	3.8	±	0.9
早朝覚醒の有無	条件1 (直接照明の寝室環境)	1.7	±	0.5
	条件2 (間接照明の寝室環境)	1.5	±	0.5
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	1.1	±	0.3
就眠困難度	条件1 (直接照明の寝室環境)	1.6	±	0.7
	条件2 (間接照明の寝室環境)	1.6	±	0.7
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	1.3	±	0.5

平均値±標準偏差 n=11

群間比較 (Wilcoxonの符号付き順位検定後Bonferroni補正): * p<0.05, † p<0.1

表 2-1 VAS による主観的評価 (絶対値)

		試験室入室前			就寝前			起床時		
疲労感	条件1 (直接照明の寝室環境)	44.0	±	20.3	48.6	±	22.1	40.6	±	18.1
	条件2 (間接照明の寝室環境)	49.4	±	16.1	48.4	±	15.9	40.6	±	23.0
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	50.3	±	21.3	48.1	±	21.3	27.0	±	16.7 # ‡‡
快適感	条件1 (直接照明の寝室環境)	64.7	±	12.8	60.0	±	16.1	61.6	±	17.8
	条件2 (間接照明の寝室環境)	60.9	±	13.6	65.3	±	7.0	62.0	±	18.3
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	56.8	±	20.0	63.7	±	15.0	69.2	±	16.4
眠気	条件1 (直接照明の寝室環境)	49.0	±	17.6	50.8	±	20.2	38.5	±	17.1
	条件2 (間接照明の寝室環境)	52.2	±	15.0	53.6	±	14.6	32.7	±	21.7 # §
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	46.3	±	22.7	46.6	±	22.1	20.8	±	18.9 # §

平均値±標準偏差 n=11
 群間比較(反復測定分散分析後Bonferroniの多重比較検定): 有意差および傾向なし
 試験室入室前との比較(反復測定分散分析後Bonferroniの多重比較検定): # p<0.05
 就寝前との比較(反復測定分散分析後Bonferroniの多重比較検定): § p<0.05, ‡‡ p<0.1)

表 2-2 VAS による主観的評価 (試験室入室前からの変化)

		就寝前			起床時			
疲労感	条件1 (直接照明の寝室環境)	4.6	±	7.0	-3.4	±	26.6	
	条件2 (間接照明の寝室環境)	-1.0	±	10.3	-8.7	±	25.8	
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	-2.2	±	13.3	-23.3	±	24.9	
快適感	条件1 (直接照明の寝室環境)	-4.7	±	13.3	†	-3.2	±	23.1
	条件2 (間接照明の寝室環境)	4.4	±	11.4		1.1	±	25.4
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	6.9	±	10.9		12.4	±	26.1
眠気	条件1 (直接照明の寝室環境)	1.8	±	7.5	-10.6	±	25.0	
	条件2 (間接照明の寝室環境)	1.5	±	15.6	-19.5	±	24.5	
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	0.3	±	11.1	-25.5	±	25.0	

平均値±標準偏差 n=11
群間比較(反復測定分散分析後Bonferroniの多重比較検定): † p<0.1

表 3 アクティブトレーサーによる自律神経機能評価

		試験室入室前30分間		試験室入室後30分間		就床前30分間		就床後30分間	
心拍数 (bpm)	条件1 (直接照明の寝室環境)	79	± 7	79	± 8	78	± 8	69	± 6 #
	条件2 (間接照明の寝室環境)	76	± 6	75	± 6	75	± 6	66	± 5 ##
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	75	± 5	74	± 5	75	± 6	66	± 5 ###
LF (msec ²)	条件1 (直接照明の寝室環境)	382	± 220	393	± 287	488	± 297	404	± 299
	条件2 (間接照明の寝室環境)	376	± 184	412	± 243	453	± 251	351	± 174
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	440	± 252	469	± 266	558	± 365	349	± 257
HF (msec ²)	条件1 (直接照明の寝室環境)	90	± 47	93	± 78	113	± 79	127	± 95
	条件2 (間接照明の寝室環境)	101	± 64	114	± 98	114	± 90	157	± 164
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	115	± 57	128	± 90	147	± 123	137	± 88
LF/HF	条件1 (直接照明の寝室環境)	5.03	± 1.86	5.26	± 1.77	5.27	± 1.05	4.11	± 2.21
	条件2 (間接照明の寝室環境)	4.75	± 2.35	5.28	± 3.23	5.63	± 2.40	3.80	± 3.17
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	4.61	± 1.68	4.72	± 2.00	4.74	± 1.59	3.54	± 2.12
CVRR (%)	条件1 (直接照明の寝室環境)	3.78	± 0.96	3.63	± 1.03	4.24	± 1.02	3.37	± 0.98
	条件2 (間接照明の寝室環境)	3.62	± 0.74	3.68	± 1.08	4.01	± 1.03	3.27	± 0.82
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	3.80	± 1.01	4.04	± 1.19	4.48	± 1.41	3.15	± 0.88

