

令和 3 年 8 月 23 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K10834

研究課題名(和文) 睡眠時間が身体運動に与える影響についての精神生理学的研究

研究課題名(英文) Psychophysiological research on the effects of sleep duration on physical activity

研究代表者

西多 昌規(Nishida, Masaki)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・准教授

研究者番号：10424029

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、慢性的な睡眠不足(睡眠負債)と身体運動との関連に着目し、睡眠時間の延長によって運動機能が向上する機序の解明を目指すものである。睡眠延長手段として日中の仮眠を3日間連続してとった群を睡眠延長群とし、通常の睡眠習慣を取った群を比較対照群として、スポーツ関連の高次運動機能を評価した。運動学習の指標としてRotation adaptation task(RAT)を課題として採用し、連日の仮眠による睡眠延長(睡眠負債解消)効果を評価検討した。仮眠後の保持テストにおいて、仮眠群が覚醒群よりも有意な所要時間の短縮を認めたことから、継続的な仮眠は運動記憶を長期的に保護・促進する可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スポーツ競技の練習において日中練習を行っている場合に、継続的に練習後に仮眠を取り入れることによって、長期的に見て運動技能の習得が早まり、スムーズな技能の上達につながる可能性が示された。人間は日常で自身の身体を動かして生活していることから、スポーツレベルでの複雑な動きではなくても身につけなければならない動作は多々あることから、仮眠の学習面での有用性も示唆された。仮眠の健康効果や記憶学習に対する効果を考えると、日常的な日中の仮眠を行うことによって、認知的、身体的双方の要素において、恩恵を享受する可能性が考えられる。

研究成果の概要(英文)：This study explores on the relationship between chronic sleep deprivation (sleep debt) and physical exercise, aiming to elucidate the mechanism by which prolonged sleep improves exercise function. We evaluated sports-related higher motor functions in a group of subjects who took daytime naps for three consecutive days as a means of sleep extension, and a group of subjects who took normal sleep habits as a control group. The rotation adaptation task (RAT) was used as an index of motor learning, and the effect of daily napping on sleep extension (elimination of sleep debt) was evaluated. In the retention test after consecutive napping, the napping group showed a significant reduction in time required compared to the awake group, suggesting that continuous napping may protect and promote motor memory in the long term.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：睡眠 スポーツ 運動 学習

1. 研究開始当初の背景

現代人の多くは、24 時間型社会や夜型のライフスタイルの増加により、慢性的な睡眠不足に陥っている。あたかも借金のように蓄積していく睡眠不足を睡眠負債という。睡眠負債は、身体運動機能を低下させる結果は報告されているが (1,2)、その神経基盤は未だ解明されていない。エリートアスリートや大学生アスリートにおいても、睡眠不足や睡眠障害の頻度が高いことが近年報告されてきており (3,4)、睡眠負債とスポーツパフォーマンスとの関連はますます関心を集めてきている。

睡眠負債解消手段としては、一定期間にわたって睡眠時間を十分長く取る、睡眠延長という直接的な手段が考えられる。いくつかの先行研究においても、睡眠時間をおよそ一ヶ月の期間にわたって普段より延長させることで、スポーツに関連する運動技術が向上することが報告されている (5,6)。この向上効果は、睡眠負債の解消による身体・脳機能の回復が可能性として考えられている。

当初の研究計画では、サッカーに特異的な課題を用いて、睡眠延長した場合のパフォーマンス変化、脳機能動態を測定する予定であった。しかし、実際に予備実験を開始したところ、実験参加者にとって必要な社会生活の要求から、普段より長い睡眠時間を維持することが容易ではないことが判明した。また本研究にて設定したサッカー課題が、その日のコンディションに左右され恒常性に乏しく、今回のパフォーマンス比較に適していないこともわかった。

実験デザインを変更し、睡眠延長の手段として夜間睡眠の延長から、継続的な日中の仮眠をとる設定とした。実験課題としては、スポーツ・運動学習評価目的にて汎用されている Rotation adaptation task (RAT) を課題として採用した。当初と実験デザイン、課題は変更を余儀なくされたが、睡眠負債とスポーツパフォーマンスとの関連を生理学的に調べる目的には一致していると考えた。

