

疾走能力および跳躍能力とスイング型運動および ピストン型運動による膝伸展力との関係

高 松 薫・図 子 浩 二*・村 木 征 人

The relationships between sprinting and jumping abilities and knee extension forces exerted by swing and piston movements

Kaoru TAKAMATSU, Koji ZUSHI, Yukito MURAKI

This study investigated the relationships between sprinting and jumping abilities and knee extension forces with swing and piston movements. Subjects were thirty-four college male jumpers. Abilities of acceleration and full-speed sprinting were determined by the former and latter time during 60-m sprint. Jumping abilities were determined by standing long jump and 5-step bounding. Knee extension forces with swing and piston movements were measured during isometric and eccentric contractions. The relative value of body weight during eccentric contraction was used as the parameter of knee extension force with swing and piston movements. The one of the reasons was higher correlation coefficient ($r > 0.9$) between the relative value of body weight during isometric contraction and that during eccentric contraction in swing and piston movements. The other one relates with the subjects in this study, who are demanded the greater knee extension force exerted by eccentric contraction during take off phase. Results were as follows;

- 1) Abilities of sprinting of acceleration and jumping were larger affected by knee extension force with piston movement than that with swing movement.
- 2) Ability of full-speed sprinting was not affected by knee extension forces with swing and piston movements.
- 3) Knee extension forces with piston movement of high level jumpers were larger than those of low level jumpers.
- 4) The athletic performances of jump events characterized as abilities of sprinting of acceleration and jumping were greatly affected by knee extension force with piston movement than that with swing movement.

These results suggest that the knee extension force with piston movements may be effective for the training and measurement of sprinting and jumping abilities as well as that with swing movement.

Key words : Sprinting ability, Jumping ability, Knee extension force, Swing movement, Piston movement

緒 言

体力トレーニング手段を作成する場合には、目

標とする体力を合理的に高めるために、負荷の種類が合目的であること、負荷の強度・量が至適であることなどのほかに、用いる運動が合目的であることが重要である⁷⁾。この理由として、主に神

*筑波大学研究生

経・筋機能に關与する運動様式，筋収縮の種類，運動速度などに依存するトレーニング効果の特異性があげられる^{2),10),12)}。

疾走能力と跳躍能力は基礎的な運動能力の一つである。これらの能力を容易にしかも精度よく測定・評価するために，一般に，疾走能力の指標として30m疾走，50m疾走，60m疾走，100m疾走などの成績が用いられており，跳躍能力の指標として垂直跳，立幅跳，立三段跳，立五段跳などの成績が用いられている。

上述の各運動における主動筋の一つは，大腿四頭筋などの膝伸展筋である。したがって，疾走能力，跳躍能力は膝伸展力の影響を大きく受けると考えられる。

膝関節はその構造上ひねり型運動はできないので，膝伸展運動は①膝関節のみを伸展する運動，②股関節を屈曲しながら膝関節を伸展する運動，③股関節を伸展しながら膝関節も伸展する運動，などに分けられる。②は全速疾走局面において空中にある脚の運動，サッカーのシュートにおける蹴り脚の運動などにみられる。また，③は加速疾走局面や跳躍の踏切局面における支持脚の運動，自転車のペダリング運動，スクワット運動などにみられる。村木¹⁰⁾は，②をスイング型運動，③をピストン型運動としてとらえ，これらは多関節にまたがる下肢の運動の基本的要素であり，前者は大きなスピードの発揮，後者は大きな力の発揮に有効であるとしている。一方金原⁹⁾は，①をスイング型運動，③をピストン型運動としてとらえ，跳躍競技者の下肢のパワー特性を分析している。この場合のスイング型運動は単関節運動である。