平均値±標準偏差 n=11
 群間比較(反復測定分散分析後Bonferroniの多重比較検定): 有意差および傾向なし
 試験室入室前30分間との比較(反復測定分散分析後Bonferroniの多重比較検定): ### p<0.001, ## p<0.01, # p<0.05

7. VAS

VAS による主観的評価では、絶対値において、試験設備間の比較においては、各条件間で有意差および傾向はみられなかったが、各試験設備内の経時変化において、条件2が起床時の眠気で試験室入室前との比較および就寝前との

比較で有意な低下、条件3が起床時の疲労感で試験室入室前との比較で有意な低下、就寝前との比較で低下傾向、起床時の眠気で試験室入室前との比較および就寝前との比較で有意な低下がみられた一方で、条件1においてはそれらの変化はみられなかった(表2-1)。

表4 ATMT による作業能率評価

		起床後		
エラー数 (C課題)	条件1 (直接照明の寝室環境)	2.2	±	2.3
	条件2 (間接照明の寝室環境)	2.1	±	1.8
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	1.0	±	1.2
	(木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)			
平均反応時間 (C課題) (sec)	条件1 (直接照明の寝室環境)	3.143	±	0.484
	条件2 (間接照明の寝室環境)	3.166	±	0.432
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	3.258	±	0.466
	(木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)			
標準偏差 (C課題) (sec)	条件1 (直接照明の寝室環境)	1.867	±	0.511
	条件2 (間接照明の寝室環境)	2.057	±	0.445
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	2.096	±	0.514
	(木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)			
変動係数 (C課題) (%)	条件1 (直接照明の寝室環境)	58.9	±	10.1
	条件2 (間接照明の寝室環境)	64.9	±	9.9
	条件2 (間接照明の寝室環境)	63.8	±	8.7
	(間接照明の寝室環境)			
エラー数 (C課題－A課題)	条件1 (直接照明の寝室環境)	0.7	±	2.6
	条件2 (間接照明の寝室環境)	0.8	±	1.9
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	-0.8	±	1.8
	(木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)			
平均反応時間 (C課題－A課題) (sec)	条件1 (直接照明の寝室環境)	1.448	±	0.352
	条件2 (間接照明の寝室環境)	1.486	±	0.352
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	1.605	±	0.330
	(木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)			
標準偏差 (C課題－A課題) (sec)	条件1 (直接照明の寝室環境)	0.625	±	0.341
	条件2 (間接照明の寝室環境)	0.821	±	0.354
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	0.863	±	0.455
	(木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)			
変動係数 (C課題－A課題) (%)	条件1 (直接照明の寝室環境)	-14.1	±	8.8
	条件2 (間接照明の寝室環境)	-7.6	±	13.2
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	-10.3	±	13.9
	(木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)			
エラー数 (C課題－B課題)	条件1 (直接照明の寝室環境)	0.6	±	2.8
	条件2 (間接照明の寝室環境)	0.9	±	1.3
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	-0.3	±	1.4
	(木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)			
平均反応時間 (C課題－B課題) (sec)	条件1 (直接照明の寝室環境)	0.919	±	0.338
	条件2 (間接照明の寝室環境)	1.002	±	0.274
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	1.106	±	0.313
	(木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)			
標準偏差 (C課題－B課題) (sec)	条件1 (直接照明の寝室環境)	-0.011	±	0.325
	条件2 (間接照明の寝室環境)	0.311	±	0.366
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	0.322	±	0.514
	(木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)			
変動係数 (C課題－B課題) (%)	条件1 (直接照明の寝室環境)	-24.2	±	14.1
	条件2 (間接照明の寝室環境)	-15.2	±	15.8
	条件3 (木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)	-18.2	±	15.7
	(木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境)			

