

## A Trial of Evaluation for Quality of Sleep using a Three Dimension Acceleration Sensor

Keitaro NOMOTO\*, Ryo MIYAZAKI\*, Tsutomu HASEGAWA\*, Yoshikazu YONEI\*

(Received February 18, 2010)

Deterioration in quality of sleep (QOS) according to aging decreases quality of life (QOL). It is important to maintain QOS high and healthy in the lifestyle and also from respect of the occupational health. Here, we tried the noninvasive evaluation of QOS by installing wristwatch-type motion sensors for corporate workers.

Subjects were 6 male employees (mean age,  $50.5 \pm 2.6$  years old) of a machine manufacturer located in Inuyama City who underwent a company-wide medical check-up. They were judged by the health management center the needed lifestyle guidance. Subjects undertook the Anti-Aging QOL Common Questionnaire (AAQol) and QOS analysis by using a three-dimension accelerometer (Actigraph, A.M.I., USA). The sensor was continuously installed in the subject for one week and the body motion measurement was performed. The data was analyzed by software AW2 (A.M.I.) referring to the sleep diary described.

Problems were not noted in the subjective symptom or their lifestyle by AAQol.

Various sleep parameters were calculated from the continuum movement measurements of one week of each subject. The sleep efficiency was more than 90% and the total sleep time 6 hours or more in all subjects. The difference was noted in the amount of the mean activity and number of awakening episodes during sleep. In a subject accompanied abdominal pain during the observation period, the number of awakening episodes increased and the sleep efficiency decreased to less than 70%, indicating low QOS. The daytime mean activity was low with high frequency of the doze the next day of the low QOS sleep.

The monitor of the physical movement for 24 hours by an accelerometer may be useful for the quantitative evaluation of QOS and the activity level in daytime.

**Key words** : quality of life (QOL), quality of sleep (QOS), three dimension acceleration motion sensor, industrial health

**キーワード** : 生活の質 (QOL), 睡眠の質 (QOS), 3次元加速度センサ, 労働衛生

### 3次元加速度センサを用いた「睡眠の質」評価の試み

桒本慶太郎, 宮崎 亮, 長谷川 力, 米井嘉一

---

\*Anti-Aging Medical Research Center, Graduate School of Life and Medical Science, Doshisha University

TEL: +81-774-65-6382, FAX: +81-774-65-6394, E mail : [yonei@mail.doshisha.ac.jp](mailto:yonei@mail.doshisha.ac.jp)

## 1. はじめに

睡眠は生活習慣において大きな位置を占める。睡眠の質（QOS : Quality of Sleep）の劣化は生活の質（QOL : Quality of Life）を低下させる。睡眠に関する疫学の全国調査（1997年）では、不眠症は男性17.3%（14.6～20.0%）、女性21.5%（18.8～24.3%）、QOS低下者は男性17.8%（15.3～20.3%）、女性20.2%（17.6～22.7%）、睡眠薬の常用率は男性3.5%（2.3～3.7%）、女性5.4%（4.1～6.8%）であった<sup>1)</sup>。

加齢とともに睡眠の質は低下する。睡眠覚醒リズムや睡眠構築が変化し、高齢になるほど寝つきにくく、眠りが浅く、よく眠ったと感じる睡眠時間が短くなり、早朝覚醒・熟睡困難などさまざまな睡眠問題が表れる<sup>2,3)</sup>。健康長寿を達成するためにはQOSを良好に保つことは重要である<sup>4)</sup>。しかし、睡眠の障害は若年者でもみられ、大学生においても様々な睡眠障害が報告されている<sup>5-10)</sup>。職場メンタルヘルスにおいて近年うつ病発症予防が重要視されているが、うつ病発症初期にはQOS低下が現れることから、QOS低下を早期に発見し、早期段階からうつ病の発症予防することの意義は大きい<sup>11,12)</sup>。QOSを低下させる因子を解明し、これらの影響因子を軽減・是正する生活指導はうつ病発症予防に有用と考える。今回我々は企業労働者を対象に腕時計型3次元加速度センサを装着し、QOS及び昼間の身体活動度について非侵襲的評価を試みたので、その結果を報告する。

