氏名（本籍）	白井　隆長
学位の種類	博士（体育科学）
学位記番号	博甲第　　9910　　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	コンカレントトレーニングを構成するトレーニングの順序が骨格筋に与える影響

主　査	筑波大学教授	理学博士、博士（医学）	武政　徹
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（学術）	藤井直人
副　査	筑波大学准教授	博士（体育科学）	谷川　聡

論文の内容の要旨

白井隆長氏の博士学位論文は、三つの運動様式のうち二つを組み合わせたコンカレントトレーニングにおける順序の効果を検討したものである。その要旨は以下のとおりである。

アスリートが競技力を高めるために行うトレーニングは、体力トレーニング、技術トレーニング、戦術トレーニング、メンタルトレーニングの４種類に分類される。この中でも体力トレーニングはアスリートの身体能力を向上させるために非常に重要な要素である。多くのスポーツでは、競技中に様々な運動強度での運動を行う場面に遭遇する。よって、アスリートはこのような場面を想定し、複数の代謝機構によりエネルギー供給がなされるような強度の異なる運動を組み合わせて体力トレーニングを行う。

サッカーやバスケットボール、ラグビーをはじめとする球技は筋力、解糖系代謝能力、持久力を全て必要とし、いずれかの体力トレーニングを行わないという選択肢はあり得ないため、日々の競技練習の中でこれらの体力トレーニングを組み合わせて、パフォーマンスを最大限高めるためのメニューを組み立てている。そこで著者が着目したのがコンカレントトレーニング（Concurrent Training ： 以下 CT）である。CT とは、同日中に異なる二つの運動様式のトレーニングを組み合わせて行うトレーニング法のことである。このトレーニング法では選択した二つのトレーニング様式の両方の効果を同時に得ることを狙っている。CT の効果を最大限に得るためには、選択した運動の実施順序が重要となってくる。著者は、CT の実施順序に着目し、侵襲的解析が可能な動物実験モデルを用いて、CT を構成する運動の実施順序が骨格筋に与える影響を、分子シグナルの活性化を指標として明らかにすることを目的として実験を計画した。具体的には、選択した２種類の運動様式を組み合わせた CT において、両運動の効果を得やすい実施順序を検討することとし、CT の研究として以下の３パターンの組み合わせを考え、それぞれ３つの研究課題としている。

研究課題１：レジスタンス運動と持久性運動で構成された CT の順序の違いによる骨格筋適応
研究課題２：レジスタンス運動と高強度インターバル運動で構成された CT の順序の違いによる骨

格筋適応
研究課題 3：持久性運動と高強度インターバル運動で構成された CT の順序の違いによる骨格筋適応

研究課題 1 で著者は、レジスタンス運動と持久性運動を組み合わせた CT を行った結果、レジスタンス運動を先に行うことによって筋肥大に関わる分子シグナルの発現量が高値を示すことを示唆した。また、持久性運動に関連する分子シグナルおよび、代謝の中心的役割を果たすミトコンドリアのタンパク質の発現量は、レジスタンス運動と持久性運動のどちらを先に行っても発現量に変化はないことも示唆した。これらの結果を踏まえ、著者はレジスタンス運動と持久性運動を組み合わせた CT を行う場合、両運動の効果を得るためにはレジスタンス運動を先に行うことが効果的であることを明らかにした。

研究課題 2 で著者は、レジスタンス運動と高強度インターバル運動を組み合わせた CT を行った結果、高強度インターバル運動を先に行うことによって筋肥大に関わる分子シグナルの発現量が高値を示すことを示唆した。また、解糖系シグナルの発現量に対しては実施順序による影響はなく、どちらの運動を先に行っても解糖系に関わるタンパク質および遺伝子の発現量には影響を与えないことも示唆した。これらの結果を踏まえ、著者はレジスタンス運動と高強度インターバル運動を組み合わせた CT を行う場合、両運動の効果を得るためには高強度インターバル運動を先に行うことが効果的であることを明らかにした。

研究課題 3 で著者は、持久性運動と高強度インターバル運動を組み合わせた CT を行った結果、持久性能力のパフォーマンステストである漸増負荷試験の最大走行距離、最大走速度、オールアウトまでの時間、解糖系代謝に関わる分子シグナルの発現量は、持久性運動を先に行うことで高値を示すことを示唆した。また、酸化系代謝に関わる分子シグナルは、実施順序に関係なく高値を示すことも示唆した。これらの結果を踏まえ、著者は持久性運動と高強度インターバル運動を組み合わせた CT を行う場合、両運動の効果を得るためには持久性運動を先に行うことが効果的であることを明らかにした。

本論文で著者は、3 種類の運動様式の中から 2 種類を組み合わせた CT について、両運動効果を得やすい実施順序の検討を行った。研究課題ごとに、選択した運動様式の代謝特性に応じた分子シグナルの発現検討を行った結果、それぞれの課題で 2 種類の運動様式の実施順序により異なる反応性を示すシグナル分子を見つけ、トレーニング効果を出すのに有効な順序を明らかにした。

時間的制約の多いアスリートは競技練習に集中して取り組むために、いかに効率良く効果的に身体パフォーマンスを高める体力トレーニングを実施することができるかが重要となってくる。筋力、持久性能力、解糖系能力を必要とするアスリートが自身のパフォーマンスを向上させるための体力トレーニングの順序を考える上で有意義なエビデンスとなった。

審査の結果の要旨

（批評）

本論文は、コンカレントトレーニングを構成する 2 種類の運動様式の実施順序により異なる反応性を示すシグナル分子を見つけ、トレーニング効果を出すのに有効な順序があるということを明らかにしたものである。本研究結果は、各アスリートが競技特性や身体能力レベルに応じたより具体的なトレーニング戦略を練ることで、効率的かつ効果的な体力トレーニングの方法を考案する礎になることから、そのトレーニング現場への応用性について高く評価された。

令和 2 年 12 月 23 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。