膝伸展力の測定は，一般に，①の膝関節の伸展のみによるスイング型運動（以下，単にスイング型運動と略す）によって行われている。しかし，上述したように実際の疾走や跳躍の場面を考慮すると，疾走能力や跳躍能力に対する膝伸展力の役割を明らかにするためには，ピストン型運動による膝伸展力の測定も重要であると考えられる。また膝伸展力の測定は，一般に，isometricおよびconcentricな収縮によって行われている。しかし，実際の疾走や跳躍では，膝関節はisometric, concentric, eccentricの3種の収縮によって伸展されるので，疾走能力や跳躍能力と膝伸展力との関係を検討する場合には，eccentricな収縮による膝伸展力の測定も重要であると考えられる。これ

らは，いずれも上述したトレーニング効果の特異性に基づくものである。

そこで本研究では，疾走能力や跳躍能力に影響する膝伸展力のトレーニング法と測定法に有用な知見を得るために，60m疾走の前半と後半，立幅跳および立五段跳の成績と，スイング型運動とピストン型運動によるisometricおよびeccentricな膝伸展力との関係について比較検討した。

方 法

1. 被 験 者

被験者には，大学に在籍する陸上競技跳躍競技者男子34名（走高跳9名，棒高跳6名，走幅跳11名，三段跳8名）を用いた。被験者34名の年齢，身長，体重の平均値は，順に20.1±1.6歳，177.3±5.6cm，66.7±4.3kgであった。

表1に被験者の競技成績を示した。表1には，被験者の競技能力を種目が異なっても比較できるように，各種目の世界記録に対する各被験者の記録の割合も示した。この割合をみると，In（走高跳：2 m26，93.8%），H（棒高跳：5 m55，92.5%），It（走幅跳：7 m87，89.5%）は，国際的なレベルの競技者である。

2. 疾走能力と跳躍能力の測定法

加速疾走能力および全速疾走能力の指標として，60m疾走における前半30mと後半30mの時間をストップウォッチで測定した。スタートはクラウチングスタートで行わせた。また，跳躍能力の指標として，立幅跳と立五段跳の跳躍距離を測定した。

試技は，いずれの運動も十分な休養を取りながら2回づつ行わせた。成績にはそれぞれの最高値

Table 1 Athletic records of subjects

Group	n	Record		Best record	
		m	% of WR	m	% of WR
High jumper (HJ)	9	2.11±0.10	87.4±4.2	2.26	93.8(In)
Pole vaulter (PV)	6	4.90±0.40	81.7±6.6	5.55	92.5(H)
Long jumper (LJ)	11	7.00±0.45	79.3±5.3	7.87	89.5(It)
Triple jumper (TJ)	8	14.72±0.70	82.0±3.9	15.60	86.9

1) Record shows average record in each group.

2) Best record shows record of best athlete in each group.

3) WR: World record.

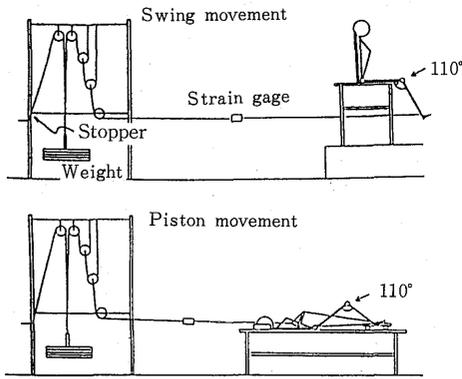


Fig. 1 Measurement methods of isometric and eccentric knee extension forces exerted by swing and piston movements.

を用いた。

3. 膝伸展力の測定法

図1に、スイング型運動とピストン型運動による isometric および eccentric な膝伸展力の測定法を示した。

スイング型運動による膝伸展力の測定では、被験者を椅子に坐らせ、体幹、腰および大腿をベルトで固定した。また、被験者の測定脚の外果と内果を通るようにバンドを取り付けた。

一方、ピストン型運動による膝伸展力の測定では、被験者を台の上に仰臥させ、肩、体幹、腰および非測定脚の大腿をベルトで固定した。また、被験者の測定足を台車の上に固定した。測定足の固定面と台車の上面との角度は125度とした。

