

論文要旨

I. 緒言

陸上競技の100m走は、最大速度局面において出現する最大疾走速度が、ゴールタイムとの関係が非常に強いことが報告されている (Mackala, 2007; 松尾ほか, 2010)。よって、最大速度局面における疾走動態についての研究からは、100m走の競技記録を短縮するための有用な知見が得られると考えられる。疾走速度は、ピッチとストライドとの積であるが、同程度の競技レベルの選手でも、ピッチおよびストライドの特徴は一樣ではなく、個人のピッチの高さやストライドの大きさに応じて、どちらかの改善に焦点が当てられることが多い (中田ほか, 2003; 土江, 2004)。疾走速度の向上は、ピッチおよびストライドのうち、一方を向上させながらも他方を維持するという、トレードオフの克服によって達成される。これらのことを踏まえ、選手の課題に応じた、より効率的な疾走速度を高めるトレーニングに取り組むためには、ストライドを維持しながらピッチを高めること、および、ピッチを維持しながらストライドを増大させることのそれぞれに関係する要因を明らかにすることが、重要な研究課題であると考えられる。

以上のことから本研究は、短距離走の最大速度局面におけるピッチとストライドとのトレードオフ関係について、その発生および克服に関連するバイオメカニクスの要因を明らかにすることを目的とした。この目的を達成するため、以下の3つの研究課題を設定した。

- (1) 短距離走の最大速度局面において、同一個人内におけるピッチ型の疾走とストライド型の疾走試技を比較し、ピッチとストライドとのトレードオフの発生機序を明らかにする。
- (2) 短距離走の最大速度局面において、ストライドが類似した選手間での高いピッチ、および、ピッチが類似した選手間での大きいストライドに関連する運動学的要因を明らかにする。
- (3) 短距離走の最大速度局面における遊脚キネティクスと高いピッチおよび大きいストライドそれぞれとの関係を明らかにする。

II. 研究課題 1

研究課題 1 では、同一個人において、ピッチ型の疾走試技とストライド型の疾走試技とを比較し、ピッチとストライドとのトレードオフ関係の発生機序を明らかにすることを目的とした。

被験者は、男子短距離選手 1 名であった。実験試技は、60m の全力疾走とし、1 年間で 14 試技を測定した。50m 付近において、モーションキャプチャシステムおよびフォースプレートをを用いて、運動学的変数および地面反力を測定した。分析範囲は片脚接地時から次に逆側の足が接地するまでの 1 ステップであった。ピッチストライド比をもとに、14 試技をピッチ型 7 試技 (SF type) およびストライド型 7 試技 (SL type) に分類し、t 検定を用いて比較した。

ピッチは SF type が、ストライドは SL type がそれぞれ有意に高値を示した。疾走速度、支持時間および支持距離に有意差はなく、滞空時間および滞空距離は SL type が有意に高値を示した。地面反力最大値および力積の鉛直成分は、ともに SL type が有意に高値を示した。

下肢キネマティクスで最も顕著な差がみられたのは、支持期開始から滞空期中盤まで、SL type の方が遊脚大腿部の前方への角変位が大きいことであった。支持期において遊脚の大腿部に働く鉛直股関節力は、支持期序盤において、SL type が有意に高値を示した。

以上の結果から、支持期における遊脚大腿部角度が大きいことは、大腿部に発生する大きい鉛直股関節力を介して大きな鉛直地面反力を獲得することにつながると考えられる。さらに、この大きな鉛直地面反

力に起因して大きな鉛直力積が獲得され、長い滞空時間を介して、大きなストライドが獲得されるが、ピッチは低くなると考えられる。一方、支持期における遊脚大腿部角度がより小さい場合は、上記とは逆の関係によって高いピッチが獲得されるが、ストライドは小さくなると考えられる。

Ⅲ. 研究課題 2

研究課題 2 では、ストライドが類似している選手群におけるピッチの高さに関連する要因、および、ピッチが類似している選手群におけるストライドの大きさに関連する要因を、運動学的観点から明らかにすることを目的とした。

公認競技会における 100m に出場した男性選手 54 名を対象とし、60m 地点付近を右側方からハイスピードカメラ (300fps) で撮影した。右足接地からの 1 サイクルを分析区間とし、右下肢関節点をデジタル化した後、2 次元 DLT 法によって実座標値を得た。54 名から、ピッチが類似した選手 (ピッチ類似群: 4.51-4.72Hz) およびストライドが類似した選手 (ストライド類似群: 2.07-2.15m) を抽出し、ピッチ類似群においてはストライドと、ストライド類似群においてはピッチと各変数との相関関係を分析した。なお、ピッチ類似群においては、ストライドと脚長との間に有意な正の相関がみられたため、脚長を制御する偏相関分析を行った。

