

## 女性アスリートのトレーニング習慣は睡眠に特有の影響を及ぼす

女性アスリートについて、日常的なトレーニング習慣の有無、月経の有無、月経周期などの要因が、睡眠中のエネルギー消費量や深い睡眠のステージ（徐波睡眠）に対して影響を与えることを明らかにしました。また、このような影響は、各要因の程度に応じて異なることが示唆されました。

睡眠は、ヒトの生命維持に重要な役割を担っています。本研究では、女性アスリートについて、日常的なトレーニング習慣や生殖機能の違いが、睡眠中のエネルギー消費量や睡眠ステージに異なる現象を生じさせており、これらの現象は全て、睡眠中の深い睡眠のステージ（徐波睡眠、SWS）に関係して生じている可能性を見いだしました。特に、月経の有無と月経周期の違いによって、睡眠中のエネルギー消費量や睡眠ステージの変動パターンが異なることが明らかとなりました。さらに、月経周期での比較においては、日常的なトレーニング習慣を有するアスリートとそうではない一般女性とでは、生じる現象が異なり、ランナーのみが、睡眠中のエネルギー消費量とSWSのエネルギー消費量が卵胞期より黄体期で高値を示すことが明らかとなりました。このことは、一言で生殖機能の違いと言っても、その程度や運動習慣の有無で、睡眠中のエネルギー消費量や睡眠ステージに生じる現象が異なることを示唆しています。

本研究では、トレーニング習慣、月経、月経周期などの各要因が睡眠にもたらす影響を、エネルギー代謝に着目して明らかにしました。今後さらに、これらの差異が生じるメカニズムを解明することで、女性アスリートの無月経に対する予防策や解決策の構築につながると考えられます。

### 研究代表者

筑波大学体育系

下山 寛之 助教

内沢 彰子 研究員

## 研究の背景

体重とパフォーマンスが関係する競技では、アスリートは長期間にわたり低い体重を維持し続けるという特徴があります。このような女性アスリートでは、月経不順や無月経を伴っている割合が高く、そのメカニズムの解明や生殖機能の抑制への対応策が求められています。また、体重管理には、食事やトレーニングだけでなく、睡眠パターンも影響を与える要因として知られていますが、睡眠中のエネルギー消費量は、月経周期で異なる可能性が報告されています。睡眠は、疲労回復や免疫機能といった生理機能に貢献しており、特に、深い睡眠と称される徐波睡眠（slow wave sleep, SWS）は、成長ホルモン、コルチゾール、アルドステロン、メラトニンといった多数のホルモン分泌と関連を示すことから、SWS がヒトの生理機能にとって重要であることは明らかです。SWS は、睡眠ステージの中で最も低いエネルギー消費量を示し、さらに定期的な運動により持続時間が延長されますが、日常的なトレーニング習慣を持つアスリートにおいて、月経や睡眠中のエネルギー消費量の変動への複合的な影響は依然として明らかではありません。そこで本研究では、女性にフォーカスし、日常的なトレーニング習慣や生殖機能（月経の有無、月経周期）などの各要因と、睡眠中のエネルギー消費量および SWS の関係を比較し、これらの要因がもたらす睡眠中のエネルギー消費量と睡眠ステージへの影響を明らかにしました。

## 研究内容と成果

本研究では、女性ランナー17名（無月経8名、月経あり9名）、男性ランナー9名、一般健常女性10名、一般健常男性10名を対象としました。1週間に渡って自由生活下における身体活動量および食事状況の調査を行い、最終日にエネルギー消費量測定室に宿泊して、睡眠ポリグラフ（脳波計）により、睡眠中のエネルギー消費量と睡眠ステージを経時的に評価しました（参考図）。その結果、日常的なトレーニング習慣は SWS の持続時間に影響を与えないものの、SWS の現れ方に影響を及ぼし、これが睡眠中のエネルギー消費量の変動の違いを生じさせている可能性が示唆されました。また、月経周期の違いは、日常的なトレーニング習慣を持たない人においては、SWS の持続時間や発現の仕方、睡眠中のエネルギー消費量に影響を及ぼしませんが、日常的なトレーニング習慣のあるアスリートでは、SWS のエネルギー消費量、さらには睡眠時代謝が、卵胞期より黄体期で高値を示すことが分かりました。従って、日常的なトレーニング習慣のある女性アスリートでは、SWS のエネルギー消費量への月経周期による影響が顕著に現れる可能性が示唆されました。また、睡眠時代謝の算出に該当する移動平均の最低値を示す3時間が、卵胞期と黄体期ともに SWS の第3ピークのタイミングと重複していたことから、このような、アスリートの月経周期による睡眠時代謝の違いは、就寝前の身体活動の影響をほぼ受けない覚醒に近い時間帯で発現する SWS の影響によるものと考えられます。さらに、性別での比較では、日常的なトレーニング習慣を持たない人においては睡眠中のエネルギー消費量の変動にのみ違いが見られたのに対して、アスリートではエネルギー消費量の変化の仕方に加え、男性ランナーの方が女性ランナー（無月経、月経あり）より有意に高値を示しました。すなわち、SWS に影響を与える最初の要因は日常的なトレーニング習慣であり、次いで月経周期や生殖機能の抑制（無月経）が続いていると推察されます。

