

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：25406

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K11445

研究課題名(和文) 運動が睡眠・睡眠時の生理応答に及ぼす影響と翌日の気分・食欲・タスク処理能力の関連

研究課題名(英文) Effects of exercise on the following nocturnal sleep, its haemodynamic response, mood, and appetite in the next morning.

研究代表者

三浦 朗 (Miura, Akira)

県立広島大学・地域創生学部・教授

研究者番号：30190581

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：運動実施と昼食後の短時間仮眠(午睡)の組み合わせが、その日の夜の睡眠の量と質、夜間の生理応答(血圧、心拍数、自律神経系緊張度)に及ぼす影響を調べるとともに、翌日の午前中の生理応答と「眠気・疲労感・食欲・タスク処理能力」を評価した。低強度自転車運動、高強度自転車運動、卓球の実施、および運動に加えての午睡実施は、睡眠感を改善するとともに睡眠時血圧の低下を大きくし、翌朝の眠気、疲労感、食欲を改善させるという恩恵的效果を有するが、これらの効果は、運動の実施では得られるものの、午睡のみでは得られないものもあることが示唆された。また、運動による夜間血圧の低下は、運動後低血圧の延長の可能性が示唆される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本邦において睡眠に何らかの問題を抱えている人の割合は少なくない。睡眠や夜間の循環応答に及ぼす運動の急性効果について、実施する運動強度、運動様式がどのような影響を及ぼしているのか、また、運動に午睡(昼食後の短時間仮眠)を組み合わせることによる影響を明らかにすることは、きわめて興味深い。本研究では、低強度自転車運動、高強度自転車運動、卓球の実施、およびそれら運動に加えての午睡の実施は、睡眠を改善するとともに睡眠時血圧の低下を大きくし、翌朝の眠気、疲労感、食欲を改善させるという恩恵的效果を有するが、これらの効果は、運動の実施では得られるものの、午睡のみでは得られないものもあることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：We determined effects of exercise and nap after lunch on the following nocturnal sleep, its haemodynamic response, mood, appetite, and task processing capacity in the next morning.

This experiment consisted of control, low-intensity cycling (LE), high-intensity cycling (HE), table tennis exercise (T) or taking a 20min nap after lunch (N) or combined LE or HE condition and N condition (LEN and HEN).

The subjective wake up feeling of hunger in LEN, appetite in HEN and HE condition significantly higher than that of control. Wake time after sleep onset / total sleep time and snooze time in HE condition significantly shorter than control. Sleep efficiency in HE and T condition significantly higher than control. BP during nocturnal sleep in LE, LEN, HEN and T condition was lower than that of control. Cycling, table tennis exercise and combined nap after lunch has acute effect on sleep, it seems a residual effect on haemodynamics, i.e. prolongation of post-exercise hypotension.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：運動 血圧 睡眠

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

1) 「睡眠に対する運動と午睡の効果」

平成 27 年国民健康・栄養調査によると「睡眠全体の質に満足できなかった」「日中、眠気を感じた」など、睡眠に関する問題が週 3 回以上あったと回答した者は、成人男女の約 7 割にも及ぶことが報告されている。

睡眠と日中の活動の間には相互関係があり、睡眠が障害されると日中の活動に影響し、また日中の活動が睡眠に対して影響を及ぼす。日中の活動には、精神・身体活動など様々なものがあるが、その中でも運動は、睡眠に対して好ましい影響を与える因子であると考えられている。たとえば、1988 年にフィンランドで行われた 1190 名を対象にした質問紙調査では、成人男女の 3 割が、運動は快眠法のひとつであると答えている(Urponen H ら, 1988)。また、中高年を対象とした運動トレーニング研究において、その前後で質問された「不定愁訴」アンケート結果はよく似た改善を示す。また、睡眠に及ぼす運動実施の急性効果については認められており、「よく眠れない」の改善は、明らかにヒト特有な、脳の何らかの機能的な変容に起因した結果であると考えられる。

