入眠への努力が入眠過程に及ぼす影響

広島大学大学院人間社会科学研究科

林 光緒

広島大学総合科学部

荻野裕史

The effects of efforts to fall asleep on the process of sleep onset

Mitsuo HAYASHI

Graduate School of Humanities and Social Sciences, Hiroshima
University

Hiroshi OGINO

Faculty of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University

Difficulty in falling asleep could be caused by physiological and cognitive arousal, including anxiety and worry. However, it is unclear which part of the sleep onset process is affected by cognitive arousal. This study examined the effects of the effort to fall asleep on the sleep onset process represented by nine EEG stages. Healthy male university students (N = 9, aged 21 to 23 years) without any sleep-related complaints participated in the study on two experimental nights. They were instructed to sleep when they felt sleepy (Neutral condition) or try to sleep as soon as possible (Effort condition). Results indicated the prolonged EEG Stage 1 (the alpha wave train) and Stage 4 (EEG flattening) in the Effort condition. These results suggest that the effort to fall asleep affects only the early part of the sleep onset process in which the arousal system has reduced activity.

Key words: insomnia, hyperarousal, effort to sleep, sleep onset period, EEG stages

【要約】 入眠困難は、生理的覚醒だけでなく不安や懸念などの認知的覚醒によっても生じると考えられている。しかし認知的覚醒によって入眠過程のどの部分が妨害されるのかについては明らかになっていない。本研究は、9つの脳波段階を用いて入眠努力が入眠過

程に及ぼす影響を検討した。睡眠愁訴をもたない健常な男子大学生（9名，21～23歳）が2夜の実験に参加した。彼らは眠くなったら眠る（中性条件）か，できるだけ早く眠る（努力条件）よう教示された。その結果，努力条件において，脳波段階1（ α 波連続期）と4（平坦期）の出現時間延長した。これらの結果から，入眠努力は覚醒系の活動が低下する入眠期初期にのみ影響を及ぼす可能性が示唆された。

キーワード: 不眠，過覚醒，入眠努力，入眠期，脳波段階

不眠障害（不眠症）は，入眠困難，睡眠維持困難，早朝覚醒を主訴とする睡眠障害であり，1）睡眠に対する愁訴が，2）眠る機会や環境が適切であるにも関わらず生じ，3）日中の機能障害を伴うものである（ICSD-3: American Academy of Sleep Medicine, 2014; DSM-5: American Psychiatric Association, 2013）。睡眠維持困難と早朝覚醒は，加齢や身体的問題の影響を受けやすい（Kim et al., 2000）。これに対して入眠困難は，成人に比べると中学生・高校生で多いが（兼板, 2010），成人の中では年齢差が少なく（Kim et al., 2000; 兼板, 2010），心理的要因の影響が強いと考えられている（宗澤ら, 2007）。

不眠障害の病態機序として多くのモデルが提唱されているが（Perlis et al., 2017），その代表的なモデルとして過覚醒モデル（Bonnet & Arand, 2010; Riemann et al., 2010）と認知モデル（Harvey et al., 2002, 2005）がある。過覚醒モデルでは，不眠症患者は心拍，ACTH やコルチゾルの分泌，体温，代謝活動，脳波の高周波帯域活動などが24時間をとおして亢進しており，このような慢性的な身体的・生理的過覚醒が不眠の原因となっているとしている（Bonnet & Arand, 2010; Riemann et al., 2010）。ただし，PET やfMRI など神経イメージングを用いた研究では，情動刺激に対する扁桃体の応答が不眠症患者と健常者で変わらないことや（Baglioni et al., 2014），認知課題中に多くの脳領域が健常者より不眠症患者で低活性化していることなど（Altena et al., 2008; Drummond et al., 2013），過覚醒では説明のつかない事象も報告されている（Kay & Buysse, 2017）。

これに対して不眠の認知モデル（Harvey, 2002, 2005）では，認知・行動的悪循環が認知的覚醒を高め，これが不眠症状を継続させる原因になっているとする。「眠れるかどうか」といった睡眠に対する心配や，翌日への影響の懸念などが認知的覚醒を生み出すとともに不快な感情を高め，入眠困難や睡眠維持困難を生じさせる。また，このような認知的覚醒によって，室内外の音が気になるなど睡眠に関連する刺激への選択的注意が高まったり，実際よりも眠れていないと誤知覚したりする。また，不眠症患者は，「8時間寝ないとだめだ」などのように睡眠についてのこだわりや信念をもっていることが多く，眠くなくてもできるだけ長時間の睡眠をとろうとして早く就床しようとするなど睡眠に対する安

全行動をとろうとする。しかし、このような睡眠に対する信念や安全行動によって、さらに心配と懸念や不快な気分が高まり、悪循環が生じる、というものである。

この二つのモデルは、不眠障害に対して主として身体的・生理的側面に重きをおくか、認知的側面に重きをおくかの違いはあるが、いずれも不眠症患者における生理的・認知的覚醒が不眠障害の病態に深く関与しているという点で共通している。特に入眠困難においては、生理的覚醒だけでなく、認知的覚醒が強く関与しており (Lemyre et al., 2020), 就床直前の思考や感情といった入眠時の認知活動 (Harvey, 2000) が、入眠潜時の延長に関与することが報告されている (Kalmbach et al., 2020; Pillai et al., 2014; Wuyts et al., 2012; Zoccola et al., 2009)。

入眠時認知活動の内容は多岐にわたるが (Lemyre et al., 2020), 不眠症患者では睡眠に関する内容が多く、ネガティブな傾向が強い (Harvey, 2000; Lemyre et al., 2020)。とりわけ入眠困難者は、入眠時認知活動のなかでも寢床で過剰に眠ろうと意識する「不眠へのこだわり」が強く (宗澤ら, 2007), 眠ろうと努力するほど不眠の重症度が高まる (Hertenstein et al., 2015)。このように、眠ろうと努力する「入眠努力」は、認知的覚醒を高める原因となっている (Espie, 2007; Espie et al., 2006)。

しかしながら、入眠努力が入眠に及ぼす影響については、入眠努力を測定する質問紙である Glasgow Sleep Effort Scale (Broomfield & Espie, 2005) を用いた研究は散見されるものの (Hertenstein et al., 2015), 知見が乏しいことが以前より指摘されたままであり (Schwartz & Carney, 2012), 実験的に検証した研究も少ない。そのなかで、Gross & Borkovec (1982) は、健常者に対してできるだけ早く眠るよう教示し、その際の睡眠ポリグラムを記録した。しかし、起床後にスピーチをするよう求めていたため、その結果には入眠努力とスピーチ不安による影響が混在してしまっている。Ansfield et al. (1996) も、健常者に対してできるだけ早く眠るよう教示した条件と、いつ眠ってもよいと教示した条件を比較したが、就床時には音楽を聴取させているため、入眠努力単独の効果は不明である。これに対して、Rasskazova et al., (2014) は、健常者に対してできるだけ早く眠るよう教示するばかりでなく、入眠潜時の短さに応じて金銭報酬を上げることで入眠努力への動機づけを高めた。その結果、入眠努力によって中途覚醒は増加したものの、入眠潜時が延長することはなく、入眠への悪影響は確認できなかった。