平均値±標準偏差 n=11

群間比較 [Wilcoxonの符号付き順位検定(エラー数)]: † p<0.1

群間比較 [反復測定分散分析後Bonferroniの多重比較検定(エラー数以外)]: 有意差および傾向なし

試験室入室前からの変化において、条件3は条件1と比較して、就寝前で快適感の上昇傾向がみられた。条件1と条件2との間、条件2と条件3との間においては、いずれの項目においても統計学的な有意差および傾向は見られなかった（表2-2）。

8. アクティブトレーサー

アクティブトレーサーによる自律神経機能評価では、試験設備間の比較において、いずれの項目においても、各条件間で統計学的な有意差および傾向はみられなかったが、条件3は就床前30分間のLF/HFが 4.74 ± 1.59 であり他の条件よりも低値、HFが $147 \pm 123 \text{ msec}^2$ 、CVRRが $4.48 \pm 1.41\%$ であり他の条件よりも高値であった。心拍数について、条件2と条件3は就床前30分間がいずれも $75 \pm 6 \text{ bpm}$ であり、条件1の $78 \pm 8 \text{ bpm}$ よりも低値であった。各試験設備内の経時変化において、試験室入室前30分間と比較して、就寝後30分間の心拍数について、条件1が $p < 0.05$ 、条件2が $p < 0.01$ 、条件3が $p < 0.001$ で有意な低下がみられた（表3）。

9. 作業能率評価

ATMTによる作業能率評価では、試験設備間の比較において、条件3は条件1と比較して、エラー数（C課題－A課題）の減少傾向がみられた。（表4）。また、2-back課題においては、試験設備間の比較において、正答率に各条件間で有意差および傾向がみられず、すべての条件下において均等な負荷が掛かっていることが確認された。

10. 理学的検査

試験設備間の比較において、来院時の収縮期血圧、拡張期血圧、脈拍数、体重、体温に各条件間で有意差および傾向はみられなかった。

11. 有害事象・副作用

1名が条件1の検査当日において、右側鼻づまりを発症したが、検査開始時には回復していた。

考 察

本研究では、PSQIにて睡眠障害の基準である6点以上を示す健常男性を対象とし、木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境の睡眠の質の改善および疲労軽減効果について、3試験区クロスオーバー試験により検討した結果、以下のことが示唆された。

セントマリー病院睡眠質問票において、条件3（木の内装と間接照明を組み合わせた寝室環境）は条件1（直接照明の寝室環境）と比較して、早朝覚醒の有無の有意な減少、中途覚醒度の低下傾向、熟眠感の上昇傾向がみられた。セントマリー病院睡眠質問票は直前の24時間の睡眠について評価する自己式質問票で、日々の睡眠の質を評価するのに適している⁹⁾。このことから、条件3が睡眠の質の改善

効果を有することが示唆された。眠りSCANによる睡眠状態の評価では各条件間の比較において有意差および傾向はみられなかった。眠りSCANは睡眠状態と覚醒状態を判定する装置であり、睡眠深度を評価することは出来ない。セントマリー病院睡眠質問票において捉えられた、早朝覚醒の有無の有意な減少および中途覚醒度の低下傾向は、覚醒回数や覚醒時間の減少ではなく、覚醒感の改善を反映したものと推察された。脳波による睡眠段階の評価において、実際の覚醒と覚醒感とが異なっていることが報告されていることから¹⁵⁾、早朝覚醒の有無の有意な減少および中途覚醒度の低下傾向は、熟眠感の上昇傾向とともに睡眠深度に関連した変化である可能性が示唆された。

また、アクティブトレーサーによる自律神経機能評価において、条件3は試験室入室前30分間と比較して、就床後30分間で、有意水準0.1% ($p < 0.001$)をもって、心拍数の有意な低下がみられ、他の条件よりもその変化が顕著であった。また、有意差および傾向はみられなかったが、就床前30分間の心拍数、LF/HFが低値、HF、CVRRが高値であった。LFは主に交感神経活動、HFは主に副交感神経活動を反映すること¹⁶⁾、CVRRは安静時の副交感神経活動の指標であることから¹⁷⁾、就寝前における条件3の分光放射照度が、入眠に適した副交感神経優位な状態へのスムーズな移行を促進させている可能性が示唆された。就寝前の色温度が睡眠に影響を及ぼすことが報告されているが¹⁸⁾、木の内装を組み合わせることにより、物理的要素に精神的要素が加わった形で作用したものと推察された。

