

氏名	内沢 彰子		
学位の種類	博士（スポーツ医学）		
学位記番号	博甲第 10903 号		
学位授与年月	令和 5 年 3 月 24 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査学術院	人間総合科学学術院		
学位論文題目	若年女性ランナーにおける月経周期と月経の有無が睡眠時代謝と総エネルギー消費量に及ぼす影響		
主査	筑波大学准教授	博士（体育科学）	中田 由夫
副査	筑波大学教授	博士（医学）	高橋 英幸
副査	筑波大学助教	博士（スポーツ健康科学）	下山 寛之
副査	国立スポーツ科学センター 先任研究員	博士（スポーツ医学）	清水 和弘

論文の内容の要旨

内沢彰子氏の博士論文は、女性ランナーの月経の有無および月経周期が睡眠時代謝および睡眠の質に及ぼす影響を明らかにするとともに、月経が抑制されている無月経ランナーの総エネルギー消費量とその構成要素からエネルギー代謝適応の有無を検討したものである。その要旨は下記のとおりである。

第 1 章および第 2 章では、著者は本論文の研究背景として、女性アスリートにおける健康被害を月経機能の抑制とエネルギー代謝に着目して先行研究に基づいてまとめている。長期間にわたり低い利用可能エネルギーを維持し、無月経が生じているアスリートは、身体活動以外の生理機能に利用される安静時代謝を抑制することで総エネルギー消費量のある一定のところまで頭打ちとする“エネルギー代謝適応”が生じていると考えられるが、月経機能に合わせて総エネルギー消費量の抑制の有無を検討した報告はこれまで存在しないだけでなく、安静時代謝の抑制に関する見解は結果が一致しておらず、安静時代謝の測定誤差や推定誤差の影響が考えられると述べている。そのため、安静時代謝と高い相関があり、安静時代謝より高い再現性と安定性を示す睡眠時代謝を代用することで、測定誤差および推定誤差を軽減したうえでエネルギー代謝適応の有無を検討することが可能であると仮説を立てている。また、安静時代謝および睡眠時代謝は、月経周期により変動する可能性が示されていることから、著者は月経の有無のみならず月経周期の違いによる睡眠時代謝への影響も検討している。さらに、睡眠時代謝は、睡眠の質および睡眠中のエネルギー消費量と関連しており、睡眠ステージごとのエネルギー消費量は最も深い睡眠である徐波睡眠で最低値を示すため、著者は無月経に伴い安静時代謝および睡眠時代謝が抑制されている場合、睡眠の質は最も深い睡眠である徐波睡眠を増加させている可能性があることを示している。

このような背景を踏まえ、第 3 章では、著者は、本論文の仮説および課題を設定し、本論文の目的を月経の有無および月経周期が睡眠時代謝および睡眠の質に及ぼす影響を明らかにするとともに、生殖機能が抑制されている無月経ランナーにおいて総エネルギー消費量とその構成要素からエネルギー代謝適応の有無を明らかにすることとしている。

第 4 章では、月経の有無および月経周期が睡眠時代謝と睡眠の質に及ぼす影響を明らかにすることを

目的として行った研究課題1について示している。著者は、日本人若年男女を対象にエネルギー代謝の抑制を検討するため、日本人若年男女に適した睡眠時代謝推定式の有効性を確認したうえで、身体組成からの推定値に対する実測値の比率にて睡眠時代謝の抑制の有無を検討した結果、生殖機能が抑制されている無月経ランナーにおいて、睡眠時代謝の抑制が認められなかったとしている。しかし、著者は、覚醒のためのエネルギー消費量と考えられる安静時代謝と睡眠時代謝の差が身体活動レベルと関係することを示し、身体活動量の増加に伴い抑制されている可能性を新たに示している。さらに、著者は月経の有無、月経周期、そして運動習慣の有無が睡眠中のエネルギー消費量および睡眠の質へ及ぼす影響を検討しており、睡眠ステージおよび睡眠の質は男女ランナーおよび一般男女の全ての群で同程度を示すものの、睡眠中のエネルギー消費量の変動および徐波睡眠の発現の仕方がそれぞれ異なることを明らかにしている。睡眠の質の主要なマーカーである徐波睡眠の発現タイミングは、運動習慣の有無により異なるだけでなく、女性ランナーにおける徐波睡眠の発現の第3ピークが無月経、卵胞期、そして黄体期の順に発生することを明らかにしている。さらに、睡眠時代謝および睡眠中のエネルギー消費量に及ぼす影響は、月経の有無および月経周期の違いにより異なり、月経を有する女性ランナーの睡眠時代謝および徐波睡眠のエネルギー消費量は卵胞期より黄体期で高値を示すものの、月経の有無は睡眠時代謝および睡眠ステージごとのエネルギー消費量に影響を及ぼさず、徐波睡眠の第3ピークの発現タイミングに加え睡眠中のエネルギー消費量の変動にのみ影響を及ぼすことを明らかにしている。

第5章では、著者は、無月経を有する若年女性ランナーにおけるエネルギー代謝適応の有無を明らかにすることを目的として行った研究課題2について述べている。研究課題2では、日常生活における総エネルギー消費量測定ゴールドスタンダードである二重標識水法の誤差要因となる酸化基質の推定方法を検討し、その推定方法を踏襲した二重標識水法、メタボリックチャンバー法、加速度計法を組み合わせ、無月経ランナーの総エネルギー消費量とその構成要素を評価している。無月経ランナーの身体活動レベルは 2.06 ± 0.29 を示し、総エネルギー消費量は身体活動によるエネルギー消費量と正の相関があること、身体活動とエネルギー代謝の関連では安静時代謝のみ走行距離と負の相関が認められることを明らかにしている。

第6章では、著者は、本論文の対象となった無月経ランナーの睡眠時代謝は抑制されておらず、総エネルギー消費量は身体活動に伴い加算的に増加していることから、エネルギー代謝適応が生じていない生理学的な要因を考察している。上記に示した研究結果を受けて、エネルギー代謝適応が生じていないにも関わらず、月経の有無は睡眠中のエネルギー消費量の変動と徐波睡眠の発現のタイミングに影響を及ぼしており、月経周期の違いは徐波睡眠のエネルギー消費量に影響を及ぼしていることを結論として示している。

審査の結果の要旨

(批評)

本論文は、若年女性ランナーの月経の有無、月経周期がエネルギー代謝に与える影響を睡眠時に着目し、無月経の若年女性ランナーにエネルギー代謝適応が起こっていないことを明らかにしている。この知見は、日々高い運動量でトレーニングを行う女性アスリートの無月経を誘発する新たな要因や新規メカニズムの発見にもつながる有益な知見である。また、睡眠中のエネルギー代謝変動や徐波睡眠の発現タイミングの違いが何を意味するかは大変興味深く、スポーツ医学の領域において身体活動と睡眠の関係性の謎を解き明かす新たな糸口となる貴重な発見である。

令和5年1月17日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもと論文について説明を求め、関連事項について質疑応答を行い、最終試験を行った。また、著者が学位を受けるために必要な知識・能力等（コンピテンス）を修得していることを確認した。その結果、審査委員全員が合格と判定した。

よって、著者は博士（スポーツ医学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認める。