自己覚醒法による短時間仮眠後の睡眠慣性抑制効果

広島大学

甲斐田幸佐・入戸野 宏

林 光緒・堀 忠雄

Preventive effects of self-awakening on sleep inertia a short nap

Kosuke KAIDA, Hiroshi NITTONO, Mitsuo HAYASHI, and Tadao HORI
Department of Behavioral Sciences, Faculty of Integrated Arts and Sciences,
Hiroshima University, 1-7-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, 739-8521, Japan

A short nap is effective to prevent the afternoon arousal reduction (i.e., post lunch dip). However, sleep inertia remains just after awakening from nap. This study examined whether the self-awakening prevent sleep inertia after short nap. 10 healthy graduated students participated in the study. They took a nap from 14:00 for around 15 min in the self-awakening condition or for 20min in the forced-awakening condition from lights off. A 5-min session consisting of auditory oddball task (4min) and Visual analog scale (VAS: 1min) was carried out continuously twice (10min) before and six times (30min) after the nap. P300 amplitude of the event related potential was used to evaluate arousal levels. The VAS was used to evaluate feeling of sleepiness. P300 amplitudes during post-nap sessions reduced significantly in the forced-awakening condition, while such reduction was not observed in the self-awakening condition. These results indicated that the arousal level after the nap was lower in the forced-awakening than the self-awakening condition. For the VAS scores, a feeling of sleepiness was improved after the nap. Especially, the improvement was greater in the self-awakening than forced-awakening condition. These results suggest that self-awakening was effective to reduce a post nap sleep inertia.

Key words: nap, sleep inertia, self-awakening, P300 amplitude

【要 約】 午後の眠気 (post lunch dip) を抑制するために短時間仮眠が有効であるが、仮眠後には睡眠慣性が残る。本研究では、短時間仮眠後の睡眠慣性を低減させることを意図して、自己覚醒の効果を検討した。実験参加者は、大学生・大学院生10名であった。参加者は14:00から、強制覚醒条件では20 min, 自己覚醒条件では約15min (10-20min) の仮眠をとった。仮眠前に2セッション (10min), 仮眠後に6セッション (30min) の課題を行った。課題は、客観的覚醒水準の指標であるP300を測定するための聴覚オドボール課題と主観的眠気および気分を測定するためのVisual analog scale (VAS) を用いた。分析の結果、仮眠後のP300振幅は、強制覚醒条件で有意に減少したが、自己覚醒条件では変化しなかった。また、仮眠後の主観的眠気および気分は、強制覚醒条件より自己覚醒条件で有意に改善した。以上の結果は、自己覚醒が仮眠後の睡眠慣性を抑制するために効果的であることを示唆している。

2001.1.29 受稿, 2001.3.13 受理

本研究は、文部科学省の平成12年度科学技術振興調整費による「日常生活における快適な睡眠の確保に関する総合研究」の一環として行われた。

序 論

14:00から16:00に生じる強い眠気 (post-lunch dip) が、覚醒水準や作業効率を低下させることは、広く知られている (Broughton, 1989, 1998). また、日中の交通事故は、14:00から16:00に頻発しており、この時間帯の眠気対策が必要とされている (Lavie, Wollman, & Pollack, 1986; Mitler, Carskadon, Czeisler, Dement, Dinges, & Graeber, 1988; Pack, Pack, Rodgman, Cucchiara, Dinges, & Schwab, 1995).

