

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：32614

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K20046

研究課題名（和文）アスリートのための客観的コンディショニング評価システムの構築

研究課題名（英文）The construction of objective conditioning assessment system for athletes

研究代表者

小林 唯（KOBAYASHI, YUI）

國學院大学・人間開発学部・准教授

研究者番号：50782843

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、アスリートの心拍リズム解析による睡眠の質評価の可能性を検証し、運動負荷量が睡眠の質に与える影響を明らかにし、客観的なコンディショニング評価システムを開発することである。アスリートの睡眠時の心拍および加速度データの分析により、心拍リズム解析の有用性が確認された。睡眠時ポリグラフ検査では、アスリート特有の脳波の変化は確認されなかったが、心拍リズム解析が睡眠の質を含むアスリートのコンディショニング評価に有用なのではないかという知見を得られたことは、大変意義深い成果となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、心拍リズム解析がアスリートの睡眠の質を評価する新たな方法として有用であることを示した点である。これにより、従来のポリグラフ検査に頼らず、より手軽で効率的な評価方法が確立され、スポーツ科学の発展に寄与すると考えられる。また、社会的意義としては、アスリートのコンディショニングを客観的に評価するシステムが確立されることで、スポーツ現場でのパフォーマンス向上や健康管理がより効果的になる点が挙げられる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to verify the potential of heart rate rhythm analysis to evaluate sleep quality in athletes, clarify the impact of exercise load on sleep quality, and develop an objective conditioning evaluation system. Analysis of heart rate and acceleration data during athletes' sleep confirmed the utility of heart rate rhythm analysis. While polysomnography did not show athlete-specific EEG changes, the finding that heart rate rhythm analysis could be useful for evaluating athletes' conditioning, including sleep quality, is highly significant.

研究分野：スポーツ科学，栄養学，コンディショニング評価

キーワード：心拍リズム解析 睡眠の質評価 ウェアラブルセンサ

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年の日本において、子どもの運動習慣の二極化が進み、若年層におけるアスリートの数が増加している。特に、2020年の東京オリンピックの開催により、スポーツへの国民の関心が高まっている。しかし、アスリートは日々過度な運動ストレスや精神ストレスに晒されることが多く、自律神経やホルモンのバランスの崩れを起こしやすいとされる。また、エリートアスリートは不眠症の症状を高い頻度で示すことが報告されている¹⁾。

睡眠とオーバートレーニング症候群の関係についても研究が行われており²⁾、睡眠の質の低下はアスリートのパフォーマンスを低下させるだけでなく、心身の健康にも悪影響を及ぼすことが明らかになっている。そのため、睡眠は時間だけでなく質を評価することが重要とされている。

睡眠評価のスタンダードな方法は、脳波と眼球運動、オトガイ筋電図を同時に測定する睡眠ポリグラフ検査 (polysomnography; PSG) である。PSG法により、睡眠と覚醒の区別、睡眠震度を測定できることから、臨床現場においては睡眠時無呼吸や周期性四肢運動障害などの睡眠障害の診断と重症度評価に広く使用されている³⁾。しかし、PSG法は拘束性が高く被験者に対する負担が大きいことから、汎用性は低く、病院または研究機関でのみ測定が行われることが一般的である。このため、日常生活におけるアスリートの睡眠を測定することは困難である。そのため、アスリートの睡眠に関する研究は多くがアクティグラフィ（活動量計）を用いた間接的な評価に頼っている。活動量計による間接評価では、正確な生理学データに基づく直接的な評価が難しいため、研究が限られている。

一方で、睡眠の質を評価する新たな方法として、呼吸の規則性から睡眠段階を判定する試みが行われている。レム睡眠中は、行動や情緒に関する情報が脳皮質や間脳から、延髄の呼吸中枢に存在する呼吸筋運動ニューロンに影響を及ぼすために不規則な呼吸が出現する。対照的に、ノンレム睡眠中は、脳の機能が低下し、呼吸は規則的となる。この規則的な呼吸は、心拍変動にも規則性として反映されるため、呼吸パターンから睡眠段階を推定する手法の有用性が示唆されている⁴⁾。

2. 研究の目的

本研究は、アスリートにおいて心拍リズム解析により睡眠の質の評価が可能であるかを検証し、運動負荷量と睡眠の質への影響を解明し、アスリートのコンディショニングを客観的に評価するシステムを開発すること目的とした。

コンディショニング評価には、睡眠の量と質を生理学データから評価することが必要である。また、現場で使用するためには、測定が簡便で継続的な方法であることが重要であり、使用者自身がすぐに解析を行い即時的なフィードバックが得られるシステムを構築しなければならない。そこで、睡眠の質を評価するために、脳波より簡易に計測可能な心拍データを用いることとした。本研究では、医療用としても使用できるほど精度の高い心電図測定器でありながら、睡眠研究で使用されるアクチグラフの機能も併せ持つ心拍・加速度同時記録装置を用いた。

本システムを構築するために、アスリートにおいて心拍リズム解析により睡眠の質の評価が可能であるかを検証し、アスリートの心拍・加速度測定から運動負荷量と睡眠の質との関係について明らかにする。この研究により、アスリートのコンディショニングをより効果的に管理し、パフォーマンスの向上に貢献することを目指す。

