

睡眠不足が思考能力と運動に対する主観的運動強度に与える影響

樋口博之、片伯部光流、右田平八*、中田富久、園田徹

Influence of sleep shortage on thinking ability and the RPE during incremental exercise

Hiroyuki Higuchi, Hikaru Katakabe, Heihachi Migita*, Tomihisa Nakada, Touru Sonoda

Abstract

This study aimed to investigate the influence of sleep shortage on thinking ability and the rating of perceived exertion (RPE) during exercise. Six university students (age: 21.4 ± 0.8 years) participated in this study. They played the "odd one out" game and completed the Uchida-Kraepelin and bicycle exercise tests under two conditions (non-sleepy and sleepy). During the tests, the subjects wore an electrocardiogram, used to measure heart rate and autonomic nerve activity. The RPE was measured using the Borg scale. In the Uchida-Kraepelin test, the number of answers recorded under the sleepy condition was lower than those under the non-sleepy condition in both the sections ($p < 0.05$). The RPE and heart rate observed under the sleepy condition were not different from those observed under the non-sleepy condition. We concluded that thinking ability was lower under the sleepy condition.

Key words : sleep shortage, Uchida-Kraepelin test, Borg scale

キーワード : 睡眠不足 内田クレペリンテスト ボルグ・スケール

緒言

厚生労働省の調査¹⁾によると、日本人の約4割の睡眠時間は6時間未満であり、「睡眠全体の質に満足出来なかった」と感じている人は21.8%、「日中、眠気を感じた」と感じている人は34.8%であった。睡眠確保の妨げとなる理由は、20代で「就寝前に携帯電話、メール、ゲームなどに熱中する」が42.9%と最も多かった。

睡眠不足の蓄積は、肥満や高血圧、糖尿病といった生活習慣病の発症リスクを高める^{2,3)}。また、睡眠時間7時間の人に比べ、睡眠時間4時間以下の人の死亡率は約1.6倍となることが示されている。

厚生労働省・生活習慣病予防のための健康情報サイトのなかで、睡眠不足による休養不足は人間の精神と身体に大きな影響を及ぼす。例えば短時間睡眠や不眠が続くと、日中の強い眠気、作業能率や注意力の低下などが出

現し、人為的ミス危険性を増大させることが紹介されている⁴⁾。

先行研究において、Dingesら⁵⁾は、健常若年者に1週間にわたり1日4時間の睡眠に制限し、気分プロフィール (Profile of Mood States: POMS) を用いて測定したところ、睡眠不足の蓄積によって気分が低下し、緊張、疲労、混乱が増大したことを報告している。Minkelら⁶⁾も、睡眠不足で比較的弱いストレスと強いストレスを加えた際、強いストレス群だけでなく、弱いストレス群でも疲労感が高まったことを報告している。Thun⁷⁾らは、レビューの中で睡眠不足は持続的な運動能力や認知判断能力を低下させることを報告している。

本研究では、一過性の睡眠不足が思考能力と運動中の疲労感に与える影響について明らかにすることを目的とする。思考能力は、スマートフォンを使用した仲間外れテストと内田クレペリン検査で評価する。どちらもとも睡

九州保健福祉大学保健科学部作業療法学科

*九州保健福祉大学保健科学部臨床工学科

〒882-8508 宮崎県延岡市吉野町1714-1

Department of Occupational Therapy, School of Health Science

*Department of Medical Engineering, School of Health Science Kyushu University of Health and Welfare,

1714-1 Yoshino-cho, Nobeoka city, Miyazaki 882-8508 JAPAN

眠不足条件で低い評価となるという仮説を立てた。運動については、同じ強度であっても睡眠不足条件で疲労感が高くなるという仮説を立てた。

方法

1. 対象

健康な男子大学生 5 人（年齢：21.4 ± 0.8 才）を対象とした。身長、体重、BMI は、それぞれ 170.4 ± 4.5cm、68.5 ± 3.7kg、23.7 ± 2.2 であった。すべての対象者に研究の趣旨を説明し、書面による同意を得た。尚、本研究は九州保健福祉大学の研究倫理審査委員会の承認を得て実施した（受理番号 22-011）。

