

〔博士論文概要〕

上り坂スプリント走のバイオメカニクスの特徴と  
平地スプリント走に及ぼす即時的効果の検討

令和 3 年度

奥平 柁道

筑波大学大学院人間総合科学研究科コーチング学専攻

本研究では、上り坂スプリント走中のバイオメカニクス的な特徴について検討するとともに、上り坂スプリント走がその後の平地スプリント走に及ぼす技術的な変化を、即時的効果に着目して検討することを目的とした。

研究課題 1 および 2 では、上り坂傾斜環境がスプリント走の三次元的動作と下肢の筋活動動態に及ぼす影響についてそれぞれ検討した。研究課題 1 では、男子大学短距離走競技者 13 名を対象に、7.5m/s の一定速度で動作している電動トレッドミル上における 5 秒間の走運動を、傾斜環境条件 (5.0%) と平地条件 (0%) それぞれで実施させ、運動中の疾走動作を光学式動作分析装置によって測定し、運動中のステップ変数、身体重心キネマティクス、骨盤キネマティクス、および下肢関節のキネマティクスを算出した。その結果、上り坂条件では平地条件と比較して、支持期に行われる身体重心の外的な正の仕事量が増大し、負の仕事量が減少していた。また、滞空時間は減少しながらも接地時間は維持されており、このため高いステップ頻度と短いステップ長が認められた。下肢関節キネマティクスに関しては、接地瞬間において股関節、膝関節、および足関節が屈曲し、さらに股関節は前額面上で内転し遊脚側の骨盤は下制した動作となっていた。一方で、離地瞬間においては膝関節の伸展と股関節の外転、および遊脚側の骨盤が挙上した動作となっており、股関節および足関節の動作については平地条件との差が認められなかった。研究課題 2 では、男子大学短距離走競技者 9 名を対象に同様の電動トレッドミル上における 5 秒間の走運動を、傾斜環境条件 (5.0%) と平地条件 (0%) それぞれで実施させ、運動中の筋活動量を大殿筋、中殿筋、大腿二頭筋長頭、大腿直筋、外側広筋、および腓腹筋外側頭から導出した。その結果、上り坂条件では平地条件と比較して、支持期前半における大殿筋、中殿筋、大腿二頭筋長頭、および腓腹筋外側頭の筋活動量が増大していた。また滞空期前半において、大腿直筋の筋活動量が増大していた。これらの結果から、上り坂スプリント走においては、先行研究と同様に滞空時間が減少しステップ頻度が増加するものの、高い疾走速度を維持するために、大腿直筋などの股関節屈筋をより大きく活動させ、脚の過度な伸展を抑えながら素早く回復動作を行うように制御していることが示された。さらに、同様の接地時間でより大きな鉛直上方

向の力を獲得するために、中殿筋などの股関節外転筋をより大きく活動させ、支持脚側の股関節外転および遊脚側の骨盤挙上といった前額面上の動作の変化を用いるように制御していることが示された。