3. 研究の方法

(1) 脳波と心拍・加速度の同時記録による検証

運動部に所属する学生アスリートを対象として、睡眠時の脳波と心電図、三軸加速度による体位の同時記録を行った。脳波電極位置は、国際脳学会の標準法 (ten-twenty electrode system:10/20法)⁶⁾に従い、F4-M1, C4-M1, O2-M1の部位とした。また、心電図装着部位は、胸骨柄下および胸部誘導V5の位置 (CM5誘導) とした。

(2) アスリートの睡眠時心拍、加速度データの収集

運動部に所属する学生アスリートを対象として、ウェアラブル心拍・三軸加速度センサ MY Beat の時間連続測定を行い、心拍データと加速度データから算出された活動量から、活動強度を算出する。また、睡眠時の心拍データからリズム解析を行った。

(3) PSG法との整合性による検証

運動部に所属する学生アスリートを対象として、携帯型電気生理計測装置マイクロDAQターミナルを用いたPSGと心電図及び三軸加速度の同時記録を行った。睡眠時ポリグラフ測定の設定項目は、脳波、眼球運動、オトガイ筋電図とし、得られたデータより Rechtschaffen&Kales の国際分類⁶⁾に基づき、睡眠ステージの判定を行った。

4. 研究成果

(1) 睡眠時の心拍変動の規則性について検討した結果、アスリートにおいても、睡眠時に一定の周期で心拍変動が規則的になることが観察された。特にノンレム睡眠には呼吸が規則的となることが知られており、この規則的な呼吸が心拍変動に規則性として表れるため、心拍変動も規則的となる。このことから、一定の周期で起こる心拍変動の規則性は、ノンレム睡眠によるものと推察される。この結果は、アスリートにおける睡眠の質を評価するうえで重要な示唆を与えるものである。

(2) 先行研究によると、高負荷トレーニング期間中には睡眠の質が低下する⁷⁾ことが指摘されているが、本研究においては被験者の身体活動レベルは2.5を超えていたにも関わらず、睡眠時の心拍の規則性が影響を受けることは確認されなかった。これは、アスリートの身体が高負荷に適応している可能性を示唆しているが、日中の運動負荷が睡眠時の心拍に与える影響についてはさらに詳細な検討が必要と考えられる。

(3) 睡眠時ポリグラフ検査を実施し、同時に記録された心拍データと三軸加速度データによる睡眠評価と比較検討した結果、入眠と起床時間については判定できることが明らかになったが、アスリート特有の脳波の変化による影響は確認されなかった。運動ストレスのみならず、心的ストレスがかかる状況においても、睡眠時の心拍変動に及ぼす影響についてさらなる検討が必要であることが考えられる。

(4) アスリートの睡眠時心拍・加速度データを解析した結果、アスリートにおいても心拍リズム解析による評価は可能であることが検証された。この結果は、アスリートの睡眠の質を含めたコンディショニングを客観的に判断する指標として、心拍リズム解析が有用であることを示している。具体的には、心拍リズム解析を用いることで、アスリートの疲労度や回復状態をより正確に把握することができ、パフォーマンス向上やけがの予防に貢献できる可能性がある。

総じて、本研究はアスリートの睡眠時心拍変動の規則性を評価する手法を提供し、トレーニングやストレスがアスリートの睡眠に与える影響を理解するうえで重要な知見を得ることができた。今後は、より多くのデータを収集し、さまざまなスポーツ種目やトレーニング強度に適応した詳細な解析を行うことで、アスリートの睡眠とパフォーマンスの関係をさらに解明していくことが求められる。本研究の成果が、アスリートの健康管理とパフォーマンス向上に寄与することを期待している。

<引用文献>

- 1) Luke Gupta, Kevin Morgan, Sarah Gilchrist. Does elite sport degrade sleep quality? A systematic review. *Sports Med*, 2017; 47: 1317-1333.
- 2) Flavio A. Cadegiani and Claudio E. Kater. Novel causes and consequences of overtraining syndrome: the EROS-DISRUPTORS study. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. 2019;11:21.
- 3) American Academy of Sleep medicine: 日本睡眠学会診断分類委員会訳. 睡眠障害国際分類-第3版. ライフ・サイエンス:東京, 2020, PP. 26, 220
- 4) 東風谷祐子, 市丸雄平: 心拍変動性を用いた睡眠段階の推定可能性について. *日本生理人類学会誌*, 2010; 15(4): 91-95.
- 5) 野田明子: Polysomnography (PSG) の基礎的知識, 3) PSG の準備・手順・構成. 日本睡眠学会編, 臨床睡眠検査マニュアル. ライフ・サイエンス, 東京, 2006, 16-25.
- 6) Rechtschaffen A, Kales A. A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stage of human subjects. Public Health Service U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 1968
- 7) Neil P Waish, Shona L Halson, Charli Sargent, Gregory D Roach, Mathieu Nédélec, Luke Gupta, Jonathan Leeder, Hugh H Fullagar, Aaron J Coutts, Ben J Edwards, Samuel A Pullinger, Cilin M Robertson, Jatin G Burniston, Michele Lastella, Yann Le Meur, Christophe Hausswirth, Amy M Bender, Michael A Grandner, Charles H Samuels. Sleep and the athlete: narrative review and 2021 expert consensus recommendations. *Br J Sports Med*, 2021;55:356-368.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 小林唯	4. 巻 10
2. 論文標題 胸部3軸加速度測定による体位判定を用いた睡眠と覚醒の判別	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 國學院大學人間開発学研究	6. 最初と最後の頁 101-107
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 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0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------