

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26282181

研究課題名(和文) 睡眠障害が競技パフォーマンスを低下させる機序の解明とその改善法の開発

研究課題名(英文) The mechanism underlying sleep disorder-induced decrease in athletic performance and its improvement

研究代表者

前田 清司 (MAEDA, Seiji)

筑波大学・体育系・教授

研究者番号：30282346

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、睡眠質が競技パフォーマンスに及ぼす影響、睡眠質が低下する機序、睡眠質の低下がもたらす競技パフォーマンスの低下を改善する方法を検討した。睡眠質は比較的強度の高い運動中の認知機能に影響を与えることが示された。また、メタボロミクスによる網羅解析にて、睡眠質の低下にはカルノシンやオルニチンなどの代謝産物の低下が関与する可能性が示された。さらに、カルノシン含有のイミダゾールジペプチドの摂取により睡眠改善と競技パフォーマンス向上の可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：The present study investigated the effect of sleep quality on athletic performance, the mechanism underlying decrease in sleep quality, and the effect of replenishment of the deficient substance on sleep and athletic performance. We demonstrated that the sleep quality affected cognitive performance during a relatively intense aerobic exercise. We found using metabolomics that carnosine and ornithine were decreased by poor sleep quality. Furthermore, the present study suggested that intake of carnosine improved sleep and athletic performance.

研究分野：スポーツ医学

キーワード：睡眠 コンディショニング メタボロミクス 競技パフォーマンス

## 1. 研究開始当初の背景

アスリートが最高の競技パフォーマンスを発揮するためには睡眠による疲労回復が重要である。しかし、アスリートは競技会前の緊張などにより睡眠障害に陥ることが多い。特に、睡眠時間の短縮は、競技パフォーマンスを発揮するために重要な筋力や全身持久力などの身体能力の低下や、運動時の判断能力の低下を引き起こすことが示されている。睡眠は、時間(量)を確保するだけでなく、睡眠の質を維持することも重要であると考えられている。しかし、睡眠質が競技パフォーマンスに及ぼす影響については十分に明らかにされていない。

睡眠が障害される原因の一つに、夜間における光暴露がある。夜間の光暴露は、入眠を促進するメラトニンの分泌抑制や、覚醒度と交感神経の亢進を惹起し、サーカディアンリズムの脱調を引き起こす。すなわち、就寝前の光照射は睡眠に悪影響を与えると考えられる。しかし、光照射によって睡眠質が低下する機序については全く不明である。近年、生体の代謝産物の変化を網羅的に解析するメタボロミクスが、ゲノミクスやプロテオミクスに続き、注目されている。メタボロミクスは体内の代謝産物を包括的にプロファイリングできる解析手法であり、これまでに、我々は、運動による疲労と連動して変動する代謝産物をメタボロミクスによって特定した(Ra et al. Appl Physiol Nutr Metab 2015)。このメタボロミクスを用いることにより、睡眠質の低下により変動する代謝産物やその物質を調節する産生経路を探索することが可能となる。さらに、睡眠質の低下によって変動する物質を特定することができれば、その物質を補充することで、睡眠質の低下が抑制され、競技パフォーマンスが改善する可能性があると考えられる。しかし、睡眠障害によって不足する物質の補充が、睡眠障害をもたらす競技パフォーマンスの低下に及ぼす影響は不明である。

## 2. 研究の目的

本研究では、まず睡眠質が競技パフォーマンスに及ぼす影響を検討する。続いて、睡眠質が低下する機序についてメタボロミクスを用いて網羅的に探索し、睡眠質の低下に関連する物質を特定することを目的とした。

さらに、睡眠質の低下に関連する特定の物質を補充することが睡眠と競技パフォーマンスに及ぼす影響を検討することを目的とした。

## 3. 研究の方法

本研究では、下記(1)~(3)の一連の研究を実施した。

### (1) 睡眠質が運動中の認知機能に及ぼす影響

大学女子バレーボール選手 12 名を対象と

した。睡眠質を評価するために、眠り SCAN (NN1100; Paramountbed 社製) を用いて、通常トレーニング期における 1 週間の総睡眠時間(総就床時間 - 入眠潜時 - 中途覚醒)および睡眠効率(総睡眠時間/総就床時間 × 100)を算出した。睡眠効率の中央値(93%)を基準に、高睡眠効率群(n=6)と低睡眠効率群(n=6)に分けた。運動パフォーマンスとして、非実行課題および実行課題によるストループテストを安静時および運動時に実施して、それぞれの反応時間を評価した。運動負荷試験はリカンベントバイクを用いて、8 分間の 30%HRmax および 70%HRmax 強度の有酸素性運動を実施した。被験者は、安静時、およびそれぞれの運動強度の開始 5 分後にストループテストを行った。