午後の眠気対策として短時間仮眠が有効である。先行研究で用いられている仮眠時間は15min (前田・有富・白川, 1994; Takahashi & Arito, 2000) または20min (Hayashi, Ito, & Hori, 1999a; Hayashi, Watanabe, & Hori, 1999b) であり、どちらにおいても眠気抑制効果が認められている。仮眠時間を短時間 (30min未満) にする目的は以下の2つである。ひとつは、仮眠中に徐波睡眠へ到達することを防ぎ、日中の仮眠が、その後の夜間主睡眠に与える入眠潜時の延長などの悪影響 (Karacan, William, Finley, & Hirsch, 1970) を防ぐことである。もうひとつは、徐波睡眠から覚醒することによって覚醒直後に残る強い眠気 (睡眠慣性) を最小限に抑えることである (Stampi, Mullington, Rivers, Campos, & Broughton, 1990; Hayashi et al., 1999a, b). 睡眠慣性は作業効率を低下させ生活に悪影響を及ぼすため (Dinges, 1989, 1992), 仮眠をとる際には、これらの制御が重要であると考えられている (玉木・城田・林・堀, 1999).

本研究では、仮眠直後の睡眠慣性を抑制するために自己覚醒 (self-awakening) を用いる。自己覚醒とは、ヒトがあらかじめ意図した時刻、または一定の経過時間後に自発的に覚醒することをいう (Moorcroft, Kayser, & Griggs, 1997). これに対して、目覚まし時計などを使って、ある時刻または一定の経過時間後に強制的に覚醒することを本研究では強制覚醒と呼ぶ。夜間睡眠において、日常的に自己覚醒を行っているヒトは全体の23%であり、目覚まし時計のベルが鳴る前に必ず目覚める場合を合わせると52%に達することが報告されている (Moorcroft et al., 1997). このことから、

自己覚醒は日常的によく経験される現象であると考えられる。

自己覚醒を習慣的に行っているヒトでは、目覚める以前から覚醒の準備がおこなわれるため (Born, Hansen, Marshall, Malle, & Fehm, 1999), 気持ちよく目覚めることができると考えられている。逆に、自己覚醒を意図することが睡眠を浅くし、主観的な睡眠の質を低下させるという報告もある (Bell, 1980; Carskadon, Herman, & Davis, 1990; Hawkins, 1989; Hawkins & Shaw, 1990). 一方で、入眠から90minでは、自己覚醒を意図した場合と意図しない場合で、睡眠ポリグラフで測定した睡眠内容に、差が認められないと報告されている (渡辺, 1969). 自己覚醒をすることにより、睡眠からの円滑な覚醒が可能となれば、自己覚醒を用いて目覚めた際の睡眠慣性は強制覚醒よりも低く抑えられると考えられる。

これまで、睡眠慣性の測定にはVisual analog scale (VAS) や (Hayashi et al., 1999a, b), 事象関連電位 (event related potential: ERP) が用いられてきた (Takahashi & Arito, 1998, 2000). VAS は、主観的な眠気や気分を評定する方法で、100mmの直線の両端に、例えば「眠い」「目覚めている」などの言葉が配置されている。参加者は、自分の状態に最もあてはまる部分に記しをつけ、現在の状態を表現する。VASの測定については、妥当性と信頼性が確かめられている (Monk, 1989). ERPでは、特にP300振幅が覚醒水準の指標として用いられている (Broughton, Aguirre, & Dunham, 1988; Walsleben, Squires, & Rothenberger, 1989; Ruijter, Ruiter, & Snel, 2000). Broughton et al. (1988) の報告によると、ナルコレプシー患者では、健常者に比べて日中の眠気が強く、睡眠潜時反復テスト (multiple sleep latency test: MSLT) を実施した際の入眠潜時は短く、P300振幅も低い。また、Ruijter et al. (2000) は、カフェインを摂取することにより、作業効率の向上とともにP300振幅は増大することを報告している。これらの知見から、P300振幅値が覚醒水準の指標として考えられており、振幅が大きいほど覚醒水準が高いとみなされている。従って、本研究では、P300振幅を覚醒水準の生理的な指標として用いた。

