

平成 30 年 6 月 27 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K04187

研究課題名(和文) 睡眠の感情調整機能に関する心理生理学的検討

研究課題名(英文) The emotional regulating function of sleep: psychophysiological study

研究代表者

小川 景子(Ogawa, Keiko)

広島大学・総合科学研究科・准教授

研究者番号：70546861

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、情動調整機能のうち気分改善効果と情動記憶の強化の両側面に着目し、それぞれが関与する睡眠中の神経基盤について心理生理学的検討を行った。検討の結果、就床前に感情経験をした際の翌朝の気分について、ノンレム短縮群に比べてレム短縮群でネガティブ気分が有意に増大し、このネガティブ気分はレム睡眠の持続時間と有意な負の相関関係を示した。一方、就床前に記録した情動価の伴う単語の再生率は、睡眠段階3+4の持続時間とレム密度とそれぞれ有意な正の相関関係を示した。以上の結果より、レム睡眠は就床前の気分の影響を受け気分の改善効果に関与し、ノンレム睡眠は睡眠段階3+4が情動記憶の強化に関与する可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：Recently, it has been suggested that sleep might play an important role in the homeostasis of emotional brain regulation. First, we investigated the emotional regulation function of sleep. Results indicated negative emotion in the partial REM sleep deprivation group increased more than in the partial NREM sleep deprivation group, after sleep. Moreover, the degree of negative emotion after sleep had a significantly negative correlation with the REM sleep duration. Next, we investigated the emotional memory consolidation function of sleep using the emotional words. Participants were divided into 2 groups: 90-min daytime sleeping and awaking. Results indicate that the rate had a significantly positive correlation with the slow wave sleep (SWS) duration and REMs density. These results suggested that REM sleep might play an important role in mood improvement, and NREM sleep (SWS) might relate to emotional memory consolidation.

研究分野：認知神経科学

キーワード：情動調整 レム睡眠 ノンレム睡眠 脳波 感情記憶 宣言記憶

1. 研究開始当初の背景

嫌な出来事があっても「寝たら忘れる」ことがある。近年、睡眠の情動調整機能が報告されており、一晚の睡眠の中でも特にレム睡眠との関連が示されている。レム睡眠はさらに、情動記憶の固定促進機能も報告されている。そこで本研究では、情動調整機能のうち気分改善効果と情動記憶の強化の両側面に着目し、それぞれが関与する睡眠中の神経基盤について心理生理学的検討を行う。本研究を通して、気分改善効果と情動記憶の強化が睡眠中の異なるタイミングおよび神経基盤により成立していることを検証する。さらに本研究により、睡眠の情動調整機能について検討することで、心身ともに健康で快適な日常生活を送るための睡眠の役割を客観的に示すことを目標とした。

人の表情に対する評価について、十分な睡眠後には恐れ表情を恐れと感じる程度が低下し、幸せの表情を幸せと感じる程度が向上すること、これらの評価はレム睡眠の長さとの正の相関を示すことが報告されている¹⁾。これに対して、レム睡眠を選択的に剥奪することで闘争行動が増加²⁾し、脅威刺激に対して情動反応が強化される³⁾ことが報告されている。MRI や PET などのイメージング機器を用いた研究により、レム睡眠中には負の情動を司る扁桃体の賦活が高まること⁴⁾が示されており、レム睡眠の情動調整機能との関連が考えられる。

一方で近年、十分なレム睡眠後は情動刺激に対する記憶が強化される⁵⁾等、レム睡眠が情動記憶の強化機能を持つことも示されており、レム睡眠の情動調整機能には、情動の抑制と強化の両機能を含むと考えられる。しかしこれまで、レム睡眠の機能について、情動抑制と強化の両側面から検討した知見はない。

