

氏名（本籍）	高橋 啓悟				
学位の種類	博士（体育科学）				
学位記番号	博甲第	9904	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	自転車運動後の下肢における伸張－短縮サイクル遂行機能の変化が その後のランニングに及ぼす影響				
主査	筑波大学教授	教育学博士	鍋倉 賢治		
副査	筑波大学教授	博士（学術）	藤井 範久		
副査	筑波大学准教授	博士（体育科学）	仙石 泰雄		
副査	筑波大学助教	博士（体育科学）	木越 清信		

## 論文の内容の要旨

高橋啓悟氏の博士学位論文は、自転車運動がその後のランニングに及ぼす影響を下肢の伸張－短縮サイクル遂行機能に着目して検討したものである。その要旨は以下のとおりである。

### （目的）

トライアスロンの競技特性から、自転車からランニングへと種目を移行する際に呼吸の乱れや走動作のぎこちなさが生じることが競技現場で頻繁に報告され、先行研究においてもランニングだけを行う場合（IR: Isolated Running）と比較して自転車運動後のランニングでは、生理応答や走動作が変化することが明らかとなっている。しかしながら、先行研究では生理応答や走動作が変化する現象の観察にとどまっており、その原因は明らかでない。自転車からランニングへの種目移行に対する有効なトレーニング方法を提言するためには、自転車運動後のランニングで生理学およびバイオメカニクスの指標が変化する原因を明らかにする必要がある。

ランニングは下肢の筋腱複合体が伸張した後に短縮する伸張－短縮サイクル（SSC: Stretch-Shortening Cycle）を伴う運動である。SSC 運動にとって接地前の事前筋活動および接地直後の伸張反射は神経筋の制御の点で重要とされている。自転車運動後のランニングにおける筋活動を検討した研究では、自転車運動が SSC 運動（ランニング）における神経筋の制御に影響することを示唆している。これら自転車運動がランニングに及ぼす影響と SSC 機能の特徴を踏まえると、自転車運動がその後の SSC 運動における神経筋の制御に影響を及ぼし、それが SSC 機能の低下として現れると考えられる。さらに、SSC 機能が低下した場合には、弾性エネルギーの利用が損なわれ、同じパフォーマンスを発揮するための余分な筋力発揮を強いられ、酸素摂取量が増加すると考えられている。以上を踏まえると、IR に対する自転車運動後のランニングでの生理応答や走動作の変化の原因の一つに、自転車運動による SSC 機能の変化の可能性が考えられる。そこで、著者は自転車運動がランニングに及ぼす影響を SSC 機能に着目し、その実態を明らかにすることを目的として以下の調査・実験を行った。

### （研究課題 1）

実際のレースの記録を用いて、IR とトライアスロンのランニング（TR: Triathlon Running）を比較

し、パフォーマンスの変化とその個人差の実態を検討している。その結果、IR に対して TR パフォーマンスは低下し、その低下の程度にはばらつきがあることを明らかにしている。また、その低下の大小はトライアスロンの総合成績に影響することが示されている。

### (研究課題 2)

研究課題 2-1 では、自転車運動が SSC 機能に及ぼす影響を検討し、換気性閾値 (VT: Ventilatory Threshold) の 110%での自転車運動後に SSC 機能が低下すること、その低下には個人間で差があることを明らかにしている。

研究課題 2-2 では、代謝ストレスの程度に差が生じるような運動強度の相違が自転車運動後の SSC 機能に及ぼす影響を検討している。その結果、1) VT の 90~110%付近の強度において、自転車運動後の SSC 機能低下には運動強度は関係しないこと、2) 自転車運動後の SSC 機能低下には運動による代謝ストレスは関係せず、自転車運動そのものに起因する可能性を示している。

研究課題 2-3 では、自転車運動後に SSC 機能が低下する原因は自転車運動そのものなのか、運動負荷による疲労なのかを検討するために、ランニング条件と自転車運動条件を比較している。その結果、自転車運動後の SSC 機能低下は自転車運動そのものに起因することを明らかにしている。

研究課題 2-4 では、自転車運動後の SSC 機能低下は事前筋活動と伸張反射といった神経筋制御の変化と関係するかを検討している。その結果、自転車運動後の SSC 機能低下には伸張反射の変化が関係することを明らかにしている。

### (研究課題 3)

自転車運動に伴う SSC 機能の低下がその後のランニングに及ぼす生理学、バイオメカニクスの影響を検討している。その結果、1) 自転車運動に伴う SSC 機能の低下はその後のランニングにおける呼吸循環応答を増大させること、2) 自転車運動後の SSC 機能低下はその後のランニングによって回復すること、3) IR に対する自転車運動後のランニングにおける呼吸循環応答の増大はランニングを継続すると消失し、それは SSC 機能の回復と関連することを明らかにしている。

### (研究課題 4)

自転車運動後の SSC 機能低下の個人差と自転車運動の直後にランニングを行うブリックトレーニングとの関係を検討し、ブリックトレーニング経験が多い者ほど、SSC 機能の低下が小さい関係がある可能性を示している。

### (結論)

以上の研究成果から著者は、自転車運動後に SSC 機能は低下し、それはその後のランニングにおける生理応答および走動作を変化させる原因の一つであることを明らかにした。そして、自転車運動後の SSC 機能低下を抑制することは、自転車運動からランニングへの種目移行をスムーズに行うために有効であり、そのトレーニングとしてブリックトレーニングが有効である可能性を示した。

## 審査の結果の要旨

### (批評)

本研究は、トライアスロン競技において自転車運動からランニングに移行した際に認められる呼吸の乱れや走動作のぎこちなさについて、その原因、パフォーマンスに与える影響、その対策について明らかにした研究である。すなわち、自転車運動に起因する下肢の SSC 機能低下は、走運動中の身体負荷を高めることを明らかにした。また、そのような SSC 機能の低下は、トレーニングの工夫によって抑えられる可能性を導き、研究知見だけでなく競技現場にも有意義な示唆を与える研究と言える。

令和 3 年 1 月 8 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。