2. 実験手順

対象者は、睡眠不足と通常の睡眠の 2 条件で座位作業と運動実験を行った。睡眠不足と通常の睡眠の順番は無作為に設定し、午前 9 時から 10 時より実験を開始した。朝食は通常と同じように、睡眠不足条件では起床時間を通常と同じに設定し、可能な範囲で睡眠時間を少なくするように依頼した。

すべての対象者は胸部に心電図の電極を付け、椅座位にて 10 ~ 15 分間の安静を保ったのち、スマートフォンを使用して仲間外れテストを実施し、約 10 分の安静後、内田クレペリンテストを実施した。仲間外れテスト⁸⁾は、似たような文字や図形の中から仲間はずれを探すシンプルなゲームで、解答時間が速いほど認知機能が高いと判断できる。

内田クレペリンテスト⁹⁾は作業 15 分間、休息 5 分、作業 15 分間行った。約 10 分の安静後、自転車エルゴメーター（Well Bike BE200, フクダ電子社製）を用いて、サドルの高さを調整し、多段階運動負荷テストを実施した。運動負荷テストは 1 段階 3 分間とし、4 段階に設定した。ペダル回転数はピッチ音に合わせて 60 回 / 分とした。負荷強度は推定最大心拍数（220 - 年齢）の 40%、50%、60%、70% となるよう調整し、2 回目の測定では 1 回目と同じ負荷に設定した。

尚、新型コロナウイルス感染症対策として、験者はマスクを装着し、対象者は安全を考慮してマスクを装着せずに実験を行った。実験開始前の室温は 21℃、湿度 60% に調整し、実験中は換気を行った。

3. 測定項目

すべての対象者に普段の睡眠状況と運動習慣について事前にアンケート調査を行った。実験の当日、体調を確

認後、睡眠時間と「眠さ」、睡眠前の活動、朝食についてアンケート調査を行った。

自律神経活動の測定は、胸部に心電図より得られた R-R 間隔から心拍ゆらぎ解析システム MemCalc（TARAWA, GSM 社製）を用いて行った¹⁰⁾。測定間隔は 2 秒毎に設定し、高周波変動成分（HF：0.15 ~ 0.40 Hz）と低周波変動成分（LF：0.04 ~ 0.15 Hz）を計測し、LF/HF を交感神経の指標とした。

仲間外れテストの解答時間を指標とした。内田クレペリンテストは作業曲線より性格分析が行われるが、本研究では回答数と正解率を指標とした。

多段階運動負荷テストでは心拍数と主観的疲労度（Borg スケール）を指標とした^{11, 12)}。

4. 統計処理

各測定値は平均値 ± 標準偏差で表した。2 つの睡眠条件の比較は、対応のある t 検定を用い、有意水準を 5 % 未満とした。

結果

事前アンケート調査の結果、5 名の通常の睡眠時間は 5 時間 ~ 6 時間 30 分であった。睡眠不足では 0 ~ 1 時間の睡眠時間であった。運動習慣については 1 名、週 3 回、1 回約 2 時間の運動を行っていた。

図 1 に心拍数と LF/HF の経時変化の 1 例を示す。多段階運動負荷テストでは、心拍数と LF/HF に大きな

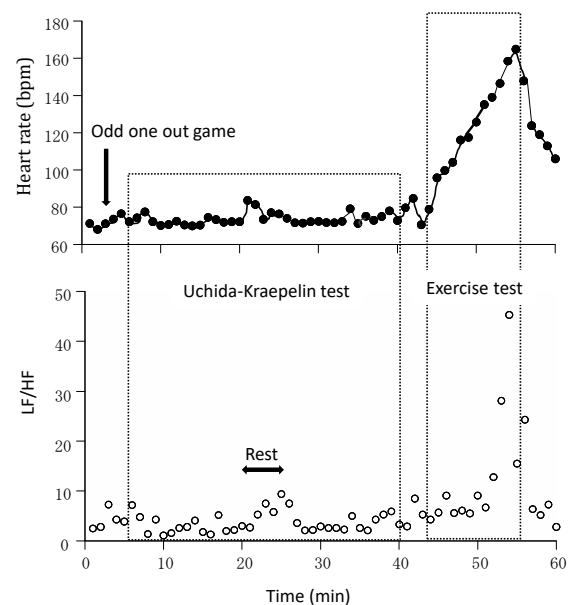


Fig. 1 Changes in heart rate and LH/HF during the odd one out game, Uchida-Kraepelin and exercise tests.