## 2. 対象及び方法

### 2.1 対象

村田機械（株）（愛知県犬山市）に勤める男性従業員のうち検診結果に基づき保健管理センターにより要生活指導と判定された6名（50.5±2.6歳）を対象とした。本研究への参加、不参加は自由意志で決定できるものとし、一度参加を決意したものの都合により途中で中止しても一切の不利益を被らないものとした。本研究については健康保険組合責任者からの承諾、産業医からの承認、また同志社大学倫理審査委員会による承認を受けた。

### 2.2 方法

QOSは腕時計型3次元加速度センサ（アクティグラフ Actigraph, A.M.I., USA）を用いて日中及び睡眠時の体動量を計測し評価した<sup>13,14)</sup>。体動量計測には、センサが感知した加速度変化を2～3Hzでバンドパスしたデータに対し±0.01Gという微弱な加速度変化を閾値として、その閾値を超えるもしくは下回る変化の回数を数え（zero crossing method）、毎分の加速度変化回数を記録した。このようにして得られた1分毎の活動量時系列データについて、Coleらの判定式に基づき睡眠覚醒の判定を行った。既報によれば本法の判定精度はポリソムノグラフと比較して90%前後であった<sup>15)</sup>。

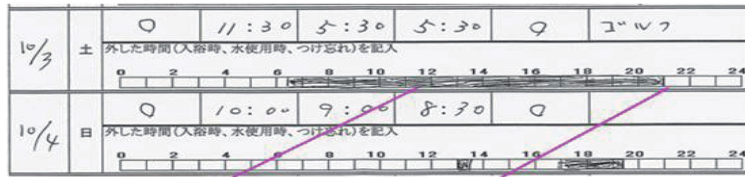
体動測定はセンサを1週間連続装着し行った。センサ装着は被検者の非利き腕に行い、激しい運動、入浴時などを除き可能な限り装着した。被検者には睡眠日誌を記載してもらいアクティグラフのデータ解析の参考とした（Fig. 1）。結果解析にはアクティグラフ解析ソフトウェア（AW2, A.M.I., USA）を用いた。解析は白川らの方法に準じて行った<sup>16)</sup>。

心身の自覚症状及び睡眠危険因子に関する生活習慣の評価は、「身体の症状」と「心の症状」に分け、既報の如く抗加齢QOL共通問診票（Anti-Aging QOL Common Questionnaire: AAQol）を用いてポイント1～5の5段階に分けて評価した<sup>17,18)</sup>。

### 2.3 睡眠パラメータ

身体活動量から算出される主な睡眠パラメータをTable 1に示した。覚醒時平均活動数は運動時に歩数計で計測される活動量との相関を調べる価値がある。また、歩数計ではカウントされない微細な動きを感知できるため、運動以外の身体活動の総和であるNEAT (Non-Exercise Activity Thermogenesis)<sup>19)</sup>の指標となる可能性がある。睡眠時間及び居眠り回数は、居眠りしていたか、居眠りに相当する程活動量が少ない場合に算出した。従って、日中の疲労度の指標となる可能性がある。着床時に関して、入眠潜時は入床後入眠するまでの時間とした。睡眠時に関して、

■ Sleep diary



■ Data from actigraph

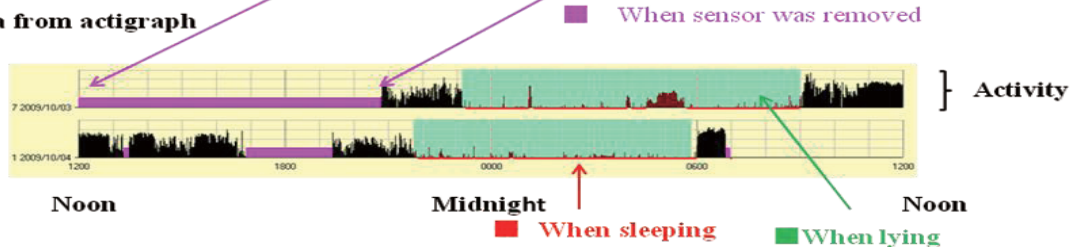


Fig. 1 Sleep diary and activity data from actigraph.

