

氏名(本籍)	ほう が こう じ (宮崎県)		
学位の種類	博 士 (体育科学)		
学位記番号	博 乙 第 2299 号		
学位授与年月日	平成 19 年 3 月 23 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当		
審査研究科	人間総合科学研究科		
学位論文題目	競歩の歩行技術に関するバイオメカニクス的研究 - 身体部分間の力学的エネルギーの流れに着目して -		
主査	筑波大学教授	教育学博士	阿江 通 良
副査	筑波大学助教授	博士(学術)	藤井 範 久
副査	筑波大学助教授	理学博士	足立 和 隆
副査	筑波大学助教授	博士(体育科学)	尾 縣 貢
副査	筑波大学助教授	博士(医学)	向 井 直 樹

論 文 の 内 容 の 要 旨

競歩における身体部分間での力学的エネルギーの流れ、それを生じる関節トルクおよび関節力の変化、下脚および体幹の影響などについてはこれまでほとんど明らかにされていない。本研究では、競歩における歩行速度およびレース経過に伴う歩行速度の変化に関わる技術的要因を左右下肢間の力学的エネルギーの流れに着目して明らかにすることを目的とし、以下の課題を設定して研究を行った。

研究課題 1：公式競技会における一流競歩選手の動作を画像分析し、全身における力学的エネルギー利用と歩行速度との関係を明らかにするとともに、回復脚の力学的エネルギーの流れについて明らかにすること。

研究課題 2：競歩中の地面反力を計測し、支持脚における力学的エネルギーの流れと歩行速度との関係を明らかにし、力学的エネルギーを有効に利用して大きな歩行速度を獲得するための技術的要因を明らかにすること。

研究課題 3：公式競技会における前半と後半の一流競歩選手の動作を分析して、歩行速度の変化と力学的エネルギーの流れとの関係を検討し、歩行速度の維持に関係する技術的要因を明らかにすること。

研究課題 4：下脚および体幹の動作が左右下肢間の力学的エネルギーの流れにどのような影響を及ぼすかを明らかにすること。

研究課題 5：研究課題 1 から 4 で得られた知見をもとに、競歩の技術トレーニングに関する示唆を引き出すこと。

研究課題 1 および 3 については公式競技会において 2 次元画像分析法による歩行フォームの撮影を行った。研究課題 2 については実験によって 2 次元画像分析法による歩行フォームの撮影とフォースプラットフォームによる地面反力の計測を行った。研究課題 4 については、実験によって 3 次元画像分析法による歩行フォームの撮影とフォースプラットフォームによる地面反力の計測を行った。

収集したバイオメカニクスのデータの分析結果およびその考察から、以下のような知見および競歩の技術やトレーニングへの示唆が得られた。

(1) 大きな歩行速度の獲得と力学的エネルギーの流れの関係について

- ①大きな歩行速度の獲得には、回復期後半における回復脚股関節の伸展トルクおよび後向きの関節力を発揮して、回復脚から下脛に流れる力学的エネルギーを大きくする必要がある。
- ②支持期後半において下脛から支持脚に流れる力学的エネルギーの大きさと歩行速度との間に有意な相関があった。この局面における前向きの支持脚股関節力は、回復脚側の股関節を後方に回転する体幹トルクにより大きくなり、このことが下脛から支持脚に流れる力学的エネルギーを大きくするのに役立つと考えられる。
- ③体幹トルクは左右股関節力による下脛重心回りのモーメントと拮抗することで、回復脚から支持脚へ流れる力学的エネルギーを大きくすることに役立つ。

このように、回復脚から下脛を介して支持脚に流れる力学的エネルギーが大きくなると、支持脚の力学的エネルギーが増加して支持脚の前方速度が増加し、支持時間が短縮することで大きな歩行速度の獲得が可能になると考えられる。また、このことは力学的エネルギーを有効に利用することにも役立つ。

(2) 歩行速度の維持と力学的エネルギーの流れの関係について

- ①レース後半で歩行速度が減少した場合には、全身の力学的エネルギー伝達量および、力学的エネルギー利用の有効性が減少していた。
- ②歩行速度が減少した場合には、回復期後半において回復脚から体幹に流れる力学的エネルギーが小さくなっていった。回復脚から体幹に、そして支持脚に力学的エネルギーが流れると考えられることから、レース後半で支持脚への力学的エネルギーの流れが小さくなり、全身の力学的エネルギー伝達量が減少したと考えられる。
- ③力学的エネルギーの伝達量の減少を抑えるには、回復期後半の回復脚股関節の後向きの力の減少を抑える必要があり、そのためには、股関節伸展トルクと膝関節屈曲トルクをレース後半で維持することが役立つ。

このように、レース後半では、回復脚から体幹へ流れる力学的エネルギーの減少を抑えることによって、支持脚へ流れる力学的エネルギーの流れ、および支持脚の前方への速度が維持されると、歩行速度の維持が可能になると考えられる。

(3) トレーニングへの示唆

- ①大きな歩行速度を獲得・維持するためには、回復期後半に大きな股関節伸展トルクを発揮する必要がある。
- ②体幹を長軸まわりに大きく回転させ、回復脚の大きく振り出してストライドを大きくすることが大きな歩行速度の獲得には重要であるとされている。しかし、回復期後半に回復脚側の股関節を後方に回転させる体幹トルクの発揮が必要である。その結果として、支持脚側の股関節に前向きの力が作用し、大きな力学的エネルギーが支持脚に流れる。
- ③回復期後半において、体幹トルクを回復脚股関節伸展トルクと同じタイミングで発揮することを習得する必要がある。

回復期後半における大きな股関節伸展トルクの発揮が重要であることは、これまでの指導書では述べられてこなかったことであり、歩行速度獲得のための新たな示唆となると考えられる。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、バイオメカニクスの観点からの研究例が少ない競歩の歩行技術を身体部分間における力学的エネルギーの流れ（伝達）に着目することによって研究し、得られた知見をもとに競歩の技術やトレーニングへの示唆を引き出そうとしたものである。

論文審査委員会では、支持脚と回復脚の動きとの関係、体幹トルクが左右下肢の動きに及ぼす影響、短距離走との相違、被験者の群分けの方法などについて質疑が行われた。また、得られた知見を実際のトレーニングに適用する場合には力学的エネルギーよりも筋の張力に着目した方がよいのではないかなどの指摘があり、今後の研究への要望も提示された。

著者は、これらに対して適切に回答した。そして、一流競歩選手では、そうでない選手に比べて、左右下肢間の力学エネルギーを有効に流して（伝達して）エネルギーを有効に活用して歩行していること、そのためレース後半においても歩行速度の維持あるいは低下が抑制されていること、力学的エネルギーの流れを促進するには回復後半の股関節伸展トルク発揮が重要であることなど、多くの新しい知見を得たことが高く評価された。また、得られた知見から技術トレーニングへの示唆を引き出している点も体育科学分野の博士論文に相応しいとされた。

よって、著者は博士（体育科学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。