

伸張－短縮サイクルを伴う動作のパフォーマンスと身体のパネ特性の関係
～弾性エネルギーの貯蔵・再利用とレッグ・スティフネスの個人差に着目して～
Characteristics of body spring determining the performance of stretch-shortening cycle exercise
-Inter-individual variability in storage and utilization of elastic energy and leg stiffness-

1K07A232-0

山口 耕

指導教員 主査 川上 泰雄 先生

副査 若原 卓 先生

【目的】

スポーツ動作の多くは、反動動作を伴う。この際、主働筋が素早く伸張性収縮した後に短縮性収縮をする「伸張－短縮サイクル（SSC）」という現象が起る。これによって力学的パワーが増大し、反動を伴わない場合と比べパフォーマンスが向上する（反動効果）。

SSC を伴う動作では、主働筋や腱・靱帯などの弾性要素で弾性エネルギーが貯蔵・再利用される。これが反動効果を生み出す主要因と考えられている。このときの弾性要素の働きは、その様相から“バネ”に例えられている。また、下肢全体を一つのバネと見立てた「spring－mass model」では、脚のバネとしての弾性を“レッグ・スティフネス”で表し、身体のパネ特性を評価している。

しかし、SSC を伴う動作における弾性エネルギーとこのレッグ・スティフネスとの相互の関係や、こうした身体のパネ特性がパフォーマンスとして反動効果や跳躍高に与える影響を検証した研究は少ない。

そこで本研究は、SJ（反動を伴わない跳躍）・CMJ（反動を伴う跳躍）・hop（連続した跳躍）の3種類の跳躍動作を行わせ、それらを行っている際の身体のパネ特性（弾性エネルギーの貯蔵・再利用能力とレッグ・スティフネス）と跳躍パフォーマンスとの関係について検討することを目的とした。

【方法】

被験者は健康な大学生男女 21 名（男子：16 名、女性：5 名）であった。全身に 22 点の反射マーカーを貼付し、床反力計上で沈み込みの姿勢から反動を付けずに跳躍する SJ、直立した姿勢から反動を付けて跳躍を行う CMJ、連続して跳躍する hop を最大努力で行わせた。その際、3 次元赤外線動作解析システムを用いて跳躍動作中の身体重心位置を求め、床反力計から床反力データを得た。身体重心位置の変位から各跳躍の跳躍高を算出し、反動効果として SJ と CMJ の跳躍高の差を「SJ－CMJ 増加量」、その増加率を「SJ－CMJ 増加率」とした。また、hop の着地局面での力学的エネルギーを「弾性エネルギー（Ee）」、跳躍局面での力学的エネルギーを「跳躍エネルギー（Ej）」とし、各局面で発揮されたパワーを時間積分することで求めた。Ej に対する Ee の比を「バネ利用指数（Ej/Ee）」として算出した。また、鉛直方向の最大床反力を身体重心高変位で除すことで hop 時のレッグ・スティフネスを求めた。これらのデータの相関関係をピアソンの積率相関係数を用いて分析した。

【結果】

Ee と Ej はともに SJ・CMJ・hop それぞれの跳躍高と有意な相関関係があった。また、SJ－CMJ 増加量は Ee と有意な相関関係があったが、Ej とは相関関係がみられなかった。レッグ・スティフネスはいずれのパラメータとも相関関係がみられなかった。バネ利用指数は Ej と有意な相関関係がみられたものの他のパラメータとの間に有意な相関関係は認められなかった、各パラメータ間の相関係数を表 1 に示す。

【考察】

Ee と Ej は、共に SJ・CMJ・hop の各跳躍高と相関関係がみられた。このことから、hop 時の各局面でより大きな力学的エネルギーを発揮できる者は、hop のみならず SJ や CMJ においても高い跳躍ができることが示唆された。

一方で、hop 中のバネの特性を表すと考えた、レッグ・スティフネスとバネ利用指数は、SJ－CMJ 増加量・増加率や跳躍高との間に相関関係がみられなかった。これは、hop と SJ・CMJ での跳躍動作様式の差異が、蓄える弾性エネルギーの大きさに影響し、結果として hop 中の身体のパネ特性と CMJ における反動効果やパフォーマンスに対応が認められなかったと考えられた。本研究の結果、伸張－短縮サイクルを伴う動作のパフォーマンスと身体のパネ特性の関係は、hop・SJ・CMJ という跳躍動作の様式によって異なるということが示唆された。

表 1：各パラメータの相関係数

		レッグ・スティフネス (kN/kg/m)	Ee (J/kg)	Ej (J/kg)	バネ利用指数 (%)
SJ 跳躍高 (m)	絶対値	0.34	0.47 *	0.48 *	-0.03
	身長あたり	0.33	0.50 *	0.47 *	-0.07
CMJ 跳躍高 (m)	絶対値	0.27	0.53 *	0.50 *	-0.05
	身長あたり	0.25	0.57 **	0.49 *	-0.10
hop 跳躍高 (m)	絶対値	0.27	0.75 **	0.85 **	0.15
	身長あたり	0.21	0.76 **	0.80 **	0.10
SJ－CMJ 増加量 (m)	絶対値	-0.31	0.47 *	0.31	-0.13
	身長あたり	-0.16	0.48 *	0.29	-0.16
SJ－CMJ 増加率 (%)		-0.18	0.31	0.10	-0.14
Ee (J/kg)		0.19			-0.43
Ej (J/kg)		-0.06			0.54 *

(*p<0.05 **p<0.01)