

早稲田大学審査学位論文

博士（スポーツ科学）

概要書

Control of the thigh muscle activity  
in both legs during sprinting

スプリントにおける両脚の大腿筋活動の制御

2021 年 1 月

早稲田大学大学院 スポーツ科学研究科  
身体運動科学研究領域

欠畑 岳

KAKEHATA Gaku

研究指導教員：彼末 一之 教授

# 博士学位論文概要

## 【第1章：緒言】

日常生活やスポーツに至るあらゆる場面で、走運動は最も基本的かつ重要な能力である。走運動は両脚の役割(スウィング脚と接地脚)が入れ替わる周期運動であり、陸上競技の短距離走の指導現場でも、両脚を接地の瞬間に素早く挟み込む、“シザース動作”の重要性が広く認知されている。しかし、これまでの走運動に関する研究は、どちらか片脚だけの筋活動を取得するに留まっており、“走運動は両脚の協調運動である”という視点が欠如している。そこで、本学位論文では短距離走の指導現場に筋制御の観点から科学的根拠を提示するため短距離走で特に重要な力発揮を担う股関節筋である大腿直筋(Rectus Femoris; RF)と大腿二頭筋(Biceps Femoris; BF)に着目し様々な条件下の走運動における両脚のRF、BFの筋制御の特徴を解明することを目的とした。

## 【第2章：全力疾走における両脚の大腿直筋と大腿二頭筋の活動のタイミング】

被験者はオリンピック出場者を含む陸上競技短距離選手18名であった。全力疾走中の両脚の大腿直筋(RF)および大腿二頭筋(BF)の筋活動を取得した。基準脚側(ipsilateral)のRF(iRF)、BF(iBF)に加え、反対脚側(contralateral)のBF(cBF)の筋活動のonset/offsetのタイミング(%ランニングサイクル)を算出した。これらを基に、同側の主動筋と拮抗筋の切換えの指標として“Switch”(iRF-onset[offset]からiBF-offset[onset]までの時間)、両脚の主動筋の協調性を示す“Scissors”(iRFとcBFのonset/offsetの時間差)を筋制御の評価指標として定義した。そして、時空間的変数(走速度、ピッチ、ストライド)との相関関係を検討した。その結果、ピッチの高い選手は、①主動筋(iRF)と拮抗筋(iBF)が同時収縮する現象である共収縮がなく、素早い関節運動に合理的な筋制御(“Switch”)であったこと、②股関節屈曲のために働くスウィング脚の主動筋(iRF)が、股関節伸展のために働く反対(接地)脚の主動筋(cBF)に対して早いタイミングで活動するという両脚の筋制御の能力(“Scissors”)に優れていたこと、が明らかとなった。

## 【第3章：異なる走速度における両脚の大腿直筋と大腿二頭筋の活動のタイミング】

第2章と同一の被験者は、異なる7つの主観的努力度(Subjective Effort: SE) [20% SE ( $3.77 \pm 0.47 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), 40% SE ( $6.44 \pm 0.55 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), 60% SE ( $8.00 \pm 0.60 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), 80% SE ( $9.09 \pm 0.58 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), 90% SE ( $9.48 \pm 0.62 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), 95% SE ( $9.70 \pm 0.55 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), 100% SE ( $9.82 \pm 0.58 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ )]による条件で50m走を実施した。第2章と同様の手法で筋活動のタイミング、“Switch”、“Scissors”および時空間的変数を取得した。その結果、SEすなわち走速度はピッチで制御されており、13名が100% SEで最速となった。一方、95% SE(3名)、90% SE(2名)で最速となる選手も存在し、選手の主観と客観は必ずしも一致しないことが示された。このとき、一部の選手はスウィング期後半の“Switch2”が改善され、共収縮が無い明確な交互収

縮が認められた。このことは、SE の変化が“リラックスした状態”を誘発し、パフォーマンスに好影響を与えていた可能性を示す。また、高速度(9 m□s-1 : 80-100 % SE)では、RF および BF の筋活動量(RMS)と活動の相対時間の増加が認められたことから、股関節伸展・屈曲を強調する戦略に変化したといえる。また、RF の活動の絶対時間のみが増加したことから、RF はスウィング(リカバリー)脚の速度を増加させ、ピッチの増加に貢献していたと推察される。しかし、RF-offset の遅れはスウィング期後半の共収縮を生じさせ、ピッチに悪影響を及ぼす可能性があり、筋活動を積極的に終わらせる(弛緩させる)という視点もスプリントで重要であろう。

#### 【第 4 章 : 100m 走における両脚の大腿直筋と大腿二頭筋の活動のタイミング】

被験者は陸上競技短距離選手 10 名であった。データロガー筋電図装置を被験者の腰部に装着し 100 m 全力疾走中の RF、BF の筋活動のタイミング、“Switch”、“Scissors”を取得した。10 m ごとの時空間的変数を算出し、最高走速度局面(50-70 m)と減速局面(80-100 m)におけるこれらの変数を比較した。その結果、減速局面では走速度とピッチが減少した。また、減速局面では RF と BF の活動のタイミングがサイクルの後半に遅れ、さらに“Scissors 1”が増加した。つまり、接地脚の cBF の活動に対してスウィング脚の iRF の活動が遅延し、結果的に股関節屈曲のタイミングすなわちスウィング脚のリカバリー動作が遅れたと推察される。これら筋活動のタイミングの変化が 100 m 走の後半のピッチの低下を惹起し、速度逡減の要因である可能性が明らかになった。

#### 【第 5 章 : 総括論議】

一連の研究より、同側および両脚の大腿筋の制御の指標である“Switch”および“Scissors”は、スプリントにおけるパフォーマンス(ピッチ)に影響し(Chapter 2)、主観的 effort(走速度、ピッチ)の変化に対応し(Chapter 3)、さらに 100 m 走のレース後半の減速(ピッチの低下)の要因である可能性が示唆された(Chapter 4)。走速度の変化はピッチにより制御されているが(Chapter 3)、ピッチの増加はランニングサイクルの短縮を意味する。一方、RF の活動する時間は増加していくことから、高いピッチが要求される高速度のスプリントでは、RF の活動がより重要となる。その際、同側の主動筋と拮抗筋を明確に切り替える能力(“Switch”)は、共収縮が発生しやすくなるため特に高速度では難しくなる。また、両脚の主動筋を時間差なく活動させる能力(“Scissors”)は、特にピッチが増大する高速度で要求される。そしてピッチの高い選手は“Scissors”の能力に優れ(Chapter 2)、ピッチの高い最高速度局面では“Scissors”が有意に短いことから(Chapter 4)、接地脚の BF に対するスウィング脚の RF を早いタイミングで活動させる能力が高いピッチの獲得・維持に貢献していることが明らかになった。これらの知見から、スプリント能力の向上は股関節筋を強く活動(収縮)させるだけでなく、適切なタイミングで活動させること、さらに積極的に抑制(弛緩：リラックス)させるといった“両脚の協調運動”という観点から考慮されるべきであると考えられる。