本研究の目的は、自己覚醒の持つ睡眠慣性抑制効果を明らかにすることとし、以下の仮説を検討した。

1. 自己覚醒により覚醒した方が、強制覚醒により覚醒した場合よりも仮眠後のパフォーマンスが高い。
2. 自己覚醒により覚醒した方が、強制覚醒により覚醒した場合よりも仮眠後のP300振幅が大きい。
3. 自己覚醒により覚醒した方が、強制覚醒により覚醒した場合よりも仮眠後の主観的眠気は低い。

方 法

参加者

健常大学生・大学院生14名（男性6名、女性8名：平均年齢 21.3 ± 1.34 歳）を対象とした。参加者は、夜間睡眠において自己覚醒経験があり、仮眠習慣を持っていなかった。参加者は、実験開始3日前から睡眠日誌に記入した。この睡眠日誌を用いて、実験日前の睡眠時間や就寝・起床時刻が普段よりも特になかったことを確認した。参加者には、実験前日から実験が終了するまで、アルコールは摂取しないよう教示した。また、実験当日は、カフェイン、ニコチン、その他の覚醒調整作用のある嗜好品や飲食物は摂取しないよう要請した。参加者には、研究目的、実験内容を十分に説明し、実験参加への同意を得た。

課題

P300振幅値の測定には聴覚オドボール課題を用いた。刺激は、1200Hz（20%, Target）と1000Hz（80%, Non-Target）のピップ音（持続時間100ms, rise/fall 10ms, 60dB）をヘッドホンからランダムな順序で呈示した。刺激間隔は1.2sであった。1セッションにつき200回の刺激を呈示し、低頻度刺激を標的刺激とした。参加者には、標的刺激検出後できるだけ早く右手第二指でボタン押しをするように求めた。なお、主観的眠気の測定には、100mmスケールのVAS（Monk, 1989）を使用した。

手続き

参加者は実験順応条件、自己覚醒による仮眠（自己覚醒条件: self-awakening）と強制覚醒による仮眠（強制覚醒条件: forced-awakening）を1日ずつ、計3日間実験に参加した。各条件には3日以上の間隔をあけた。自己覚醒条件と強制覚醒条件の実施順序は、参加者間でカウンターバランスをとった。実験のタイムスケジュールをFig. 1に示した。参加者は、脳波、眼電位、頤筋電位を記録するための電極を装着したあと、13:45から2セッション（10min）の課題を行った。課題1セッションは、聴覚オドボール課題4minと、その後VAS記入1minの計5minとした。その後、ベッドに移動し、安静状態を保った（計5min）。仮眠直前にVAS記入を行い、14:00から仮眠を開始した。仮眠終了後は、すぐにVAS記入を行い、椅子に移動したあと同様の課題を6セッション（30min）行った。自己覚醒条件では、「消灯から

Fig. 1 Time schedule of the experiment. Each session is consisted of VAS scoring and Oddball task which lasted 5 minutes. The vertical arrows in the figure indicate the timing of VAS ratings.

15分経過したと思った時点で、手もとのボタンを押して下さい。」と教示した。自己覚醒成功基準は、覚醒予定時刻から±5min以内とし、仮眠時間が10minから20minであった場合のデータを分析に用いた。強制覚醒条件では、「こちらから声をかけるまで寝て下さい」と教示し、自己覚醒条件における最大許容仮眠時間に揃えて、消灯から20min経過した時点で実験者がインターコムで声をかけて覚醒させた。

記録

脳波は国際10-20法に基づいて頭皮上の5部位(Fz, Cz, Pz, C3, O1)から両耳朶連結を基準部位として導出した。このうち3部位(Fz, Cz, Pz; 時定数: 3.2s)をERP測定用とし、他の2部位(C3, O1; 時定数: 0.3s)を用いて睡眠段階を判定した。垂直眼球運動は、眼窩下縁と眼窩上縁から、水平眼球運動は、両眼窩外側縁からそれぞれ双極導出した(時定数: 3.2s)。また、頤筋電位(時定数: 0.03s)を双極導出し、ストレインゲージ法を用いて胸部及び腹部の呼吸運動を記録した。頭皮上電極の接触抵抗値はすべて5kΩ以下とした。記録は紙記録(NEC三栄製1A97型ポリグラフ)とデジタル記録(Dell製Optiplex GX1, キッセイコムテック製Bimutus II)を同時に行い、デジタル記録時のサンプリング周波数は500Hzとした。