Table 1. Sleep parameter by actigraph.

Status	Parameter	Explanation	Unit
Awaking	Daytime mean activity	Amount of mean activity in the daytime	number/min
	Awoken time	Time of being awoken	min
	Sleeping time	Time to doze	min
	Number of doze	Number of doze (> 5 min) while awaking	number
Lying	Sleep latency	Goodness of going to sleep	min
Sleeping	Sleep efficiency	(Minutes of sleeping time/Minutes of main sleeping) ×100	%
	Number of awakening episodes (> 1 min)	Marker of awakening during sleep	number
	Number of awakening episodes (> 5 min)	Marker of awakening during sleep	number
	Mean activity during sleep	Amount of mean activity while sleeping	number/min
A whole day	Total sleeping time		min
	Total activity time		min

睡眠効率が入眠から起床までを主睡眠とし、その間に出現した睡眠時間の累計として算出した。睡眠時間帯の活動量は、中途覚醒時及び睡眠中の体動数の計測値である。

3. 結果

3.1 各被検者の睡眠パラメータの算出結果

AAQo1 による自覚症状は 6 症例ともに「寝つきが悪い」「心配事でよく眠れない」のいずれもスコア 2 (ほとんどなし) 以下で、「眠りが浅い」はスコア 3 (少しあり) 2 例, 他はスコア 2 以下であった。生活習慣については特に問題は認められなかった。

各被検者の一週間連続体動測定値から算出した睡眠パラメータを Table 2 に示した。睡眠に関して、睡

眠効率 は 全ての被検者において 90%以上だった。睡眠時活動量、及び中途覚醒は被検者間で差が生じた。着床時に関して、入眠潜時は被検者間で差が生じた。24 時間に関して、全ての被検者が平均睡眠時間は 6 時間以上だった。

### 3.2 ある被検者の腹痛時及び平常時の睡眠パラメータの算出結果

観察期間中に腹痛を発症した被検者 (ID #2) の一日ごとの測定結果を Fig. 2 に示した。一週間の内訳を一週間平均 (Day 1~8 の平均)、平常時平均 (Day 1~5 の平均)、腹痛前日 (Day 6)、腹痛 1 日目 (Day 7)、腹痛 2 日目 (Day 8) に分け、各睡眠パラメータの算出結果を Fig. 3~8 に示した。

5 日間の平常状態の後、腹痛前夜 (Day 6) に睡眠中活動量 (Fig. 6) 及び 5 分以上の中途覚醒回数 (Fig. 8) が増大し、睡眠効率 (Fig. 5) が 70%程度に低下した。睡眠日誌によると、腹痛前夜には腹痛の自覚症状は認めなかった。

腹痛 1 日目 (Day 7) は昼間覚醒時の活動量 (Fig. 3) 低下を認め、居眠り回数 (Fig. 4) が増加した。睡眠状態に関しては、睡眠効率が 90%に改善したものの、1 分以上の中途覚醒回数 (Fig. 7) が増加した。

腹痛 2 日目 (Day 8) は活動時の居眠り回数が減少したものの、中途覚醒回数が依然として平常時を上回った。一週間平均については、腹痛により睡眠時活動量及び中途覚醒回数は増加したものの、睡眠効率は 90%以上であった。

Table 2. Sleep parameter in each subject.

Sleeping								
ID #	Sleep efficiency		Number of wakening episodes (> 1 min)		Number of wakening episodes (> 5 min)		Mean activity	
	%		Number		Number		Number/min	
1	95.4	± 5.5	3.0	± 1.8	1.2	± 1.0	1.2	± 5.7
2	91.6	± 9.4	9.0	± 8.3	2.0	± 2.7	17.9	± 7.3
3	98.7	± 1.6	1.8	± 1.5	0.3	± 0.5	9.0	± 2.2
4	95.8	± 3.2	7.7	± 4.1	1.2	± 1.6	13.6	± 2.5
5	94.3	± 2.9	7.3	± 3.0	2.3	± 0.8	12.9	± 3.0
6	90.3	± 5.4	11.7	± 7.1	3.0	± 1.9	3.0	± 8.1