上述のバンドと台車は、いずれも中間にストレインゲージのついたステンレスワイヤーの一端と接続し、そのワイヤーの他端は eccentric な筋力測定時に負荷となる重りと接続した。この重りは他のワイヤーによって固定することもできるし、固定を瞬間的に切り放すこともできる。

両運動ともに、被験者にはまず合図と同時に isometric な最大膝伸展力を発揮させた。次いで isometric な膝伸展力が最大になった時点、すなわち約2.5から3秒後に、前もって測定した isometric な最大膝伸展力の3倍⁵⁾の重りを瞬間的に切り放すことによって、eccentric な最大膝伸展力を発揮させた。なお、isometric な最大膝伸展力の測定は膝関節角度110度で行った。また、eccentric な最大膝伸展力の測定は膝関節角度110

度から90度までの範囲で行った。

試技は、両運動ともに十分な休養を取りながら2回づつ行わせた。成績には、isometric な最大膝伸展力の大きい試技の値を用いた。

結 果

1. 疾走能力と跳躍能力

表2に、60m 疾走、立幅跳、立五段跳の成績を示した。

60m 疾走における前半30mの加速疾走時間は 4.15 ± 0.19 秒、後半30mの全速疾走時間は 3.17 ± 0.18 秒であった。また、立幅跳と立五段跳の跳躍距離は、順に 2.92 ± 0.12 m、 15.44 ± 0.95 m であった。

2. スイング型運動とピストン型運動による膝伸展力

表3に、スイング型運動とピストン型運動による isometric および eccentric な最大膝伸展力と

Table 2 Results of 60-m sprint, standing long jump and 5-step bounding.

60-m sprint: Former, sec	4.15 ± 0.19
Latter, sec	3.17 ± 0.18
Standing long jump, m	2.92 ± 0.12
5-step bounding, m	15.44 ± 0.95

Table 3 Isometric and eccentric knee extension forces exerted by swing and piston movements, and correlation coefficients among each force.

Swing movement	
Isometric force, kg	64.50 ± 14.21
Eccentric force, kg	75.20 ± 17.45
Isometric force/BW	0.97 ± 0.20
Eccentric force/BW	1.12 ± 0.24
} $r = 0.940^*$	
} $r = 0.941^*$	
Piston movement	
Isometric force, kg	124.10 ± 25.35
Eccentric force, kg	135.30 ± 26.55
Isometric force/BW	1.85 ± 0.34
Eccentric force/BW	2.07 ± 0.38
} $r = 0.961^*$	
} $r = 0.955^*$	

Swing movement vs Piston movement:

Isometric force, $r = 0.693^*$

Eccentric force, $r = 0.758^*$

Isometric force/BW, $r = 0.714^*$

Eccentric force/BW, $r = 0.732^*$

*, $P < 0.01$

その体重当りの相対値を示した。また表3には、各筋力間の相関係数も示した。

スイング型運動による最大膝伸展力は、isometricな場合が $64.50 \pm 14.21\text{kg}$ 、eccentricな場合が $75.20 \pm 17.45\text{kg}$ であり、両者間の相関係数は 0.940 ($P < 0.01$)であった。また、体重当りの最大膝伸展力は、isometricな場合が 0.97 ± 0.20 、eccentricな場合が 1.12 ± 0.24 であり、両者間の相関係数は 0.941 ($P < 0.01$)であった。

ピストン型運動による最大膝伸展力は、isometricな場合が $124.10 \pm 25.35\text{kg}$ 、eccentricな場合が $135.30 \pm 26.55\text{kg}$ であり、両者間の相関係数は 0.961 ($P < 0.01$)であった。また、体重当りの最大膝伸展力は、isometricな場合が 1.85 ± 0.34 、eccentricな場合が 2.07 ± 0.38 であり、両者間の相関係数は 0.955 ($P < 0.01$)であった。

