

# 古武術における位置エネルギーを利用した前進動作の効果

手島 直美・脇田 裕久

## The effects of forward movement using the potential energy in old martial arts.

Naomi TESHIMA and Hirohisa WAKITA

### 要 旨

本研究は、健常な女子大学生 15 名を対象として、直立姿勢から「抜き動作」と「蹴り動作」の 2 条件による一歩踏み出す前進動作を行わせ、両動作の差異を筋電図および床反力を手がかりとして比較・検討した。

本研究の「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の結果は以下の通りである。

1) 筋放電量は、主動筋である大腿直筋に 0.1%水準の有意な増大、腓腹筋には 0.1%水準の有意な減少が認められた。2) 鉛直分力は、ピーク値が 5%水準の有意な増大、力積には 0.1%水準の有意な減少が認められた。抜重に伴う鉛直分力の最小値は、被験者体重の 71%であった。3) 水平分力は、ピーク値が 1%水準の有意な増大、力積と平均水平分力には 0.1%水準の有意な増大が認められた。4) キック角度は、0.1%水準の有意な減少が認められた。5) 前進速度は 0.1%水準の有意な増大が認められた。6) 動作時間は、前傾動作時間が 1%水準、全動作時間には 0.1%水準の有意な短縮が認められた。

「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は、腓腹筋放電量が 56%の減少、前傾動作時間が 22%の短縮、鉛直成分の力積が 11%の減少、動作時間が 11%の短縮、キック角度が 1%の減少、鉛直分力のピーク値が 7%の増大、水平成分の力積が 12%の増大、水平分力のピーク値が 15%の増大、大腿直筋放電量が 49%の増大であり、これらの結果は、「抜き動作」が「蹴り動作」に比較して末梢筋活動の軽減・床反力の増大・動作時間の短縮といった多くの利点を有する効率的な動作であることを示唆するものである。

### 研究目的

最近、古武術の身体操法をスポーツに応用し、バスケットボールや陸上競技等の競技力を向上することが報告されている<sup>2) 4) 5)</sup>。この古武術の身体操法である「捻らない」「ためない」「うねらない」「ひねらない」「踏ん張らない」「蹴らない」などの動作は、効率的で無理がないとされ、その中で「蹴らない」動作では「重力を味方につける」ことの重要性が指摘されている<sup>4) 7)</sup>。

重力は、地球上に存在する物体に対して常に下向きに作用する力である。ヒトの直立姿勢では、身体重心を狭い基底面内に保持するため、重力に対する抗力として筋力を発揮する。二足による直立姿勢は、解剖学的には全体重を大腿骨、その下の脛骨と腓骨、脛骨直下の距骨および足底面によって支持する。足底面は、主に足アーチを形成する拇指球と踵の 2 点で支持され、

前方に移動するためには距骨付近にある重心落下点在这些らの足底支持点より前方に移動しなければならない。

ヒトの一般的な前進動作では、距骨より爪先側にある拇指球で地面を蹴って前進することが多い。しかし、拇指球で地面を蹴る場合は、拇指球が距骨付近にある重心落下点よりも前方にあるため、前傾姿勢をとり重心落下点を拇指球側に移動させるという予備動作が必要である。小田<sup>4) 7)</sup>は、この重心落下点と拇指球での重心支持点が一致している場合には力学的には直立姿勢と変わらず、さらに下肢筋群の筋力発揮による地面反力によって身体を前進させなければならないと報告している。

一方、宮本武蔵は、「爪先を浮けて踵を強く踏むべし」と踵に意識を置くことの重要性を「五輪の書」<sup>1)</sup>に記している。また、甲野ら<sup>4) 5)</sup>は爪先の拇指球側ではなく、重心落下点より後方の踵側に足底支持点を移して静的安定を崩し、重心が落下していく位置エ

エネルギーを利用して前進する身体操法を提唱している。さらに、木寺<sup>3)</sup>は膝関節の脱力によって静的安定が崩され易くなり踵支持が促進されるとし、高岡<sup>9)</sup>は踵を利用した前進動作では重心落下点と重心支持点の間に瞬時にモーメントが発生し、予備動作のない効率の良い動作になると解説している。