変化は認められるが、仲間外れテストと内田クレペリンテストでの変動は小さい。

仲間外れテストの解答時間は、5名中3名で通常睡眠の方が速かったが2名で遅かった。個体差が大きく、統計学的な有意差は認められなかった（通常睡眠 2分10秒±1分15秒、睡眠不足 1分37秒±1分16秒）。

表1に睡眠不足と内田クレペリンテストの回答数と間違えの数を示す。前半15分と後半15分の回答数は、ともに睡眠不足で有意に少なかった。間違えの数は、前半と後半どちらも睡眠不足で有意に多かった。

自律神経の指標であるLF/HFは前半と後半の平均値でそれぞれ比較を行った。前半のLF/HFの平均値は通常睡眠で大きいですが、統計学的に有意差は認められなかった。

多段階運動負荷テスト中の心拍数とBorgスケールを図2に示す。心拍数とBorgスケール、どちらも睡眠条件による統計学的な有意差は認められなかった。

考察

仲間外れテストは、スマートフォンの画面上に縦×横に7×7の図やアルファベットが表示され、その中から1つだけ異なるものを選択しなければならない。また、表示された図やアルファベットはゆっくりと回転するので、仲間はずれを探しにくい。仲間外れテストは認知能力が必要なテストだが、1つの問題の制限時間はないため、1問に時間を費やした場合の成績（回答時間）は低くなってしまふ。したがって、睡眠不足の影響を反映し

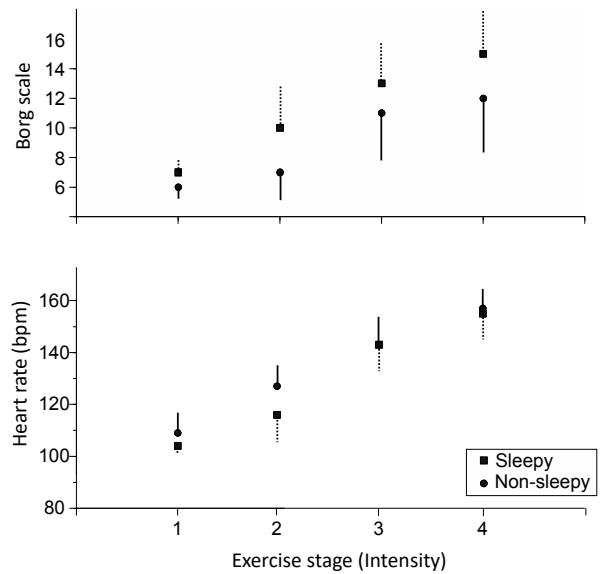


Fig. 2 Changes in heart rate and Borg scale during the bicycle exercise test. Comparison between Non-sleepy and sleepy conditions

なかったのかもしれない。

内田クレペリンテストの回答数と間違えの数については、睡眠不足の状態では思考能力が低下することが示された（表1）。睡眠不足による眠気は、おそらく前頭葉への影響から認知機能（言語、計算、記憶など）が低下させる¹³⁾。自律神経系からみると、交感神経活動より副交感神経活動は大きくなって眠気が生じると考えられるが、本研究ではLF/HFに睡眠条件の差は認められなかった。

先行研究¹⁴⁾において内田クレペリンテストに類似し

Table 1 Changes in number of answer and LH/HF at the two sleepy conditions during Uchida-Kraepelin test.