スイング型運動による最大膝伸展力とピストン型運動による最大膝伸展力との相関係数は、isometricな場合が 0.693 ($P < 0.01$)、eccentricな場合が 0.758 ($P < 0.01$)であった。また、両運動間の体重当りの最大膝伸展力の相関係数は、isometricな場合が 0.714 ($P < 0.01$)、eccentricな場合が 0.732 ($P < 0.01$)であった。

図2に、スイング型運動とピストン型運動によるeccentricな体重当りの最大膝伸展力を、跳躍種目群別に示した。

eccentricな体重当りの最大膝伸展力には、ス

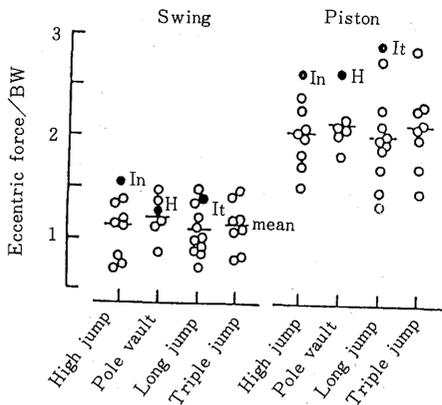


Fig. 2 Eccentric knee extension forces per body weight exerted by swing and piston movements for jumping athletes.

イング型運動、ピストン型運動ともに種目群間に有意差は認められなかった。しかし、国際的なレベルにある競技者 (In, H, It) は、ピストン型運動によるeccentricな体重当りの最大膝伸展力がそれぞれの種目群内で最も高い値であった。

3. 疾走能力および跳躍能力とスイング型運動およびピストン型運動による膝伸展力との関係

図3に、60m 疾走の成績とスイング型運動およびピストン型運動によるeccentricな体重当りの最大膝伸展力との関係を示した。

前半30mの加速疾走時間とスイング型運動によるeccentricな体重当りの最大膝伸展力との間には、有意な負の相関関係が認められた ($r = -0.431$, $P < 0.01$)。同様の結果は、ピストン型運動による場合にも認められた ($r = -0.535$, $P < 0.01$)。相関係数は、ピストン型運動による場合に比べて高い傾向にあった。しかし、後半30mの全速疾走時間とスイング型運動によるeccentricな体重当りの最大膝伸展力との間には、有意な相関関係は認められなかった ($r = -0.044$, $P > 0.05$)。同様の結果は、ピストン型運動による場合にも認められた ($r = -0.074$, $P > 0.05$)。

図4に、立幅跳および立五段跳の成績と、スイング型運動およびピストン型運動によるeccentricな体重当りの最大膝伸展力との関係を示した。

立幅跳の跳躍距離とスイング型運動による

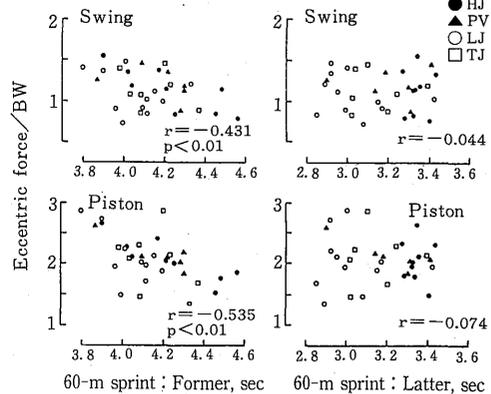


Fig. 3 Relationships between former and latter time in 60-m sprint and eccentric knee extension forces per body weight exerted by swing and piston movements.