ERPの測定 刺激呈示前100msをベースラインとして、刺激呈示前100msから刺激呈示後500msまでの脳波を参加者、条件、刺激タイプごとに加算平均した。その際、誤反応試行および、脳波と眼電位のいずれかのチャンネルで分析区間内に±80μV以上の変動を含む試行は除外した。その後、総加算平均波形から、P300頂点を刺激後250-500msの範囲内の最大陽性ポイントとして同定した。本研究で得られたP300はPz部位で振幅が最大となったため、本報告での分析はPz部位に限った。総加算平均から得られた課題各セッションのP300潜時から±20msを平均振幅算出区間とし、各参加者でセッションごとに区間平均電位を算出した。

睡眠ポリグラフ指標 Rechtschaffen & Kales (1968)の基準に従って、20s毎に睡眠段階を判定し、睡眠変数を算出した。また、睡眠中の3s以

上の微小覚醒(micro arousal; 杉田・川上・渡辺・谷口・寺島・漆葉, 1998)の数を、ASDA (American Sleep Disorders Association and Sleep Research Society, 1992)の基準にしたがって算出した。

統計分析 統計学的分析は、Windows版SAS ver 6.12を使用して、繰り返しモデルによる2要因分散分析(条件×セッション)を行った。自由度は、Huynh-Feldtのεを用いて調整した。下位検定には、Tukey HSD検定および対応のあるt検定を用いた。

結果

自己覚醒できた参加者(自己覚醒成功者)は、14名中10名(71%)であった。自己覚醒できなかった参加者は、2名であり、残る2名は入眠することができなかった。従って、自己覚醒ができた参加者10名(男性4名、女性6名)のデータのみを分析に用いた。

睡眠変数 自己覚醒成功者の平均睡眠内容をTable 1に示した。自己覚醒条件における覚醒時刻は予定覚醒時刻よりも 1.1 ± 0.99 min早かった。全睡眠時間は、強制覚醒条件(18.3 ± 0.61 min)より自己覚醒条件(13.8 ± 1.18 min)で有意に短かった($t(9)=3.49, p<.01$)。その他の変数においては、両条件間で有意差が認められなかった。また、覚醒直前の睡眠段階は、自己覚醒条件では、Stage 1が2名、Stage 2が7名、Stage REMが1名であった。強制覚醒条件では、Stage 1が2名、Stage 2が8名で、条件間に睡眠段階分布(比)の差は認められなかった。

課題成績 課題正反応率は、両条件のすべてのセッションにおいて99.9%以上であった。一方、課題正反応時間において、条件の主効果および交互作用は認められなかった。

P300頂点振幅・頂点潜時 P300振幅の時系列変化を、Fig. 2に示した。セッションの主効果が認められ($F(7, 63)=3.77, p<.05, \epsilon=.42$)、強制覚醒条件において、仮眠前5minよりも仮眠後15minのP300振幅値が有意に低下していた($p<.05$)。また、条件とセッションの間に交互作用が認められた($F(7, 63)=2.20, p<.05, \epsilon=.91$)。下位検定の

Table 1 Means of sleep variables in the afternoon nap. The parentheses are SEs.