近年、睡眠の記憶固定促進機能が報告されている。特にノンレム睡眠は海馬を介して長期記憶化を行う宣言記憶に関与することが報告されている。ノンレム睡眠の中でもスピンドルと呼ばれる 13~16Hz の律動的な脳波パターンが睡眠中の記憶固定促進に関与することが報告されている。スピンドルは、睡眠中に生じる視床 - 皮質回路を反映していることが知られており、ペアワード課題後の睡眠中にスピンドル密度が上昇することが報告されている。また、視床は、あらゆる感覚情報が集まる場所であることが知られており、扁桃体が司る負の情動感覚情報も視床へと転送される。情動調整機能のうち情動の強化過程について、情動価の高い単語などの記憶促進はレム睡眠に加えて、ノンレム睡眠中に促進される長期記憶化の貢献も高いと考えられる。

2. 研究の目的

レム睡眠中の扁桃体の賦活と情動抑制機能については、感情的反応や行動抑制を司る

前頭葉の関与が報告されている¹⁾。断眠中に嫌悪刺激を見ることで、扁桃体が興奮し、内側前頭前皮質との神経連絡が低下することが示されている⁶⁾。

睡眠の情動調整機能に関連する先行研究より、情動抑制機能はレム睡眠中の扁桃体の賦活と前頭葉との神経連絡、情動強化機能はノンレム睡眠中の視床 - 皮質回路が対応する可能性が考えられる。そこで本研究では、情動の抑制と強化機能について関与する睡眠段階および神経基盤に関する心理生理学的検討を行い、検証を行う。

本研究では、睡眠前後に情動喚起課題あるいは情動記憶課題を用いた実験を行うことで、以下の仮説を検討する。情動の抑制および強化機能の両方について、睡眠をとった場合の方が睡眠をとらなかった場合よりも、抑制および強化の程度が高い。情動の抑制機能について、レム睡眠を短縮した群はノンレム睡眠を短縮した群よりも抑制の程度が低い。情動の強化機能について、ノンレム睡眠を短縮した群はレム睡眠を短縮した群よりも、強化の程度が低い。この検討により、情動の抑制機能はレム睡眠が、強化機能はノンレム睡眠が関与することを示す。

3. 研究の方法

睡眠前に情動喚起課題および情動記憶課題を行い睡眠後(翌朝)の情動感覚と再生率を検討した。情動喚起課題には、社会的排斥によって社会的痛みを操作するサイバーボール課題を使用した。サイバーボール課題後には、排斥によって生じる情動感覚(社会的痛み)を測定した。翌朝に再びサイバーボール課題を行い、排斥によって生じる社会的痛みの変化を検討した。一方、情動記憶課題では、睡眠前に情動価の異なる単語に対する記憶課題を行い、翌朝、睡眠前に覚えた単語の再生率を検討した。

情動喚起課題

社会的排斥によって情動感覚(社会的痛み)を操作するサイバーボール課題を用いた実験をレム短縮群、ノンレム短縮群、通常の終夜睡眠をとる通常睡眠群の3群に対して行った。

実験参加者：心身ともに健康な大学生 20 名(男性 10 名、女性 10 名、平均年齢 21.1 歳)

実験デザイン：レム睡眠の情動調整機能を検討するために設けたレム短縮群(6 名)、睡眠途中に起こされることの影響を検討するために設けたノンレム短縮群(7 名)と通常の終夜睡眠をとる統制群(7 名)の3群に参加者をランダム配置した。実験は参加者間比較デザインで行った。

主観指標：課題前後に、排斥により生じる基本的欲求に関する脅威(社会的痛み)の程度を検討する欲求脅威尺度⁷⁾に回答した。

生理指標：脳波頭皮上 22 部位、垂直・水平眼球運動、頤筋筋電位、心拍を測定した。測

定した脳波データについて両耳の平均電位を基準として再基準化を行った。サイバール課題中の排斥の手がかりをトリガーに脳波を加算平均し、事象関連電位(注意の配分量を反映するP300成分)を算出した。手続き:睡眠前後に行う情動喚起課題中の情動感覚と睡眠中のポリグラフデータ測定を行った。