ID #	A whole day		Awaking		Lying	
	Total sleeping time		Mean activity		Sleep latency	
Min		Number/min		Min		
1	441.0	± 53.4	209.2	± 19.7	13.2	± 14.3
2	405.7	± 33.4	195.9	± 19.8	8.0	± 5.1
3	481.1	± 33.8	155.3	± 35.2	23.8	± 36.1
4	441.3	± 78.0	190.8	± 45.4	25.5	± 17.3
5	402.8	± 70.9	215.4	± 27.5	7.2	± 1.7
6	379.5	± 78.0	186.4	± 10.9	5.7	± 3.0

Data was expressed as mean±SD.

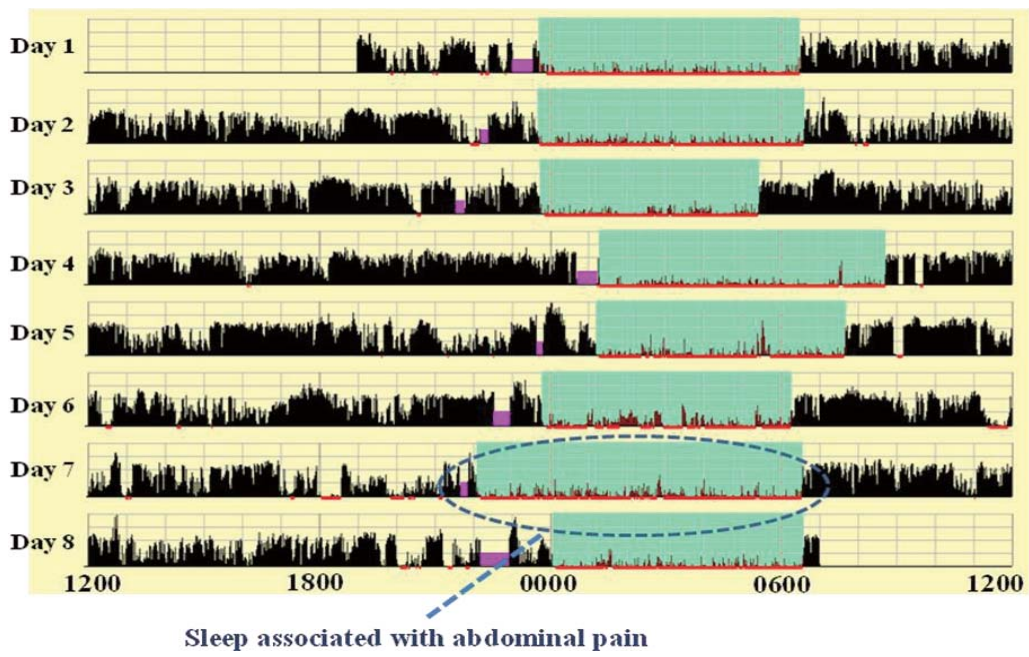


Fig. 2 Data from actigraph in a case (ID #2).

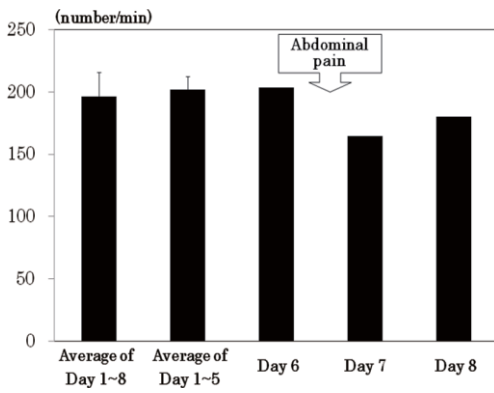


Fig. 3 Daytime mean activity (ID #2).

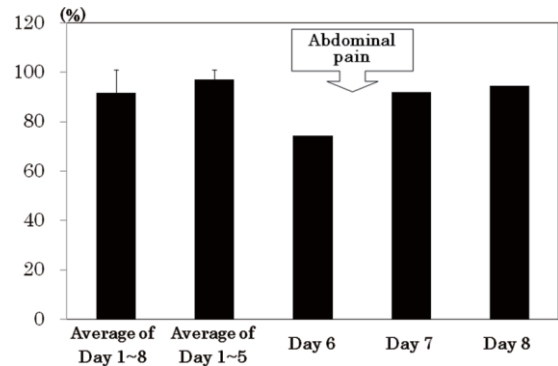


Fig. 5 Sleep efficiency (ID #2).