このように、古武術の身体操法を用いた膝関節の脱力による位置エネルギーを利用した前進動作は「効率的で無理のない動き」であると考えられるが、拇指球で地面を蹴って前進する一般的な動作との比較について運動学的に検証された報告はこれまでに見受けられない。本研究は、膝関節の脱力による位置エネルギーを用いた前進動作と下肢の筋力発揮による前進動作の差異を運動学的観点から比較・検討し、古武術における身体操法の利点を明らかにすることをその目的とした。

## 研究方法

### 1) 被験者

被験者は、健常な女子大学生 15 名（年齢 20～23 歳、身長  $158.4 \pm 6.6$ cm、体重  $52.1 \pm 3.5$ kg）を対象とした。

### 2) 測定方法

被験者には、force plate 上に引かれたラインに爪先を合わせ、両脚を肩幅程度に開いた自然な立位準備姿勢をとらせた。験者は、動作開始の合図を出す際、被験者の身体が静止しているのを確認し、験者の合図の後、任意に前方へ一歩踏み出す動作を行わせた。

筋電図は、軸足となる右脚の大腿直筋・大腿二頭筋・前脛骨筋・腓腹筋に電極を貼付し、表面双極導出法を用いて測定した。電極を貼付する皮膚の箇所は、アルコール綿による払拭の前処理を施し、電極間抵抗をできるだけ少なくした。床反力の測定は、鉛直分力と水平（前後）分力が記録できるように設定し、force plate を用いて力曲線を導出した。筋電図および force plate によって導出された波形は、多用途計測記録装置（日本光電社製）を介してパーソナルコンピュータに取り込んだ。

### 3) 実験条件

実験条件は次の 2 条件とした。第 1 は下肢筋力の発揮による地面反力を用いた前進動作（以下「蹴り動作」と略す）、第 2 は膝関節の脱力による位置エネルギーを利用する前進動作（以下「抜き動作」と略す）である。各条件における試行回数はそれぞれ 15 試行とした。験者は、「蹴り動作」では拇指球の加重、「抜き動作」では膝関節の抜重に意識を持つように声かけをし、

被験者に身体操作の感覚をつかませるようにした。

### 4) 分析方法

本研究における「蹴り動作」と「抜き動作」から得られた波形の分析方法を図 1 に示した。分析項目は、筋放電量（筋電図波形の全波整流後の積分値）、床反力のピーク値および力積、キック角度（鉛直成分と水平成分の力積から算出される角度）、ストライド（動作開始線に爪先を接した位置から動作後の爪先までの前進移動距離）、前傾動作時間（水平分力曲線の立ち上がりから鉛直分力曲線の立ち上がりまでの時間）、鉛直動作時間（鉛直分力曲線の立ち上がりから離床するまでの時間）、全動作時間（水平分力曲線の立ち上がりから離床するまでの時間）とした。また、筋放電量・力積・ストライドについては、単位時間当たりの値に換算し比較した。各項目の分析は測定した 15 試行のうち、鉛直分力曲線における「蹴り動作」の加重現象と「抜き動作」の抜重現象の特徴が明確である 5 試行を抽出し、その平均を個人値とした。両条件間の統計処理は、対応のある t 検定を用いて検討した。