一方、不眠症患者が入眠努力をしないようにするため、「起き続けている」よう指示する逆説志向は、米国睡眠医学会 (American Academy of Sleep Medicine: AASM) では、不眠症患者に対する治療法としての基準 (standard) には達していないものの、推奨すべきガイドライン (Guideline) であるとしている (Morgenthaler et al., 2006)。しかし、逆説志向によって不眠症患者の主観的な入眠潜時が短縮したという報告はあるものの

(Lemyre et al., 2020) , 活動量計を用いた研究では必ずしもその効果は確かめられていない (Broomfield & Espie, 2003) 。

このように、入眠努力は入眠過程に多大な影響を及ぼすことが想定されているものの、その影響についてはほとんど検討できていない。入眠努力に関する知見が乏しいことに加え、方法論的問題点も存在する。例えば、Glasgow Sleep Effort Scale (Broomfield & Espie, 2005) などの質問紙を用いた研究では、入眠過程を直接検討することはできない。これに対して、睡眠を客観的に測定する方法として活動量計を用いた研究も散見されるが、活動量計は睡眠ポリグラム (Polysomnogram: PSG) とおおむね相関が認められるものの、個人間の変動が大きく、特に不眠症患者の場合では PSG より 4~14 分過小評価される傾向にあり、PSG との相関もほとんどみられない (Scott et al., 2020) 。一方、睡眠を客観的に評価する方法として最も標準的な PSG では、脳波、眼電図、筋電図の 3 つの指標を用いて、20 秒ないし 30 秒毎に睡眠段階 1~4 のノンレム睡眠とレム睡眠、および覚醒の 6 段階を分類する (Rechtschaffen & Kales, 1968) 。この睡眠段階の国際判定基準は、一晩の睡眠経過を調べるには非常に優れた方法であるが、入眠期については覚醒、睡眠段階 1 および睡眠段階 2 の区別しかできないため、入眠過程を詳細に調べるには必ずしも適切とは言えない。したがって、入眠過程を詳細に調べるには、これら以外の方法を用いる必要がある。

覚醒から睡眠に至るまでの入眠期には、脳波が多彩な変化を示す。そこで Hori et al. (1994) は、入眠期の脳波を 5 秒ごとに 9 段階に分類してこれを脳波段階とし、入眠過程の進行に伴う行動指標と主観判断の変遷過程を調べた (Figure 1) 。脳波段階には、以下のような特徴がみられる (Hori et al., 1994; Tanaka et al., 1996, 1997; 森川, 2008) 。1) α 波が連続して出現する脳波段階 1 (Hori scale 1: H1: Ogilvie, 2001; α 波連続期) と、 α 波が不連続であるが区間の 50% 以上出現する脳波段階 2 (H2: α 波不連続期 A[% α $\geq$ 50]) は、睡眠段階の国際判定基準 (Rechtschaffen & Kales, 1968) において覚醒と判定され、 α 波が不連続で区間の 50% 未満となる脳波段階 3 (H3: α 波不連続期 B[% α < 50]) は睡眠段階 1 と判定される。2) α 波が消失し脳波全体が平坦となる脳波段階 4 (H4: 平坦期) は持続時間が短く、不安定な時期である。3) θ 波が出現する脳波段階 5 (H5: θ 波期) は、睡眠段階 1 の中核的段階であり、入眠期脳波段階の中では最も安定している。4) 頭蓋頂鋭波が単独で出現する脳波段階 6 (H6: 頭蓋頂鋭波散発期)、複数出現する脳波段階 7 (H7: 頭蓋頂鋭波頻発期)、および、睡眠紡錘波の基準 (持続時間 0.5 秒以上ないし 6 波出現すること; Rechtschaffen & Kales, 1968) を満たさない未成熟な紡錘構成波が出現する脳波段階 8 (H8: 頭蓋頂鋭波 + 紡錘構成波期) は持続時間が短く、不安定な時期である。5) 睡眠段階 2 の

Figure 1

指標である睡眠紡錘波が出現する脳波段階 9 (H9: 紡錘波期) は安定した時期であり、これ以降は脳波の徐波化とともに睡眠が速やかに深化する。

Figure 1 に示す通り、これら脳波段階の進行とともに音刺激に対する反応時間が延長し、これらの段階で起こすと、「眠っていた」という睡眠感が増加するとともに、「目が覚めていた」という覚醒感が減少する (Hori et al., 1994)。また、この脳波段階は、種々の行動指標や主観指標、脳波以外の生理指標とも対応があることが報告されている (Ogilvie, 2001)。このように入眠期の脳波段階は、行動反応や主観評価、種々の生理指標と対応していることから、入眠期の認知過程を検討するために好適であると言える。入眠困難に対して入眠期の脳波段階を適用した成澤らは、入眠困難者は健常者に比べて H2, 3, 5 が長いこと (成澤ら, 2019)、就床前に不安を喚起させると H5~8 の出現潜時が延長すること (Narisawa, 2015) を報告している。また、実験室で初めて PSG を記録するとふだんより寝つきが悪くなるとともに睡眠の質が低下する、いわゆる第 1 夜効果が生じるが、入眠期の脳波段階に及ぼす第 1 夜効果の影響を調べた Tamaki et al. (2005) も、第 2, 3 夜と比べて第 1 夜で H1, 2, 4 が増加し、H2, H3 の出現潜時が延長したことを報告している。これらの結果は、入眠努力に対して入眠期脳波段階を適用することの有用性を示唆している。

以上をふまえて、本研究は、入眠期の脳波段階を用いて、入眠努力が入眠過程に及ぼす影響を検討した。ここで、「努力」とは、広辞苑第 7 版 (新村, 2018) によると「目標実現のため、心身を労してつとめること、ほねをおること」であり、日本国語大辞典第二版 (日本国語大辞典第二版編集委員会, 2001) によると「力をこめて事をする。あることを成し遂げるために、休んだり怠けたりすることなく、つとめ励むこと、また、それに用いる力」である。いずれも、「努力」の中には、(1) 実現すべき目標と、(2) それを達成するための行動、の二つの要素が含まれている。これを入眠努力に敷衍すると、入眠努力とは、「眠るために、つとめ励むこと」であり、入眠努力の中には、(1) 眠ろうと強く企図すること (目標) と、(2) 眠るための具体的方略をとること (行動) の二つの要素が含まれていると言える。先述の通り、入眠困難者は過剰に眠ろうと意識するこだわりが強く (宗澤ら, 2007)、眠ろうとする強い企図をもっている。そこで本研究では、入眠努力の二つの要素のうち、「眠ろうと強く企図すること」に着目し、実験参加者に対してできるだけ早く眠るよう教示することによって入眠への強い企図を喚起させることとした。眠るための具体的方略については千差万別であり、とりうる方略には個人差が大きいことも想定されるため、特に指示することはせず、参加者に委ねることとした。また、入眠困難者では、彼ら特有の入眠時のネガティブな認知活動 (Harvey, 2000; Lemyre et al.,

