

氏名（本籍）	土橋 康平		
学位の種類	博士（体育科学）		
学位記番号	博甲第	9911	号
学位授与年月	令和 3 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	人間総合科学研究科		
学位論文題目	運動前自発的過換気が高強度運動および回復時の生理応答に及ぼす影響に関する研究		
主査	筑波大学教授	教育学博士	西保 岳
副査	筑波大学教授	教育学博士	鍋倉 賢治
副査	筑波大学准教授	博士（体育科学）	仙石 泰雄
副査	筑波大学教授	博士（体育科学）	前田 清司

論文の内容の要旨

土橋康平氏の博士学位論文は、スポーツのトレーニング現場などで用いられる短時間高強度運動および回復時の急性的な呼吸代謝および循環応答に及ぼす運動前自発的過換気の影響を検討したものである。その要旨は以下のとおりである。

第 1 章では、著者は本論文の研究背景として、陸上競技短距離走などの短時間高強度運動のパフォーマンス向上には無酸素性代謝能力を向上させる必要があり、その為にはトレーニング時に無酸素性代謝を亢進させる必要性を述べている。その方法として高強度間欠的運動があることを紹介する一方で、高強度運動後には末梢血管拡張に伴う頭痛や失神などが起こることを問題視しており、高強度運動後の循環応答も併せて検討することで安全に運動を行う上での生理学的知見を得られると述べている。運動時の無酸素性代謝をより亢進させる可能性のある方法として、運動前に随意的に換気量を増加する自発的過換気があるが、運動前自発的過換気が高強度運動および回復時の生理応答に及ぼす特性や生理学的メカニズムは明らかではないと述べている。その背景を踏まえ、本論文では運動前の自発的過換気が高強度運動および回復時の生理応答に及ぼす影響を検討することが目的であると述べている。

第 2 章では、本研究に関する先行研究として、運動時のエネルギー供給、呼吸循環調節について先行研究を基にまとめている。その後、自発的過換気の中強度運動時の代謝および循環応答に及ぼす影響について述べ、運動前みの自発的過換気は運動時の代謝応答に及ぼす影響について先行研究を基にまとめ、第 3 章において本研究では運動前自発的過換気が高強度運動および回復時の生理応答に及ぼす影響について検討するため、5 つの研究課題を設定したことを述べている。

第 4 章および 5 章では運動前自発的過換気は運動時の生理応答に及ぼす影響について、その特性を明らかにすることを目的とし、それについて検討した研究課題 1 および 2 について述べている。研究課題 1 で、著者は運動前自発的過換気が 60 秒間の低、中、高強度一定負荷自転車運動および回復時の生理応答に及ぼす影響を検討したところ、強度にかかわらず運動時の酸素摂取量や循環応答（心拍数や動脈血圧）は過換気で抑制された一方、回復時の心拍数の抑制は中強度以上の運動後において見られたことを

明らかにしている。また、研究課題 2 では 30 秒間の高強度自転車運動を 4 分間の休息を挟んで 3 回繰り返す高強度間欠的運動時の生理応答に及ぼす過換気の影響を検討したところ、研究課題 1 と同様の反応が見られたが、運動を繰り返すことでその反応が減弱することを明らかにしている。

第 6~8 章では運動前自発的過換気が高強度運動および回復時の生理応答に及ぼす影響について、そのメカニズムを明らかにすることを目的とし、それについて検討した研究課題 3~5 について述べている。研究課題 3 で、著者は研究課題 1 の高強度運動と同様の実験プロトコルを用い、自発的過換気およびそれに伴う低二酸化炭素 (CO₂) 血症それぞれの影響を検討したところ、運動時の酸素摂取量の抑制には過換気とそれに伴う低 CO₂ 血症が影響し、運動時および回復時の循環応答の抑制には低 CO₂ 血症のみが影響することを明らかにしている。

第 7 章における研究課題 4 で、著者は運動前自発的過換気の継続時間 (5 分および 20 分間) の違いが高強度運動および回復時の生理応答に及ぼす影響について検討することを目的とし、高強度一定負荷運動を用いて主に循環応答に及ぼす影響を、全力自転車運動を用いて主に呼吸代謝応答に及ぼす影響について検討したところ、過換気の継続時間にかかわらず、酸素摂取量や動脈血圧は同程度低下した一方、心拍数の抑制は 20 分間の自発的過換気によって生じることを明らかにしている。

第 8 章における研究課題 5 で、筆者は自発的過換気による低 CO₂ 血症が循環調節に及ぼす末梢化学受容器の影響を検討したところ、心拍数の抑制の一部には、低 CO₂ 血症による末梢化学受容器反射の抑制が影響していることを明らかにしている。

最後に、第 9 章および 10 章では、本研究で行った 5 つの研究課題から得られた知見および今後の展望について総合的に検討し、結論を述べている。本研究から得られた知見について著者は、研究課題 1 および 2 で見られた高強度運動および回復時に見られた酸素摂取量の低下や循環応答抑制のメカニズムについて、研究課題 3~5 で見られた低 CO₂ 血症の影響と結び付けて考察をしており、過換気による低 CO₂ 血症の程度が代謝や循環応答を変える重要な要因であることを述べている。さらに、今後の展望として運動前自発的過換気を無酸素性代謝能力向上のためのトレーニングに用いる場合の効果的な運動時間についても述べている。

審査の結果の要旨

(批評)

著者の学位論文は、運動前自発的過換気は運動時および回復時の呼吸代謝および循環応答に及ぼす影響を明らかにし、運動生理学の観点からにその奏功メカニズムの一端を明らかにするというストーリー性に優れたものである。さらに、その生理学的知見を応用することで効果的なトレーニング法を開発できる可能性を持ち、今後のスポーツ科学研究の発展にも寄与する点でも極めて優れた学位論文となっている。

令和 3 年 1 月 15 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。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 (体育科学) の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認める。