	Self-awakening	Forced-awakening	<i>t</i>	<i>p</i>
Total sleep time (min)	13.8(1.18)	18.3(0.61)	3.5	<0.01
Latency to stage 1 (min)	2.4(0.65)	1.7(0.61)	1.0	0.33
Sleep efficiency	84.7(4.20)	91.7(3.06)	1.6	0.15
% Wake	4.70(2.3)	7.83(2.6)	1.2	0.25
%Stage 1	46.65(6.8)	37.93(6.5)	1.2	0.17
%Stage 2	41.38(7.6)	53.37(8.2)	1.4	0.19
%Stage 3	—	—	—	—
%Stage 4	—	—	—	—
%Stage REM	7.27(7.2)	—	1.0	0.34
EEG arousals (times)	4.4(1.51)	6.1(1.36)	1.0	0.34

Fig. 2 P300 amplitudes before and after nap. Vertical bars indicate standard errors.

結果、P300振幅は、仮眠後15minで、自己覚醒条件より強制覚醒条件で有意に低下していた ($t(9)=2.18, p<.05$) 一方、P300頂点潜時には、主効果及び交互作用は認められなかった。

VAS得点 主観的眠気評価の結果をFig. 3に示した。図の縦軸は、VAS得点が高いほど眠気強いことを示している。仮眠後の眠気は、強制覚醒条件より、自己覚醒条件で改善しており、条件間に主効果が認められた ($F(1, 9)=7.53, p<.05$)。条件間の得点差は、仮眠後20minまで認められた (有意傾向差: $p<.10$ を含む)。また、条件とセッションの間に交互作用の傾向差が認められた ($F(9, 81)=1.79, p<.10, \epsilon=.79$)。下位検定の結果、自己覚醒条件においてセッションの単純主効果が認められ ($F(9, 81)=3.13, p<.05, \epsilon=.39$)、仮眠直前よりも仮眠後10minまでの間で眠気の有意な改

善が認められた (有意傾向差: $p<.10$ を含む)。

考察

本研究の結果、自己覚醒が短時間仮眠後の睡眠慣性を抑制することが明らかとなった。また、自己覚醒時刻は覚醒予定時刻より平均して1.1min早く、仮眠時間は自己覚醒条件では強制覚醒条件とくらべて短くなった。Lumley et al. (1986) は、60分以内の短時間仮眠では仮眠時間が長いほど、仮眠後の眠気改善効果が大きいことを報告している。本研究では強制覚醒条件の仮眠時間が長かった。したがって、仮眠時間だけを考慮すると、強制覚醒条件のほうが仮眠後の覚醒水準は高くなるはずである。ところが、自己覚醒条件のほうが仮眠後の覚醒水準は高く維持されていた。この結果から、自己覚醒が仮眠後の覚醒水準の維持に有用であるといえる。

Fig. 3 VAS scores of sleepiness before and after nap. Vertical bars indicate standard errors.

一方、先行研究で認められている、仮眠直後の強い睡眠慣性 (Stampi et al., 1990; Hayashi et al., 1999a, b) は両条件において認められなかった。この原因として、入眠前にすでに生じている午後の強い眠気のため、仮眠後の睡眠慣性が出現していないようにみえた可能性が考えられる。本研究では、入眠前に約 5min の仰臥開眼安静状態を設けた。このため、仮眠開始直前の眠気が上昇し、仮眠後の睡眠慣性として現われる眠気よりも強くなったと考えられる。このことから、仮眠後の睡眠慣性を検出するには、入眠前に眠気を強く喚起するような状況に参加者を置かないよう留意する必要性が示唆された。

自己覚醒の成功者は 71% であった。この結果は、夜間睡眠において睡眠ポリグラフ記録を行った場合の自己覚醒成功率 18% (Zepelin, 1986), 36% (Lavie et al., 1979), 42% (Zung & Wilson, 1970) と比べて、高い結果となった。今回は、自己覚醒の経験者を実験参加者に選定したため、成功率を高めることができたと考えられる。今後、自己覚醒の経験を持たない人を対象にしても同じ結果になるかどうか検討する必要があるだろう。

起床時の睡眠慣性は、覚醒直前の睡眠段階が深いほど強くなることが知られている (Stampi et al., 1990)。このため、覚醒直前の睡眠段階を統制して条件間比較を行う必要がある。本研究では、睡眠変数の項で述べたように、条件間に覚醒