一方、日中の眠気を改善する方法として、昼食後に 10-20 分程度の短時間仮眠(以下「午睡」と呼ぶ: 睡眠ステージ 2 までの浅い睡眠)をとることが推奨されている。午睡により、その後の眠気の改善やタスク処理能力の向上(Tamaki ら, 2000)に加えて夜間睡眠の改善が報告されている(白川ら, 1999)。このように、運動と午睡はそれぞれ、睡眠に良い影響をもたらすことは知られているものの、運動と午睡を組み合わせることで実施した夜の睡眠、および翌日の気分・食欲への影響については十分に明らかにされていない。

2) 「睡眠に対する運動の内容(様式・強度)と実施時間帯の影響」

夜間睡眠への運動の効果を考える場合、その運動の内容(様式・強度)と実施時間帯は大きく影響すると考えられる。過去の主な研究を次にあげてみる。午前中の運動は夜間睡眠に影響しなかった。午後の時間帯に中等度の有酸素性運動を 1 時間程度実施すると睡眠への正の効果(中途覚醒時間の減少、徐波睡眠[SWS]の増大、REM 睡眠の減少)が認められた。就寝前の 2~3 時間以内に高強度運動を行うと睡眠は阻害される可能性が高かった。就寝 3 時間前の夜の低強度運動は入眠潜時を短縮し翌日の起床時の睡眠感も改善させた。このように、過去の研究では、同一被検者に対して、運動をした日の夜としなかった日の夜の検討が多く、同一被検者に、運動の様式・強度と実施時間帯を体系的に組み合わせた検討はなされていない。

また、運動様式は多様であり、たとえばウォーキング、ジョギング、サイクリングといった運動は、比較的単調な動きをする運動であり、テニス・バドミントンやサッカー・フットサルなどの球技は、高度に認知判断を伴う運動である。単調な動きであっても、レジスタンス運動はその強度において違った意味合いを持つ。運動・スポーツ活動は筋内の受容体を通じて中枢神経系の機能に影響を与えている。たとえば、脳が興奮状態にある人の場合、スポーツの様式によってその興奮が亢進されることもあるし、逆に中枢神経系の鎮静を強めてしまうこともある。しかし、運動様式が睡眠に及ぼす影響については、ほとんど明らかにされていないのが現状である。

すでに述べたように、REM 睡眠時には交感神経が、SWS では副交感神経が優位となる。仮に、運動実施日の夜の睡眠中、SWS の時間帯が増加すれば、脳に休息を与える時間が増え、副交感神経優位・交感神経トーンの低下の時間帯も増えて睡眠にもその影響が及ぶ可能性がある。また、運動の内容(様式・強度)と実施時間帯によって、夜の自立神経系の緊張度に差が生じれば、睡眠にも影響が及ぶ可能性は高いと仮説を立てることができる。

運動強度の設定: 運動強度は、その生理的負担度から、無酸素性作業閾値(Anaerobic threshold: AT)という閾値を基準として考える事ができる。いわゆる適度な運動とはこの AT 以下の強度の運動を指すと考えられる。AT を超える運動強度になると、血中への乳酸の蓄積、筋内 pH の低下、呼吸の亢進等に代表される、生体内の恒常性の破綻が一過性に生じ疲労が起こる。そこで、運動強度が、AT を超えるか否かによって、運動中から運動後、さらにその夜にかけて、疲労感といった主観的な感覚にも変化が生じ、そのことが睡眠に影響を及ぼすと仮説を立てた。

2. 研究の目的

そこで本研究では、実験 1(2019 年度実施)の目的は、低強度自転車運動(AT 以下の強度)と昼食後の短時間仮眠(午睡)の組み合わせが、その日の夜の睡眠の量と質、夜間の生理応答(血圧、心拍数、自律神経系緊張度)に及ぼす影響を調べるとともに、翌日の午前中の生理応答と「眠気・疲労感・食欲・タスク処理能力」を評価することであった(研究方法、実験 1)。