ストライド類似群においては、ピッチが高いほど支持時間および滞空時間が短かった ($r=-.899$, $r=-.669$)。また、ピッチが高いほど、接地時の大腿部および下腿部の後方スイング角速度が高く ($r=-.626$; $r=-.701$)、離地時の大腿部後方角変位が小さかった ($r=.623$)。

ピッチ類似群においては、ストライドが大きいほど支持時間は短い傾向にあり ($r=-.406$, $p=.061$)、滞空時間が長く ($r=.465$)、滞空距離も長かった ($r=.847$)。また、ストライドが大きい選手は、接地時の下腿部後方スイング角速度が高く ($r=-.603$)、離地時の足関節底屈角速度が低く ($r=-.467$)、左足接地時における右脚質量中心の大転子に対する相対鉛直加速度が高かった ($r=.438$)。

以上の結果から、ストライドが類似している場合は、短い支持時間および滞空時間が、高いピッチを生み出していることが示唆された。短い支持時間には、大腿部および下腿部の後方スイング角速度が高いことや、大腿部の後方角変位が小さいことが関連していると考えられる。

ピッチが類似している場合のストライドが大きい選手は、支持時間が短く滞空時間が長かったことから、大きな鉛直地面反力を獲得していたことが推察され、このことには、遊脚の大きな鉛直加速度が関連していたと考えられる。さらに、離地時における足関節底屈角速度を抑制することも、短時間で地面に力を伝えることにつながることに貢献していた可能性がある。接地時における下腿部の高い後方スイングは、ストライド類似群におけるピッチが高い選手の特徴と同様に、短い支持時間に関連していたと考えられる。

Ⅳ. 研究課題 3

研究課題 3 では、遊脚キネティクスについて、ストライドとの関係を制御したピッチとの関係、およびピッチとの関係を制御したストライドとの関係を明らかにすることを目的とした。

被験者は、男子学生短距離選手 16 名であった。試技は 60m の全力疾走とし、43.5 - 50m の範囲を、側方および後方から、ハイスピードカメラ (300fps) で撮影した。撮影区間内における右足接地からの 1 サイクルにおいて身体特徴点をデジタル化し、3 次元 DLT 法によって実座標値を得た。その後、右脚の遊脚期における右股関節および膝関節の角度、角速度、関節トルクおよび関節トルクパワーを算出した。右脚の遊脚期のうち、右足離地から左足接地まで、左足接地から左足離地まで、左足離地から右足接地まで

を、それぞれ0-100%、100-200%、200-300%となるように時間で規格化した。ピッチおよびストライドから身長の影響を排除するため、ピッチ指数 (SF index) およびストライド指数 (SL index) を算出した。時系列データは、5%ごとに、SL index を制御変数とする SF index との偏相関分析、および SF index を制御変数とする SL index との偏相関分析を行った。

SF index が高いほど、股関節屈曲トルクおよび、股関節屈曲トルクによる正のパワーのピークが大きく ($r=-.718$; $r=.531$)、遊脚期終盤の250-280%においては、股関節伸展トルクが大きかった。つまり、高いピッチで疾走するには、遊脚期において股関節まわりで大きな力やパワーを発揮することで脚の角加速度を高め、短い時間に対応することが必要であると考えられる。

SL index と下肢動作の関係を分析した結果、SL index が高いほど、早期に股関節が屈曲していた。これは、研究課題1の結果を踏まえると、大きな鉛直地面反力を生み出す要因であると考えられる。股関節トルクおよびパワーのピークは SL index と関連していなかったが、SL index が高いほど、股関節屈曲開始後に股関節屈曲トルクが大きい局面がみられ、股関節屈曲トルクパワーのピーク出現が早かった ($r=-.759$)。これらは、股関節屈曲角速度を早期に高める要因の1つであったと考えられる。つまり、大きいストライドには、股関節まわりのトルクやパワーが発揮されるタイミングが関連していると考えられる。

V. 総括

本研究の結果から、疾走速度を高める上で、主にピッチの向上を目指す場合は、支持期に下肢関節の伸展を小さくすることや、股関節まわりの筋群を強化することが必要であり、ストライドの増大を目指す場合は、足関節スティフネスを高めるトレーニングに加え、股関節の早期屈曲を促すために、股関節を屈曲させる力発揮のタイミングを改善する必要があると考えられる。接地時の下肢後方スイング速度を高めることは、ピッチとストライドのどちらの改善を目指す場合であっても、必要なことであるだろう。

以上のように、疾走速度を高めるために、主な課題がピッチの向上である場合とストライドの増大である場合それぞれに対して、有用な知見が示された。これらは、陸上競技の短距離種目に限らず、短距離走を用いる他の競技においても、選手の疾走タイプに応じたトレーニングや指導を行うための一助となるであろう。