直前の睡眠段階に違いが認められなかった。したがって、覚醒直前の睡眠段階に規定される睡眠慣性の強さは、条件間でほとんど変わらないと考えることができる。

課題正反応時間は、両条件間で有意差がなく、仮説 1 を支持しなかった。これは、反応時間検出に用いた聴覚オドボール課題の難易度が低すぎて、反応時間に天井効果が生じた結果であると考えられる。現に、課題正反応率も 99.9% で、ほぼ上限値を示している。従来、論理課題 (Baddeley, 1968)、記憶課題、減算課題 (Stampi et al., 1990) などの反応時間には仮眠の効果が確かめられている (Hayashi et al., 1999a, b; Takahashi & Arito, 1998, 2000)。今後は、課題内容や作業の性質による睡眠慣性の表出の違いを検討する必要があるだろう。

仮眠後の P300 振幅値は、自己覚醒条件よりも強制覚醒条件で低下していた。この結果は、仮説 2 を支持するものであった。強制覚醒条件においては、仮眠前 5min と比べて、仮眠後 15min で有意に低下していた。P300 振幅値が高いほど、覚醒水準は高いと考えられる (Broughton et al., 1988; Walsleben et al., 1989; Ruijter et al., 2000) ことから、強制覚醒条件では、仮眠後に約 15min の覚醒水準の一時的な低下が認められたといえる。一方、自己覚醒条件では、仮眠後の P300 振幅低下は認められなかった。従って、自己覚醒による覚

よる覚醒水準の回復・向上は認められなかったが、仮眠直後に覚醒水準が低下することは抑止されていると考えてよいであろう。また、Fig. 2を見ると、全体的な傾向として、両条件において、時間が経過するにつれてP300振幅値がゆるやかな低下勾配を示している。これは、単調なオドボール課題を繰り返し行った結果による、慣れ(habituation effect: Ravden & Polich, 1999)の影響であると考えられる。

主観的眠気は、仮眠後20minまで、強制覚醒条件よりも自己覚醒条件で低減していた。このことから、仮眠における自己覚醒は、強制覚醒よりも仮眠後の主観的眠気の改善効果が高く、その効果は仮眠後20min続いたといえる。したがって、仮説3は支持された。

本来、睡眠慣性は、仮眠直後に最も強く現れると考えられる(Stampi et al., 1990)。しかし、本研究では、主観的眠気・生理的覚醒水準ともに、仮眠後10min, 15minに比べて仮眠直後に改善していた。仮眠直後に実験者がシールドルーム内に入室した際の音などの影響で、主観的眠気は一時的に低減した可能性がある。また、参加者は、聴覚オドボール課題の準備のために、覚醒直後にベッドから椅子に移動する必要があった。この際の体動で、覚醒水準が一時的に上昇した可能性がある。仮眠直後の睡眠慣性を検出するために、今後は課題方法を工夫する必要があるだろう。

仮説2および3が支持されたことから、自己覚醒を利用した短時間仮眠は、睡眠慣性が相対的に弱いときにはすがすがしい覚醒感をもたらし、睡眠慣性が強いときでもこれと拮抗相殺して、覚醒後の心理・生理状態を適正に保つ効果をもつと考えられる。この効果は、一時的ではあるが睡眠慣性とは逆に眠気を抑える効果であり、これまでに報告されていない現象である。

興味深いことに、強制覚醒条件において仮眠前後のVAS(主観的指標)得点とP300振幅(生理的指標)は矛盾した結果を示した。強制覚醒条件において、仮眠後15minでP300振幅は低下しており、覚醒水準が低下していた。このことから、仮眠後15min経過すると、主観的眠気は上昇すると考えられる。しかし実際には、主観的眠気の上昇