## 研究結果

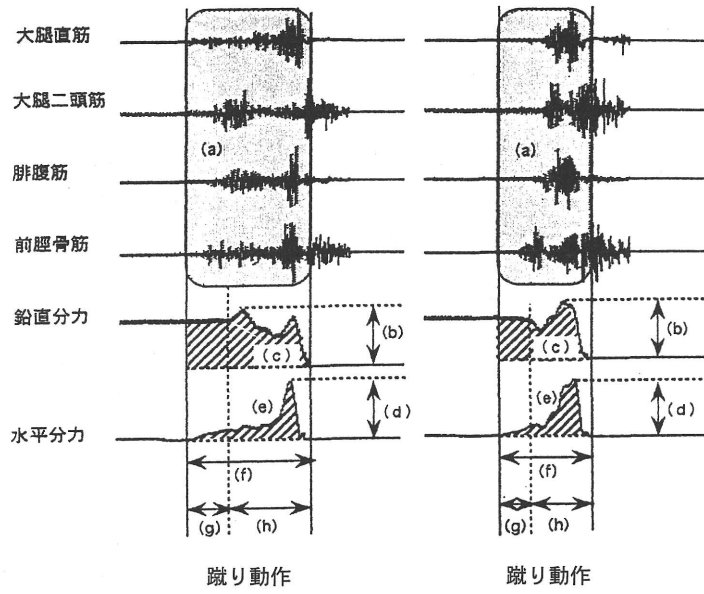
### 1) 筋放電量

#### ① 大腿直筋

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作」による大腿直筋放電量の比較を図 2 に示した。2 名を除く 13 名の被験者において、「抜き動作」が「蹴り動作」より大きな値を示し、「抜き動作」の大腿直筋放電量が増大する傾向にあった。両条件における大腿直筋放電量の平均値は、「蹴り動作」が  $38.1 \pm 20.5$ A.U.、「抜き動作」が  $56.8 \pm 22.6$ A.U. であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも  $18.7$ A.U. 増大し、両条件間には  $0.1\%$ 水準の有意な差が認められた（図 3）。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は  $149\%$ であった。

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作」による単位時間当たりの大腿直筋放電量の比較を図 4 に示した。1 名を除く 14 名の被験者において、「抜き動作」が「蹴り動作」より大きな値を示し、「抜き動作」の単位時間当たりの大腿直筋放電量が増大する傾向にあった。両条件における単位時間当たりの大腿直筋放電量の平均値は、「蹴り動作」が  $23.6 \pm 12.6$ A.U.、「抜き動作」が  $39.6 \pm 16.4$ A.U. であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも  $15.9$ A.U. 増大し、両条件間には  $0.1\%$ 水準の有意な差が認められた（図 5）。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は  $168\%$ であった。

古武術における位置エネルギーを利用した前進動作の効果



- (a) 筋放電量 (b) 鉛直分力のピーク値 (c) 鉛直成分の力積 (d) 水平分力のピーク値  
 (e) 水平成分の力積 (f) 全動作時間 (g) 前傾動作時間 (h) 鉛直動作時間

