

氏 名 曹 銀行
 学位の種類 博士（健康スポーツ科学）
 学位記番号 博甲第 9527 号
 学位授与年月 令和 2 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 低圧低酸素下における運動時の換気反応を修飾する要因
 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	博士（工学）	高木	英樹
副	査	筑波大学助教	博士（体育科学）	松井	崇
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

曹銀行氏の博士学位論文は、高地トレーニングが頻繁に行われている中等度の低圧低酸素（e.g., 2,500 m）下における運動時の換気量を制限する要因の究明と、換気量を促進する方策について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 章で著者は、本論文の研究背景として、持久力向上を目指して多くのアスリートが高地トレーニングを行っているが、その効果には大きな個人差があり、高地トレーニングの効果が得られない要因として、低圧低酸素下において最高酸素摂取量が大きく低下し、高い強度でトレーニングが実施できないことを挙げている。さらに、低圧低酸素下での最高酸素摂取量の低下度合いに、最高換気量の増加の程度が関連していることが先行研究で報告されていることから、著者はトレーニング強度を落とさず高地トレーニングの効果をを得るには、低酸素下運動時に換気量を高いレベルに維持する必要があることを述べている。これらの背景を踏まえて、本論文全体の目的は、低圧低酸素下における運動時の換気量を制限する要因と促進する方策について検討することであると述べている。

第 2 章では、本論文に関する文献研究として、持久力に対する高地トレーニングの効果と個人差について述べ、低圧低酸素下での運動時に生じる呼吸代謝応答および換気調節反応について先行研究を基にまとめている。その後、呼気気流制限が常圧低酸素下で高強度運動中の換気量に及ぼす影響や、高二酸化炭素ガス吸入およびカフェイン摂取が換気反応に及ぼす影響について先行研究を基にまとめている。また、文献研究を基に、第 3 章において、本研究では低圧低酸素下における運動時の換気量を制限する要因と促進する方策について 3 つの研究課題を設定し、それぞれ実験を行ったことを述べている。

第 4 章で著者は、呼気気流制限が高度 2,500m 相当の低圧低酸素下での最高換気量および最高酸

素摂取量に与える影響を検討した研究課題 1 の結果を述べている。この章で著者は、肺機能の指標である 1 秒率は呼気気流制限を起こした群で起こさなかった群より低値を示し、その一方で、いずれの条件下でも最高換気量および最高酸素摂取量に群間で差は見られないことを明らかにしている。

第 5 章では、高二酸化炭素ガス吸入が高度 2,500m 相当の低圧低酸素下での漸増負荷走時の呼吸代謝応答に及ぼす影響について検討した研究課題 2 の結果を述べている。この章で著者は、5% の高二酸化炭素ガス吸入は低圧低酸素下での最高換気量を増加させ、最高酸素摂取量を高めるが、低圧低酸素下での運動パフォーマンスの指標である運動継続時間に影響を及ぼさないことを明らかにしている。

第 6 章では、カフェイン摂取が安静時および最大下運動時の低酸素換気応答に及ぼす影響について検討した研究課題 3 の結果を述べている。この章で著者は、低酸素換気応答を低酸素刺激に対する換気増大の程度によって評価され、5 mg kg⁻¹ のカフェイン摂取（コーヒーの 3~4 杯分相当）により、安静時および最大下運動時（50% 最高酸素摂取量）の低酸素換気応答は影響を受けないが、換気量自体は増加することを明らかにしている。

最後に、第 7 章および第 8 章では、本研究で行った 3 つの研究課題から得られた知見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 において呼気気流制限は低圧低酸素下での最高換気量に影響しない可能性が示唆されることから、何らかの方策によって換気亢進を促せば最高換気量が増加する可能性を述べている。研究課題 2 より、高二酸化炭素ガス吸入が低圧低酸素下での最高換気量を増加させ、最高酸素摂取量を高めることから、低圧低酸素下運動時に換気亢進を促せば、最高酸素摂取量も向上することを述べている。研究課題 3 では実践現場に応用しやすいカフェイン摂取は、最大下運動時の低酸素換気応答に影響しないが、換気量自体は増加する結果から、カフェイン摂取が低圧低酸素下運動時の換気亢進に有効である可能性を述べている。一方、高二酸化炭素ガス吸入により、低圧低酸素下での運動パフォーマンスの改善が見られないことに、最高換気量の増加に伴い呼吸の努力度も増加することが関与している可能性を述べている。今後、呼吸努力度の緩和を図る手段としての呼吸筋トレーニングを実施した上で、低圧低酸素下でカフェイン摂取によって換気亢進反応を促進することができれば、最高酸素摂取量ひいては運動強度が向上し、高地トレーニングの成功につながるのかもしれないことを述べている。最後に、本研究で得られたこれらの知見が、高地トレーニングが広く行われている中等度の低圧低酸素下での運動時に生じる換気応答への理解を深めることのみならず、高地トレーニングの効果を高めるための方策の開発にも寄与することを述べている。

審査の結果の要旨

（批評）

本論文は、中等度の低圧低酸素下の高強度運動時の換気反応を制限する要因（呼気気流制限に着目した）と促進する方策（高二酸化炭素ガス吸入とカフェイン摂取に着目した）について、3 つの研究課題を設定することで検討するものであった。本研究から得られた知見は、高地トレーニングが盛んに行われている中等度の低圧低酸素下で高強度運動時の換気調節反応への理解を深めることに寄与し、さらに効果の高い高地トレーニング法の開発についても示唆を与える重要な博士論文として高く評価された。

令和 2 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。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（健康スポーツ科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認める。