2020) が入眠過程に影響を及ぼす可能性がある。そこで本研究では、実験参加者として健常者を選定した。

方法

実験参加者

睡眠の愁訴をもたない健常な男子大学生 9 名 (21~23 歳, 平均 21.4 ± 0.7 歳) が実験に参加した。全員, 睡眠習慣が規則的で寝つきに問題はなく, 日中に 30 分以上の昼寝をとる習慣を持っている者や喫煙者はいなかった。

事前に実施した睡眠習慣調査票 (堀, 1998) の結果は Table 1 のとおりであった。普段の睡眠時間は 433.3 分 ($SD = 40.0$ 分), 就床時刻は 0:50 ($SD = 30.0$), 起床時刻は 8:18 ($SD = 69.7$), 入眠潜時は 16.1 分 ($SD = 8.3$), 中途覚醒回数は 0.2 回 ($SD = 0.7$) であった。

Table 1

過去 1 ヶ月の睡眠の質について, 18 項目の質問から構成されているピッツバーグ睡眠質問票日本語版 (土井ら, 1998) の得点は, 2~5 点であった。ピッツバーグ睡眠質問票の得点範囲は 0~21 点であり, 5 点以下であれば睡眠が良好であると評価される (Buysse et al., 1989; 土井ら, 1998)。今回, 全員が 5 点以下であり, 自身の睡眠を良好なものと評価していた。

STAI 特性不安 (清水・今栄, 1981) は, 平均 46.44 点 ($SD = 8.8$) であり, 大学生の平均得点である 45.75 点 (清水・今栄, 1981) とほぼ同等であった。

入眠時の不安については, 入眠時認知活動尺度 (宗澤ら, 2007) の 3 因子のうち「眠れないことへの不安」と, 「眠れないことがもたらす影響への心配」の 2 因子について, 各項目 4 件法で回答を求めた。3 点満点 (0: まったくあてはまらない, 3: かなりあてはまる) で得点化した結果, 5 項目からなる「眠れないことへの不安」因子と, 6 項目からなる「眠れないことがもたらす影響への心配」因子の得点は, それぞれ 3.3 (± 3.0) 点と 7.3 点 (± 3.7) であった。これを 3 点満点に換算すると前者は 0.7 点, 後者は 1.2 点であり, 参加者は普段から入眠への不安や心配を感じていなかった。

参加者は事前に実験内容について説明を受けた後, 同意書に署名した。本研究は学内倫理委員会の承認を得て実施され, 得られた個人データは個人名が特定できないよう記号化したうえで分析を行った。

実験デザイン

無理に眠ろうとせず, 眠くなったタイミングで眠るよう教示した条件 (以下, 中性条件) と, できるだけ早く眠るよう教示した条件 (以下, 努力条件) の 2 条件を実施した。

生理指標

生理指標として、対側耳朶 (A1, A2) を基準として脳波 (C3, C4, O1, O2) と、左右眼窩外 1cm の位置から左右眼電位を単極導出した。また、頤筋筋電位を双極導出した。これら脳波、眼電図、筋電図の睡眠ポリグラム記録は、デジタル脳波計 (日本光電製 EEG-1100) を用いて行い、時定数は脳波 0.3 秒、眼電図 1.0 秒、筋電図 0.003 秒とした。ハイカットフィルタは 60Hz とし、すべての電極抵抗は 5k Ω 以下とした。

全夜における睡眠段階を、国際判定基準 (Rechtschaffen & Kales, 1968) に従って、20 秒毎に判定するとともに、消灯から睡眠段階 2 が出現するまでの入眠期の脳波を 5 秒毎に視察判定し、9 つの脳波段階 (Hori et al., 1994) に分類した。

入眠潜時は、消灯から睡眠段階 1 が 3 分以上持続した最初の区間までの時間とした。また、各脳波段階が最初に出現するまでの脳波段階出現潜時と、各脳波段階の出現時間を算出した。なお、紡錘波出現以降の睡眠段階 2 の脳波は、平坦期、 θ 波期、紡錘波期、K 複合波期、周波数が高い δ 波期、周波数が低い δ 波期、およびこれらの脳波が混在する混合期の 7 つに分類できる (Hayashi et al., 2013)。消灯後、初発の紡錘波が出現してから 5 分以内は平坦期と θ 波期が大半を占め (Hayashi et al., 2013)、必ずしも紡錘波が連続して出現するわけではない。そこで本研究では、H9 (紡錘波期) については、出現時間は算出せず、消灯からの出現潜時のみ算出した。

主観指標

実験参加者の項で記載したとおり、参加者の睡眠習慣や個人特性に関する指標として睡眠習慣調査票 (堀, 1998)、ピッツバーグ睡眠質問票日本語版 (土井ら, 1998)、STAI 日本語版の特性不安 (清水・今栄, 1981)、入眠時認知活動尺度 (宗澤ら, 2007) を用いた。

実験前 1 週間は、参加者の就床・起床時刻を記録するために、睡眠日誌を用いた。

実験当日は、就床前と起床後に Visual analogue scale (VAS; Folstein & Luria, 1973) を用いて眠気 (0: 全く眠くない, 100: 非常に眠い) と疲労 (0: 全く疲れていない, 100: 非常に疲れている) を測定するとともに、STAI 日本語版 (清水・今栄, 1981) による状態不安の評価を行った。さらに起床直後に入眠潜時 (分)、睡眠時間 (分)、中途覚醒 (回) を回答してもらうとともに、VAS を用いて、寝つきのよさ (0: 非常に悪い, 100: 非常に良い)、眠りの深さ (0: 浅かった, 100: 深かった)、普段と比較した寝つきの長さ (0: いつもより短かった, 100: いつもより長かった) に回答してもらった。さらに、起床時の自覚的な睡眠の評価法である OSA 睡眠感調査票 MA 版 (山本ら, 1999) に回答して

もらうとともに、入眠時の不安と心配を測定するため入眠時認知活動尺度（宗澤ら，2007）にも回答してもらった。

OSA 睡眠感調査票 MA 版は、「起床時眠気」（4 項目）、「入眠と睡眠維持」（5 項目）、「夢見」（2 項目）、「疲労回復」（3 項目）、「睡眠時間」（2 項目）の 5 因子 16 項目で構成されている。「寝つきがよかった - 寝つきが悪かった」など、各項目は対になる言葉が 4 段階尺度の両端に配置されており、1 と 4 を「非常に」、2 と 3 を「やや」とする 4 段階評定であった。各因子の得点が高いほど、睡眠の評価が高かったことを示す。

