

下肢屈伸運動の機械的効率

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 山本, 博男 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/22439

下肢屈伸運動の機械的効率*

山 本 博 男

緒 言

活動筋の直列弾性要素に一時的に貯えられた機械的エネルギーが、それに続く短縮において利用される可能性については、すでに多くの研究がなされている。Cavagna et al.は、筋の1回収縮における仕事量の多少の面からその利用の可能性を検討している。彼等によれば、筋の強制伸長後の短縮における仕事量(W')は、等尺性筋収縮後の短縮における仕事量(W)よりも大きく、更に、その比(W'/W)については速度が速くなるにつれて大きくなった。彼等はこれを筋弾性エネルギー利用度が増したためとしている。(2)

一方、反復動作における筋の直列弾性要素のエネルギー利用の可能性について機械的効率の面からみた研究が、Asmussen et al.やThys et al.によってなされており、いずれの場合も反動動作を用いた運動の方が機械的効率が高かった。しかし、これらの研究に用いられた動作速度は、同じ動作ではそれぞれ一定であった。(1, 5)

本研究の目的は、反動を用いた下肢の反復屈伸運動において動作速度を変化させ、その機械的効率を求め、筋の弾性要素エネルギー利用の可能性について検討することである。

方 法

被検者は健康な成人男子2名であり、直立位からの膝関節の反復屈伸運動を行なった。その運動は身体重心を約10cmから13cm上下させるものであり、テンポは1分間に44回、60回、76

回の3種類であった。又、被検者は、負荷として、0kg、10kg、20kgのおもりを腰に取り付け、各テンポについてメトロノームに合わせ運動を行なった。(図1)その運動の仕事量の算出については、まず図1に示すように、腰の上下動を垂直方向のヒモの動きとしてとらえ、ポテンシオメーターを用いてこれを記録した。次に同時に行なった映画撮影から松井の方法により直

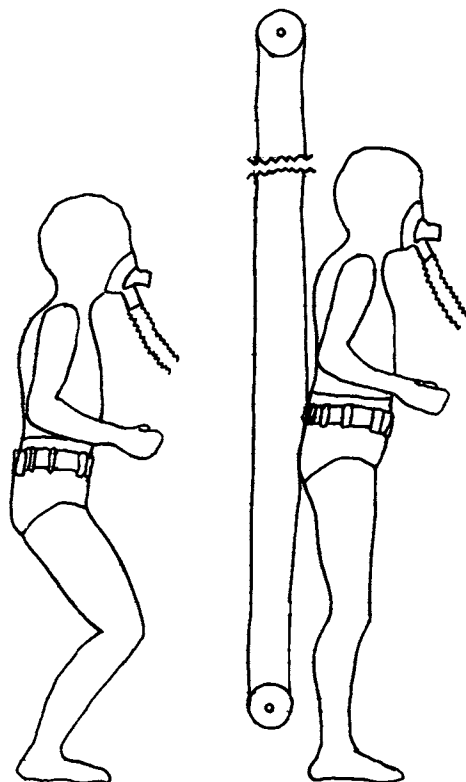


図1 負荷の取り付け及び仕事量測定の様式図

立時と脚屈曲時の身体重心の位置を求めた。(4)そして腰の移動距離と身体重心の移動距離の比を求め、これから得られた係数と、ポテンシオメーターを用いて測定された腰の移動距離とを乗じ、更にこれに各被検者の体重を乗じて運動の仕事量を算出した。一方、エネルギー消費量は、運動開始後5分から7分の呼気ガスを1分毎にダグラスバッグ法で採気し、三栄測器製瞬時ガス分析器(1H01型)で分析して求めた。このようにして求められたエネルギー消費量と仕事量の関係から、下肢屈伸運動の機械的効率を算出した。

結 果

被検者の年齢、身長、体重を表1に示す。

下肢屈伸運動におけるテンポと負荷と機械的効率の関係を表2に示す。これを、横軸にテンポ、縦軸に機械的効率をとり、負荷0kgを○印、負荷10kgを◎印、負荷20kgを●印で示した。各プロットは、被検者T.K.については3試行の平

表1 被検者の身体的特徴

被 検 者	年 齢	身 長	体 重
T. K.	28 才	168cm	74.0kg
H. Y.	30 才	172cm	60.0kg

表2 テンポ及び負荷の変化に伴う機械的効率(%)

被 検 者	テンポ	負荷0kg	負荷10kg	負荷20kg
T. K.	44回/分	23.8	25.4	26.4
	60回/分	28.3	29.8	29.4
	76回/分	31.6	31.6	30.1
H. Y.	44回/分	19.2	22.9	21.0
	60回/分	24.4	26.7	26.4
	76回/分	26.2	29.9	29.3

均、被検者 H.Y. については2試行の平均である。両者とも負荷の有無にかかわらず、テンポが増すにつれて機械的効率が高くなった。(図2)