情動記憶課題

睡眠前に情動価の異なる単語に対する記憶課題を行い、翌朝、睡眠前に覚えた単語の再生率を検討した。

実験参加者:心身ともに健康な大学生 21 名(男性 10 名, 女性 11 名, 平均年齢 21.5 歳)

実験デザイン:課題後に 90 分の睡眠をとる睡眠群(12 名)と、起きたままの状態を過ごす覚醒群(9 名)の 2 群に参加者をランダム配置した。両群とも、快気分を誘導した後に記憶課題を行う快条件と、不快気分を誘導した後に記憶課題を行う不快条件の 2 条件を 2 日に分けて行った。

単語刺激:予備調査の結果から選定した快・中性・不快の情動を伴う単語を各 4 個の計 12 個使用した。

手続き:睡眠群は 3 日間(順応日、実験日 2 日間)、覚醒群は 2 日間実験を行った。両群ともに記憶課題と再生課題の間を 5 時間設けた。気分誘導後の記憶課題では、画面上にランダムに呈示される快・中性・不快の情動を伴う単語 12 個をできるだけ多く記憶した(記憶課題)。そして、睡眠または起きたままの状態を過ごした後、記憶課題で覚えた単語を口頭で再生した(再生課題)。

主観指標:課題前後に多面的感情尺度に回答した。

生理指標:脳波頭皮上 22 部位、垂直・水平眼球運動、頤筋筋電位、心拍、呼吸を測定した。

4. 研究成果

(1) 気分改善効果

社会的排斥課題を睡眠前後で行い、睡眠後の課題遂行に対する気分について群間(レム断眠群、ノンレム断眠群、統制群)比較を行った。結果よりノンレム短縮群は、レム短縮群($p < .01$)と統制群($p < .05$)に比べて睡眠後の排斥条件後の社会的痛みが有意に低い値を示した。レム短縮群の第 1 周期目のレム睡眠持続時間と翌朝の欲求脅威得点の相関関係を検討した結果、レム睡眠の持続時間と欲求脅威得点に有意な負の相関が認められた($r = -.932, p < .05$)。図 1 に睡眠後の排斥条件における気分得点の群間比較を示した。結果より、レム短縮群は統制群よりも有意にポジティブ気分が低下していた。続いて図 2 に睡眠後の排斥条件における排斥の手がかりに関連する脳電位(中心部: Pz)を示した。その結果、注意の配分量を反映する P300 振幅はノンレム短縮群で最大値を示し、続いて

統制群、レム短縮群で最も減衰した。

本研究より、レム短縮群はノンレム短縮群よりも排斥に対する社会的痛みが大きくなり、統制群よりも排斥後のポジティブ気分の低下が大きくなった。さらに社会的痛みはレムの持続時間が短くなるほど大きくなるという結果が得られた。また、睡眠後の排斥を反映する刺激に対する注意の配分量はノンレム断眠群で最大を示した。先行研究より、社会環境に対する適応過程には、所属状態の適切なモニタリングが重要となることが報告されている(社会的モニタリングシステム)¹⁰。本研究結果より、社会的モニタリングシステムはノンレム断眠群で最もよく機能する(注意配分の増大)一方で、レム断眠群で最も低下する可能性が考えられる。以上の結果より、翌朝のこの結果は、社会的排斥といった感覚的な嫌悪経験に対するレム睡眠の気分改善効果を示すものといえる。