### (2) 就寝前の光照射が代謝産物に及ぼす影響

睡眠障害のない健康な若年男性 8 名を対象として、就寝前の 3 時間に高照度光(10000 lux)を照射する光照射条件と対照条件(50 lux 以下)の 2 条件の睡眠をランダムに実施した。両条件における睡眠を睡眠ポリグラフ検査(PSG)および OSA 睡眠調査票にて評価した。また、両条件の睡眠後の翌朝に、尿を採取し、採取した尿サンプルを用いて、メタボロミクス解析を行い、2 条件における代謝産物を比較した。

### (3) 高強度トレーニング中におけるイミダゾールジペプチド摂取が睡眠と競技パフォーマンスに及ぼす影響

男子バドミントン選手 12 名を対象とした。試験は、カルノシンが含有されたイミダゾールジペプチド(1500 mg/日)摂取もしくはプラセボ摂取を 1 週間のウォッシュアウト期間を設けて、クロスオーバーにて実施した。なお、実施順番はランダムに、ダブルブラインドにて行った。それぞれの 1 週間の摂取期間の前後で、バドミントンサービステストにおける競技パフォーマンスと眠り SCAN (NN1100; Paramountbed 社製)による総睡眠時間(総就床時間 - 入眠潜時 - 中途覚醒)の評価を行った。

## 4. 研究成果

### (1) 睡眠質が運動中の認知機能に及ぼす影響

眠り SCAN で評価した睡眠効率は高睡眠効率群が低睡眠効率群に比べて有意に高値を示したが、総睡眠時間の群間差は認められなかった。

非実行課題の反応時間は、低睡眠効率群および高睡眠効率群ともに、安静時に比べて運動中に低い値を示した。一方で、低睡眠効率群における実行課題の反応時間は運動による変化は認められなかったが、高睡眠効率群の反応時間は 70%HRmax 強度の運動中に低下した(図 1)。さらに、70%HRmax 強度の運動

中における反応時間と睡眠効率に有意な負の相関関係が認められた。これらのことから、アスリートにおける睡眠の質は比較的強度の高い運動中の判断能力に影響を与える可能性が示された。

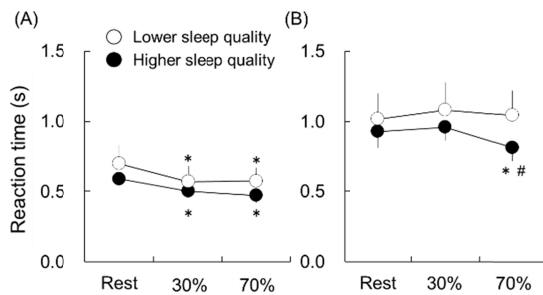


図1 各運動強度における(A)非実行課題および(B)実行課題の反応時間。\*  $P < 0.05$  vs. Rest, #  $P < 0.05$  vs. 低睡眠効率群

### (2) 就寝前の光照射が代謝産物に及ぼす影響

光照射条件では、対照条件と比較し、PSGにて評価した入眠潜時が有意に延長した。また、OSA 睡眠調査票の疲労回復の得点が有意に低い値を示した。これらのことから、就寝前の高照度光照射により、睡眠質が低下することが示された。

さらに、起床後の尿サンプルにおける代謝産物を比較したところ、対照条件と比較して光照射条件の 5-Hydroxylysine、Allo-threonine の値が有意に高く、カルノシン、オルニチン、N-Acetyl-leucine の値が有意に低かった(表1)。これらのことから、就寝前の高照度光照射による急性の睡眠質の低下は、カルノシンやオルニチンなどの産生を抑制することで、タンパク新生、アミノ酸生成、酸化ストレスに影響を与え、疲労回復を低下させる可能性が示唆された。

表1 光照射条件と対照条件における代謝産物の比較

Compound name	Relative areas		ratio	P value
	Control	Bright light		
allo-Threonine	26.60 ± 2.10	28.69 ± 2.81	1.1	0.021
N-Acetyl-leucine	5.07 ± 0.59	3.89 ± 0.35	0.8	0.034
Ornithine	21.21 ± 1.16	18.30 ± 0.88	0.9	0.028
5-Hydroxylysine	7.03 ± 0.94	6.09 ± 0.78	0.9	0.021
Carnosine	16.10 ± 2.97	13.13 ± 2.35	0.8	0.035
4-Amino-3-hydroxybutyric acid	3.99 ± 0.62	3.63 ± 0.49	0.9	0.043
Adenosine	1.12 ± 1.08	1.24 ± 0.82	1.1	0.079
Glucosamine	17.72 ± 0.70	16.41 ± 0.69	0.9	0.075
5-Aminovaleric acid	34.25 ± 4.73	30.95 ± 4.88	0.9	0.075
Subric acid	4.96 ± 0.45	3.66 ± 0.18	0.7	0.080
Anserine divalent	28.73 ± 4.58	24.38 ± 4.08	0.8	0.089