	Non-sleepy condition	Sleepy condition
First section		
Number of answers	822.6±81.4	662.0±163.7 *
Number of mistakes	0.4±0.5	8.2±1.3 **
LH/HF	6.2±1.5	3.1±0.6
Second section		
Number of answers	942.0±123.6	680.0±200.1 **
Number of mistakes	0.2±0.4	9.2±3.6 **
LH/HF	2.6±0.4	2.2±1.0

*: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

た15分間の計算負荷テストが行われ、負荷前よりも負荷後のLF/HFの値が有意に低値であったことが報告されている。本研究では、睡眠条件の違いを比較することを目的としたため、内田クレペリンテスト前後について比較を行っていない。しかしながら、対象者から前半の15分間だけでもストレスが強いと感想があった。

多段階運動負荷テストでは、睡眠不足条件で主観的運動強度が高くなると予想していたが、統計学的に有意な差は認められなかった。しかしながら、第2段階以降の運動強度でBorgスケールの差が大きくなる傾向がみられた(図3)。本研究では5名の対象者であったが、対象者数を増やせば睡眠条件の違いが主観的運動強度に認められるかもしれない。また、睡眠不足の状態で運動することを容認する結果ではない。

まとめ

本研究では睡眠不足が思考能力と運動中の疲労感に与える影響について、仲間外れテスト、内田クレペリンテスト、多段階運動負荷テストで2つの睡眠条件で比較した。多段階運動負荷テストで睡眠不足による統計学的な影響は認められなかったが、内田クレペリンテストで明らかな思考能力の低下が認められた。

謝辞

本研究を実施するにあたり、保健科学部臨床工学科長の戸畑裕志教授にご協力いただきました。深く感謝いたします。

参考文献

- 厚生労働省：令和元年「国民健康・栄養調査」. 2019, https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_14156.html (2022年7月1日)
- 木村直之：睡眠の教科書 Newton 別冊. 第2版、ニュートンプレス、東京、pp4-75、2021.
- 前田光哉、友岡清秀、佐藤准子、他（下光輝一 編集）：睡眠に関する健康の評価と今後の展望：別冊・医学のあゆみ 健康日本21（第二次）の中間評価とこれからの課題、医歯薬出版、東京、pp68-73、2020
- 厚生労働省：睡眠と健康 e-ヘルスネット 健やかな眠りの意義. <https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/heart/k-01-001.html> (2022年7月1日)
- Dinges DF, Pack F, Williams K, et al.: Cumulative Sleepiness, mood disturbance, and psychomotor vigilance performance decrements during a week of sleep restricted to 4-5 hours per night. *Sleep* 20, 267-277, 1997.
- Minkel JD, Banks S, Htaik O, et al.: Sleep deprivation and stressors: evidence for elevated negative affect in response to mild stressor when sleep deprived. *Emotion* 12, 1015-1020, 2012.
- Thun E, Bjorvatn B, Flo E, et al.: Sleep, circadian rhythms, and athletic performance. *Sleep Med Rev*, 23:1-9, 2015.
- 仲間外れを探すシンプルゲーム. <http://hitoikigame.com/blog-entry-5746.html> (2022年7月1日)
- 日本・精神技術研究所：内田クレペリン検査 完全理解マニュアル、つちや書店、東京、pp10-109、2020.
- Kasaoka S, Nakahara T, Kawamura Y, et al.: Real-time monitoring of heart rate variability in critically ill patients. *J Crit Care*. 25(2):313-316, 2010.
- Morishita S, Tsubaki A, Hotta K, et al.: Face Pain Scale and Borg Scale compared to physiological parameters during cardiopulmonary exercise testing. *J Sports Med Phys Fitness*. 61(11):1464-1468, 2021.
- Scherr J, Wolfarth B, Christle JW, et al.: Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol*. 113(1):147-55, 2013.
- 三島和夫、睡眠科学、第1版、化学同人、東京、pp171-186、2016.
- 鷺野嘉映、西田弘之、計算負荷の非侵襲的ストレス評価への影響、岐阜聖徳学園大学短期大学部紀要、43: 51-57、2011.