VASにおいては、試験室入室前あるいは就寝前との比較で、起床時において、条件2（間接照明の寝室環境）は眠気の有意な低下、条件3は疲労感の有意な低下または低下傾向、眠気の有意な低下がみられ、間接照明のみでも起床時の眠気が軽減すること、木の内装を組み合わせることにより、さらに疲労感も軽減することが示された。また、試験室入室前からの変化で条件3は条件1と比較して、快適感の上昇傾向がみられ、副交感神経優位な状態であることを支持する結果が得られた。

作業能率評価（ATMT）においては、条件3は条件1と比較して、エラー数（C課題－A課題）の低値傾向がみられた。疲労した状態においてはA課題（記憶が使える課題）よりもC課題（記憶が使えない課題）の作業能率が顕著に低下することが知られており¹⁹⁾、間接照明と木の内装を組み合わせた寝室環境が睡眠の質を改善することにより、疲労回復を促進した可能性が示唆された。

カロリンスカ眠気尺度日本語版においては、統計学的な有意差および傾向はみられなかったが、10時、13時および16時における眠気について、条件1が経時的に高値に推移する一方で、条件3においては経時的に低値に推移しており、睡眠の質の改善により日中の眠気が軽減された可能性が示唆された。

なお、条件1の検査当日において、1名が右側鼻づまりを発症したが、検査開始時には回復していたこと、および

前回の試験設備での宿泊から6日間経過していることから、試験設備との因果関係はなしと判断された。

試験設備内の温湿度において、各条件間で試験データに影響を及ぼすと考えられる差はみられなかった。ヒト試験による生体評価においては、日常生活における睡眠時間や就業時間などにより影響をうける可能性も考えられるが、試験データに影響を及ぼすと考えられる生活状況の変化はみられなかった。これらのことから本試験においては、試験設備の評価検討に影響を及ぼす外的要因は特に認められなかった。

以上の結果から、木の内装と間接照明の寝室環境が入眠に適した副交感神経優位な状態へスムーズに移行させ、睡眠の質を改善すること、さらに起床時の眠気および疲労感を軽減することが示唆された。また、睡眠の質を改善することにより、作業能率を向上（疲労回復を促進）する可能性が示唆された。一方、間接照明のみでは起床時の眠気を軽減することが示唆された。木の内装と間接照明は、就寝前の入眠に適した環境づくりに適した設備であることが示唆された。

なお、本研究において、木の内装と間接照明の寝室環境は睡眠深度に影響を及ぼしたと推察されるが、客観的指標による睡眠深度は実施していない。作用機序解明のために、今後、ポリソムノグラフィーによる評価が必要であると考えられる。また、周波数解析による自律神経機能評価においては、統計学的な有意差が得られなかった。サンプルサイズを大きくした検討も必要であると考えられた。

結 論

木の内装と間接照明の組み合わせは、就寝前に適した副交感神経優位な状態へスムーズに移行させる寝室環境をつくることにより、睡眠の質を改善し疲労を軽減させる機能性を有することが示唆された。

助成元

なし

謝 辞

本試験にご参加くださいました被験者の皆様に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 厚生労働省. 平成 19 年国民健康・栄養調査結果の概要. 2008.
- 2) 室内環境学会編. 室内環境学概論. 東京電機大学出版局 2010.