実験 2(2020 年度実施)の目的は実験 1 の低強度自転車運動を高強度自転車運動(AT 以上の強度)にかえて同様の測定項目について検討した(研究方法、実験 2)。

実験 3(2021 年度実施)は、運動様式に着目し、実験の条件として卓球(認知判断を伴う運動、ラリーとゲーム、60 分)を実施する日、低強度自転車運動(単調な運動、予備心拍数の 50% の強度、60 分)を実施する日、それらの運動に加えて午睡を行う日、コントロール日について

運動実施による睡眠への効果が翌日の「眠気・疲労感・食欲・タスク処理能力」と生理応答に及ぼす運動様式の影響について検討した（研究方法、実験3）。

なお、本研究（2019～2022年度実施）にかかわるすべての実験は、実験協力者（被験者）の安全、人権およびプライバシーに十分注意して行われた。具体的には、実験開始前に、本学の部局における倫理委員会で、本実験プロトコルの承認を受けた。

3. 研究の方法

実験1（2019年度）

健康な成人女性10名を対象として、低強度脚自転車運動（予備心拍数の50%の強度、60分）を午後に実施した日（運動条件）、運動条件に加えて昼食後20分間の午睡を実施する日（運動・午睡条件）、午睡を実施した日（午睡条件）、運動・午睡を実施しない日（コントロール）の夜に、総睡眠時間・中途覚醒時間・睡眠効率・入眠潜時、睡眠中の血圧と心拍数、自律神経系緊張度の評価、REM・non-REM浅い・深い睡眠の3段階の測定を行った。また、翌日の起床時には、起床時睡眠感（OSA睡眠調査票MA版）、視覚的評価スケールによる気分（眠気、疲労感）、食欲、タスク処理能力（あまりのある割り算50問）を評価した。

なお、夕食の摂取内容や時間が測定当日の睡眠に影響を及ぼす可能性があるため、全ての実験日の夕食は規定食（約680kcal）とし18時に提供した。

本研究（2019～2022年度実施）にかかわるすべての実験は、実験協力者（被験者）の安全、人権およびプライバシーに十分注意して行われた。具体的には、実験開始前に、本学の部局における倫理委員会で、本実験プロトコルの承認を受けた。

実験2（2020年度）

健康な成人女性9名を対象として、高強度脚自転車運動（予備心拍数の70%の強度、30分）を午後に実施した日（運動条件）、運動条件に加えて昼食後20分間の午睡を実施する日（運動・午睡条件）、午睡を実施した日（午睡条件）、運動・午睡を実施しない日（コントロール）の夜に、総睡眠時間・中途覚醒時間・睡眠効率・入眠潜時、睡眠中の血圧と心拍数、自律神経系緊張度の評価、REM・non-REM浅い・深い睡眠の3段階の測定を行った。また、翌日の起床時には、起床時睡眠感（OSA睡眠調査票MA版）、視覚的評価スケールによる気分（眠気、疲労感）、食欲、タスク処理能力（あまりのある割り算50問）を評価した。

実験3（2021年度）

健康な成人女性8名を対象として、運動様式に着目し、実験の条件として卓球（認知判断を伴う運動、ラリーとゲーム、60分）を実施する日、低強度自転車運動（単調な運動、予備心拍数の50%の強度、60分）を実施する日、卓球に加えて午睡を行う日、低強度自転車運動と午睡を行う日、コントロール日の5条件について、上記の各条件の夜に、令和元年・2年度と同様に、総睡眠時間・中途覚醒時間・睡眠効率・入眠潜時、睡眠中の血圧と心拍数、自律神経系緊張度の評価、睡眠ステージの測定を行った。また、翌日の起床時には、起床時睡眠感、視覚的評価スケールによる気分（眠気、疲労感）、食欲、タスク処理能力の測定を行った。

