

氏名	関 慶太郎		
学位の種類	博士（ 体育科学 ）		
学位記番号	博甲第 9340 号		
学位授与年月	令和2年2月29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	ランニングエコノミーに影響を及ぼす上下動と下肢バイオメカニクスの要因		
主査	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）	榎本 靖士
副査	筑波大学教授	博士（学術）	藤井 範久
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

関慶太郎氏の博士学位論文は、ランニングエコノミーに影響する下肢バイオメカニクスの要因を身体の上下動に着目して検討したものである。その要旨は以下の通りである。

（目的）

ランニングエコノミーは長距離走のパフォーマンスを決定する要因のひとつであり、バイオメカニクスの要因によってその大部分が影響されていると言われている。しかしながら、個人間のランニングエコノミーの違いに着目した先行研究では、ランニングエコノミーに影響するバイオメカニクスの要因について未だ統一した見解が得られていない。ランニングエコノミーの指標の一つであるエネルギーコストは異なる走速度や条件間で比較することが可能であり、これを用いて条件の変化に伴う個人内の変化に着目した先行研究では、体重を支持する力学的仕事がエネルギーコストの大部分を占めることを報告している。体重を支持する力学的仕事とは、身体の上下動に関わる運動であると考えられるが、それが具体的にどのような動作であるかまでは明らかにされていない。

また、ランニングを用いた研究では、キネティクスと生理学的エネルギーを同時に測定することが難しいなど、信頼性と妥当性をともに満たした現場に役立つ知見を提供することは困難である。そこで、ランニング中の身体の上下動に類似した運動（**Mimicking exercise**）である連続ジャンプを用いて検討することで信頼性を担保しつつも妥当性の高い知見が得られると企図している。

これらのことから、著者は、ランニング中の上下動に関わるエネルギーコストに影響するバイオメカニクスの要因を条件の変化に伴う被験者内の動作の変容を用いて明らかにし、ランニングエコノミーの向上に役立つ知見を提供することを目的としている。

(研究課題 1)

著者は、ランニング中の身体の上下動に類似した運動である連続ジャンプを Incline、Level、Decline の 3 つの傾斜条件で行わせ、そのときのエネルギーコストと下肢のキネティクスや筋活動を検討している。その結果、下肢関節でなされた総力学的仕事の合計に差がなくとも、各関節の力学的仕事の配分が異なり、その配分がエネルギーコストに影響していることを明らかにしている。なかでも Decline においては、足関節と比較して膝関節の力学的効率が低いことがエネルギーコストと関係していたと述べている。さらに、膝関節と足関節のコーディネーション、すなわち伸展と底屈のタイミングに変化が生じ、腓腹筋の SSC 筋活動の効果が低下したこともエネルギーコストの増大に影響していたと示唆している。

(研究課題 2)

著者は、ランニング中の身体の上下動を変化させるために-6%から+6%までの異なる斜度のトレッドミルランニングを用いて、下肢のキネマティクスや筋活動を検討している。その結果、走路の傾斜の変化によって総外的仕事は変化しないが、上り傾斜では正の仕事が増大し、エネルギーコストは有意に変化すること、上り傾斜では支持期において膝関節はより伸展し、足関節はより底屈していたことを報告している。筋電図活動から関節を伸展させる単関節筋がより大きな活動をしていたことを示し、さらに腓腹筋は二関節筋であるが膝関節から足関節へ力学的エネルギーを伝達させることよりも、単関節筋と同様に力学的エネルギーを生み出し、足関節を底屈させる役割を果たしていたことを示している。

(総合討論)

著者は、連続ジャンプのエネルギーコストを用いてランニング中の身体上昇のエネルギーコストを推定し、上り傾斜では身体上昇のエネルギーコストに加えて、その他のエネルギーコストも大きく増加することを示唆している。連続ジャンプおよびランニングにおける身体重心最下点 (LCoM) 時の下肢関節に対する地面反力ベクトルのモーメントアーム (R) についてみると、連続ジャンプでは力学的仕事の大きい関節で R が大きく、力学的仕事の小さい関節で R が小さかった。上り傾斜のランニングでは、膝関節の R が小さく、股関節の R が大きかったことから、上り傾斜では膝関節でなされる力学的仕事が小さく、股関節でなされる力学的仕事が大きかったと考えられる。LCoM 時の下肢関節に対する地面反力のモーメントアームが小さく、身体の上下動が小さいことが、エネルギーコストが小さくなる下肢のコーディネーションであることを示唆している。

(結論)

以上のことから、ランニングのエネルギーコストを小さくするためには、大腿が鉛直に近い姿勢で接地し、LCoM 時に達するまでの下腿の前傾も小さくすることで、身体の上下動を小さくすることが有効であると結論づけている。

審査の結果の要旨

(批評)

本研究は、ランニングエコノミーに影響する下肢のバイオメカニクスの特徴を、ジャンプ運動と上りと下り傾斜のトレッドミルランニングにおける身体重心の上下動との関係から、下肢キネティクス、キネマティクス、および筋電図手法を用いて明らかにした研究である。これまでの被験者間の比較から明確にできなかったランニングエコノミーに影響する下肢のバイオメカニクスの特徴を、条件の変化によってエネルギーコストが変わることに着目することで、究明しており、体育・スポーツ科学における研究として新規性が高く、価値が高いと言える。研究成果の適用範囲に注意を要するが、ランニングエコノミーを高めるための下肢の動きを具体的に示しており、様々なレベルのランニングにおいて記録向上および障害予防に役立つことが期待される。

令和元年 12 月 24 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。