

〔博士論文概要〕

アスリートにおける睡眠障害がパフォーマンス低下を引き起こす機序に関する研究

平成 30 年度

中 村 優 希

筑波大学大学院人間総合科学研究科スポーツ医学専攻

【背景および目的】

睡眠は、心身の疲労回復だけではなく身体機能の調整や技能獲得などにも関与しており、アスリート自身も睡眠の重要性を自覚している。しかしながら、アスリートにおいて、試合、試合に伴う移動（時差のある移動も含む）、トレーニングは、睡眠の問題を増加させるリスクファクターであることが指摘されており、これらの時期には、入眠困難や不眠症状などの睡眠障害が生じることが報告されている。また最近では、大学生アスリートにおいて起床時刻や早朝練習、消灯後のスマートフォン等の使用なども睡眠障害のリスクとなることが報告されている。これらのようにアスリートは睡眠障害に対するリスクを多く保有しており、就寝前の生活習慣や練習スケジュールにおける対策が必須であると考えられる。しかしながら、アスリートにおける急性の睡眠障害がパフォーマンスに与える影響は不明であることに加え、睡眠障害の予防や改善のためのコンディショニング方法は確立されていない。

本研究では、急性の睡眠障害に着目し、睡眠障害がパフォーマンスに与える影響とその機序を明らかにすることを第1の目的とした。また、急性の睡眠障害がパフォーマンスに影響を与える機序を踏まえ、睡眠障害がもたらすパフォーマンスの低下を抑制する方法を検討することを第2の目的とした。

【課題1】

対象と方法

アスリートにおいて、睡眠はコンディショニングに必要不可欠であるが、不安の増大や睡眠前の音や光に敏感に反応してしまうなど、様々な理由により睡眠が妨害される場面に直面することが多く、アスリートでは睡眠障害が発生しやすいと考えられる。現代社会では、24時間営業のコンビニエンスストアの増加や携帯電話の普及などにより、夜間でも昼間と同様に光に曝されることが多く、アスリートにおいても生活環境下での光曝露に加え、ナイトゲームや夜間の練習などによって光に曝される状況は多い。しかしながら、睡眠の量的不足がパフォーマンスに与える影響に関しては報告されているものの、睡眠障害がパフォーマンスに与える影響は明らかではない。そこで、研究課題1では、大学男子バドミントン競技選手における急性の睡眠障害が競技パフォーマンスに与える影響を検討することを目的とした。本研究課題では、急性の睡眠障害を引き起こす人為的な方法として、就寝前の高照度光照射を用いた。大学男子バドミントン競技選手5名を対象に、就寝前2時間（22 - 24時）の1万ルクスの高照度光照射（高照度光条件）、もしくは蛍光灯照射下（コントロール条件）の2条件をランダムに行った。OSA睡眠調査票 MA 版による主観的睡眠質の評価、ならびに両条件の翌日にパフォーマンス

ステスト（バドミントンショートサービステスト、コート内アジリティテスト）を検討した。

結果

OSA 睡眠調査票 MA 版の結果から、就寝前の高照度光照射により主観的睡眠時間の得点の低下傾向が示された。また、コントロール条件と比較し高照度光条件において、ショートサービスの成功率は低下傾向を示し、自覚的成功度は有意に低下した。さらに、アジリティテストでは高照度光条件においてタイムの増加傾向が認められた。これらの結果から、大学男子バドミントン競技選手において、就寝前の高照度光照射により、主観的な睡眠質が低下し、そのことは日中の覚醒度の低下、睡眠―覚醒リズムの悪循環を引き起こし、翌日の競技パフォーマンスを低下させる可能性があることが示唆された。