はみられず、仮眠後で一定水準を維持していた。したがって、仮眠直後に主観的な眠気が改善しているようでも、仮眠後15minは睡眠慣性が完全に消失したわけではなく、覚醒水準は低下したままであるといえる。

以上の結果を合わせて考えると、強制覚醒で覚醒した直後から約15minまでは、覚醒水準が低下したままであるため、主観的には眠くないと感じても、車の運転などの小さな誤反応が重大な事故につながるような作業(Mitler et al., 1988)は控えるべきであると考えられる。このような主観的眠気と客観的覚醒水準のずれは、VASとTwo nap sleep test(TNST)を用いた研究でも確認されている(Philip, Ghorayeb, Leger, Menny, Bioulac, Dabadie, & Guilleminault, 1997)。一方、自己覚醒条件では、仮眠後、覚醒水準が一定に保たれており、かつ、主観的眠気は低減していた。従って、自己覚醒を用いた仮眠は、強制覚醒による仮眠以上に有用であるといえる。

引用文献

- American Sleep Disorders Association and Sleep Research Society 1992 EEG Arousals: Scoring rules and examples. *Sleep*, 15, 173-184.
- Baddeley, A. D. 1968 A 3 min reasoning task on grammatical transformation. *Psychonomic Science*, 10, 341-342.
- Bell, C. R. 1980 Awakening from sleep at a pre-set time. *Perceptual and Motor Skills*, 50, 503-508.
- Born, J., Hansen, K., Marshall, L., Malle, M., & Fehm, H. 1999 Timing the end of nocturnal sleep. *Nature*, 397, 29-30.
- Broughton, R. J. 1989 Chronobiological aspects and models of sleep and napping. In D. F. Dinges & R. J. Broughton (Eds.), *Chronobiological, behavioral, and medical aspects of napping*. New York: Raven Press. Pp. 71-98.
- Broughton, R. J. 1998 SCN controlled circadian arousal and the afternoon "nap zoon". *Sleep Research Online*, 1, 166-178.
- Broughton, R. J., Aguirre, M., & Dunham, W. 1988 A comparison of multiple and single sleep latency and cerebral evoked potential (P300) measures in the assessment of excessive daytime sleepiness in narcolepsy-cataplexy. *Sleep*, 11, 537-545.
- Carskadon, M. A., Herman, K. B., & Davis, S. S. 1990 Arousals in college students: can they beat the clock? *Sleep Research*, 19, 115.
- Dinges, D. F. 1989 Napping patterns and effects in human