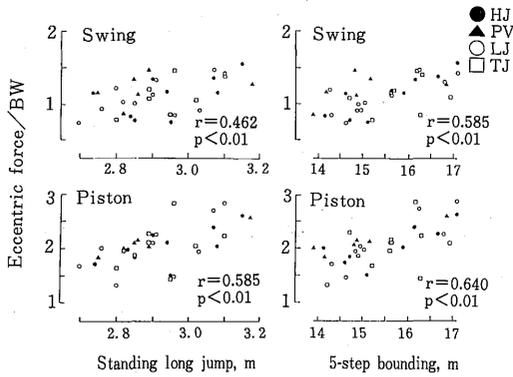


Fig. 4 Relationships between distances of standing long jump and 5-step bounding and eccentric knee extension forces per body weight exerted by swing and piston movements.

eccentric な体重当りの最大膝伸展力との間には、有意な正の相関関係が認められた ($r = 0.462$, $P < 0.01$)。同様の結果は、ピストン型運動による場合にも認められた ($r = 0.585$, $P < 0.01$)。また、立五段跳の跳躍距離とスイング型運動による eccentric な体重当りの最大膝伸展力との間にも、有意な正の相関関係が認められた ($r = 0.585$, $P < 0.01$)。同様の結果はピストン型運動による場合にも認められた ($r = 0.640$, $P < 0.01$)。相関係数は、立幅跳、立五段跳ともに、ピストン型運動による場合がスイング型運動による場合に比べて高い傾向にあった。また、立五段跳は立幅跳に比べて、ピストン型運動による場合、スイング型運動による場合ともに高い傾向にあった。

4. 競技成績とスイング型運動およびピストン型運動による膝伸展力との関係

図5に、世界記録に対する各被験者の記録の割合と、スイング型運動およびピストン型運動による eccentric な体重当りの最大膝伸展力との関係を示した。

被験者全員を対象にすると、世界記録に対する各被験者の記録の割合と、スイング型運動による eccentric な体重当りの最大膝伸展力との間に有意な正の相関関係が認められた ($r = 0.342$, $P < 0.05$)。同様の結果は、ピストン型運動による場合にも認められた ($r = 0.355$, $P < 0.05$)。しかし、これらの相関係数はいずれも小さく、またその差も小さかった。

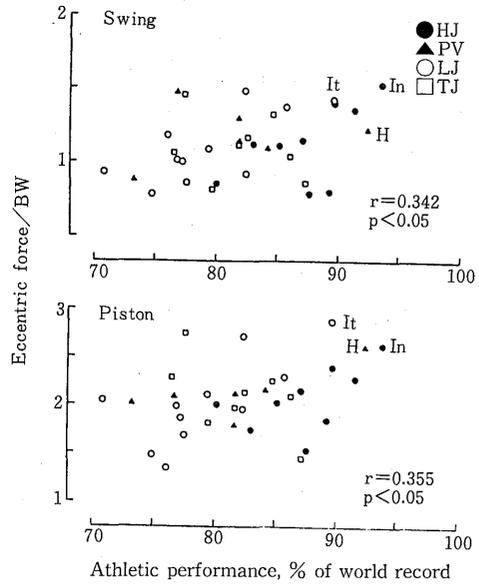


Fig. 5 Relationships between athletic record and eccentric knee extension forces per body weight exerted by swing and piston movements for jumping athletes.

Correlation coefficients (*, $p < 0.05$):

Swing movement

HJ, $r = 0.561$ PV, $r = 0.294$
LJ, $r = 0.669^*$ TJ, $r = -0.188$

Piston movement

HJ, $r = 0.594$ PV, $r = 0.761$
LJ, $r = 0.733^*$ TJ, $r = -0.516$

一方、両者の関係を種目群別にみると、スイング型運動による場合は、走高跳群 ($r = 0.561$, $P > 0.05$)、棒高跳群 ($r = 0.294$, $P > 0.05$)、走幅跳群 ($r = 0.669$, $P < 0.05$) において正の相関関係が認められた。また、ピストン型運動による場合は、走高跳群 ($r = 0.594$, $P > 0.05$)、棒高跳群 ($r = 0.761$, $P > 0.05$)、走幅跳群 ($r = 0.733$, $P < 0.05$) において正の相関関係が認められた。しかし三段跳群の相関係数は、スイング型運動による場合 ($r = -0.188$, $P > 0.05$)、ピストン型運動による場合 ($r = -0.516$, $P < 0.05$) ともに負の値であった。なお、走幅跳群、走高跳群、棒高跳群の相関係数は、いずれもピストン型運動による場合がスイング型運動による場合よりも高い値であった。