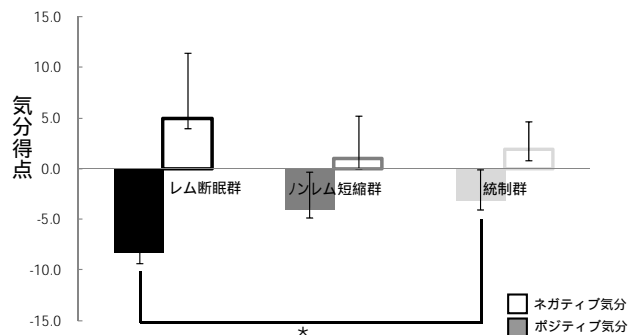


図 1 睡眠後の排斥経験に対する気分得点
*: $p < .05$

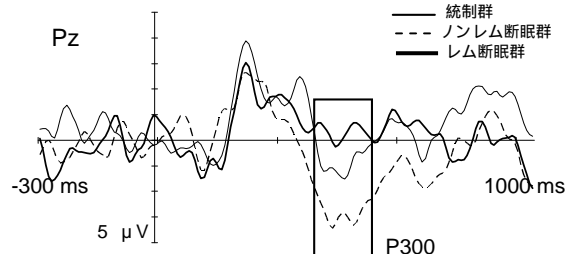


図 2 睡眠後における排斥経験中の排斥の手がかりに関連する脳電位(中心部: Pz)

(2) 情動記憶の強化過程

情動価の異なる単語に対する記憶課題を用いた実験を覚醒群と睡眠群(日中の 90 分仮眠)の 2 群に対して行った。検討の結果、快感情および不快感情を伴う単語の両方において、覚醒群と睡眠群で再生率に有意な差は認められなかった。さらに、条件および単語の感情価に関しても再生率に有意な違いは認められなかった。

気分と睡眠内容について、気分誘導後の気分得点と睡眠内容の相関を検討し、結果を図 3 に示した。検討の結果、不快条件における不快得点とレム密度に有意な正の相関傾向が認められた。

レム密度と再生率について、図 4 に不快条

件のときの不快単語の再生率の相関関係、図5に快条件のときの快単語の再生率の相関関係をそれぞれ示した。検討の結果、不快条件において、レム密度と再生率に有意な正の相関傾向がみられた。快条件ではレム密度と再生率に有意な正の相関がみられた。さらに、段階3+4の長さとは不快単語の再生率との間に有意な正の相関がみられた ($r^2 = .48, p < .05$)。先行研究より、徐波睡眠と記憶固定(視知覚課題、手続き記憶課題)の関連も報告されている^{8,9)}。

本研究より、就床前の不快感情はレム睡眠と関連し、情動価の伴う単語の記憶強化過程には、レム睡眠とノンレム睡眠の両方が関与することが示された。

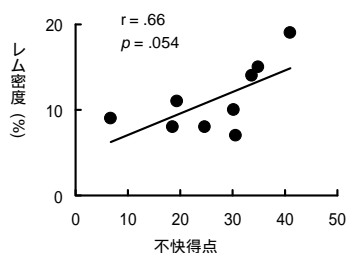


図3 就床前の不快得点とレム密度

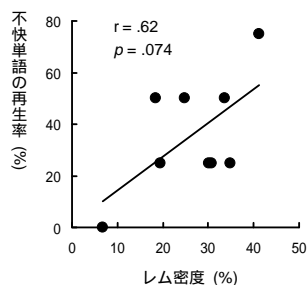


図4 レム密度と不快単語の再生率

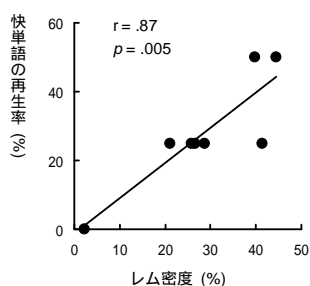


図5 レム密度と快単語の再生率

(1)(2)の結果より、睡眠前後に情動喚起課題および情動記憶課題を行ったことで、就床前の感覚的な情動体験について、気分改善効果はレム睡眠が関与すること、情動記憶の固定は、レム睡眠(レム密度)とノンレム睡眠(徐波睡眠の持続時間)の両方が関与することが示された。