図1 分析方法

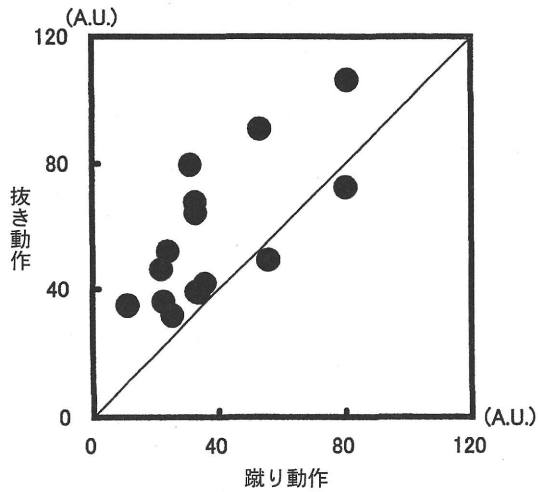


図2 大腿直筋放電量の個人値比較

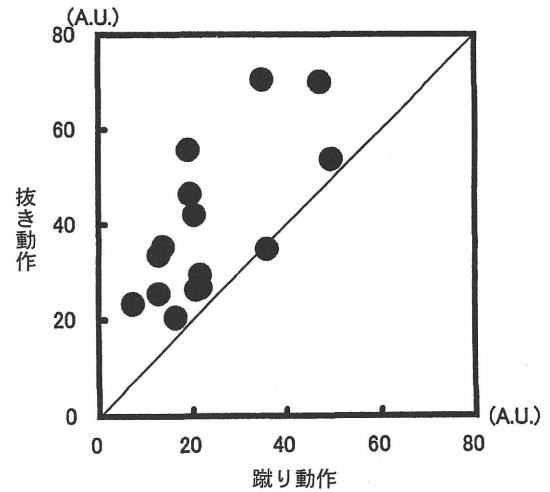


図4 単位時間当たりの大腿直筋放電量の個人値比較

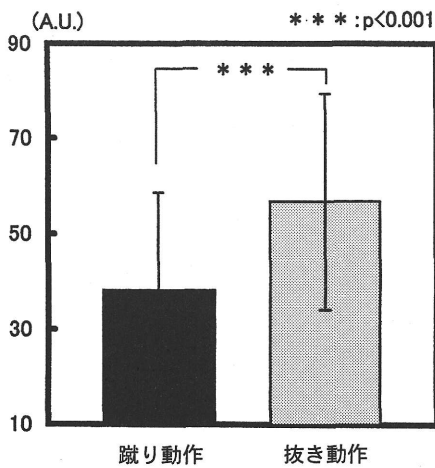


図3 大腿直筋放電量の平均値比較

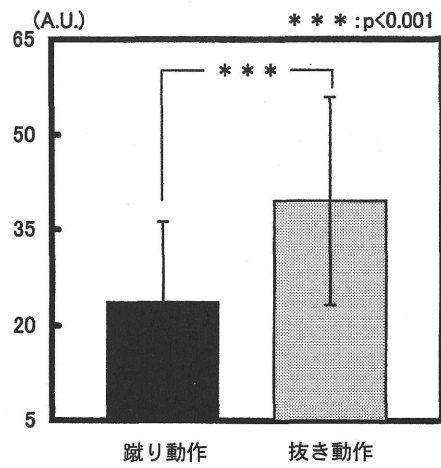


図5 単位時間当たりの大腿直筋放電量の平均値比較

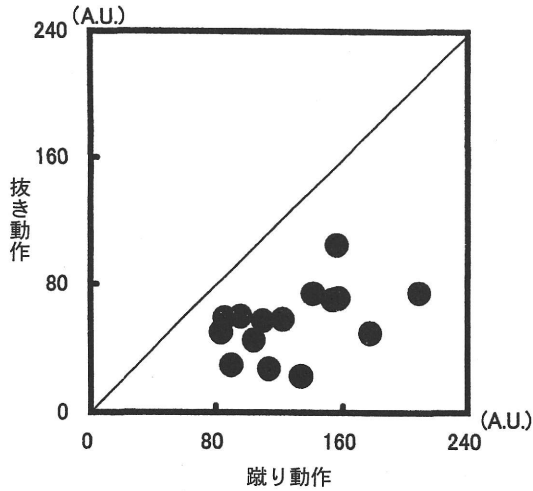


図6 腓腹筋放電量の個人値比較

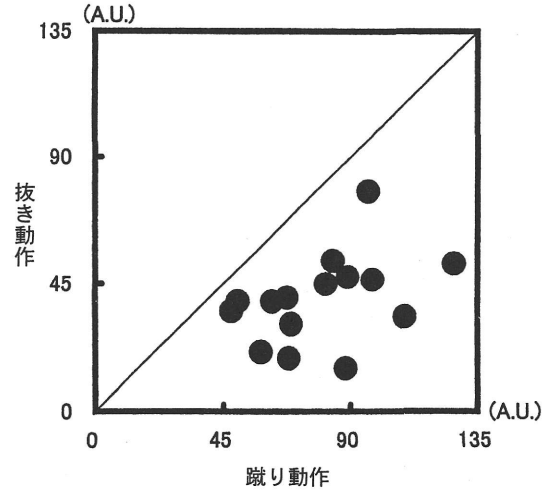


図8 単位時間当たりの腓腹筋放電量の個人値比較

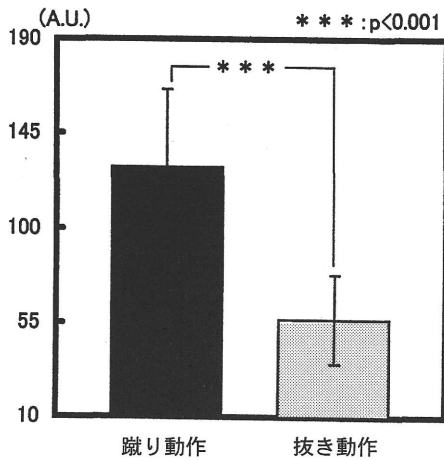


図7 腓腹筋放電量の平均値比較

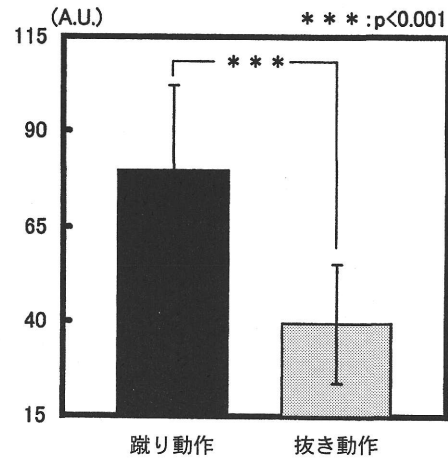


図9 単位時間当たりの腓腹筋放電量の平均値比較

②大腿二頭筋

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作」による大腿二頭筋放電量の比較では、「抜き動作」が「蹴り動作」より大きな値を示した者が6名、小さな値を示した者が9名であり、「抜き動作」の大腿二頭筋放電量がやや減少する傾向にあった。両条件における大腿二頭筋放電量の平均値は、「蹴り動作」が  $47.7 \pm 26.7$  A.U.、「抜き動作」が  $38.2 \pm 21.6$  A.U. であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも  $9.6$  A.U. 減少したが、両条件間に有意な差は認められなかった。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は  $80\%$  であった。