手続き

実験 1 週間前に実験に関する説明を行い、同意書に署名してもらうとともに、睡眠習慣調査票、ピッツバーグ睡眠質問票日本語版、STAI 日本語版の特性不安、入眠時認知活動尺度に回答してもらった。またこの日に睡眠日誌を渡した。

実験当日までの 1 週間は、参加者の普段の時刻に合わせて就床・起床時刻を固定してもらった。毎日、同じ時刻に就床・起床することを動機づけることと、これらが固定できたかどうかを確認するために、1 週間の間、毎日睡眠日誌をつけてもらった。

健常者を対象として入眠期における第 1 夜効果を調べた Tamaki et al. (2005)によれば、第 1 夜は第 2 夜および第 3 夜と比べて各脳波段階が延長していたが、第 2 夜と第 3 夜の間では入眠過程に差は見られなかった。そこで本研究では 3 夜連続で実験を実施し、1 夜目を順応夜、2 夜目ないし 3 夜目を実験夜（中性条件または入眠条件）とした。条件の実施順序は参加者間でランダムとした。

実験当日は、普段の就床時刻の 2 時間前に実験室に来てもらい、まず脳波・眼電図・筋電図測定用の電極を装着した。電極装着後、VAS による眠気と疲労の評価と、STAI 日本語版の状態不安に回答してもらった。就床予定 5 分前に恒常環境ボックス内のベッドにはいってもらい、就寝の準備を行った。続けて、両条件で以下の教示を行ったのち、消灯後、眠ってもらった。

中性条件では、「明かりがついている間は目を開けていてください。明かりが消えたら、自分の眠くなったタイミングで眠ってください。目を開けておくか閉じておくかは自由です。眠れない場合は、無理に眠ろうとはせず、のんびりとくつろいでいてください。おやすみなさい。」と教示し、努力条件では、「明かりがついている間は目を開けていてください。明かりが消えたら、出来るだけ早く寝てください。もし、なかなか眠れなくて

もベッドから出ることなく、早く眠りにつくことに集中してください。おやすみなさい。」と教示した。

翌朝、参加者の普段の起床時刻にマイクロフォンで呼びかけて起きてもらった。起床後、VAS による眠気と疲労、主観的睡眠内容、OSA 睡眠感調査票 MA 版、入眠時認知活動尺度、STAI 日本語版の状態不安に回答してもらうとともに、参加者が教示通りに実行したかどうかの確認を行った。これらに回答してもらった後、電極を脱着し実験を終了した。

統計的検定

各脳波段階の出現潜時および出現時間については、条件×脳波段階の繰り返しのある分散分析を実施した。出現潜時については、逆数変換を行った後に分析した。有意差検定には、Huynh-Feldt による自由度調整を行った。交互作用が有意であった場合は、脳波段階ごとに t 検定を行い、Holm 法を用いて条件間の差を検定した。その他の指標については、繰り返しのある t 検定を用いて条件間の差を検定した。以上の統計検定には、STATISTICA 06J (StatSoft 社) を用いた。

結果

夜間睡眠変数

睡眠ポリグラム記録による全夜の睡眠変数については、努力条件の方が中性条件より入眠潜時（努力： 5.6 ± 2.9 分，中性： 3.7 ± 2.1 分），睡眠段階 1 潜時（努力条件： 4.2 ± 1.9 分，中性： 2.7 ± 1.8 分）ともに有意に長かった。また、睡眠段階 1 は努力条件（ 42.4 ± 25.2 分）の方が中性条件（ 28.7 ± 15.3 分）より長い傾向を示したが（ $p = .07$ ），他の睡眠変数には有意な条件差はみられなかった（Table 2）。

脳波段階の出現潜時

消灯から各脳波段階への出現潜時を Figure 2 に示した。条件×脳波段階の繰り返しのある分散分析の結果、交互作用が有意であった [$F(8, 64) = 5.76$, $\epsilon = .125$, 偏 $\eta^2 = .418$, $p < .05$]。下位検定の結果、H2（ α 波不連続期 A [% $\alpha \geq 50$]）と H3（ α 波不連続期 B [% $\alpha < 50$]），H5（ θ 波期）において入眠努力条件の方が統制条件よりも潜時が有意に長かった（ $ps < .02$ ）。

脳波段階の出現時間

入眠期の各脳波段階の出現時間を Figure 3 に示した。条件×脳波段階の繰り返しのある分散分析の結果、交互作用が有意であった [$F(7, 56) = 3.91$, $\epsilon = .791$, 偏 $\eta^2 = .328$, $p < .05$]。

Table 2

Figure 2

Figure 3

下位検定の結果、H1 (α 波連続期) と H4 (平坦期) において、努力条件の方が中性条件より出現時間が長かった ($p < .001$)。

主観指標

就床前の眠気と疲労、状態不安については条件間で有意差は見られなかった (Table 3)。起床後に実施した主観的睡眠内容の評価については、入眠潜時は、中性条件で 14.2 分 ($SD=8.8$)、努力条件で 13.3 分 ($SD=7.9$) であったが、有意な条件差は見られなかった。その他の主観的睡眠内容や起床時睡眠感、入眠への不安尺度についても、有意な条件差はみられなかった。

Table 3

考察

本研究は、入眠期の脳波段階 (Hori et al., 1994) を用いて、眠ろうと努力する入眠努力が入眠過程に及ぼす影響を検討した。入眠努力によって H1 (α 波連続期) と H4 (平坦期) の出現時間が延長した。それによって H2 (α 波不連続期 [$\% \alpha \geq 50$]) と H3 (α 波不連続期 [$\% \alpha < 50$])、および H5 (θ 波期) の出現潜時が延長するとともに、入眠潜時も延長した。中途覚醒など夜間の睡眠内容には影響はみられず、就床直前・直後の気分や不安、起床後の睡眠感にも入眠努力の影響はみられなかった。

入眠期は、Figure 1 に示したように、脳波の変化からみると、 α 波が連続して出現している時期 (H1)、 α 波が減衰し、完全に消失するまでの時期 (H2~4)、 θ 波の出現とともに徐波化していく時期 (H5)、頭蓋頂鋭波が出現し始める時期 (H6,7)、紡錘波が活動を開始し始める時期 (H8,9) に大別することができる。これに対して、脳波以外の生理的指標や行動的指標、主観的指標との関連を俯瞰した Ogilvie (2001) は、入眠期を、(1) 入眠期の開始期として α 波が変化する時期 (H1~4) (以降、入眠期初期)、(2) 中間期として θ 波と頭蓋頂鋭波が出現する時期 (H5~8) (以降、入眠期中期)、(3) 覚醒の終了時期として紡錘波に関連する時期 (H8,9) (以降、入眠期終期) の 3 つにまとめている。本研究の結果、入眠努力は H1~4 に出現したが、H5 以降にはその影響はみられなかった。そこで以降は、Ogilvie がまとめた入眠期初期、中期、終期にそって考察を進める。