以上の結果に加えて、情動喚起課題を用いた気分改善効果の検討より、ノンレム短縮群で起床後のネガティブ感情が低下し、排斥的

経験に対して適応的な機能が高まったこと、レム睡眠(持続時間、レム密度)は就床前のネガティブ感情の影響を受けることが示された。

睡眠と記憶に関連について、ノンレム睡眠とレム睡眠が相互に関連することで記憶固定の促進が進むとする二重ステップ仮説が提唱されている。二重ステップ仮説と本研究結果より、情動記憶の固定に関するレム睡眠とノンレム睡眠の役割は異なると考えられる。つまり、本研究よりノンレム睡眠が短くなることで翌朝の気分の改善が見られたことは、ノンレム短縮群で就床前の嫌悪体験に対する記憶固定が緩和された結果生じた可能性が考えられる。

【引用文献】

- 1) Kahn-Greene, E. T., Lipizzi, E. L., Conrad, A. K., Kamimori, G. H., & Killgore, W. D. S. (2006). Sleep deprivation adversely affects interpersonal responses to frustration. *Personality and Individual Differences*, 41, 1433-1443.
- 2) Morden, B., Conner, R., Mitchell, G., Dement, W., and Levine, S. (1968). Effects of rapid eye movement (REM) sleep deprivation on shockinduced fighting. *Physiol. Behav.* 3, 425-432.
- 3) Rosales-Lagaede, A., Armony, L. J., Rio-Portilla, Y., Trejo-Martinez, D., Conde, R., and Corsi-Cabrera, M. (2012). Enhanced emotional reactivity after selective REM sleep deprivation in humans: an fMRI study. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 6, 1-13
- 4) Maquet, P., Peters, J. M., Aerts, J., Delfiore, G., Degueldre, Ch., Luxen, A.,] and Frank, G. (1996). Functional neuroanatomy of human rapid-eye-movement sleep and dreaming. *Nature* 383, 163-166.
- 5) Wagner, U., Gais, S., & Born, J. (2001). Emotional memory formation is enhanced across sleep intervals with high amounts of rapid eye movement sleep. *Learning and Memory*, 8, 112-119
- 6) Yoo, S., Gujar, N., Hu, P., Jolesz, F. A., and Walker, M. (2007). The human emotional brain without sleep a prefrontal amygdala disconnect. *Curr. Biol.* 17, R877-R878.
- 7) Williams, K. D., Cheung, C. K., & Choi, W. (2000). Cyberostracism: effects of being ignored over the Internet. *Journal of personality and social psychology*, 79(5), 748-762.
- 8) Huber R, Ghilardi MF, Massimini M, et al. Arm immobilization causes cortical

plastic changes and locally decreases sleep slow wave activity. *Nat Neurosci.* 2006; 9: 1169-76.

9) Stickgold R, Whidbee D, Schirmer B, et al. Visual discrimination task improvement: A multi-step process occurring during sleep. *J Cogn Neurosci.* 2000; 12: 246-54.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計8件)