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作」による単位時間当たりの大腿二頭筋放電量の比較では、「抜き動作」が「蹴り動作」より大きな値を示した者が7名、小さな値を示した者が8名であり、一定の傾向は見られなかった。両条件における単位時間当たりの大腿二頭筋放電量の平均値は、「蹴り動作」が  $29.8 \pm 16.6$  A.U.、「抜き動作」が  $26.5 \pm 15.1$  A.U. であり、「抜き

動作」が「蹴り動作」よりも  $3.3$  A.U. 減少したが、両条件間には有意な差は認められなかった。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は  $89\%$  であった。

③腓腹筋

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作」による腓腹筋放電量の比較を図6に示した。15名全ての被験者において、「抜き動作」が「蹴り動作」より小さな値を示し、「抜き動作」の腓腹筋放電量が減少する傾向にあった。両条件における腓腹筋放電量の平均値は、「蹴り動作」が  $128.9 \pm 36.9$  A.U.、「抜き動作」が  $56.7 \pm 21.3$  A.U. であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも  $72.2$  A.U. 減少し、両条件間には、 $0.1\%$  水準の有意な差が認められた(図7)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は  $44\%$  であった。

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作」による単位時間当たりの腓腹筋放電量の比較を図8に示した。15名全ての被験者において、「抜き動作」が「蹴り動作」