- adults. In D. F. Dinges & R. J. Broughton (Eds.), *Sleep and alertness, chronobiological, behavioral, and medical aspects of napping*. New York: Raven Press. Pp. 171-204.
- Dinges, D. F. 1992 Adult napping and its effects on ability to function. In C. Stampi (Ed.), *Why we nap*. Boston: Birkhäuser. Pp. 118-134.
- Hawkins, J. 1989 Sleep disturbance in intentional self-awakening: behavior-genetic and transient factor. *Perceptual and Motor Skills*, 69, 507-510.
- Hawkins, J., & Shaw, P. 1990 Sleep satisfaction and intentional self-awakening: an alternative protocol for self-report data. *Perceptual and Motor Skills*, 70, 447-450.
- Hayashi, M., Ito, S., & Hori, T. 1999a The effects of a 20-min nap at noon on sleepiness, performance and EEG activity. *International Journal of Psychophysiology*, 32, 173-180.
- Hayashi, M., Watanabe, M., & Hori, T. 1999b The effects of a 20 min nap in the mid-afternoon on mood, performance and EEG activity. *Clinical Neurophysiology*, 110, 272-279.
- Karacan, I., Williams, R. L., Finley, W. W., & Hirsch, C. J. 1970 The effects of naps on nocturnal sleep: Influence in the need for stage-1, REM, and stage 4 sleep. *Biological Psychiatry*, 2, 391-399.
- Lavie, P., Oksenberg, A., & Zomer, J. 1979 It's time, you must wake up now. *Perceptual and Motor Skills*, 13, 334-339.
- Lavie, P., Wollman, M., & Pollack, I. 1986 Frequency of sleep related accidents and hour of day. *Sleep Research*, 15, 275.
- Lumley, M., Roehrs, T., Zorick, F., Lamphere, J., & Roth, T. 1986 The alerting effects of naps in sleep deprived subjects. *Psychophysiology*, 23, 403-408.
- 前田素子・有富良二・白川修一郎 1994 短時間の昼間仮眠の効果—眠気スケール (KSS) と反応時間による検討— *睡眠と環境*, 1, 63-68.
- Mitler, M. A., Carskadon, M. A., Czeisler, C. A., Dement, W. C., Dinges, D. F., & Graeber, R. C. 1988 Catastrophes, sleep, and public policy: consensus report. *Sleep*, 11, 100-109.
- Moorcroft, W. H., Kayser, K. H., & Griggs, A. J. 1997 Subjective and objective confirmation of the ability to self-awaken at a self-predetermined time without using external means. *Sleep*, 20, 40-45.
- Monk, H. T. 1989 A visual analog scale technique to measure global vigor and affect. *Psychiatry Research*, 27, 89-99.
- Pack, I. P., Pack, A. M., Rodgman, E., Cucchiara, A., Dinges, D. F., & Schwab, C. 1995 Characteristics of crashes attributed to the driver having fallen asleep. *Accident Analysis & Prevention*, 6, 769-775.
- Philip, P., Ghorayeb, I., Leger, D., Menny, J. C., Bioulac, B., Dabadie, P., & Guilleminault, C. 1997 Objective measurement of sleepiness in summer vacation long-distance drivers. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 102, 383-389.
- Ravden, D., & Polich, J. 1999 On P300 measurement stability: habituation, intra-trial block variation, and ultradian rhythms. *Biological Psychology*, 51, 59-76.
- Rechtschaffen, A., & Kales, A. 1968 *A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stage of human subjects*. Washington DC: National Institute of Health.
- Ruijter, J., De Ruiter M. B., & Snel J. 2000 The effects of caffeine on visual selective attention to color: an ERP study. *Psychophysiology*, 37, 427-439.
- 杉田義郎・川上章良・渡辺琢也・谷口充孝・寺島喜代治・漆葉成彦 1998 夜間の微小覚醒と眠気—上気道抵抗症候群と周期性四肢運動障害について— *臨床精神医学*, 27, 149-157.
- Stampi, C., Mullington, J., Rivers, M., Campos, J. P., & Broughton, R. 1990 Ultrashort sleep schedules: sleep architecture and recuperative value of 80, 50 and 20 min naps. In J. Horne (Ed.), *Sleep '90*, Pontenagel: Bochum. Pp. 71-74.
- Takahashi, M., & Arito, H. 1998 Sleep inertia and autonomic effects on post-nap P300 event-related potential. *Industrial Health*, 36, 347-353.
- Takahashi, M., & Arito, H. 2000 Maintenance of alertness and performance by a brief nap after lunch under prior sleep deficit. *Sleep*, 23, 813-819.
- 玉木宗久・城田愛・林光緒・堀忠雄 1999 高齢者における30分間の昼寝の回復効果 *老年精神医学雑誌*, 10, 1309-1317.
- Walsleben, J. A., Squires, N. K., & Rothenberger, V. 1989 Auditory event-related potentials and brain dysfunction in sleep apnea. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 74, 297-311.
- 渡辺博 1969 注意睡眠の神経機序に関する臨床的研究 *精神神経学雑誌*, 71, 631-652.
- Zepelin, H. 1986 REM sleep and the timing of self-awakenings. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 24, 254-256.
- Zung, W. W. K., & Wilson, W. P. 1974 Time estimation during sleep. *Biological Psychiatry*, 3, 159-164.