【課題 2】

対象と方法

研究課題 1 では、夜間就寝前の高照度光照射によって、パフォーマンスが低下することが示された。研究課題 2 では、就寝前の高照度光照射によるパフォーマンスの低下を引き起こす機序を解明するために、網羅的に代謝産物を解析するメタボローム解析を用い、解析を行った。さらに、実際の競技場面においては、筋力や運動能力の発揮のほか、状況を把握し適切に行動するための認知機能も非常に重要となるため、研究課題 2 ではパフォーマンスの指標として認知機能の評価を行った。また、アスリートにおいては、トレーニング量などにより睡眠が影響を受ける可能性が考えられる。そのため、就寝前の高照度光照射が睡眠に与える影響を検討するためには、トレーニングや運動などの外因性の影響を除外し検証を行う必要がある。これらのことから、研究課題 2 では、運動習慣のない健康な若年男性における急性の睡眠障害が睡眠および代謝産物に与える影響を検討するとともに、パフォーマンスの指標としてストループ課題による認知機能も併せて評価した。運動習慣および睡眠障害がない健康な若年男性 8 名を対象に、就寝前 3 時間（21 - 24 時）の 1 万ルクスの高照度光照射（高照度光条件）、もしくは 50 ルクス以下の蛍光灯照射下（コントロール条件）の 2 条件をランダムに行った。両条件ともに、夜間睡眠中は睡眠ポリグラフ検査を用いて睡眠質を評価した。主観的な睡眠質の評価には、OSA 睡眠調査票を用いた。光照射中および夜間睡眠中は、生体リズムの指標として体温を継時的に測定した。また、起床後には尿を採取し、その後、認知機能の評価を行った。採取された尿を用い、メタボローム解析にて尿中代謝産物を網羅的に解析した。さらに、光照射前（21:00）、就寝前（24:00）、起床後（7:00）において唾液を採取し、唾液中メラトニン濃度を評価した。

結果

夜間就寝前の高照度光照射は、入眠時間の延長ならびに入眠時刻付近の体温の低下抑制が示され、OSA 睡眠調査票より、主観的な疲労回復の抑制を引き起こすことが示された。また、高照度光条件では就寝前（24：00）の唾液中メラトニン濃度が有意に低値を示した。認知機能は、両条件において、課題全体の単純反応時間に有意な差は認められなかったものの、課題後半の単純反応時間は高照度光条件にて有意に遅延した。このことから、夜間就寝前の高照度光照射によって認知機能が低下する可能性が示された。また、メタボローム解析によって、対象者の尿から延べ 244 の代謝産物が検出された。その中から、コントロール条件と比較して高照度光条件では、allo-Threonine は有意に高値を示し、N-Acetylleucine、Ornithine、5-Hydroxylysine、Carnosine、4-Amino-3-hydroxybutyric acid は有意に低値を示した。さらに、高照度光条件において、Adenosine は増加傾向、Glucosamine、5-Aminovaleric acid、Suberic acid、Anserine_divalent は低下傾向を示した。これらのことから、夜間就寝前の高照度光照射は、疲労回復、脂質代謝、抑制系に関連する代謝産物に影響を与える可能性が示唆された。

【課題 3】

対象と方法

研究課題 2 では、人為的な急性の睡眠障害がパフォーマンスを低下させる機序には、尿中の 11 の代謝産物が関与している可能性が示された。その中でも Carnosine と Anserine_divalent は、イミダゾール基を持つヒスチジンで構成されたアミノ酸のジペプチドで、イミダゾールジペプチドと総称されており、抗酸化・抗疲労作用を持つ。研究課題 2 の OSA 睡眠調査票の結果においても疲労回復の得点が低下していたことから、疲労回復に関連しているイミダゾールジペプチドに着目した。また、アスリートにおいて、トレーニングは睡眠の問題を増強させるリスクファクターの一つであると指摘されている。トレーニングと回復のアンバランスが生じると、オーバートレーニングを引き起こし、結果的にパフォーマンスが低下する。一方、オーバートレーニング症候群のトリガーの一つとして睡眠の悪化が報告されていることに加え、トレーニング量と睡眠時間の間に負の相関関係が示されていることから、高強度トレーニングの反復は睡眠に悪影響を与え、パフォーマンスを低下させると考えられる。したがって、高強度トレーニング期に最大のトレーニング効果を獲得するために、睡眠障害を予防・抑制する方法を見出すことが重要となる。