考 察

本研究では、isometric な膝伸展力と eccentric な膝伸展力、および isometric な体重当りの膝伸展力と eccentric な体重当りの膝伸展力との間には、スイング型運動、ピストン型運動ともにいずれも 0.9 以上の高い相関関係が認められた。このために、膝伸展力の指標として eccentric な体重当りの膝伸展力を用いて、疾走能力および跳躍能力との関係について検討した。その理由は、本研究の被験者は陸上競技の跳躍競技者であり、跳躍競技で優れた成績をあげるためには eccentric な体重当りの膝伸展力に優れていることが極めて重要になる^{5),6)}からである。

本研究では、60m 疾走時間を前半 30m と後半 30m の時間に分け、前者を加速疾走能力、後者を全速疾走能力の指標に用いて、疾走能力と膝伸展力との関係について検討した。その結果、加速疾走時間とスイング型運動およびピストン型運動による eccentric な体重当りの最大膝伸展力（以下、eccentric な体重当りの最大膝伸展力を、単に最大膝伸展力と略す）との間には、いずれも有意な負の相関関係が認められた。相関係数は、ピストン型運動による場合がスイング型運動による場合よりも高い傾向にあった。これに対して、全速疾走時間とスイング型運動およびピストン型運動による最大膝伸展力との間には、いずれも有意な相関関係は認められなかった。60m 疾走中の支持脚の動きをみると、スタート直後の加速疾走局面では、脚は股関節を伸展しながら膝関節も大きく伸展する、いわゆるピストン型運動によって大きな力を発揮していると考えられる。しかし、その後スピードが増加して全速疾走に近づくにつれて、股関節の伸展は大きくなるが、膝関節の屈曲・伸展動作は小さくなっていくので、次第に股関節と膝関節の伸展によるピストン型運動は小さくなっていくと考えられる。なお、60m 疾走中の自由脚の動きをみると、全速疾走局面では股関節を屈曲しながら膝関節を伸展する運動がみられるが、この場合には伸展速度はかなり大きいので、必ずしも大きな力は要求されないと考えられる。このような疾走中の運動特性の相違が、上述の各疾走能力とピストン型運動およびスイング型運動による最大膝伸展力との相関係数の差に影響したものと考えられる。

一方、本研究では、立幅跳と立五段跳を跳躍能

力の指標に用いて、跳躍能力と膝伸展力との関係について検討した。その結果、立幅跳の跳躍距離とスイング型運動およびピストン型運動による最大膝伸展力との間には、いずれも有意な正の相関関係が認められた。同様の結果は立五段跳においても認められた。しかし、立幅跳、立五段跳ともに、ピストン型運動による最大膝伸展力との相関係数はスイング型運動による場合よりも高い傾向にあった。この理由には、立幅跳や立五段跳の踏切局面では、加速疾走の支持脚と同様に、脚は股関節と膝関節の伸展によるピストン型運動によって大きな力を発揮することが考えられる。なお、ピストン型運動による最大膝伸展力との相関係数は、立五段跳が立幅跳よりも高い傾向にあった。この理由の一つには、立五段跳は立幅跳に比べて、踏切中に支持脚に加わる力の負荷の大きいことが考えられる。