- 3) Okamoto-Mizuno K, Tsuzuki K, Mizuno K. Effects of head cooling on human sleep stages and body temperature. *Int J Biometeorol* 2003; 48(2): 98-102.
- 4) 梶本修身, 白市幸茂, 大塚雅生ら. 新開発 LED 照明による室内環境が睡眠改善および快適性に及ぼす効果. *日本補完代替医療学会誌* 2012; 9(1): 31-41.
- 5) 杉野友啓, 西川有加子, 山倉賢一ら. 凹凸 3 フォーム構造マットレスパッドによる睡眠の質改善と疲労軽減効果. *日本未病システム学会誌* 2014; 20(3): 9-20.
- 6) Buysse DJ, Reynolds CF 3rd, Monk TH, et al. The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res* 1989; 28(2): 193-213.
- 7) 土井由利子, 簗輪真澄, 内山 真ら. ピッツバーグ睡眠質問票日本語版の作成. *精神科治療学* 1998; 13: 755-763.
- 8) 木暮貴政, 下川真人, 細川雄史ら. マットレス下設置型センサ（眠り SCAN）による睡眠 / 覚醒判定. *日本生理人類学会誌* 2009; 14: 62-63.
- 9) Ellis BW, Johns MW, Lancaster R, et al. The St. Mary's Hospital sleep questionnaire: a study of reliability. *Sleep* 1981; 4(1): 93-97.
- 10) Pilcher JJ, Pury CL, Muth ER. Assessing subjective daytime sleepiness: an internal state versus behavior approach. *Behav Med* 2003; 29(2): 60-67.
- 11) Kaida K, Takahashi M, Akerstedt T, et al. Validation of the Karolinska sleepiness scale against performance and EEG variables. *Clin Neurophysiol* 2006; 117(7): 1574-1581.
- 12) 田島世貴, 倉恒弘彦, 山口浩二ら. アクティグラフ, アクティブトレサーを用いた方法. *日本臨牀* 2007; 65(6): 1057-1064.
- 13) Kirchner WK. Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *J Exp Psychol* 1958; 55(4): 352-358.
- 14) Mizuno K, Watanabe Y. Utility of an advanced trail making test as a neuropsychological tool for an objective evaluation of work efficiency during mental fatigue. *Fatigue science for human health*. Springer 2008; pp. 47-54.
- 15) Hori T, Hayashi M, Morikawa T. Topographical EEG changes and the hypnagogic experience. *Sleep onset: Normal and abnormal processes*. American Psychological Association 1994; pp. 237-253.
- 16) Akselrod S, Gordon D, Madwed JB et al. Hemodynamic regulation: investigation by spectral analysis. *Am J Physiol* 1985; 249: H867-875.
- 17) 景山 茂, 持尾聡一郎, 阿部正和. 定量的自律神経機能検査法の提唱—心電図 R-R 間隔変動係数を用いた非侵襲的検査法—. *神経内科* 1978; 9: 594-596.
- 18) Noguchi H, Sakaguchi T. Effect of illuminance and color

temperature on lowering of physiological activity. Appl Human Sci 1999; 18(4): 117-123.

19) Kajimoto O. Development of a method of evaluation of

fatigue and its economic impacts. Fatigue science for human health. Springer 2008; pp. 33-46.

ABSTRACT

Effects of a Combination of Wooden Interior and Indirect Lighting in the Bedroom on Improving Sleep Quality and Attenuating Fatigue

Tomohiro SUGINO^{1,2}, Hirotugu YAMADA³, Osami KAJIMOTO¹

¹ *Department of Medical Science on Fatigue, Osaka City University Graduate School of Medicine*

² *Soiken Inc.*

³ *Sumitomo Forestry Co., Ltd.*

Objective: We conducted a clinical study to investigate the effects of a combination of wooden interior and indirect lighting in the bedroom on improving sleep quality and attenuating fatigue.

Design: Eleven healthy male subjects, whose Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) scores were ≥ 6 , participated in a 3-way crossover trial. Subjects rested from 21:00 to 22:00 under a combination of wooden interior and indirect lighting, indirect lighting, or direct lighting, went to bed at 22:00, and awoke at 6:00. We evaluated sleep quality by the St. Mary's Hospital Sleep Questionnaire (SMHSQ), autonomic nervous function by the Active Tracer, sleepiness and fatigue sensation by the Visual Analogue Scale (VAS), and performance by the Advanced Trail Making Test (ATMT).

Results: The combination of wooden interior and indirect lighting improved early morning awakening, nocturnal awakening, and satisfaction with sleep according to the SMHSQ, activated the parasympathetic nerve system at bedtime according to the Active Tracer, and attenuated sleepiness and fatigue sensation at the time of awakening according to the VAS; moreover, it improved work performance according to the ATMT.

Conclusion: These results show that the combination of wooden interior and indirect lighting produces a suitable bedroom environment that improves sleep quality and attenuates fatigue.

Key words: wooden interior, indirect lighting, bedroom environment, sleep quality, fatigue