入眠期初期では脳波以外の生理的指標として、手掌の皮膚電位水準が急激に低下し (Hori, 1982)、入眠期特有の緩徐眼球運動が生じ始める (Hori, 1982; 広重, 2006)。音刺激に対する事象関連電位 (event-related potential: ERP) である N100 と、聴覚事象の変化に対して生じるミスマッチ陰性電位は、覚醒中と入眠期初期 (H1~4) には生じるが、 θ 波の出現 (H5) とともに消失し、入眠期中期・終期には出現しない (堀ら, 1999; Nittono

et al., 2001)。行動反応では、音刺激に対するボタン押し反応を求めると、入眠期初期 (H1~4) ではほとんど応答できるが、 θ 波の出現 (H5) とともに応答性が低下し始める (堀ら, 1999)。さらに入眠期の心理的体験は、入眠期初期では、今日一日の出来事の回想や明日の予定など日常生活での積極的な精神活動である「通常の思考」が最も多いが、入眠期中期以降減少する (林ら, 1998)。以上の結果から考えると、 α 波が連続して出現している H1 は、覚醒系の活動が亢進しており、睡眠系の活動が完全に抑制されていること、 α 波が減衰していく入眠期初期の H2~4 は、睡眠系の活動が高まり始めているが、覚醒系の活動もある程度維持されていると考えることができる。本研究において就床時に眠ろうと努力する入眠努力が、入眠期初期の H1 (α 波連続期) と H4 (平坦期) の持続時間を延長させたという結果は、入眠努力によって覚醒系の活動がより亢進したことを示している。

本研究の結果は、入眠期における第 1 夜効果の影響を検討した Tamaki et al. (2005) や、スピーチ不安が入眠期に及ぼす影響を検討した Narisawa (2015) の結果とほぼ同等である。Tamaki et al. の研究では、第 1 夜効果は入眠期初期の H1, H2, H4 で現れ、入眠期中期以降の H5~9 には影響はみられなかった。H4 (平坦期) は第 2 夜以降に減少するだけでなく、H4 を飛び越えて H3 から H5 に移行するパターンも増加した。持続時間が短く、不安定な時期である H4 (Tanaka et al., 1996, 1997) が第 1 夜で増加したことから、Tamaki et al. は、H4 の出現時間は環境適応や心理的ストレスのマーカーとして利用できるだろうと述べている。本研究の結果においても入眠努力によって H4 が延長したことから、入眠時における認知的覚醒の影響を調べるには、H4 が有用かもしれない。一方、Narisawa (2015) は、起床後にスピーチを行ってもらうことを教示することで就床前に不安を喚起させたところ、不安を喚起しない条件との間で、各脳波段階の出現時間には差はみられなかったが、入眠期中期 (H5~8) の出現潜時が有意に延長した。H5 の出現潜時は入眠初期の H1~4 の合計時間とほぼ同等であると考え、不安喚起条件で入眠期初期全体の時間が延長したことになる。以上の結果は、入眠努力や第 1 夜効果などの軽度のストレス、不安などの認知的覚醒が覚醒系を亢進させ、過覚醒を生じさせたことを示している。

入眠期における脳波の徐波化は睡眠系の活動の亢進を示しているが (Morikawa et al., 1997; Tanaka et al., 1996, 1997)、音刺激に対する ERP の変化も、入眠期中期に睡眠中の注意機構が活動していることを示している。例えば、環境の逸脱音に対して入眠期初期には出現しなかった P240-N360 が入眠期中期以降に出現する (Nittono et al., 2001)。P200, N300, P400, N550 も入眠期初期には出現しないが、頭蓋頂鋭波 (H6,7) が出現し始めると出現する (堀ら, 1999)。この N300-P300-N550 は睡眠段階 2 に出現する K 複合を構成する成分であり、N300 の振幅が高いと K 複合が誘発されることから、N300 は K 複合のトリガーとしての役割を担っていることが指摘されている (Colrain et al., 2000; 堀,

2000)。さらに N300 は頭蓋頂鋭波と波形が似ているだけでなく、頭皮上分布もよく似ており中心部優勢に出現することから (Colrain et al., 2000; 堀ら, 1999), N300 と頭蓋頂鋭波の発生機序は同じである可能性が高い (堀ら, 1999)。また, 入眠期に特有に生じる入眠時心像は, 入眠期初期から生じるが, その発生率は, 入眠期中期の H5 と H6 で最も高い (Hori et al., 1994; 林ら, 1998)。ただし, 音刺激に対するボタン押し反応は H5 まで高い水準を維持し, H6 で急激に低下するものの 40% 以上を維持しており (堀ら, 1999), これらの段階では, 「目が覚めている」との主観報告も認められる (Figure 1; Hori et al., 1994)。このように外部刺激に対して比較的容易に応答できる入眠期中期 (H5~8) は, 睡眠系の活動が活発化しているものの, まだ完全に睡眠にスイッチが切り替わっているわけではなく, 相対的に覚醒系の活動が抑制されている時期であると考えることができる。

睡眠段階 2 のマーカーである紡錘波の活動が生じる入眠期終期 (H8,9) は, 入眠期中期よりもさらに脳波の徐波化が進むとともに (Morikawa et al., 1997), 行動反応が著しく低下する (堀ら, 1999)。心理的体験も不明瞭になり忘却が増加する (林ら, 1998)。このことから, 入眠期終期は, 覚醒系の活動が完全に抑制され, 睡眠が開始している時期であると言える。入眠期終期においても入眠努力 (本研究) や第 1 夜効果 (Tamaki et al., 2005), 不安 (Narisawa, 2015) の影響は現れていない。このことは, いったん睡眠系の活動が活発化し, 覚醒系の活動が抑制されれば, 入眠努力をはじめとする認知的覚醒も低減することを示している。

夜間睡眠全体を俯瞰すると, 本研究の結果, 入眠努力によって入眠潜時が延長するとともに, 睡眠段階 1 が長くなる傾向がみられた。この結果は, 入眠潜時の短さに応じて金銭報酬を上げると教示し, 入眠努力への動機づけを高めた Rasskazova et al.(2014) の研究結果とは異なる。Rasskazova et al. は, 日中の 1 時間の仮眠に対して入眠努力を行った条件と, リラックスしてベッドに横になっているよう教示した中性条件とを比較した。入眠努力によって中途覚醒が増加したが, 入眠潜時や睡眠段階 1 の長さに条件差はみられなかった。この実験では, 昼寝の習慣をもたない参加者が過半数を超えており, 中性条件の入眠潜時は 13.7 分であった。日中の眠気の客観的指標である反復睡眠潜時検査では, 日中の平均睡眠潜時が 10~15 分であれば軽度の眠気とされる (Thorpy, 1992)。これに対して本研究の中性条件の入眠潜時は 3.7 分であり, 反復睡眠潜時検査では重度の眠気と判定される値である。このように, 本研究と Rasskazova et al. の研究では, 睡眠の時間帯やその長さなどの実験条件が異なっている上に, 就床時の覚醒レベルも異なっているため, 得られた結果を単純に比較することはできない。しかし, 上記のように本研究の参加者は眠気が比較的強く, すぐに眠ってしまう可能性が高い状態であったにもかかわらず, 入眠努力条件において入眠潜時が延長した。このことから, 入眠潜時が 10 分間以内の寝つきが早い