陸上競技の跳躍種目には、跳躍高を競う走高跳と棒高跳、および跳躍距離を競う走幅跳と三段跳がある。いずれの種目も、助走、踏切などの局面があるので、優れた成績をあげるためには、助走局面では助走距離が約 40m 以内であることから加速疾走能力に特に優れていること、また踏切局面では跳躍能力に優れていることが要求されると考えられる。このことは、見方を変え、各跳躍種目の成績は、加速疾走能力と跳躍能力との統合された能力の指標の一つになることを意味する。そこで本研究では、これらのことを背景にして、各自の記録を世界記録に対する割合を用いて標準化した競技成績と膝伸展力との関係について検討した。その結果、全被験者を対象にすると、競技成績とスイング型運動およびピストン型運動による最大膝伸展力との間には、いずれも有意な正の相関関係が認められた。しかし、いずれの場合も相関係数は小さく、またスイング型運動による最大膝伸展力との相関係数とピストン型運動による最大膝伸展力との相関係数の差もほとんど認められなかった。そこでつぎに、競技成績と膝伸展力との関係を種目群別に検討した。その結果、競技成績とピストン型運動による最大膝伸展力との相関係数は、走高跳群、棒高跳群、走幅跳群ではかなり高い値であり、その相関係数はスイング型運動による最大膝伸展力との相関係数よりも高い値であった。また、走高跳、棒高跳、走幅跳において国際的なレベルにあった競技者のピストン型運

動による最大膝伸展力は、それぞれの群内で最も高い値を示した。これらの結果は、加速疾走能力と跳躍能力の統合された結果であると考えられる走高跳、棒高跳、走幅跳において優れた成績をあげるためには、一つにはピストン型運動による膝伸展力に優れていることが極めて重要であることを示唆している。しかし、本研究の三段跳群では、競技成績とスイング型運動およびピストン型運動による最大膝伸展力との相関係数は、いずれも負の値を示した。この結果は、被験者全員を対象にした場合の相関係数を小さくした原因の一つである。三段跳のホップやステップの踏切では体重の約9～12倍の大きな力が支持脚に加わり¹¹⁾、また踏切中の膝の伸展はピストン型運動によって行われていることを考慮すると、上述の結果がなぜ生じたのかを説明することは困難である。一つの原因として、三段跳の技術は難しく、それを習得するためにはかなりの年限を要することが考えられるが、これらのことについては今後国際的なレベルの競技者を対象にしてさらに検討する必要がある。

本研究から、加速疾走能力や跳躍能力、およびこれらの統合された能力の指標である跳躍種目の成績は、スイング型運動よりもピストン型運動による膝伸展力の影響を大きく受ける傾向のあることが認められた。また、全速疾走能力はスイング型運動とピストン型運動によるいずれの膝伸展力の影響も受けないことが認められた。このことは、加速疾走能力や全速疾走能力、および跳躍能力などを開発したり、測定したりする場合には、用いる運動について、運動様式、筋収縮の種類、運動速度などからみた特異性を考慮すること^{2),10),12)}が重要であることを示唆している。

近年、筋力やパワーのトレーニング効果に対する運動様式¹³⁾、筋収縮の種類^{3),8)}、運動速度^{1),4)}などの影響に関する研究は数多く行われ、トレーニングで用いる運動の特異性を考慮したトレーニング法が推奨されている。しかし一方では、トレーニングで用いる運動が直列多関節運動系を構成している場合は、制約要因となっている関節に関与する筋群のみ、言い換えると最も筋力の小さい筋群のみにトレーニング効果が期待されることから、筋力トレーニングは、“単関節トレーニング”で行うのが効果的であるという指摘もある⁹⁾。このことはトレーニング効果の測定法にもあてはまる。

以上のことを考慮すると、疾走能力や跳躍能力を開発したり、測定したりする場合には、疾走や跳躍に関連の深い筋群の運動を、単関節運動による場合と、本研究で用いたピストン型運動のような実際の運動に類似した多関節運動による場合とに分けて、その両者を目的に応じて使い分けることが有効であると考えられる。

要 約

疾走能力および跳躍能力とスイング型運動およびピストン型運動による膝伸展力との関係を、陸上競技の男子跳躍競技者を対象にして検討した。加速疾走能力および全速疾走能力の指標として60m 疾走中の前半30mと後半30mの疾走時間、また跳躍能力の指標として立幅跳と立五段跳の跳躍距離を測定した。膝伸展力は、スイング型運動、ピストン型運動ともにisometricおよびeccentricな収縮を用いて測定した。本研究では、isometricな体重当りの最大膝伸展力とeccentricな体重当りの最大膝伸展力との相関係数は、スイング型運動、ピストン型運動ともに0.9以上の高い値であったこと、および被験者が跳躍競技者であったことなどから、eccentricな体重当りの最大膝伸展力を膝伸展力の指標として用いた。結果はつぎの通りであった。