研究課題 3 では、異なる上り坂の傾斜角度が、下肢関節キネマティクスと両脚の協調パターンに及ぼす影響について検討を行なった。男子大学短距離走競技者 13 名を対象に、7.5m/s の一定速度で動作している電動トレッドミル上における 5 秒間の走運動を、3 つの傾斜環境条件 (5.0%, 10.5%, 16.0%) と平地条件 (0%) それぞれで実施させ、運動中の疾走動作を光学式動作分析装置によって測定し、運動中のステップ変数、骨盤キネマティクス、および下肢関節のキネマティクスを算出した。また左右大腿セグメントの協調性を評価するために、Vector coding technique を用い、左右大腿セグメントの相対的な協調パターンを 3 つの局面に分類した (In-Phase 局面, Anti-Phase 局面, Leading/Trailing 局面)。その結果、傾斜角度の増大に伴って、接地瞬間の足関節、膝関節、および股関節の屈曲角度は増大していった。支持期前半における膝関節の屈曲は、緩やかな傾斜条件では明らかに見られる一方で、急な傾斜条件ではほとんど見られなかった。また、傾斜角度の増大に伴って、走行路面に対する体幹の前傾角度は増大し、滞空期の足関節の最大背屈角度と股関節の最大屈曲角度も増大していった。さらに、接地直前の最大膝関節伸展角度は、急な傾斜条件において顕著に小さくなっていた。両大腿セグメント間協調パターンは、急な傾斜角度の条件でより多くの Anti-Phase 局面を示した。これらの結果から、上り坂スプリント走中の下肢関節キネマティクスや脚間の協調パターンは、傾斜角度の増大に伴って系統的に変化していくことが明らかにされた。最も急な傾斜角度では、平地走での初期加速局面におけるキネマティクスと類似する特徴がみられた一方で、緩やかな傾斜角度では、平地走での二次加速局面におけるキネマティクスと類似する特徴がみられたことから、本研究の結果は、上り坂走トレーニングを実施する際に、トレーニングの目的に応じて利用する傾斜角度を合目的に選択する必要性を示唆するものであった。

研究課題 4 では、事前の上り坂スプリント走が、直後の平地走の疾走動作に及ぼす即時の効果について検討を行なった。男子大学短距離走競技者 14 名を対象に、7.5m/s の一定速度で動作している電動トレッドミル上における 5 秒間の走運動を、5 本実施させた。対象者は、無作為に実験群と対照群の 2 ついずれかに割り付けられ、指定された順序で試技を行った。実験群は、はじめに傾斜条件 0% における走運動を 1 本行った後、傾斜条件 5.0% における走運動を 3 本実施し、その後に傾斜条件 0% における走運動を再度実施した。対照群は 5 本全てを傾斜条件 0% で実施した。運動中の疾走動作を光学式動作分析装置によって測定し、運動中のステップ変数、骨盤キネマティクス、および下肢関節のキネマティクスを算出した。その結果、実験群において、上り坂走実施後の平地走では滞空時間が有意に減少し、接地時間には統計的に有意な差は認められなかった。また、ステップ頻度は上り坂走実施後の平地走において有意に増大し、ステップ長は有意に低下した。下肢関節キネマティクスについては、上り坂走実施前後で足関節や膝関節の関節角度に大きな変化は認められなかつ

た。一方で、股関節の関節角度には統計的に有意な変化が認められ、離地瞬間の股関節がより屈曲していた。また統計的に有意な傾向に留まったものの、離地瞬間の股関節はより外転していた。これらの結果から、上り坂スプリント走の実施前後で平地走の疾走動作は即時的に変化することが明らかにされた。特に、上り坂走中に見られる特徴的なステップ頻度の増大と、これに伴う離地瞬間の股関節の屈曲した関節キネマティクス特徴が、平地走においても即時的に転移することが確認された。

以上の結果から、上り坂スプリント走では、傾斜角度に応じて三次元的な疾走動作や神経筋活動が合目的に変化しており、これらの変化は部分的に直後の平地スプリント走に対して即時的に影響を及ぼすことが明らかになった。本研究の結果を考慮すると、上り坂スプリント走をレジステッドスプリントトレーニングとして用いる際には、身体に及ぼす力学的な負荷の大小のみを考えるのではなく、傾斜角度に応じたスプリント走の技術的な変化を理解し、合目的にトレーニング環境を選択して実施することが重要であると考えられる。一方で、本研究の結果から、上り坂スプリント走の即時的効果について、必ずしも全ての競技者において一定の変化が生じるわけではないことが示された。そのため、競技者が有する疾走動作の特徴を加味しながら、これらのトレーニング手段の方法論について考える必要がある。本研究から得られた結果は、上り坂スプリント走トレーニングの特異的なトレーニング負荷特性を示すとともに、事前に上り坂スプリント走を実施する、即時的効果を利用した新たな技術トレーニングの可能性を示唆するものである。