4. 研究成果

（実験1の研究成果）

睡眠の質と量についてみると、起床時睡眠感において、コントロールと比較して、運動条件の「起床時眠気」「目覚めの良さ」の項目で有意な改善がみられた。また、食欲・疲労感では、コントロールと比較して、運動条件の「食欲」「空腹感」「どのくらい食べられそうか」と、運動・午睡条件の「空腹感」「満腹感」「どのくらい食べられそうか」の項目で、有意に増加した。タスク処理能力においては、回答時間が、コントロールと比較して、運動・午睡条件で有意に短縮した。

血圧の就寝前と就寝中の平均値を比較すると、就寝中の拡張期血圧において、就寝前に比べて運動条件で有意に低下し、運動・午睡条件で低下する傾向がみられ、就寝中の平均血圧においては、運動条件で低下する傾向がみられた。条件間を比較すると、起床時において、コントロールと比較して午睡条件は拡張期血圧が低い傾向にあった。

これらのことから、低強度自転車運動や午睡の実施またその組み合わせにより、起床時睡眠感や食欲、およびタスク処理能力を改善する可能性が示唆された。また、午後に運動を実施、あるいは運動と午睡を合わせて実施すると、就寝前に比べて就寝中の血圧の低下を大きくし、起床時の血圧上昇を抑制する効果がある可能性が示唆された。

（実験2の研究成果）

睡眠の質と量に関してみると、コントロールと比較して運動条件の「中途覚醒時間/総睡眠時間(%)」「うたた寝時間」は有意に減少し、「睡眠効率」は有意に増加した。起床時睡眠感・疲労感においては、コントロールと比較して、運動・午睡条件の「起床時眠気」「疲労回復」「精神的疲労感」「眠気」の項目で有意な改善がみられた。また、さらに、食欲感では、コントロールと比較して、運動条件、運動・午睡条件の「満腹感」の項目で有意な改善がみられた。

血圧の就寝中の平均値（以下就寝中）を各条件間で比較すると、運動・午睡条件はコントロー

ルと比較して収縮期と平均血圧において有意に低値を示した。また、運動条件と比較しても収縮期、拡張期、平均血圧すべてにおいて有意に低値を示した。さらに、午睡条件と比較しても収縮期血圧において有意に低値を示した。

これらのことから、運動の実施、および運動の実施に加えての午睡の実施は、睡眠感を改善するとともに睡眠時血圧の低下を大きくし、翌朝の眠気、疲労感、食欲を改善させるが、これらの効果は、運動の実施では得られるものの、午睡のみでは得られないものもあることが示唆された。

（実験3の研究成果）

起床時の空腹感や満腹感・眠気に関する項目で、コントロールと比較して、自転車条件および卓球条件において有意な改善がみられた。睡眠の量に関しては、卓球条件の「睡眠効率」、自転車・午睡条件の「入眠潜時」において、コントロールと比較して、有意な改善が見られた。加えて、卓球条件では夜間の交感神経の緊張度が有意に低下、自転車・午睡条件では副交感神経の緊張度が有意に上昇した。さらに、タスク処理能力は運動または午睡を行うことにより向上したが、運動様式の違いによって向上の程度に差は見られなかった。

就寝前の血圧を基準とした、就寝中の血圧の下がり具合を対象条件と比較すると、卓球・午睡条件において収縮期が低下傾向、卓球条件において拡張期が低下傾向を示した。また就寝中の平均血圧は卓球条件において有意な低下を示した。

これらのことから、昼食後の運動は、運動様式に関わらず、睡眠の質を改善し、睡眠時の降圧効果を高める可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3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 3件）