2. 研究の目的

本研究は、慢性的な睡眠不足 (睡眠負債) と身体運動との関連に着目し、継続的な仮眠という睡眠時間の延長手段によって運動機能が向上する機序の解明を目指すものである。睡眠が運動学習に及ぼす効果に関する研究がこれまでに多く行われてきている。睡眠と運動学習に関する初期の研究のうちの 1 つでは、鏡像追跡課題 (MTT) を用いて夜間睡眠の前後で成績の比較を行った結果、覚醒群よりも睡眠群の方がパフォーマンスを改善したことが示された (7)。その後も指タッピングタスク (FTT) や回転適応課題 (RAT) を用いた研究において夜間睡眠の運動学習促進効果が示されている (8,9)。

夜間睡眠だけでなく、日中の仮眠が運動学習を促進することを示す研究も存在し、FTT や MTT を用いて仮眠前後で成績比較をし、覚醒群よりも仮眠群の方がパフォーマンスの改善を示した (10)。しかしその一方で、日中の仮眠が運動学習を促進しないことを示す研究も存在し、そのうちの 1 つでは、覚醒群、短時間仮眠群、長時間仮眠群の 3 群において RAT の成績変化を比較したが、覚醒・仮眠前後で 3 群のパフォーマンス変化に差は見られず、翌日の再テスト時においても差はなかったことが報告された (11)。更に別の研究では、MTT を用いて覚醒、日中仮眠、夜間睡眠を比較した結果、日中仮眠は運動記憶の劣化を防ぐのに対し、夜間睡眠はパフォーマンスを向上させることが示唆された (11,12)。

上記を踏まえると、仮眠が運動学習に及ぼす効果は曖昧であり、効果があると明確に断言することは出来ない。また、今までの研究は 1 回の仮眠を行う実験手順を用いたものだけであり、複数日に渡って継続的に運動学習と日中の仮眠を取った場合についても分かっていない。そのため、本研究では、複数日に渡る継続的な仮眠が運動学習にどのような影響を与えるのかを明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

睡眠延長手段として日中の仮眠を3日間連続してとった群を睡眠延長群とし、通常の睡眠習慣を取った群を比較対照群として、スポーツ関連の高次運動機能を評価した。注意機能ならびに運動機能をみる Rotation adaptation task (RAT) を課題として採用し、連日の仮眠による睡眠延長（睡眠負債解消）効果を評価検討した。

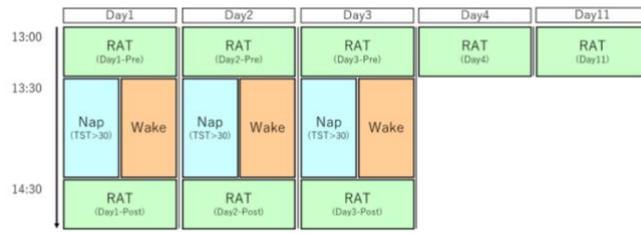


図 1. 実験プロトコル

実験参加者は健常男性 18 名(22.7±2.7 歳)であり、仮眠群 9 名と覚醒群 9 名の 2 群に分けて行った。実験期間は DAY1,2,3,4,11 の 5 日間であり、DAY1,2,3 は 13 時に RAT を行い、インターバル期間 60 分をおいて、再度 RAT を行った。DAY4,11 は単回の RAT を行った (図 1,2 を参照)。分析項目は、RAT においてカーソルをターゲットに到達させるまでの所要時間、軌跡長、合成指標(所要時間×軌跡長)の 3 項目であり、それぞれにおいて

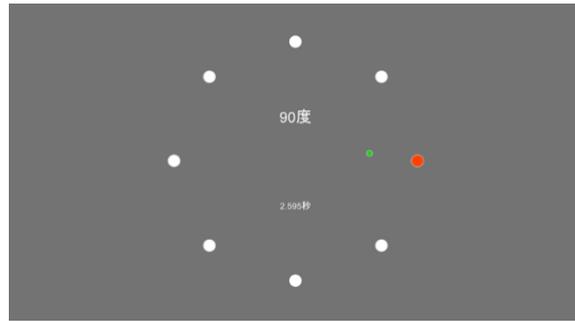


図 2. Rotation adaptation task (RAT)

群×測定ポイント(RAT 実行タイミング)の二元配置分散分析を行った。仮眠中は脳波も記録し、睡眠効率や入眠潜時、睡眠段階なども計測した。本研究は、早稲田大学・人を対象とする研究に関する倫理審査委員会（承認番号 2019-193）の承認を得て行われた。実験参加者には実験内容を口頭及び文書で説明し、文書による同意を得ている。

