

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 28 日現在

機関番号：32622

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24650142

研究課題名(和文) 睡眠が感覚間統合学習に与える影響

研究課題名(英文) Effects of sleep on learning of multisensory integration

研究代表者

本間 元康 (HONMA, Motoyasu)

昭和大学・医学部・心理員

研究者番号：20434194

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：睡眠をとることで、覚醒中に練習したスキルが向上したり、知識やイベントの記憶が強化されることは明らかにされているが、視覚や触覚の結びつきが睡眠に依存するかどうかは分かっていなかった。本研究では、ゴムの手(ラバーハンド)を自分の手だと勘違いしてしまうラバーハンドイリュージョンと呼ばれる錯覚現象を用い、ヒトは睡眠によってその錯覚を固定する機能があることを示した。

研究成果の概要(英文)：Although sleep contributes to various aspects of cognition, including learning and memory, its influence on illusory learning of the artificial hand has not yet been assessed. Using a rubber hand illusion paradigm in which humans can immediately perceive illusory ownership to an artificial hand, we found that although repetitive rubber hand illusion training facilitates multisensory integration, sleep corrects illusory integration based on experiences in a multisensory incongruent environment.

研究分野：認知科学

キーワード：感覚間統合 睡眠 学習

1. 研究開始当初の背景

学習とは行動が経験によって持続的な変化を示すことであり、記憶の長期保持メカニズムにより得られた結果である。これまで学習には繰り返しによる強化が重要であることが強調されてきたが、最近では睡眠をとることで、覚醒中に練習したスキルが向上したり、知識やイベントの記憶が強化されることが明らかにされている(Stickgold & Walker, 2005)。また繰り返し練習後の睡眠を剥奪すると学習効果が上がらないことから、睡眠中に積極的な記憶強化・固定化のプロセスが進行されると考えられている(Stickgold, 2001)。一方で、クロスモダル(例えば視覚と体性感覚)な感覚間統合においても学習は重要である。ヒトは、上下逆転した視界しか得られない条件下で 24 時間生活する状況下におかれると、徐々に適応的学習が進み、一週間程で上下逆転した視覚的情報とその他の知覚情報との間に新たな感覚間統合が生じる(Stratton, 1897)。高次生物、特に霊長類などのマルチモダルな感覚情報を並列処理することで高度な適応能力を駆使している生物においては、感覚間統合は極めて重要な神経機能単位であることが知られている(Stein, 1998)。一方で、健常人における感覚間統合によりもたらされる錯覚を顕在化する心理学的研究としてラバーハンドイリュージョン現象が注目されている(Honma et al., 2009)。

2. 研究の目的

ラバーハンドイリュージョンとは、触感覚の錯覚が視覚的錯覚と連鎖的に生じる興味深い現象であり(Botvinick & Cohen, 1998)、実際に触覚刺激を受けているマネキンのゴム手を観察すると同時に、蔽いにより隠された本人の手に同様の触刺激を数分間与え続けると、まるでゴム手が本人の手のように感じたり、本人の手の主観的位置がゴム手の方向にオフセットされて感じる錯学習現象である。本研究では記憶の強化・固定化を促す睡眠の学習効果に着目し、睡眠が錯学習に与える影響を検討した。結果の予測として2つの可能性が挙げられる。一つは、覚醒群よりも睡眠群において錯覚量の増加が顕著になる場合である。この結果は、睡眠は視覚と触覚の不一致感覚間統合により生じる錯感覚学習を強化することが示唆できる。もう一方、覚醒群よりも睡眠群において錯覚量の減少が顕著であれば、睡眠は錯感覚学習を強化せず、錯感覚学習を減弱化することが示唆できる。

これまで視覚弁別学習(Karni et al., 1994)、単語学習(Schabus et al., 2004)など、多岐に渡って睡眠依存性の学習促進効果が確認されているが、錯感覚の学習では、睡眠は記憶を強化するのではなく、むしろ消去する役割を果たすと解釈できる。錯感覚の学習がヒトにとって適応的ではないと仮定すると、睡眠