1. 伊崎翼・浦光博・小川景子. 受容経験による社会的排斥からの回復に対する個人特性の影響: サイバーボール課題を用いたERP研究, *生理心理学と精神生理学* (in press). (査読あり)
2. 伊崎翼・小川景子 個人の愛着スタイルが排斥・受容手がかりに対する注意配分に及ぼす影響, *人間科学研究* (広島大学大学院総合科学研究科紀要), 2017, 第12巻, 1-10. (査読あり)
3. Morita, Y., Ogawa, K., & Uchida, S. Napping after Complex Motor Learning Enhances Juggling Performance, *Sleep Science*, 9, 112-116, 2016. (査読あり)
4. Ogawa, K., Mori, M. REM sleep consolidates the both of negative and positive emotional memories. *Proceedings of Life Engineering Symposium 2015 (LE 2015)*, 2B3-2, 2015. (査読なし)
5. Renouard, L., Billwiller, F., Ogawa, K., Clément, O., Camargo, N., Abdelkarim, M., Gay, N., Scoté-Blachon, C., Touré, R., Libourel, P. A., Ravassard, P., Salvvert, D., Peyron, C., Claustrat, B., Léger, L., Salin, P., Malleret, G., Fort, P., & Luppi, P.H. The supramammillary nucleus and the claustrum activate the cortex during paradoxical (REM) sleep. *Science Advances*, 1(3), e1400177, 2015. (査読あり)
6. 小川景子. 悪夢と金縛り. 特別企画 不眠症, *こころの科学*, 1, 29-34, 2015. (査読なし)
7. 小川景子. 夢の発生メカニズム 特集 睡眠と夢. *睡眠医療*, 9(4):485-490, 2015. (査読なし)
8. 川野冨佳・小川景子. 夢内容と生理指標との関連 - 客観的な夢聴取質問紙の作成 - 特集 睡眠と夢. *睡眠医療*, 9(4):519-525, 2015. (査読なし)

[学会発表](計34件)

1. 小川景子, 視覚刺激に対する主観反応の可視化, 第8回 Biomedical Interface Workshop (口頭), 2018年3月16日, 石垣島

2. 小川景子, 夢と睡眠. 教育講演, 日本睡眠環境学会, 2017年9月15日, 東京
3. 伊崎翼・小川景子, 排斥手がかりへの注意の変容に対する特性自尊心の影響, 日本社会心理学会, 2017年10月28-29日, 広島
4. 小川景子, 夢と睡眠 - 夢の発生メカニズムの解明 -, 教育講演, 日本睡眠環境学会, 2017年9月15日, 東京
5. 瀬戸奏音・小川景子, 睡眠中の不快な夢の生成要因の検討, 日本睡眠学会, 2017年6月29-30日, 神奈川
6. 黒原玄弥・小川景子, 色が感情知覚に及ぼす影響 - 事象関連電位を用いた検討 -, 日本認知心理学会, 2017年6月3-4日, 東京
7. 瀬戸奏音・小川景子, 個人特性と気分状態が夢内容へ及ぼす影響, 日本認知心理学会, 2017年6月3-4日, 東京
8. 江口愛実・小川景子, 視聴覚統合が視覚刺激の記憶処理過程に及ぼす効果, 日本認知心理学会, 2017年6月3-4日, 東京
9. 小川景子・高橋和也・宮内哲・古田歩・仲泊聡, 刺激輝度とラムダ反応 (P1, P2) に関する検討, 日本生理心理学会, 2017年5月27-28日, 千葉
10. 伊崎翼・小川景子, 個人の愛着スタイルが排斥・受容手がかりに対する注意配分に及ぼす影響, 日本生理心理学会, 2017年5月27-28日, 千葉
11. 黒原玄弥・小川景子, 画像の空間周波数が感情知覚に及ぼす影響, 日本生理心理学会, 2017年5月27-28日, 千葉
12. 山本周生・小川景子, 新規の運動学習における効果的な運動イメージの導入タイミングと方法の検討, 日本生理心理学会, 2017年5月27-28日, 千葉
13. 瀬戸奏音・小川景子, 就床前の気分操作が不快な夢内容へ及ぼす影響, 日本生理心理学会, 2017年5月27-28日, 千葉
14. 江口愛実・小川景子, 聴覚刺激の同時呈示が視覚刺激の記憶処理過程に及ぼす効果, 日本生理心理学会, 2017年5月27-28日, 千葉
15. 小川景子, 視覚刺激に対する主観反応の可視化, 第7回 Biomedical Interface Workshop (口頭), 2017年3月9-11日, 宮古島
16. 伊崎翼・小川景子, 社会的排斥後の受容刺激に対する注意配分, 第7回 Biomedical Interface Workshop, 2017年3月9-11日, 宮古島
17. 瀬戸奏音・小川景子, 睡眠中の不快な夢内容の規定要因に関する検討, 第7回 Biomedical Interface Workshop, 2017年3月9-11日, 宮古島
18. 江口愛実・小川景子, 視聴覚統合が視覚刺激の記憶処理過程に及ぼす効果, 第7回 Biomedical Interface Workshop, 2017年3月9-11日, 宮古島
19. 小川景子, 夢内容とレム睡眠の生理的役割の検討, ノンレム睡眠・ノンレム睡眠 レ