4. 研究成果

図 3 に、各測定ポイントにおける所要時間を図示する。所要時間（全角度）において、有意な主効果は認められなかったが、測定ポイントによる有意な主効果を認めた ($F(2.5, 39.4) = 50.6, p < 0.001$)。有意な交互作用は認めなかった。DAY1-Pre (1 日目のインターバル前) では群間に有意差は認めなかったのに対し、DAY11 (保持テスト) で仮眠群が覚醒群よりも有意な所要時間の短縮を認めた ($p = 0.024$)。

所要時間において、Day1-Pre では群間に有意差がなかったのに対し、Day11 の保持テストでは覚醒群よりも仮眠群の方が

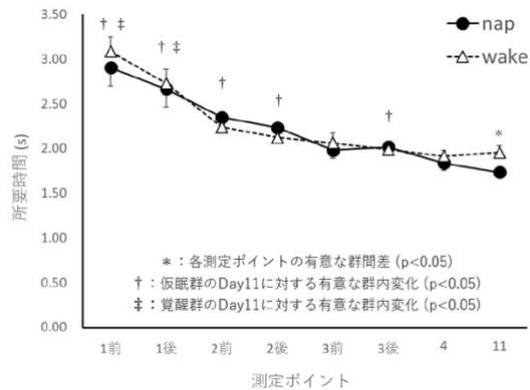


図 3. 各ポイントでの所要時間

有意に高い成績を示したことから、継続的な仮眠は運動記憶を長期的に保護・促進する可能性が示唆された。また睡眠脳波解析も行い、各睡眠段階と各成績要素との相関を求めたが、有意な相関は得られなかった。

本研究は 3 日間の仮眠であったが、日数を伸ばすことでより大きな効果を得られる可能性がある。さらに、仮眠継続日数の延長だけではなく、FTT や MTT、その他の運動学習においても継続的な仮眠の効果を明らかにする研究の実施が期待される。また、人間が身体を特定の動かし方を習得しなければならないスポーツなど実践面への応用も可能である。特にスポーツ競技の練習において日中練習を行っている場合に、継続的に練習後に仮眠を取り入れることで、長期的に見て運動技能の習得が早まりスムーズな上達に繋がる可能性が考えられる。人間は日常で自身の身体を動かして生活していることから、スポーツレベルでの複雑な動きではなくても身につけなければならない動作は多々あることから、仮眠の健康効果や宣言的記憶に対する効果を考えると、日常的な日中の仮眠を行うことで健康面でも様々な恩恵を享受する可能性が

考えられる。
(引用文献)

