陸上競技選手における「バネ」の神経機構

Neural mechanism of “spring” like behavior of athletic runners

1K03B067-8　　氏名　木村孝三

指導教員　主査　彼末一之　先生　　副査　礒繁雄　先生

■緒言

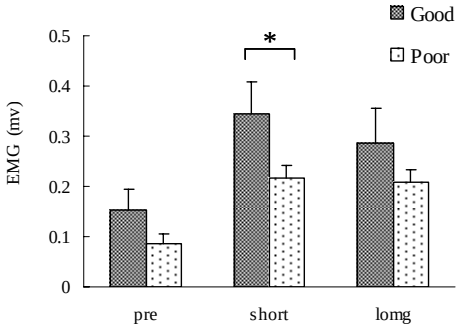
陸上競技の指導場面では、しばしば「バネがある」という表現で動作の巧みさを評価することがある。これはまさにバネのように自身の身体を弾ませながら動作をする様子を形容したものである。一般的に、「バネがある」といわれる選手ほど高いパフォーマンスを発揮する傾向にある。現在まで、「バネ」を明らかにしようとする試みは筋ー腱複合体（muscle tendon complex：MTC）の動態やバイオメカニクス的手法などで明らかにされている (福永、1998)。ヒトの走行中では、伸張性収縮と短縮性収縮が周期的に行なわれるような筋活動が多く発現する（Komi 1984)ことから、MTC の動態がバネのような働きであると考えられている。これをスプリングーマスモデルによってレッグスティフネスを用いて解析したものもよく知られている（McMahon ら 1990、Butler ら 2003）。しかし、神経系の面から「バネ」を考察した研究は少ない。そこで、本研究では走運動や跳躍運動をする時のヒトの下腿に起こる伸張反射に着目し、「バネがある」様子を神経系から探った。

■方法

被験者は、早稲田大学競走部に所属し日常的にトレーニングを行なっている健康な男性 14 名とした。被験者はメトロノームの音(テンポ 1.5、2.2、3.0Hz)に合わせた連続跳躍、および最大努力(max)での連続跳躍を行なった。測定項目は筋電図(ヒラメ筋、腓腹筋内側頭、前脛骨筋、大腿二頭筋、外側広筋、大腿直筋)、床反力、ニ次元画像データとした。大腿部の各筋の筋電図は、身体が地面に接地する直前の 50ms～接地後 20ms（接地前期:pre)、接地後の反射成分を 20ms～50ms（短潜時伸張反射期:short）と 50ms～90ms（長潜時伸張反射期:long）に分類した。下腿部の各筋は、short 期を 30ms～60ms、long 期を 60ms～100ms にそれぞれ変更して各タスクの筋放電を分析した。二次元画像データからは関節角度(股関節、膝関節、足関節)を分析した。得られた床反力から、跳躍高(m)を接地時間(sec)で除した値である DJ_{index} (図子ら、1993）を算出し、上位 7 名を Good 群、下位 7 名を Poor 群として、すべての測定項目を群間で比較した。

■結果

1.5Hz、2.2Hz、3.0Hz の各テンポで、Good 群は Poor 群よりも接地時間が短く滞空時間が長かった。また、力の最大値は大きかった。Good 群は接地中の重心変位が少なく、スティフネスが高い値を示した。また、両群ともにテンポが速くなるにつれ重心変位は少なくなり、スティフネスは高くなる傾向にあった。接地瞬間の角度は、1.5Hz 時の股関節を除いて有意差がなかった。接地中の角度変位は 1.5Hz 時のすべての関節で有意差があった。また膝関節の角度変位はどのテンポでも Good 群が少なかった。max 試行の大腿直筋と大腿二頭筋の short 期、大腿二頭筋の long 期の筋活動が Good 群で多かった。すべてのテンポにおいて前脛骨筋の short 期の筋活動は、Good 群が少なかった。



max 時・大腿直筋の筋電図積分値

*: P<0.05

■考察

DJ_{index} の値が高い Good 群は、短い作用時間で大きな力発揮ができており、効率的な動作ができていた。この理由は、Good 群の接地中の膝関節角度変位がテンポに関わらず少なかったことが挙げられる。地面からの反作用力を効率よく利用できた要因は、大腿直筋の short 期、大腿二頭筋の short 期および long 期の活動と、跳躍の拮抗筋である前脛骨筋の short 期の活動の抑制によるものであると考えられる。

■結論

「バネがある」様子とそうでない様子の差異は、膝関節を制御する大腿直筋および大腿二頭筋の伸張反射活動と、下腿三頭筋に対する前脛骨筋の相反性支配によって生じたものであることが示唆される。