負荷をかけた場合、被検者 T.K. に関して機械的効率は、負荷0kgに対し負荷10kgではテンポ44・60で約1.5%増し、テンポ76では高くなる

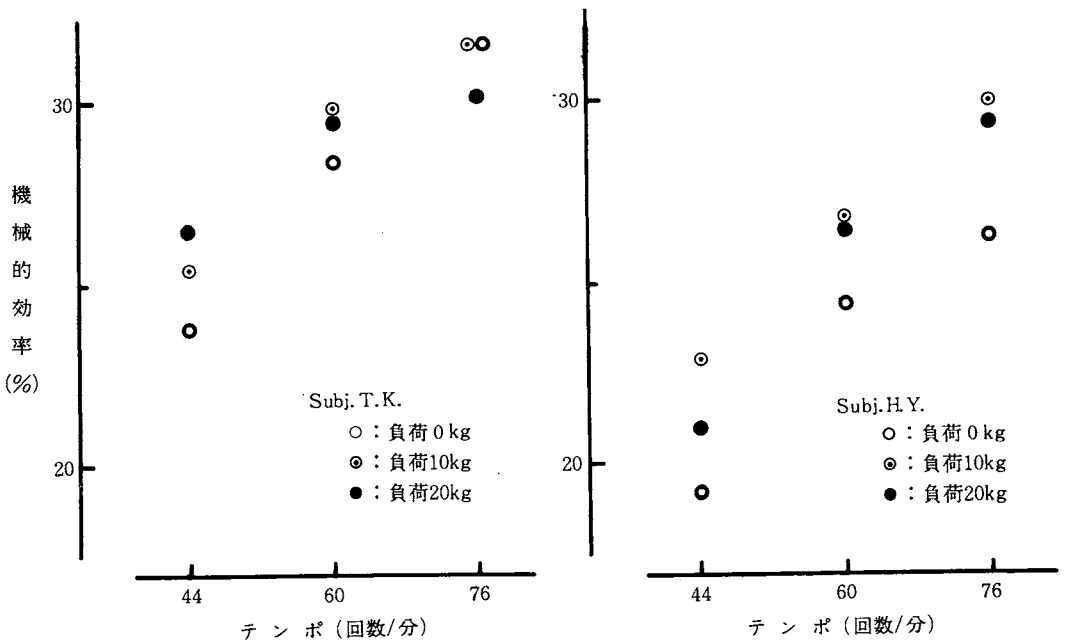


図2 下肢屈伸運動におけるテンポ及び負荷の変化に伴う機械的効率の変化

なかった。負荷0kgに対し負荷20kgではテンポ44で2.5%，テンポ60で1%，テンポ76で-1.5%の変化がみられた。又、被検者H.Y.に関して機械的効率は、負荷0kgに対し負荷10kgではテンポ44で3.5%，テンポ60で2.5%，テンポ76で3.5%増加した。負荷0kgに対し負荷20kgでは、テンポ44・60で約2%，テンポ76で約3%増加した。

考 察

本研究における下肢屈伸運動の機械的効率は運動のテンポが速くなるにつれて増加した。又、同一テンポの運動では一般に無負荷の時よりも負荷をかけた時の効率の方が高かった。

Hill は、等張性収縮における筋収縮の効率が収縮時の筋の張力によって変化すると報告している。(3)このことから本実験におけるテンポの増加に伴う機械的効率の増加の要因としては、単に直列弾性要素系のエネルギー利用の増大だけではなく、運動速度が増加した結果筋の張力が増し、筋の収縮要素の効率がよくなったことも考えられる。

この点を明らかにするため、本研究においては、被検者におもりによる負荷をかけて実験を行なった。その結果、各テンポにおいて一般に無負荷の時よりも負荷をかけた時の方が効率が高かった。これは、各テンポで無負荷の時よりも負荷をかけた時の方が筋の発揮する力が大きくなった結果、筋の収縮要素の効率が増加した

文 献

1. Asmussen, E. and F. Bonde-Petersen. Apparent efficiency and storage of elastic energy in human muscles during exercise. *Acta. Physiol. Scand.* 92: 537-545, (1974).
2. Cavagna, G. A., B. Dusman and R. Margaria. Positive work done by a previously stretched muscles. *J. Appl. Physiol.* 24: 21-32, (1968).
3. Hill, A. V. The ratio of mechanical power developed to total power expended during muscular shortening. *Proc. Roy. Soc. B*, 159: 319-324, (1964).
4. 松井秀治, 運動と身体の重心, 体育の科学社, (1958).
5. Thys, H., G. A. Cavagna and R. Margaria. The role played by elasticity in an exercise involving movements of small amplitude. *Pflugers Arch.* 354: 281-286, (1975).

ためであろう。従って、同一負荷においてもテンポが速くなれば筋の収縮要素の効率が増加し、その結果運動の効率が高くなる可能性も考えられる。

本研究においては、下肢屈伸運動はメトロノームで規定しただけであり、筋の収縮や伸長の速度がテンポに比列しているとは限らない。又同一テンポでも収縮速度が異なり、機械的効率の差異に影響を及ぼしていると思われる。即ち、本研究では、どの程度筋の直列弾性要素のエネルギーが利用されたかは明らかにされなかった。今後、動作分析などを用い、より明確にされることが望まれる。

結 論

1. 下肢屈伸運動の機械的効率は、テンポが速くなるにつれ高くなった。
2. 各テンポにおいても、負荷をかけると無負荷の時よりも機械的効率が高くなった。

以上のことから、テンポ間の機械的効率の増加には、必ずしも筋の弾性要素利用の増大だけではなく、筋の収縮要素の効率の増大が寄与していることも考えられる。

おわりに

この研究は小島武次氏（東京大学教養学部）と共同で行なわれた。

なお、この論文の要旨は第28回日本体育学会で発表された。

The Mechanical Efficiency of the Exercise Consisting of Repetitive Half Knee Bendings

Hiroo YAMAMOTO

Abstract

In the exercise consisting of repetitive half knee bendings using rebound on both feet without load or with load of 10kg or 20kg at frequency of 44/min, 60/min and 76/min, the mechanical work performed and oxygen consumption at steady state were measured.

The higher the frequency of the exercise, the higher became the mechanical efficiency of the exercise. The mechanical efficiency was higher with load than without load.

These results suggested that not only the series elastic components of the muscles but also the contractile components of the muscles contributed to the increase of the mechanical efficiency of the exercise.