には浄化作用のような効果を持つことが推測できる。すなわち、この睡眠特有の学習への貢献は、適応的な学習を強化させるといふ現象と同時に不必要な学習を減弱させるといふ逆説的なメカニズムを含んでいると考えられる。本研究では、睡眠が感覚間統合の学習(実験1)および反応抑制の学習(実験2)に与える影響を検討した。

3. 研究の方法

実験1Aでは15名の健常者に参加してもらい、触感覚の錯覚が視覚的錯覚と連鎖的に生じるラバーハンド(RH)イリュージョン学習を3日間連続で行い、感覚間統合の錯覚学習における自己所有感と位置感覚の変容プロセスを検討した。実験1Bでは参加者を無作為に覚醒群(N = 20)と睡眠群(N = 20)に分けた。覚醒群は午前8時に初期学習を行い、午後8時に再学習を行った。一方、睡眠群は午後8時に初期学習を行った後、日常通りの睡眠を取り、翌朝午前8時にテストを行った。初期学習前の同定位置を基準とし、「初期学習前・後の差」および「初期学習前と遅延テストの差」を算出した。2(睡眠群・覚醒群)×2(初期学習前後差・初期学習前と遅延テストの差)の2要因分散分析および多重比較を行い、学習12時間後における睡眠の影響を検討した。

実験2では健常成人学生79名をランダムに全6群に振り分け、課題成績向上度を検討した。反応抑制(No-go)課題と単純反応(Go)課題を行わせ(初期学習)、12時間もしくは24時間後に再試を行った。初期学習と再試の間は、夜間睡眠を通常通りとする群と徹夜する群を設け、さらに覚醒区間中に昼寝(Nap)をとる群ととらない群を設定した。

4. 研究成果

実験1では、全日において、学習後にRHへの自己所有感の増加および位置感覚のドリフトが認められ、従来のRHイリュージョンを再現する結果となったが、自己所有感のデフォルト評定値は日毎に低下し、位置感覚のデフォルト評定値は日毎に増加した。矛盾した感覚を引き起こす仮想現実的な環境では、RHを自身の手だと受容することは拒みながらも、位置感覚は視覚的RHに依存しながら変容していくことが示唆され、少なくとも、自己所有感と位置感覚の長期的学習メカニズムに異なる神経可塑性プロセスが関与していると考えられる(雑誌論文2)。

実験2では、Go課題では全ての群で学習効果が認められなかった。No-go課題では徹夜の有無に関わらず24時間後に再試をした全群、およびNapの有無に関わらず朝に初期学習を行い12時間後の夕方再試を行った全群で学習効果を認めた。他方、徹夜の有無に関わらず夜に初期学習を行い12時間後の朝に再試を行った群は学習効果が認められなかった。すなわち反応抑制課題の学習効果は、

睡眠および初期学習と再試の概日位相に関係なく、学習間インターバルに日中の概日位相帯が含まれる条件群でのみ学習効果が認められた。手続き学習の促進には、覚醒中の休養および睡眠両者が相補的に関与し、覚醒中は潜在的な反応抑制過程が、睡眠中は顕在的な反応促進過程が選択的に促進される可能性が示唆された（雑誌論文1）。

<引用文献>

Stickgold R. & Walker MP. Memory consolidation and reconsolidation: what is the role of sleep? *Trends Neurosci.* 2005, 28:408-15.

Stickgold R. Watching the sleeping brain watch us - sensory processing during sleep. *Trends Neurosci.* 2001, 24:307-9.

Stratton, G. M. Vision without inversion of the retinal image. *Psychological Review*, 1897, 4,463-481.

Honma M., et al. Double tactile sensations evoked by a single visual stimulus on a rubber hand. *Neurosci Res.* 2009, 65:307-11.