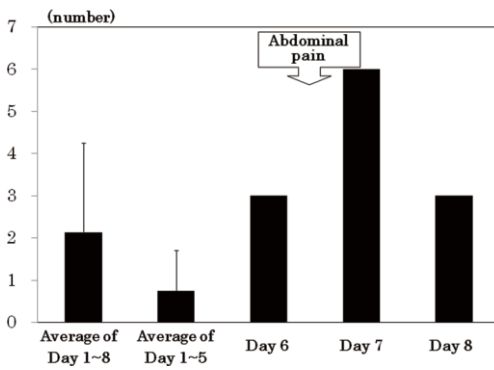


Fig. 4 Number of doze in a daytime (ID #2).

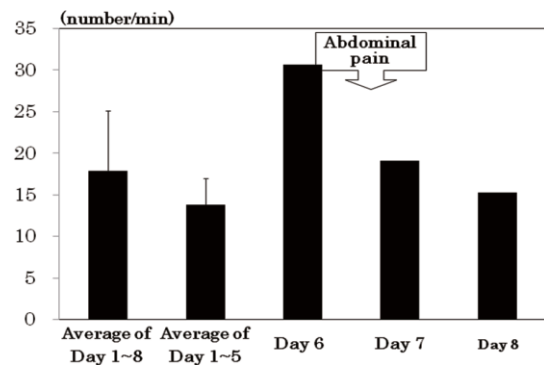


Fig. 6 Mean activity during sleep (ID #2).



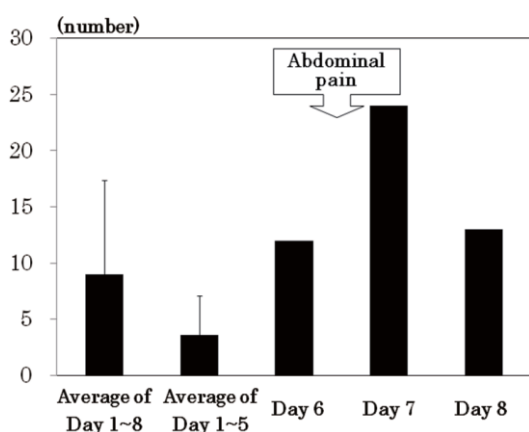


Fig. 7 Number of awakening episodes (> 1 min) (ID #2).

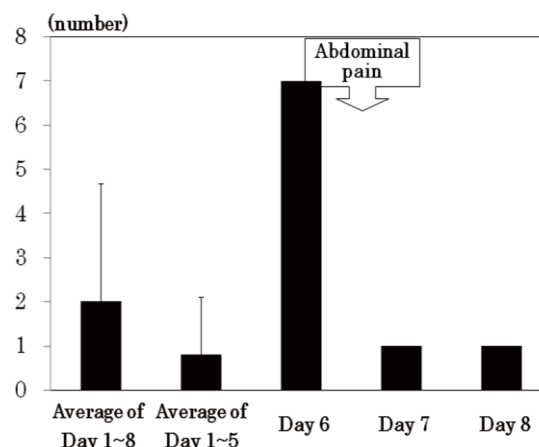


Fig. 8 Number of awakening episodes (> 5 min) (ID #2).

#### 4. 考案

##### 4.1 睡眠の質 (QOS) の評価

睡眠問題は(1) 短時間睡眠・中途覚醒型, (2) 長時間睡眠・中途覚醒型, (3) 睡眠状態良好型, (4) 入眠困難型, (5) 短時間睡眠・熟眠型の5類型に分類される<sup>10)</sup>. 睡眠問題の中でも, 入眠困難症状の保有が全体的なQOS低下に寄与する. 睡眠不足・睡眠覚醒リズムの乱れに関する啓発活動・入眠困難の早期発見・援助が重要である.