- ム睡眠の切り替えのメカニズムとその機能, 日本時間生物学会 (シンポジウム), 2016年11月13日, 名古屋
20. 小川景子・川野冨佳, レム睡眠中の生理活動と夢内容の対応性, 日本睡眠学会, 2016年7月7-8日, 東京
21. 小川景子, レム睡眠時の急速眼球運動に伴う脳活動 (脳波), レム睡眠時の急速眼球運動と夢, 日本睡眠学会 (シンポジウム), 2016年7月8日, 東京
22. 小川景子・中尾啓太, 情報の量と質に着目したデジャヴ現象の検討, 日本認知心理学会 (口頭), 2016年6月8-9日, 広島
23. 伊崎翼・小川景子, 社会的排斥事象におけるN2成分の検討, 視覚刺激の呈示領域がラムダ反応の構成成分に及ぼす影響, 日本生理心理学会, 2016年5月14-15日, 名古屋
24. 小川景子・大崎雅人・宮内哲・古田歩・仲泊聡, 視覚刺激の呈示領域がラムダ反応の構成成分に及ぼす影響, 日本生理心理学会, 2016年5月14-15日, 名古屋
25. Tsubasa Izaki, Keiko Ogawa. Attention to signs of inclusion reduces psychological distress, 31th International Congress of Psychology (ICP 2016), 24-29, July, 2016, Yokohama
26. Keiko Ogawa, Miki Mori. The emotional regulating function of sleep: Emotional mood and event, 31th International Congress of Psychology (ICP 2016), 24-29, July, 2016, Yokohama
27. 小川景子, 眼球運動に伴う脳電位からわかること-視野領域・注意・夢-, 第6回 Biomedical Interface Workshop (口頭), 2016年3月27-29日, 石垣島
28. 小川景子, 睡眠の感情調整機能: 気分改善と情動記憶固定, SICE LE2015 ライフエンジニアリング部門シンポジウム第30回生体・生理工学シンポジウム, 2015年9月2-4日, 福岡
29. 川野冨佳・小川景子, レム睡眠中の夢聴取内容と生理活動の対応性, 日本睡眠学会, 2015年7月2-3日, 栃木
30. 小川景子・稲田雄之補, 明晰夢時の時間計測に関する脳活動, 日本睡眠学会, 2015年7月2-3日, 栃木
31. 川野冨佳・小川景子, 夢報告の有無によるラムダ様反応の比較, 日本生理心理学会, 2015年5月23-24日, 大阪
33. 伊崎翼・小川景子, 情緒的苦痛からの回復に関する個人特性の影響, 日本生理心理学会, 2015年5月23-24日, 大阪
34. 小川景子・杉江健太, 睡眠不良が感情調整機能に及ぼす影響, 日本生理心理学会, 2015年5月23-24日, 大阪

〔図書〕(計1件)

1. 小川景子 (堀忠雄・尾崎久記 監修、片山順一、鈴木直人 編集), 生理心理学と精神生理学 第 巻 第 4 部 18 章 1 節, 北大路書

房, 2017; 191-196.

〔産業財産権〕
出願状況 (計 0 件)
なし

取得状況 (計 0 件)
なし

〔その他〕
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小川 景子 (OGAWA KEIKO)
広島大学・大学院総合科学研究科・准教授
研究者番号: 70546861

(2) 研究分担者
なし

(3) 連携研究者
なし