1. 加速疾走能力と跳躍能力は、いずれもスイング型運動よりもピストン型運動による最大膝伸展力の影響を大きく受ける傾向にあった。
2. 全速疾走能力は、スイング型運動およびピストン型運動による最大膝伸展力のいずれの影響も受けなかった。
3. 高い競技レベルにある跳躍競技者は、ピストン型運動による最大膝伸展力に優れる傾向にあった。
4. 加速疾走能力と跳躍能力の両者が要求される陸上競技の跳躍種目の成績は、スイング型運動よりもピストン型運動による最大膝伸展力の影響を大きく受ける傾向にあった。

本研究結果から、疾走能力および跳躍能力のトレーニングや測定では、スイング型運動のみでなく、ピストン型運動による膝伸展力についても重視する必要があることが示唆された。

引用・参考文献

- 1) Coyle, E.F., Feiring, D.C., Rotkis, T.C., Cote III,

- R.W., Roby, F.B., Lee, W. and Wilmore, J.H., "Specificity of power improvements through slow and fast isokinetic training," *J. Appl. Physiol.*, 51: 1437-42, 1981.
- 2) Fox, E.L., and Mathews, D.K., *The physiological basis of physical education and athletics*, 3rd ed., Saunders college publishing: Philadelphia, 1981. pp. 326-29.
 - 3) Kanehisa, H. and Miyashita, M., "Effect of isometric and isokinetic muscle training on static strength and dynamic power," *Eur. J. Appl. Physiol.*, 50: 365-71, 1983.
 - 4) Kanehisa, H. and Miyashita, M., "Specificity of velocity in strength training," *Eur. J. Appl. Physiol.*, 52: 104-106, 1983.
 - 5) 金原 勇・高松 薫・渋谷侃二「筋の力の出し方に関する研究(その2) —技術やトレーニングから見たエキセントリックな筋力の特性について—」*東京教育大学スポーツ研究新報*, 8: 26-52, 1970.
 - 6) 金原 勇・高松 薫・大西暁志・阿江通良「跳躍競技者のパワーからみた身体特性」昭和49年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 No.III 跳能力の向上—第2次調査報告, pp. 27-61, 1974.
 - 7) 金原 勇, 「総論編」, 金原 勇(編), *陸上競技のコーチング(I)*, 大修館書店, 1982. pp. 77-86.
 - 8) Komi, P.V. and Buskirk, E.R., "Effect of eccentric and concentric muscle conditioning on tension and electrical activity of human muscle," *Ergonomics*, 15: 417-34, 1972.
 - 9) 熊本水頼, 高木公三郎, 「直列多関節運動系の特性」, 高木公三郎・熊本水頼(編), *身体運動の制御*, 杏林書院, 1980. pp. 207-29.
 - 10) 村木征人, 「スポーツ・トレーニングの基礎」, 大石三四郎・浅田隆夫(編), *現代スポーツコーチ実践講座 2 陸上競技(フィールド)*, ぎょうせい, 1982. pp. 34-39, 133-43.
 - 11) Muraki, Y., "Triple jump 10," in Panyne, H. (Ed.), *Athletes in action*, Pelham Books, 1985. pp. 179-97.
 - 12) Sale, D.G., "Neural adaptation to resistance training," *Med. Sci. Sports Exerc.*, 20: 135-45, 1988.
 - 13) Thorstensson, A., Hulten, B., Von Döhlen, W., and Karlsson, J., "Effect of strength training on enzyme activities and fibre characteristics in human skeletal muscle," *Acta Physiol. Scand.*, 96: 392-98, 1976.