## 今後の展開

本研究では、女性の日常的なトレーニング習慣、月経機能（有無、周期）などの要因の違いが、それぞれ睡眠中のエネルギー代謝変動に異なる影響を及ぼしており、これらが SWS に関連して生じている可能性を示しました。今後さらに、これらの要因が睡眠中のエネルギー消費量の差異をもたらすメカニズムを、SWS と関連する働きから明らかにしていく予定です。これにより、女性アスリートの月経異常の予防および治療に向けた対応策の構築につながると期待されます。

## 参考図

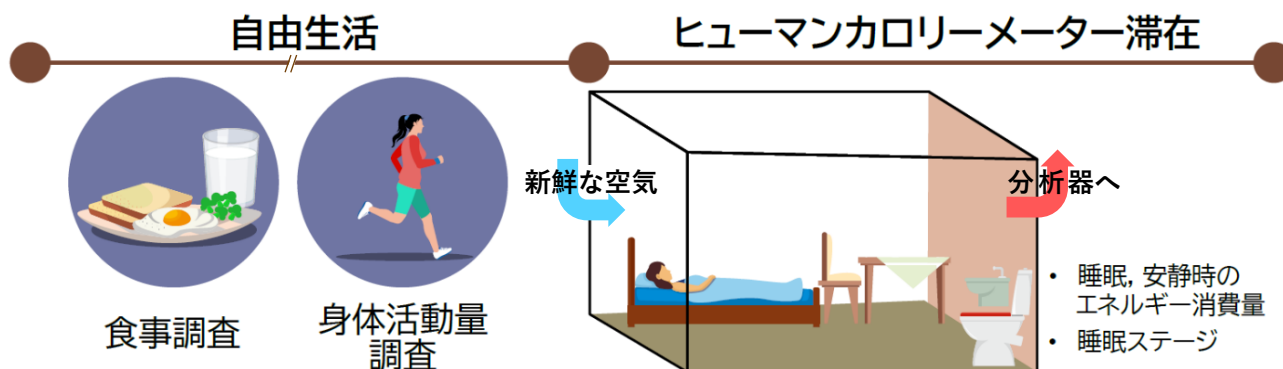


図 本研究で行なった実験の概要図

本研究では、1週間に渡って自由生活下における身体活動量および食事状況の調査を行い、最終日にエネルギー消費量測定室であるメタボリックチャンバー（ヒューマンカロリーメーター）に宿泊した。ヒューマンカロリーメーター滞在中は、マスクなどの拘束物は不要で、睡眠ポリグラフ（脳波計）を装着することができる。これにより、睡眠中のエネルギー消費量と睡眠ステージを経時的に同時評価し、睡眠ステージごとのエネルギー消費量の違いを明らかにすることができる。

## 研究資金

本研究は、日本学術振興会科研費 [A.U. (22J11154), K.T. (20H04120), H.S. (20K19563, 23H03279, 23KK0177)]、筑波大学研究基盤支援プログラム S タイプ（スタートアップ経費支援）[H.S.] の支援を受けて行われました。独立行政法人日本スポーツ振興センター（JSC）「Total Conditioning Research Project」の研究の一部として行われました。

## 掲載論文

【題名】 Energy expenditure and slow-wave sleep in runners: focusing on reproductive function, chronic training, and sex

（ランナーのエネルギー消費と徐波睡眠：生殖機能、慢性的トレーニング、性別に着目して）

【著者名】 Akiko Uchizawa<sup>1,2</sup>, Haruka Osumi<sup>3</sup>, Simeng Zhang<sup>4</sup>, Katsuhiko Yajima<sup>5</sup>, Airi Funayama<sup>3</sup>, Emi Kondo<sup>1</sup>, Yoko Suzuki<sup>4</sup>, Yoshiaki Tanaka<sup>3</sup>, Insung Park<sup>4</sup>, Yasushi Enomoto<sup>1,2</sup>, Naomi Omi<sup>1,2</sup>, Kumpei Tokuyama<sup>4</sup>, Hiroyuki Sagayama<sup>1,2</sup>

1 筑波大学体育系

2 筑波大学体育系ヒューマン・ハイ・パフォーマンス先端研究センター(ARIHHP)

3 筑波大学人間総合科学学術院

4 筑波大学国際統合睡眠医科学研究機構(IIIS)

5 城西大学薬学部

【掲載誌】 *iScience*

【掲載日】 2025年1月2日

【DOI】 10.1016/j.isci.2024.111717

問合わせ先

【研究に関すること】

下山 寛之（さがやま ひろゆき）

筑波大学 体育系 助教

URL: <https://trios.tsukuba.ac.jp/researcher/0000004266>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局

TEL: 029-853-2040

E-mail: [kohositu@un.tsukuba.ac.jp](mailto:kohositu@un.tsukuba.ac.jp)