### (3) 高強度トレーニング中におけるイミダゾールジペプチド摂取が睡眠と競技パフォーマンスに及ぼす影響

眠り SCAN で測定した総就床時間は、両条件間で有意な差は認められなかった。一方で、プラセボ摂取条件の総睡眠時間は有意に短縮したが、カルノシン含有のイミダゾールジ

ペプチド摂取条件では有意な変化は認められなかった。

さらに、プラセボ摂取条件ではバドミントンサービステストに有意な変化は認められなかったが、イミダゾールジペプチド摂取条件のサービステスト成功率は有意に増加した(図2)。これらのことから、イミダゾールジペプチド摂取は、高強度トレーニングにより低下する睡眠状態を改善し、バドミントンにおける競技パフォーマンスを向上させる可能性が示唆された。

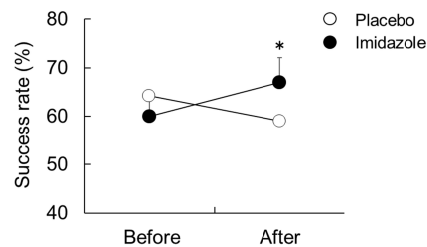


図2 サプリメント摂取前後におけるバドミントンサービステストの成功率。\*  $P < 0.05$  vs. Before

これら一連の研究により、睡眠質は競技パフォーマンスに影響を与え、その機序としてタンパク新生、アミノ酸生成、酸化ストレスを制御するカルノシンやオルニチンが一部関与していることが示唆された。さらに、カルノシンを多く含むイミダゾールジペプチドの摂取は、睡眠を改善し、競技パフォーマンスを向上させる可能性も示された。これらの成果は、睡眠障害に悩むアスリートにとって、睡眠や競技パフォーマンスを向上させるコンディショニングとして有用であると考えられる。

### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

1. 中村優希, 崔英珠, 羅成圭, 吹田真士, 徳山薫平, 佐藤誠, 前田清司. バドミントン競技選手における睡眠の質がパフォーマンスに与える影響. トレーニング科学(印刷中) 査読有

〔学会発表〕(計8件)

1. 山本皓策, 崔英珠, 田口直樹, 鈴木大介, 宮川俊平, 前田清司. 高反発マットレスが寝姿勢時の体圧分布に及ぼす影響. 第71回日本体力医学会大会, 2016年9月23日, いわて県民情報交流センター(岩手県・盛岡市).
2. 崔英珠, 牧田瑞穂, 山本皓策, 中村優希, 奈良隆章, 川村卓, 福田英宏, 片野秀樹, 宮川俊平, 前田清司. 高強度トレーニング期間中における睡眠時のリカバリーウェア着用がコンディションに及ぼす影響. 第71回日本体力医学会大会, 2016年9月23日, 盛岡市民文化ホール(岩手県・盛岡市).

3. 山本皓策, 崔英珠, 中村優希, 赤澤暢彦, 朴寅成, 川名ふさ江, 佐藤誠, 徳山薫平, 宮川俊平, 前田清司. 若年男性における高反発マットレスの使用が睡眠の質に及ぼす影響. 第70回日本体力医学会, 2015年9月20日, 和歌山県民文化会館(和歌山県・和歌山市).
4. 赤澤暢彦, 前田清司. 女性アスリートにおける睡眠の質が代謝産物に及ぼす影響. 第66回日本体育学会, 2015年8月26日, 国土舘大学(東京都・世田谷区).
5. Nakamura Y, Choi Y, Akazawa N, Park IS, Kawana F, Satoh M, Tokuyama K, Maeda S. Effect of sleep quality on cognitive functions during exercise in healthy young men. 20th Annual Congress of the European College of Sport Science, 24-27 June 2015 (Malmö, Sweden).
6. Akazawa N, Kumagai H, Nakamura Y, Myoenzono K, Choi Y, Maeda S. Effect of sleep quality on cognitive function during exercise in athletes. 20th Annual Congress of the European College of Sport Science, 26 June 2015 (Malmö, Sweden).
7. Maeda S, Akazawa N, Nakamura Y, Kobayashi N. Effect of quality of sleep on saliva metabolism in athletes -insight from metabolomics analyses-. Human High Performance International Research Week 2015, 15 Mar. 2015, University of Tsukuba (Tsukuba, Ibaraki).
8. 崔英珠, 定宗隆一郎, 中村優希, 赤澤暢彦, 羅成圭, 熊谷仁, 前田清司. ジュニアアスリートにおける睡眠が新しい運動技能の獲得に及ぼす影響. 第69回日本体力医学会, 2014年9月20日, 長崎大学(長崎県・長崎市).

〔その他〕

ホームページ等

<https://sites.google.com/site/maedalabttsukuba/>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

前田 清司 (MAEDA, Seiji)

筑波大学・体育系・教授

研究者番号：30282346

##### (2) 研究分担者

秋本 崇之 (AKIMOTO, Takayuki)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・教授

研究者番号：00323460

##### (3) 連携研究者

下條 信威 (SHIMOJO, Nobutake)

筑波大学・医学医療系・講師