QOS評価にはPittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) やアテネ睡眠尺度などの問診票が使用されている<sup>10,17,20,21)</sup>. 本法は簡便であるが概略しかつかめない. QOS評価には終夜睡眠ポリグラフィ(PSG)による睡眠ステージ診断, 脳波及び筋電図を用いれば詳細な結果がえられる<sup>22)</sup>. しかし, 被検者負担が高く, 検査自体がQOSへ影響を及ぼす. 近年アクティグラフを用いたQOS評価についても報告されている<sup>23,24)</sup>. まだ日本人の症例数が少なく, 評価方法も十分に確立していない.

##### 4.2 アクティグラフによる睡眠パラメータ

アクティグラフを用いたモニタリングは, 活動量から推定される睡眠・覚醒状態の判断のみであり, 情報量としては格段に少ない. 一方, 同方法は被検者負担が少なく長期間の連続モニタリングが可能な

ことが特徴である. 従って, 測定後の速やかな被検者へのヒアリングが重要と考えられる. 以下に, 本研究の終了後に行った被検者へのヒアリング結果を参考に, 各睡眠パラメータについて考察する.

覚醒時の居眠りは, 覚醒時の極端な活動量の低下時に判断される. 従って, 本研究の被検者の場合, 会議やテレビの視聴時に居眠りと判断された可能性がある.

入眠潜時は, 光センサを併用し消灯時刻を知ること, あるいは被検者自身による消灯時刻の正確な記録など, 着床時刻を正確に知る術が必要である. 測定後に行ったヒアリングの結果, テレビの視聴中に寝てしまう, 測定器が気になって寝付けないなど, 被検者個々の振る舞いにより解析者が入眠を判定する際に困難が付きまとうと考えられる.

睡眠効率は, 活動量のみから睡眠・覚醒を判断する本方法において, QOSの定量的評価に最も適したパラメータと考えられる. 日中と比べて夜間は各被検者による独特な振る舞いが少ないと考えられるためである. 睡眠効率を低下させる原因として, 中途覚醒と見なされるほど多い活動量が上げられる. 睡眠時活動量が増加する原因として, 寝ぞう・いびきの悪化あるいは夜間排尿などが上げられる.

##### 4.3 各被検者の睡眠パラメータの算出結果

QOSに影響する因子として室温<sup>25)</sup>、騒音<sup>26)</sup>、飲酒<sup>27)</sup>、仕事の負荷<sup>28)</sup>、頻尿<sup>29)</sup>などがある。本研究についてもこれらの因子について焦点をあて調査したが、特に大きな問題点は認められなかった。

本研究の被検者は、年齢・職域・社会的地位こそ似通っているものの、各々の睡眠エピソードは大きく異なる。著者らは、睡眠パラメータが総合的に良質なID #1の被検者の睡眠を最も質の良い睡眠と考えている。また、ID #3の被検者は、入眠潜時が長く寝入りに欠点があるものの、中途覚醒回数が少なく総睡眠時間が8時間に達するなど、深く快適な睡眠をとっていたと考えられる。一方、ID #6の被検者は、睡眠日誌から特別変わったことが認められなかったにも関わらず、睡眠効率が低めで中途覚醒が多く、さらに総睡眠時間が短いことからQOSが低下していたと考えられる。

#### 4.4 展望

3次元加速度センサによる体動量監視はQOS及び昼間活動度の定量評価に有用な方法である。午後から夕方に行う軽運動は睡眠不足の傾向のある者に睡眠時間を増やす効果があり<sup>30-33)</sup>、これまで著者らは歩数管理型ウォーキング指導により身体活動量の上昇が心身に及ぼす影響について検討してきた。今後の研究に本センサによるQOS評価も加えてゆきたいと考える。

