

脚伸展筋力と疾走中の床反力の関係

Relationship between leg extension muscle strength and ground reaction force during sprint running

スポーツ医科学研究領域

5020A024 - 0 勝毛 志輝

研究指導教員：平山 邦明 准教授

【緒言】

疾走中は速度を大きくするために地面に対し大きな力を発揮する必要がある。これまでに脚伸展筋力が大きいほど疾走タイムが早いことが報告されている。また疾走中に進行方向の速度を獲得するためには、接地時に水平方向へ大きな力を発揮することが必要である。これらのことから、脚伸展筋力が大きい人ほど疾走中の水平方向の床反力が大きいことが予想される。しかしながら、先行研究では、スクワットジャンプ中の平均床反力と、疾走中の水平方向の平均床反力との間にほとんど相関関係が認められなかったこと、あるいは両者の間に弱い正の相関関係しか認められないことが報告されている。これらの先行研究では、スクワットジャンプあるいは疾走動作中のデータより導出した、力-速度関係の回帰直線における力軸との切片の値である、理論上の最大床反力が使われている。しかし、理論上の最大床反力は走動作中の床反力を反映する指標ではない。よって、脚伸展筋力と疾走動作中の床反力との関係を明らかにするためには、脚伸展筋力と実際の疾走中の力発揮との関係を検討することが妥当である。また、脚伸展筋力は疾走中の水平方向よりむしろ合成方向の床反力の大きさと関連していると考えられるため、脚伸展筋力と疾走中の合成方向の床反力の関係を検討する必要がある。さらに、力発揮は動作速度に依存するため、両者の動作速度をそろえたうえで検討する必要があると考えられる。

そこで本研究は、(1) 最大脚伸展筋力と疾走中の床反力の関係を明らかにすること、(2) 脚伸展筋力と疾走中の床反力の関係を、脚伸展速度を

対応させた上で検討することを目的とした。

【方法】

運動習慣のある大学生 10 名を対象とした。参加者はジャンプスクワットと 12m の全力疾走を行った。

ジャンプスクワットは自体重および 10 kg から 70 kg のうち 4-5 つの重量を用いて行った。ジャンプ中の床反力を、フォースプレートを用いて計測した。各負荷におけるジャンプ中の鉛直方向の平均床反力を算出し、体重で正規化した。参加者の左腸骨に反射マーカを貼付し、ジャンプ動作を参加者の後方から、ビデオカメラを用いて撮影した。マーカの変位からジャンプ中の鉛直方向の平均脚伸展速度を算出した。各負荷の平均床反力と平均脚伸展速度から、最小二乗線形回帰を用いて参加者ごとの力-速度プロフィールを求めた。また力軸の切片から、最大脚伸展筋力として理論上の最大床反力を算出した。さらに、疾走中の 1 歩目、5 歩目、7 歩目の脚伸展スピード（後述）に対応するジャンプスクワット中の平均床反力を、力-速度プロフィールを用いて算出した。

12 m の全力疾走は合計で 6 回実施した。本研究ではスタートラインの位置を変えることで、1 歩目、5 歩目、7 歩目の床反力をそれぞれ別試行で計測した。床反力の水平成分が正の値を示している局面を推進局面と定義し、推進局面の床反力の水平成分および合成成分の平均床反力を算出した後、体重で正規化した。参加者の左腸骨と左第五中足骨遠位端に反射マーカを貼付し、疾走動作を走路の左側方からビデオカメラを用

いて撮影した。2つのマーカーを結ぶ線分の長さを脚長とし、推進局面の開始時と離地時の脚長の差を推進局面の時間で除することにより、1歩目、5歩目、7歩目の平均脚伸展スピードを算出した。

理論上の最大脚伸展筋力と疾走中の平均床反力、および疾走中の脚伸展スピードに対応した脚伸展筋力と、疾走中の平均床反力の相関関係を求めた。正規性が認められた変数どうしはピアソンの積率相関係数を用いて検討し、正規性が認められなかった変数を含む場合はスピアマンの順位相関係数を用いて検討した。相関関係の強さは以下のように解釈された： $|r| < 0.1$ (trivial), $0.1 \leq |r| < 0.3$ (small), $0.3 \leq |r| < 0.5$ (moderate), $0.5 \leq |r| < 0.7$ (large), $0.7 \leq |r| < 0.9$ (very large), $|r| \geq 0.9$ (extremely large)。また、意味のある最小の相関係数を $|0.3|$ とした。

【結果および考察】

理論上の最大脚伸展筋力と疾走中の水平成分および合成成分の平均床反力との間に moderate - large な正の相関関係が存在した (表)。これは理論上の最大脚伸展筋力と疾走中における理論上の最大床反力との関係の間に正の相関関係があることを報告した先行研究の効果量 (男性： $r = 0.24$, 女性： $r = 0.42$) よりも大きかった。疾走における理論上の最大床反力は実際の疾走動作中の床反力を反映するとは限らない。本研究により、最大脚伸展筋力が大きい者ほど疾走中に強く地面に力を加えることが出来ることが示唆された。

脚伸展速度を対応させた場合、1歩目において脚伸展筋力と疾走中の合成方向の床反力の間に moderate な正の相関関係が存在した (表)。一方、水平成分の平均床反力との間には意味のある相関関係が存在しなかった。先行研究により疾走能力には、地面に大きな力を加える身体的能力よりも、床反力の向きを前方へ傾ける技術的能力が重要であることが報告されている。本研究の結果を踏まえると、脚伸展筋力が大き

い者ほど疾走中に合成方向へ大きな力を発揮できる一方、脚伸展筋力が大きくても、床反力の傾きを前方へ傾ける技術的能力が低い場合は、脚伸展筋力が水平方向の床反力の大きさに反映されない可能性が考えられる。

脚伸展速度を対応させた場合、5歩目、7歩目において脚伸展筋力と疾走中の合成成分の平均床反力との間に意味のある相関関係が存在しなかった (表)。疾走動作とジャンプスクワットでは筋の収縮様式が異なるため、ほとんど相関関係が存在しなかった可能性が考えられる。また脚伸展速度を対応させた場合、5歩目、7歩目において脚伸展筋力と疾走中の水平成分の平均床反力との間に large - very large な負の相関関係が存在した (表)。本研究では疾走中の水平成分の平均床反力と疾走中の脚伸展スピードとの間に正の相関が存在した。また、脚伸展スピードが大きい者ほど脚伸展筋力は小さかった。そのため偽相関として負の相関関係が存在したと考えられる。

表. 相関関係

	疾走中の平均床反力	理論上の最大脚伸展筋力	脚伸展筋力
水平成分			
1歩目		0.47 (p = 0.17) *	0.05 (p = 0.88) †
5歩目		0.55 (p = 0.10) *	-0.70 (p = 0.02) *
7歩目		0.54 (p = 0.11) *	-0.64 (p = 0.05) *
合成成分			
1歩目		0.41 (p = 0.24) *	0.48 (p = 0.16) * †
5歩目		0.31 (p = 0.39) *	-0.16 (p = 0.65)
7歩目		0.50 (p = 0.14) *	0.22 (p = 0.54)

*：意味のある相関関係 †：スピアマンの順位相関係数

【結論】

参加者が少なく、本研究の結果を通じて母集団を推定することはできないことから、本研究の参加者に限定されるものの、理論上の最大脚伸展筋力が大きい者ほど、疾走中に水平方向および合成方向に大きな力を発揮できることが示唆された。また脚伸展速度を対応させた場合、脚伸展筋力が大きい者ほど、疾走動作においてスタート直後に合成方向へ大きな力を発揮できることが示唆された。