そこで研究課題 3 では、イミダゾールジペプチドに着目し、高強度トレーニング期におけるイミダゾールジペプチドの摂取が、睡眠およびパフォーマンスに与える影響を検討した。大学男子バドミントン競技選手 12 名を対象に、プラセボ摂取条件とイミダゾ

ールジペプチド摂取条件の2条件を、二重盲検ランダム化比較試験にて行った。両条件ともに摂取前に3日間の適応期間を設け、摂取期間は1週間とし、条件間には1週間のウォッシュアウト期間を設けた。客観的な睡眠質の評価として、マットレス型の睡眠・覚醒判定装置である眠りSCANを用いて、総就床時間、睡眠効率、入眠潜時、睡眠時間を適応期間からサプリメント摂取期間終了日まで連続して評価した。パフォーマンステスト(バドミントンサービステスト、アジリティテスト)および、注意力テストとして、抑制機能を評価することができるGo/No-goテストを、両条件ともにサプリメント摂取開始日の朝(Pre)ならびに摂取期間終了の翌日の朝(Post)に行った。

結果

眠りSCANの結果からイミダゾールジペプチド摂取条件では、プラセボ摂取条件と比較して、睡眠時間において交互作用が認められ、プラセボ摂取条件では睡眠時間が有意に減少した。また、パフォーマンステストでは、プラセボ摂取条件と比較して、イミダゾールジペプチド摂取条件において、バドミントンサービステストのセンター側の成功率において交互作用が認められ、イミダゾールジペプチド摂取条件では成功率が有意に高値を示した。また、Go/No-goテストにおいて、イミダゾールジペプチド摂取条件では、プラセボ摂取条件と比較して誤答率に交互作用が認められ、プラセボ摂取条件では誤答率が増加傾向を示した。これらのことから、大学男子バドミントン競技選手における1週間のイミダゾールジペプチド摂取は、高強度トレーニング期の睡眠障害によるパフォーマンスの低下を抑制する可能性が示唆された。

【まとめ】

本研究により得られた知見を以下に示す。

1. 就寝前の高照度光照射はパフォーマンスを低下させることが示された。
2. 就寝前の高照度光照射によって、メラトニンの分泌が抑制されたことに加え入眠時刻付近の体温低下が抑制されたことから、就寝前の高照度光照射は、睡眠構造および生体リズムを変化させることが示された。
3. 急性の睡眠障害によるパフォーマンスの低下には、疲労回復、脂質代謝、抑制系に関連する代謝産物が関与している可能性が示された。特に、尿中カルノシン・アンセリン濃度の低下と、OSA睡眠調査票による起床後の疲労回復感の減少が確認されたことから、就寝前の高照度光照射による急性の睡眠障害では、尿中のカルノシン・アンセリン濃度が関与している可能性が示唆された。
4. 急性の睡眠障害が発生すると考えられる高強度トレーニング期において、イミダゾールジペプチド1.5g/日を1週間摂取すると、睡眠時間の減少を抑制することが示さ

れた。また、1 週間のイミダゾールジペプチド摂取により、パフォーマンスの低下が抑制されることが示された。

以上の結果は、急性の睡眠障害がパフォーマンス低下を引き起こす機序を明らかにするものであり、イミダゾールジペプチドの摂取は、試合前や高強度トレーニング期における緊張や不安、疲労による急性的な睡眠障害の影響を低減し、パフォーマンスの維持・向上を図り、アスリートのコンディショニングにおいて重要な新知見を提供するものであると考える。

1. また、本研究から得られた結果は、アスリートという対象に留まるものではなく、睡眠時間の減少や、スマートフォンなどの普及による夜間の光暴露時間の増加、慢性的な疲労などの諸問題を抱える現代に生きる人々にとって、大きな効果が期待できるものとする。