人や眠気の比較的強い人においても、入眠努力は入眠に悪影響を及ぼすことが示唆される。

一方、Rasskazova et al.は、中途覚醒について検討したものの、睡眠段階判定では覚醒と判定されない微小覚醒 (Halász et al., 2004)については検討していない。本研究において入眠努力によって睡眠段階 1 が増加したのは、微小覚醒が増えたためかもしれない。あるいは、入眠努力が中途覚醒後の再入眠過程に影響を及ぼした可能性も考えられる。入眠努力が夜間睡眠中の微小覚醒や、中途覚醒後の再入眠過程に及ぼす影響については、あらためて検討する必要があるだろう。

本研究には、いくつかの点で限界がある。まず、参加者が 9 名と少なかった点である。第二に、参加者は健常者であり、入眠困難者ではなかった。普段、入眠への不安は感じておらず、睡眠に対する愁訴を持っていなかった。そのため、入眠困難者における入眠努力と、本研究の入眠努力は質的に異なる可能性がある。就床時の認知的覚醒の程度も異なる可能性があり、本研究の結果を入眠困難者にそのまま当てはめることは難しいかもしれない。不眠障害では覚醒中のみならず、睡眠中にも生理的過覚醒が生じることが指摘されていることから (Bonnet & Arand, 2010; Riemann et al., 2010)、不眠傾向者に対して今回の方法を用いた場合には、入眠期後半にも入眠努力の影響が認められるかもしれない。今後は、健常者だけでなく、不眠傾向者についても同様の検討を行うことが必要だろう。

第三に、本研究の実験参加者は大学生であった。大学生は、あらゆる年齢層のなかで生活習慣が最も乱れやすく、睡眠が不規則な者や夜型生活の者が多数を占める (林, 2020)。総務省による平成 28 年社会生活基本調査 (総務省統計局, 2017) の結果では、15 歳以上の日本人の平均就床時刻は 23:15 であり、平均起床時刻は 6:32 であった。これに対して本研究の参加者は、普段の平均就床時刻が 0:50、起床時刻が 8:18 と、社会生活基本調査の結果に比べて 1.5 時間以上、睡眠相が後退していた。このように大学生特有の夜型傾向が本研究の実験参加者にも認められた。成人では入眠困難の発生率には年齢差が少ないことが報告されているが (Kim et al., 2000; 兼板, 2010)、今回の結果が、成人全体の傾向として捉えることができるか、今後、さらなる検討が必要である。

第四に、本研究では、入眠への企図が入眠過程に影響を及ぼすことを示したが、入眠への企図の程度による影響や、入眠努力の二つ目の要素である「眠るための具体的方略」、また、入眠への強い企図によって生じたであろうネガティブな入眠時認知活動の影響については検討していない。また、無理に眠ろうとせず、眠くなったタイミングで眠るよう教示した中性条件と、できるだけ早く眠るよう教示した努力条件のそれぞれにおいて、どのような認知活動が生じたかについては明らかではない。入眠努力は認知的覚醒を高める原因となっており (Espie, 2007; Espie et al., 2006)、入眠への企図が強いほどネガティブな認知活動や情動反応が生じやすい。したがって、入眠努力が入眠過程に直接的に影響

響を及ぼしたというより、むしろ、入眠時認知活動や情動反応などを媒介した間接的効果の影響が大きいことが考えられる。また、眠るためにとった方略の有効性が入眠過程に直接影響を及ぼすことも考えられる。これら入眠過程に影響を及ぼす種々の要因間の関係については、今後、さらなる検討が必要であろう。

健常者の場合、入眠期は H1 から H9 まで速やかに進行していく。上記のような種々の限界点はあるものの、本研究の結果、入眠努力は覚醒系の活動亢進によって入眠期初期に影響を及ぼすが、睡眠系の活動が亢進する入眠期後期には影響を及ぼさない可能性が示唆された。

【 利益相反 】

本研究は、利益相反に該当しない。

【 謝辞 】

本研究は、文部科学省科学研究費補助金基盤研究 (C) 「入眠困難者における過覚醒が入眠過程に及ぼす影響」 (課題番号 19K03340, 代表者: 林 光緒) の援助を受けて実施された。

引用文献

- American Academy of Sleep Medicine (2014). *International Classification of Sleep Disorders*. (3rd ed.). Darien, IL: American Academy of Sleep Medicine.
- American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). Washington, DC: American Psychiatric Association.
- Ansfield, M. E., Wegner, D. M., & Bowser, R. (1996). Ironic effects of sleep urgency. *Behaviour Research and Therapy*, 34, 523-531.
- Altena, E., van der Werf, Y. D., Sanz-Arigita, E. J., Voorn, T. A., Rombouts, S. A. R. B., Kuijer, J. P. A., & van Someren, E. J. W. (2008). Prefrontal hypoactivation and recovery in insomnia. *Sleep*, 31, 1271-1276.
- Baglioni, C., Spiegelhalder, K., Regen, W., Feige, B., Nissen, C., Lombardo, C., ... & Riemann, D. (2014). Insomnia disorder is associated with increased amygdala reactivity to insomnia-related stimuli. *Sleep*, 37, 1907-1917E.
- Bonnet, M. H., & Arand, D. L. (2010). Hyperarousal and insomnia: state of the science. *Sleep Medicine Reviews*, 14, 9-15.
- Broomfield, N. M., & Espie, C. A. (2003). Initial insomnia and paradoxical intention: an experimental investigation of putative mechanisms using subjective and actigraphic measurement of sleep. *Behavioural and Cognitive Psychotherapy*, 31, 313-324.
- Broomfield, N. M., & Espie, C. A. (2005). Towards a valid, reliable measure of sleep effort. *Journal of Sleep Research*, 14, 401-407.
- Buysse, D. J., Reynolds, III, C. F., Monk, T. H., Berman, S. R., & Kupfer, D. J. (1989). The Pittsburgh sleep quality index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Research*, 28, 193-213.
- Colrain, I. M., Webster, K. E., Hirst, G., & Campbell, K. B. (2000). The roles of vertex sharp waves and K-complexes in the generation of N300 in auditory and respiratory-related evoked potentials during early stage 2 NREM sleep. *Sleep*, 23, 97-106.
- 土井由利子・箕輪真澄・内山真・大川匡子 (1998). ピッツバーグ睡眠質問票日本語版の作成 精神科治療学, 13, 755-763.
- Drummond, S. P. A., Walker, M., Almklov, E., Campos, M., Anderson, D. E., & Straus, L. D. (2013). Neural correlates of working memory performance in primary insomnia. *Sleep*, 36, 1307-1316.
- Espie, C. D. (2007). Understanding insomnia through cognitive modelling. *Sleep Medicine*, 8, S3-S8.