本研究は科学技術振興機構(JST)より2009年地域イノベーション創出総合支援事業「シーズ発掘試験」として研究助成を受けた。

#### 参考文献

- 1) 土井由利子, “【睡眠のメカニズムと睡眠障害】疫学—我が国の不眠症の疫学—”, 最新医学, **59**(3), 476-480 (2004).
- 2) T. Sukegawa, M. Itoga, H. Seno, S. Miura, T. Inagaki, W. Saito, J. Uegaki, T. Miyaoka, I. Momose, K. Kasahara, R. Oshiro, Y. Shimizu, R. Yasukawa, T. Mihara, T. Maeda, S. Mizuno, K. Tsubouchi, Y. Inami and J. Horiguchi, “Sleep disturbances and depression in the elderly in Japan”, *Psychiatry Clin Neurosci*, **57**(3), 265-270 (2003).
- 3) 田中和秀, 市村麻衣, 森信繁, 大川匡子, “【高齢者の睡眠と概日リズム】加齢による睡眠覚醒の変化”, 老年精神医学雑誌, **17**(12), 1259-1264 (2006).
- 4) 尾崎章子, 内山真, 荻原隆二, “百寿者の睡眠と心身の健康, 生活習慣”, 東邦大学医学部看護学科紀, **19**, 3-12 (2006).
- 5) 阿部緑, 工藤誓子, 佐々木大輔, “大学新入生の睡眠の質と Non-patient IBS に関する調査研究”, *CAMPUS HEALTH*, **38**(2), 317-320 (2002).
- 6) 石川りみ子, 奥間裕美, 上江洲榮子, 伊芸美代子, 島田みつ子, 金城絹子, 饒辺聖子, “看護学生の睡眠健康と食習慣に関する研究”, 沖縄県立看護大学紀要, **4**, 15-26 (2003).
- 7) 荒井弘和, 中村友浩, 木内敦詞, 浦井良太郎, “生活習慣の改善を意図した介入プログラムが夜間部に通う男子大学生の主観的な睡眠の質に与える影響”, 心身医学, **46**(5), 369-375 (2006).
- 8) H. Pallos, V. Gergely, N. Yamada, S. Miyazaki and Okawa M, “The quality of sleep and factors associated with poor sleep in Japanese graduate students”, *Sleep and Biological Rhythms*, **5**(4), 234-238 (2007).
- 9) S. Brand, B. Hermann, F. Muheim and J. Beck, “Holsboer-Trachsler E. Sleep patterns, work, and strain among young students in hospitality and tourism”, *Ind Health*, **46**(3), 199-209 (2008).
- 10) 山本隆一郎, 野村忍, “Pittsburgh Sleep Quality Index を用いた大学生の睡眠問題調査”, 心身医学, **49**(7), 817-825 (2009).
- 11) 柿沼充, “労働者の睡眠—IT企業における睡眠教育とその効果—”, 産業ストレス研究, **15**(4), 247-250 (2008).
- 12) 柿沼充, “職域における睡眠教育の介入研究とその実践例”, 交通医学, **62**(5-6), 145-151 (2008).
- 13) R. J. Cole, D. F. Kripke, W. Gruen, D.J. Mullaney and J. C. Gillin, “Automatic sleep/wake identification from