Botvinick M. & Cohen J. Rubber hands 'feel' touch that eyes see. *Nature.* 1998, 391:756.

Karni A, et al. Dependence on REM sleep of overnight improvement of a perceptual skill. *Science.* 1994, 265:679-82.

Schabus M., et al. Sleep spindles and their significance for declarative memory consolidation. *Sleep.* 2004, 27:1479-85.

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 4 件）

1. Motoyasu Honma, Takuya Yoshiike, Hiroki Ikeda, Kenichi Kuriyama. Sleep-independent offline consolidation of response inhibition during the daytime post-training period. *Scientific Reports*, vol. 5, 10362 (pp. 1-11), 2015. 査読有り, doi: 10.1038/srep10362.

2. Motoyasu Honma, Takuya Yoshiike, Hiroki Ikeda, Yoshiharu Kim, Kenichi Kuriyama. Sleep dissolves illusion: sleep withstands learning of visuo-tactile-proprioceptive integration induced by repeated days of rubber hand illusion training. *PLoS ONE*, vol. 9(1), e85734 (pp. 1-9), 2014. 査読有り, doi: 10.1371/journal.pone.0085734.

3. Kenichi Kuriyama, Motoyasu Honma, Takuya Yoshiike, Yoshiharu Kim. Memory suppression trades prolonged fear and sleep-dependent fear plasticity for the avoidance of current fear. *Scientific Reports*, vol. 3, 2227 (pp. 1-6), 2013. 査

読有り, doi: 10.1038/srep02227.

4. Kenichi Kuriyama, Motoyasu Honma, Takuya Yoshiike, Yoshiharu Kim. Valproic acid but not D-cycloserine facilitates sleep-dependent offline learning of extinction and habituation of conditioned fear in humans. *Neuropharmacology*, vol. 64(1), pp. 424-431, 2013. 査読有り, doi: 10.1016/j.neuropharm.2012.07.045.

〔学会発表〕（計 5 件）

1. Takuya Yoshiike, Kenichi Kuriyama, Motoyasu Honma, Hiroki Ikeda, Yoshiharu Kim. Neuroticism facilitates daytime wakefulness and sleep devaluation via higher neural efficiency in the bilateral prefrontal cortex. 17th World Congress of Psychophysiology, International Conference Center Hiroshima, Hiroshima, Japan, September 2014.

2. Kenichi Kuriyama, Motoyasu Honma, Takuya Yoshiike. Suppression of aversive event memory interrupts extinction of fear response facilitated by sleep deprivation. 27th Annual Meeting of the Associated Professional Sleep Societies, Baltimore Convention Center, Maryland, USA, June 2013.

3. 本間元康・吉池卓也・金吉晴・栗山健一. 連日の錯覚学習における所有感と位置感覚の異なる変容. 日本認知心理学会第 11 回大会, つくば国際会議場, 2013 年 6 月.

4. 本間元康・吉池卓也・池田大樹・金吉晴・栗山健一. 睡眠が身体平衡学習に与える効果. 日本睡眠学会第 38 回学術集会, 秋田キャッスルホテル, 2013 年 6 月.

5. 本間元康・吉池卓也・金吉晴・栗山健一. 覚醒位相における反応抑制学習の増強. 第 19 回日本時間生物学会学術大会, 北海道大学, 2012 年 9 月.

〔図書〕（計 1 件）

1. Kenichi Kuriyama, Motoyasu Honma (共著, 分担執筆). Effects of sleep debt on cognitive performance and prefrontal activity in humans. (Infrared Spectroscopy, Ed. Maja Kisic), Chapter 2, pp. 25-40, InTech, 2012.

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://researchmap.jp/read0148249>

6．研究組織

(1)研究代表者

本間元康（HONMA, Motoyasu）

昭和大学・医学部・心理員

研究者番号：20434194

(2)研究分担者

（ ）

研究者番号：

(3)連携研究者

（ ）

研究者番号：