- Espie, C. D., Broomfield, N. M., MacMahonb, K. M. A., Macphee, L. M., & Taylor, L. M. (2006). The attention intention effort pathway in the development of psychophysiologic insomnia: a theoretical review. *Sleep Medicine Reviews*, 10, 215-245.
- Folstein, M. F., & Luria, R. (1973). Reliability, validity, and clinical application of visual analogue mood scale. *Psychological Medicine*, 3, 479-486.
- Gross, T. T., & Borkovec, T. D. (1982). Effects of a cognitive intrusion manipulation on the sleep-onset latency of good sleepers. *Behavior Therapy*, 13, 112-116.
- Halász, P., Terzano, M., Parrino, L., & Bódizs, R. (2004). The nature of arousal in sleep. *Journal of Sleep Research*, 13, 1-23.
- Harvey, A. G. (2000). Pre-sleep cognitive activity: a comparison of sleep-onset insomniacs and good sleepers. *British Journal of Clinical Psychology*, 39, 275-286.
- Harvey, A. G. (2002). A model of insomnia. *Behaviour Research and Therapy*, 40, 869-893.
- Harvey, A. G. (2005). A cognitive theory and therapy for chronic insomnia. *Journal of Cognitive Psychotherapy: An International Quarterly*, 19, 41-59.
- 林 光緒 (2020). 大学生における睡眠衛生指導 日本睡眠学会 (編) 睡眠学 第 2 版 (pp. 432-435) 朝倉書店
- Hayashi, M., Fushimi, A., & Iizuka, H. (2013). Detection of electroencephalogram features of sleep stage 2 by a new scoring system. *Sleep and Biological Rhythms*, 11, 245-253.
- 林 光緒・加藤孝一・堀 忠雄(1998). 脳波段階と入眠時心像の変化 広島大学総合科学部起用IV理系偏, 24, 59-73.
- Hertenstein, E., Nissen, C., Riemann, D., Feig, B., Baglioni, C., & Spiegelhalder, K. (2015). The exploratory power of sleep effort, dysfunctional beliefs and arousal for insomnia severity and polysomnography-determined sleep. *Journal of Sleep Research*, 24, 399-406.
- 広重佳治(2006). 入眠状態に関する生理心理学的研究 風間書房
- Hori, T. (1982). Electrodermal and electro-oculographic activity in a hypnagogic state. *Psychophysiology*, 19, 668-672.
- 堀 忠雄 (1998). 睡眠習慣の実態調査と睡眠問題の発達の検討 平成 7 年度～平成 9 年度文部科学省科学研究費補助金 (基盤研究 (A)) 研究成果報告書
- 堀 忠雄(2000). 睡眠中の注意 (見張り番機構) と事象関連電位. 基礎心理学研究 19, 60-65.
- 堀 忠雄・江畑昭之・上田一貴・田中秀樹・道田奈々江・林 光緒(1999). 入眠期における ERP 中・後期成分のトポグラフィ変動 臨床脳波, 41, 637-642.

- Hori, T., Hayashi, M., & Morikawa, T. (1994). Topographical EEG changes and the hypnagogic experience. In R. D. Ogilvie, & J. R. Harsh (Eds.), *Sleep onset: normal and abnormal processes*. (pp. 237-253). Washington, D. C.: Psychological Association.
- Kalmbach, D. A., Buysse, D. J., Cheng, P., Roth, T., Yang, A., & Drake, C. (2020). Nocturnal cognitive arousal is associated with objective sleep disturbance and indicators of physiologic hyperarousal in good sleepers and individuals with insomnia disorder. *Sleep Medicine*, 71, 151-160.
- 兼板佳孝 (2010). 現代社会における不眠の疫学と社会生活への影響 睡眠医療, 4, 128-134.
- Kay, D. B., & Buysse, D. J. (2017). Hyperarousal and beyond: new insights to the pathophysiology of insomnia disorder through functional neuroimaging studies. *Brain Sciences*, 7, 23; doi:10.3390/brainsci7030023.
- Kim, K., Uchiyama, M., Okawa, M., Liu, X., & Ogihara, R. (2000). An epidemiological study of insomnia among the Japanese general population. *Sleep*, 23, 41-47.
- Lemyre, A., Belzile, F., Landry, M., Bastien, C. H., & Beaudoin, L. C. (2020). Pre-sleep cognitive activity in adults: a systematic review. *Sleep Medicine Reviews*, 50, 101253.
- Morgenthaler, T., Kramer, M., Alessi, C., Friedman, L., Boehlecke, B., Brown, T., ... Swick, T. (2006). Practice parameters for the psychological and behavioral treatment of insomnia: an update. An American Academy of Sleep Medicine Report. *Sleep*, 29, 1414-1419.
- 森川俊雄 (2008). 入眠期の精神生理学 堀忠雄 (編) 睡眠心理学 (pp. 114-129) 北大路書房
- Morikawa, T., Hayashi, M., & Hori, T. (1997). Auto power and coherence analysis of delta-theta band EEG during the waking-sleeping transition period. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 103, 633-641.
- 宗澤岳史・伊藤義徳・根建金男 (2007). 大学生を対象とした入眠時認知活動尺度の形成と信頼性・妥当性の検討 行動療法研究, 33(2), 123-132.
- Narisawa, H. (2015). Using evoked anxiety to clarify the psychophysiological features of difficulty falling asleep in napping conditions of young adults. *Japanese Journal of Biometeorology*, 51(4), 151-160.
- 成澤 元・高橋敏治・八木朝子・千葉伸太郎・佐々木三男 (2019). 入眠困難者の入眠期における生理心理学的指標の動態 —脳波段階と自律神経活動の指標を用いて— バイオフィードバック研究, 46(1), 11-18.