- (1) Roberts RE, Duong HT. The prospective association between sleep deprivation and depression among adolescents. *Sleep* 2014;37(2):239-244.
- (2) Bolin DJ. Sleep Deprivation and Its Contribution to Mood and Performance Deterioration in College Athletes. *Curr Sports Med Rep* 2019 Aug;18(8):305-310.
- (3) Monma T, Ando A, Asanuma T, Yoshitake Y, Yoshida G, Miyazawa T, et al. Sleep disorder risk factors among student athletes. *Sleep Med* 2018 April 01;44:76-81.
- (4) Juliff LE, Halson SL, Peiffer JJ. Understanding sleep disturbance in athletes prior to important competitions. *J Sci Med Sport* 2015 January 01;18(1):13-18.
- (5) Mah CD, Sparks AJ, Samaan MA, Souza RB, Luke A. Sleep restriction impairs maximal jump performance and joint coordination in elite athletes. *J Sports Sci* 2019 September 01;37(17):1981-1988.
- (6) Schwartz J, Simon RD. Sleep extension improves serving accuracy: A study with college varsity tennis players. *Physiol Behav* 2015 November 01;151:541-544.
- (7) Plihal W, Born J. Effects of early and late nocturnal sleep on declarative and procedural memory. *J Cogn Neurosci* 1997 July 01;9(4):534-547.
- (8) Walker MP, Brakefield T, Morgan A, Hobson JA, Stickgold R. Practice with sleep makes perfect: sleep-dependent motor skill learning. *Neuron* 2002 July 03;35(1):205-211.
- (9) Huber R, Ghilardi MF, Massimini M, Tononi G. Local sleep and learning. *Nature* 2004 July 01;430(6995):78-81.
- (10) Nishida M, Walker MP. Daytime naps, motor memory consolidation and regionally specific sleep spindles. *PLoS One* 2007 April 04;2(4):e341.
- (11) Backhaus W, Braass H, Renne T, Kruger C, Gerloff C, Hummel FC. Daytime sleep has no effect on the time course of motor sequence and visuomotor adaptation learning. *Neurobiol Learn Mem* 2016 May 01;131:147-154.
- (12) van Schalkwijk FJ, Sauter C, Hoedlmoser K, Heib DPJ, Klosch G, Moser D, et al. The effect of daytime napping and full-night sleep on the consolidation of declarative and procedural information. *J Sleep Res* 2019 February 01;28(1):e12649.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Masaki Nishida, Hiroki Ando, Yusuke Murata and Kohei Shioda	4. 巻 in press
2. 論文標題 Mental rotation performance and circadian chronotype in university students: a preliminary study.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biological Rhythm Research	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/09291016.2021.1890366	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Senichiro Kikuchi, Yusuke Nishizawa, Kenji Tsuchiya, Kaori Shimoda, Fumikazu Miwakeichi, Hiroki Mori, Hideaki Tamai, Masaki Nishida	4. 巻 40
2. 論文標題 Effect of Omitting Offset Work on Functional Near-Infrared Spectroscopy: Comparison Between Keyboard and Voice Response.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JOURNAL OF MEDICAL AND BIOLOGICAL ENGINEERING	6. 最初と最後の頁 899 - 907
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s40846-020-00563-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Takashi Maruyama, Shinichi Sato, Mari Matsumura, Taisuke Ono, Masaki Nishida, Seiji Nishino	4. 巻 10
2. 論文標題 Evaluations of effects of sleep surfaces on athletic performance in youth.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific reports	6. 最初と最後の頁 11805 - 11805
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-020-68795-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 守田優子 西多昌規	4. 巻 12
2. 論文標題 睡眠負債とアスリートのパフォーマンス	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 睡眠医療	6. 最初と最後の頁 399-402
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Masaki Nishida	4. 巻 55
2. 論文標題 Exercise Treatment for Major Depression	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine	6. 最初と最後の頁 189 ~ 192
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2490/jjrmc.55.189	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 西多昌規
2. 発表標題 アスリートにおける睡眠の重要性
3. 学会等名 第44回日本睡眠学会定期学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菊地千一郎、磯田めぐ美、野村若菜、吉澤友菜、筒井信貴、土屋謙仕、下田佳央莉1)、三分一史和、西多昌規、齋藤陽道、中谷壮汰、森大毅
2. 発表標題 対照課題における相殺の有無がfNIRS検査結果に与える影響 - 音声入力およびキー入力をを用いた検査間の比較
3. 学会等名 第48回日本臨床神経生理学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西多昌規
2. 発表標題 アスリートの不眠
3. 学会等名 第43回日本睡眠学会定期学術集会シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西多昌規
2. 発表標題 ビーズソファが仮眠に与える効果についての生理学的研究
3. 学会等名 JASEC日本イーコマース学会 第2回全国研究発表大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計7件

1. 著者名 西多昌規（共著）	4. 発行年 2019年
2. 出版社 恒星社厚生閣	5. 総ページ数 195
3. 書名 時間学の構築. III : ヒトの概日時計と時間	

1. 著者名 西多昌規（共著）	4. 発行年 2020年
2. 出版社 大修館書店	5. 総ページ数 147
3. 書名 アスリートのメンタルケア 選手の心の悩みケースブック	

1. 著者名 西多昌規（共著）	4. 発行年 2020年
2. 出版社 中山書店	5. 総ページ数 260
3. 書名 アンチ・ドーピング 徹底解説 スポーツ医薬-服薬指導とその	

1. 著者名 西多昌規 (共著)	4. 発行年 2020年
2. 出版社 ライフサイエンス	5. 総ページ数 110
3. 書名 睡眠医療 アスリートと睡眠	

1. 著者名 西多昌規 (共著)	4. 発行年 2019年
2. 出版社 メディカルレビュー社	5. 総ページ数 32
3. 書名 DEPRESSION JOURNAL うつ病診療の今を伝える	

1. 著者名 西多昌規	4. 発行年 2019年
2. 出版社 恒星社厚生閣	5. 総ページ数 196
3. 書名 概日時計と運動機能 時間学の構築 ヒトの概日時計と時間	

1. 著者名 西多昌規	4. 発行年 2018年
2. 出版社 診断と治療社	5. 総ページ数 246
3. 書名 睡眠障害とスポーツ スポーツ精神医学	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	守田 優子 (Morita Yuko) (50710068)	東京理科大学・理工学部・助教 (32660)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関