1. 著者名 Akira Katagiri, Yasuhiko Kitadai, Akira Miura, Yoshiyuki Fukuba, Naoto Fujii, Takeshi Nishiyasu, Bun Tsuji	4. 巻 131(5)
2. 論文標題 Sodium bicarbonate ingestion mitigates the heat-induced hyperventilation and reduction in cerebral blood velocity during exercise in the heat	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J Appl Physiol (1985)	6. 最初と最後の頁 1617-1628
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/jappphysiol.00261.2021.	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 Hideaki Kashima, Saori Kamimura, Ayumi Honma, Masako Yamaoka Endo, Akira Miura, Toshio Kobayashi, Yoshiyuki Fukuba	4. 巻 12(7)
2. 論文標題 Timing of Nutrient Ingestion after Mild to Moderate Cycling Exercise Does Not Affect Gastric Emptying Rate in Humans	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nutrients	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nu12072118.	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 Masako Kanda, Chie Kajimoto, Hideaki Kashima, Ai Ogino, Akira Miura, Yoshiyuki Fukuba, Masako Yamaoka Endo	4. 巻 128(6)
2. 論文標題 Carotid baroreflex control of central and peripheral hemodynamics during recovery after moderate leg cycling exercise	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J Appl Physiol (1985)	6. 最初と最後の頁 1477-1486
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/jappphysiol.00023.2020.	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 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 三浦朗, 荻野愛, 鍛島秀明, 山岡雅子, 福場良之
2. 発表標題 夜間の運動と午睡が睡眠, 睡眠時の血圧, 翌日の気分・食欲・タスク処理能力に及ぼす影響
3. 学会等名 第76回日本体力医学会大会, 津市, WEB開催, 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三浦朗, 荻野愛, 鍛島秀明, 山岡雅子, 福場良之
2. 発表標題 運動と午睡が睡眠, 睡眠時の血圧, 翌日の気分・食欲・タスク処理能力に及ぼす影響
3. 学会等名 第75回日本体力医学会大会, 鹿児島市, WEB開催, 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鍛島秀明, 藤本萌花, 遠藤雅子, 三浦朗, 福場良之
2. 発表標題 朝食欠食が日中の上腕動脈血管内皮機能及び血糖調節に及ぼす影響
3. 学会等名 第75回日本体力医学会大会, 鹿児島市, WEB開催, 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山岡(遠藤)雅子, 大畑はるな, 近藤奈緒, 鍛島秀明, 福場良之
2. 発表標題 グルコースとフルクトース混合飲料が大腿動脈血流量に及ぼす影響
3. 学会等名 第75回日本体力医学会大会, 鹿児島市, WEB開催, 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三浦朗, 荻野愛, 鍛島秀明, 山岡雅子, 福場良之
2. 発表標題 夜間に実施する運動の様式が睡眠, 睡眠時の血圧, 翌朝の気分・食欲に及ぼす影響
3. 学会等名 第74回日本体力医学会大会, つくば市, 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鍛島秀明, 芝戸睦, 三浦康平, 山岡雅子, 三浦朗, 大上安奈, 福場良之
2. 発表標題 下腿への加温が浅大腿動脈および大腿深動脈のシェアストレスに及ぼす影響
3. 学会等名 第74回日本体力医学会大会, つくば市, 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西谷菜津美, 鍛島秀明, 三浦康平, 山岡雅子, 三浦朗, 前田清司, 福場良之
2. 発表標題 高強度間欠運動を実施するタイミングが高糖質飲料摂取後の血管内皮機能に及ぼす影響
3. 学会等名 第74回日本体力医学会大会, つくば市, 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山岡雅子, 岩槻鈴華, 瀨能菜見, 鍛島秀明, 三浦朗, 福場良之
2. 発表標題 短期間の高グルコース補給は運動時に摂取するグルコース飲料の消化吸収を促進するのか
3. 学会等名 第74回日本体力医学会大会, つくば市, 2019
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔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
研究協力者	福場 良之 (Fukuba Yoshiyuki)	広島国際大学・健康スポーツ学部・教授	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	山岡 雅子 (Yamaoka Masako)	県立広島大学・地域創生学部・教授	
研究協力者	鍛島 秀明 (Kashima Hideaki)	県立広島大学・地域創生学部・准教授	

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