- 日本国語大辞典第二版編集委員会 (編) (2001). 日本国語大辞典第二版. 小学館.
- 新村 出 (編) (2018). 広辞苑第 7 版. 岩波書店.
- Nittono, H., Momose, D., & Hori, T. (2001). The vanishing point of the mismatch negativity at sleep onset. *Clinical Neurophysiology*, 112, 732-739.
- Ogilvie, R. D. (2001). The process of falling asleep. *Sleep Medicine Reviews*, 5, 247-270.
- Perlis, M. L., Ellis, J. G., Kloss, J. D., & Riemann, D.W. (2017). Etiology and pathophysiology of insomnia. In M. H. Kryger, T. Roth, & W. C. Dement (Eds.), *Principles and practice of sleep medicine* (4th ed.) (pp. 769-784). Philadelphia: Elsevier.
- Pillai, V., Steenburg, L. A., Ciesla, J. A., Roth, T., & Drake, C. L. (2014). A seven day actigraphy-based study of rumination and sleep disturbance among young adults with depressive symptoms. *Journal of Psychosomatic Research*, 77, 70-75.
- Rasskazova, E., Zavalko, I., Tkhostov, A., & Dorohov, V. (2014). High intention to fall asleep causes sleep fragmentation. *Journal of Sleep Research*, 23, 297-303.
- Rechtschaffen, A., & Kales, A. (1968). *A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects*. Washington, D. C: Public Health Service, U. A. Government Printing Office.
- Riemann, D., Spiegelhalder, K., Feige, B., Voderholzer, U., Berger, M., Perlis, M., & Nissen, C. (2010). The hyperarousal model of insomnia: a review of the concept and its evidence. *Sleep Medicine Reviews*, 14, 19-31.
- Schwartz, D. R., & Carney, C. E. (2012). Mediators of cognitive-behavioral therapy for insomnia: a review of randomized controlled trials and secondary analysis studies. *Clinical Psychology Review*, 32, 664-675.
- Scott, H., Lack, L., & Lovato, N. (2020). A systematic review of the accuracy of sleep wearable devices for estimating sleep onset. *Sleep Medicine Reviews*, 49, 101227.
- 清水秀美・今栄国晴 (1981). STATE-TRAIT ANXIETY INVENTORY の日本語版 (大学生用) の作成. 教育心理学研究, 29, 62-67.
- 総務省統計局(2017). 平成 28 年社会生活基本調査 総務省統計局 統計データ 平成 28 年社会生活基本調査 <http://www.stat.go.jp/data/shakai/2016/index.html> (2021 年 3 月 31 日)
- Tamaki, M., Nittono, H., Hayashi, M., & Hori, T. (2005). Examination of the first-night effect during the sleep-onset period. *Sleep*, 28, 195-202.
- Tanaka, H., Hayashi, M., & Hori, T. (1996). Statistical features of hypnagogic EEG measured by a new scoring system. *Sleep*, 19, 731-738.

- Tanaka, H., Hayashi, M., & Hori, T. (1997). Topographical characteristics and principal component structure of the hypnagogic EEG. *Sleep*, 20, 523-534.
- Thorpy, M. J. (1992). The clinical use of the multiple sleep latency test. *Sleep*, 15, 268-276.
- Wuyts, J., De Valck, E., Vandekerckhove, M., Pattyn, N., Bulckaert, A., Berckmans, D., ... Cluydts, R. (2012). The influence of pre-sleep cognitive arousal on sleep onset processes. *International Journal of Psychophysiology*, 83, 8-15.
- 山本由華吏・田中秀樹・高瀬美紀・山崎勝男・阿住一雄・白川修一郎 (1999). 中高年・高齢者を対象とした OSA 睡眠調査票 (MA 版) の開発と標準化 脳と精神の医学, 10, 401-409.
- Zoccola, P. M., Dickerson, S. S., & Lam, S. (2009). Rumination predicts longer sleep onset latency after an acute psychosocial stressor. *Psychosomatic Medicine*, 71, 771-775.

Figure 1. EEG stages and physiological, behavioral and subjective changes during hypnagogic state, drawn by the authors based on the data of Hori, Hayashi & Morikawa, 1994)

Figure 2. Latency from light off to each EEG stage.

Figure 3. Duration of each EEG stage.

Table 1
Characteristics of the Participants.

Variables	Range	<i>M</i>	(<i>SD</i>)
Daily Sleep habits			
Sleep Time (min)	360 - 480	433.3	(40.0)
Retiring Time	0:00 - 1:30	0:50	(30.0)
Wake-up Time	6:00 - 10:00	8:18	(69.7)
Sleep Latency (min)	3 - 30	16.1	(8.3)
Wake After Sleep Onset	0 - 2	0.2	(0.7)
Pittsburgh Sleep Quality Index	2 - 5	3.6	(0.9)
STAI-State Anxiety	29 - 56	46.4	(8.8)
Pre-Sleep Cognitive Activity Scale			
Anxiety about Sleep Onset insomnia (0 -15 Points)	0 - 10	3.3	(3.0)
Worry about the Influence of Sleep-Onset Insomnia (0 - 18 Points)	2 - 13	7.3	(3.7)

Table 2
Sleep Variables (minutes) of the Experimental Nights.

Sleep Variables	Neutral Condition		Effort Condition		<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M</i>	(<i>SD</i>)	<i>M</i>	(<i>SD</i>)		
Time in Bd	404.9	(25.4)	405.6	(25.9)	0.37	n.s.
Total Sleep Time	393.9	(23.5)	394.5	(24.7)	0.28	n.s.
Wake Time	10.6	(5.1)	12.5	(4.5)	1.00	n.s.
Wake After Sleep Onset	7.3	(5.3)	7.6	(3.2)	0.16	n.s.
Sleep Efficiency (%)	97.3	(1.1)	97.3	(0.7)	0.03	n.s.
Sleep Stages						
Stage 1	28.7	(15.3)	42.4	(25.2)	2.09	0.07
Stage 2	200.6	(35.4)	207.7	(39.6)	0.74	n.s.
Stage 3	40.6	(10.5)	43.2	(10.4)	0.69	n.s.
Stage 4	27.4	(25.4)	17.2	(12.0)	1.56	n.s.
Slow Wave Sleep (Stage 3 + 4)	68.0	(25.7)	60.4	(15.1)	1.04	n.s.
Stage REM	96.7	(20.1)	84.0	(20.9)	1.62	n.s.
Sleep Latency	3.7	(2.1)	5.6	(2.9)	2.43	0.04
Latencies to Sleep Stage 1	2.7	(1.8)	4.2	(1.9)	4.26	0.003
Latencies to Sleep Stage 2	9.3	(2.4)	11.4	(4.0)	1.61	n.s.

Table 3
Subjective Ratings of Mood and Anxiety.

Subjective Ratings	Neutral Condition		Effort Condition		<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M</i>	(<i>SD</i>)	<i>M</i>	(<i>SD</i>)		
Before Bedtime						
Sleepiness	57.7	(26.3)	71.1	(20.3)	1.63	n.s.
Fatigue	66.4	(16.6)	54.2	(27.6)	1.59	n.s.
State Anxiety	36.3	(7.1)	35.7	(7.8)	1.58	n.s.
After Awakening						
Sleepiness	72.1	(13.3)	55.0	(17.3)	1.72	n.s.
Fatigue	52.0	(19.6)	41.1	(20.7)	1.87	n.s.
State Anxiety	38.7	(9.4)	34.7	(8.2)	0.76	n.s.