- wrist activity”, *Sleep*, **15**(5), 461-469 (1992).
- 14) S. Ancoli-Israel, R. Cole, C. Alessi, M. Chambers, W. Moorcroft and C. P. Pollak, “The role of actigraphy in the study of sleep and circadian rhythms”, *Sleep*, **26**(3), 342-392 (2003).
- 15) S. Ancoli-Israel, “Actigraphy”, In: M. H. Kryger, T. Roth, W. C. Dement eds, *Principles and Practice of Sleep Medicine*. Fourth Edition, Elsevier Saunders, Philadelphia, 1459-1467 (2005).
- 16) S. Shirakawa, “Ambulant Long-term Monitoring of Activity and Body Temperature”, *Medical and Biological Engineering*, **46**(2), 0-168 (2008).
- 17) Y. Yonei, Y. Takahashi, Y. Shionoiri and S. Inada, “Evaluation of the effect of  $\alpha$ Gel embedded mattresses as bedding on the mind and body”, *Anti-Aging Medicine* **4**(1), 11-18 (2007).
- 18) R. Miyazaki, T. Hasegawa, N. Fujioka, M. Iwabayashi, K. Nomoto, H. Takahashi, U. Hamada, H. Ichikawa, K. Ishii and Y. Yonei, “Effects on anti-aging indicators in middle-aged men of an intervention to prevent lifestyle-related diseases: pilot study utilizing a company-wide anti-aging medical checkup and pedometers”, *Anti-Aging Medicine*, **6**(9), 83-94 (2009).
- 19) E. Ravussin, “Physiology, A NEAT way to control weight?”, *Science*, **307**(5709), 530-531 (2005).
- 20) Y. Doi, M. Minowa, M. Uchiyama and M. Okawa, “Subjective sleep quality and sleep problems in the general Japanese adult population”, *Psychiatry Clin Neurosci*, **55**(3), 213-215 (2001).
- 21) 荒井弘和, 中村友浩, 木内敦詞, 浦井良太郎, “主観的な睡眠の質と身体活動および心理的適応との関連”, *心身医学*, **46**(7), 667-676 (2006).
- 22) 山本隆一郎, 野村忍, “Pittsburgh Sleep Quality Indexを用いた大学生の睡眠問題調査”, *心身医学*, **49**(7), 817-825 (2009).
- 23) 大久典子, 小川浩正, 村山伸樹, 吉田克己, “脳波と下顎筋電図による睡眠ステージ判定の試み”, *臨床病理*, **56**(10), 858-861 (2008).
- 24) 橋本加奈子, 宮島朝子, 南口陽子, 若村智子, “Actigramと睡眠日誌を用いた在宅療養者の睡眠状況の分析健康高齢者との比較を通して”, *兵庫県立看護大学紀要*, **8**, 1-10 (2001).
- 25) 小関誠, レカ・ラジュ・ジュネジャ, 白川修一郎, “アクチグラフを用いた L-テアニンの睡眠改善効果の検討”*日本生理人類学会誌*, **9**(4), 143-150 (2004).
- 26) 阪口篤士, 鈴木伸吾, 福井利尚, 岡田志麻, 藤原義久, 牧川方昭, 飯田健夫, “寝床内温度コントロールが睡眠に及ぼす影響—快適な寝床内環境の創造にむけて—”, *バイオメカニズム学術講演会予稿集*, **26**, 21-22 (2005).
- 27) 松井朝子, 澤田直子, 尾崎恵美, 十文字一二三, 二羽幸子, 松田トミ子, 前田知子, 角濱春美, “患者の睡眠の質と音環境との関連性—ICU 入室・一般病棟・退院時の経時的実態調査—”, *日本看護学会論文集:看護総合*, **36**, 79-81 (2005).
- 28) 近藤英明, 神林崇, 清水徹男, “【アルコールと生活習慣病】アルコールと睡眠障害”, *成人病と生活習慣病*, **34**(11), 1497-1500 (2004).
- 29) A. Nasermoaddeli, M. Sekine, S. Hamanishi and S. Kagamimori, “Job strain and sSleep suality in Japanese civil servants with special reference to sense of coherence”, *Journal of Occupational Health*, **44**(5), 337-342 (2002).
- 30) 吉成明子, 佐藤和佳子, 濱口菊枝, 押野まち子, “頻尿が及ぼす睡眠への影響”, *排尿障害ブラクティス*, **7**(3), 242-250, 1999.
- 31) Y. Sasazawa, M. Ogawa, T. Kawada, S. Suzuki and M. I. Z. Duki, “Afternoon exercise improves the quality of night sleep: a case study observed by EEG and self-rating scale”, *Journal of Occupational Health*, **40**(1), 37-43 (1998).
- 32) H. Tanaka, K. Taira, M. Arakawa, C. Urasaki, Y. Yamamoto, H. Okuma, E. Uezu, Y. Sugita and S. Shirakawa, “Short naps and exercise improve sleep quality and mental health in the elderly”, *Psychiatry Clin Neurosci*, **56**(3), 233-234 (2002).



- 33) 増田元香, 松田ひとみ, “活動的な高齢者における主観的睡眠感と運動量との関連”, 日本生理人類学会誌, **11**(4), 163-168 (2006).
- 34) 入江香織, 清水由美子, “夕方に行う軽運動がもたらす睡眠への効果”, トヨタ医報, **18**, 95-99 (2008).