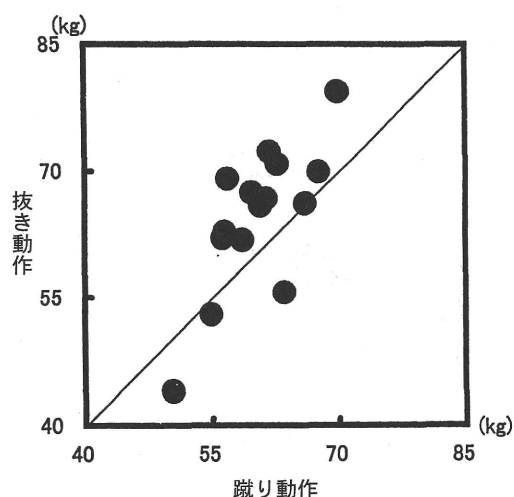


図10 鉛直分力のピーク値の個人値比較

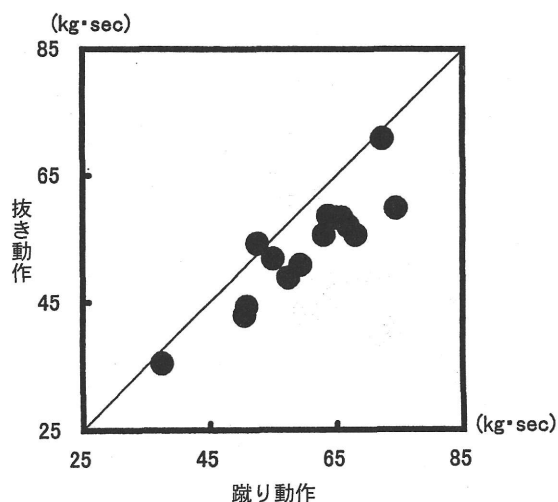


図12 鉛直成分の力積の個人値比較

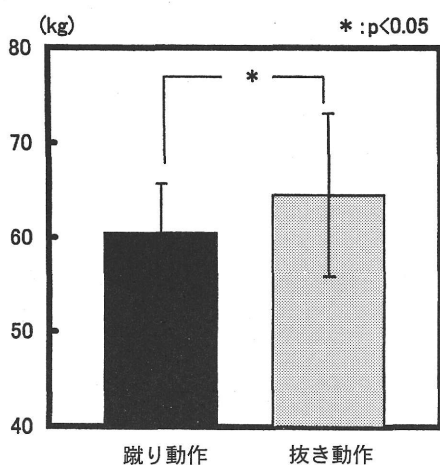


図11 鉛直分力のピーク値の平均値比較

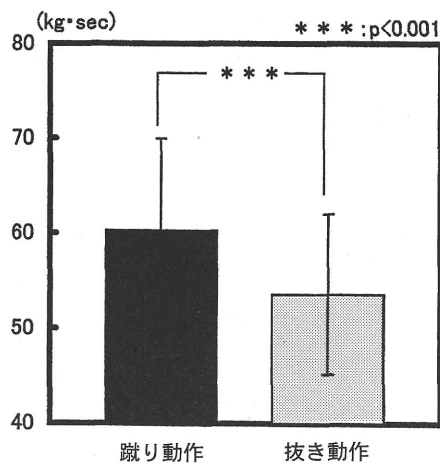


図13 鉛直成分の力積の平均値比較

より小さな値を示し、「抜き動作」の単位時間当たりの腓腹筋放電量が減少する傾向にあった。両条件における単位時間当たりの腓腹筋放電量の平均値は、「蹴り動作」が  $79.7 \pm 22.3$  A.U.、「抜き動作」が  $39.5 \pm 15.8$  A.U. であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも  $40.2$  A.U. 減少し、両条件間には  $0.1\%$  水準の有意な差が認められた (図9)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は  $50\%$  であった。

#### ④前脛骨筋

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作」による前脛骨筋放電量の比較では、「抜き動作」が「蹴り動作」より大きな値を示した者が4名、小さな値を示した者が11名であり、「抜き動作」の前脛骨筋放電量が減少する傾向にあった。両条件における前脛骨筋放電量の平均値は、「蹴り動作」が  $57.1 \pm 21.5$  A.U.、「抜き動作」が  $49.3 \pm 25.4$  A.U. であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも  $7.8$  A.U. 減少したが、両条件間に有意な

差は認められなかった。「蹴り動作」を基準にした「抜き動作」の相対値は  $86\%$  であった。

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作」による単位時間当たりの前脛骨筋放電量の比較では、「抜き動作」が「蹴り動作」より大きな値を示した者が5名、小さな値を示した者が10名であり、「抜き動作」の単位時間当たりの前脛骨筋放電量が減少する傾向にあった。両条件における単位時間当たりの前脛骨筋放電量の平均値は、「蹴り動作」が  $35.3 \pm 13.0$  A.U.、「抜き動作」が  $34.6 \pm 19.3$  A.U. であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも  $0.7$  A.U. 減少したが、両条件間には有意な差は認められなかった。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は  $98\%$  であった。

## 2) 鉛直分力

### ①ピーク値

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作」による鉛直分力のピーク値の比較を図10に示した。3名を除く

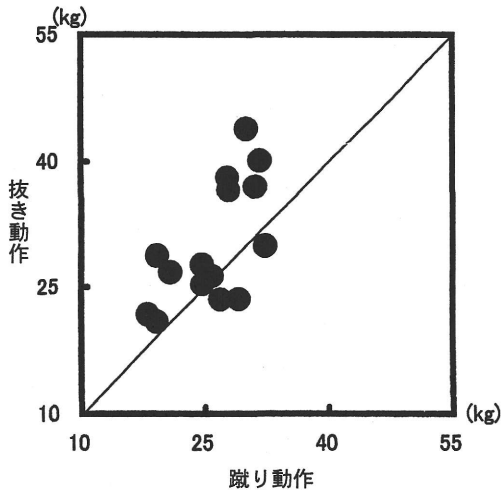


図14 水平分力のピーク値の個人値比較

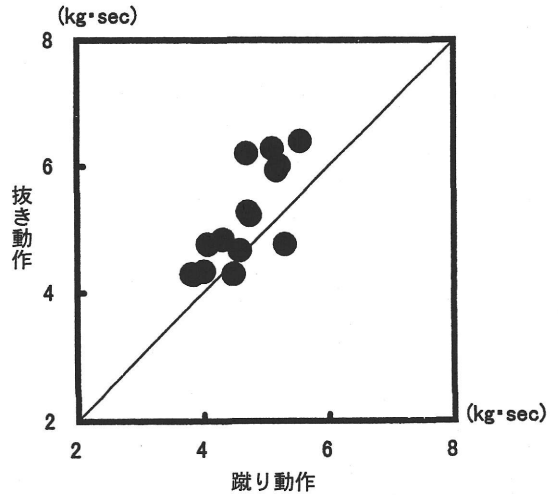


図16 水平成分の力積の個人値比較

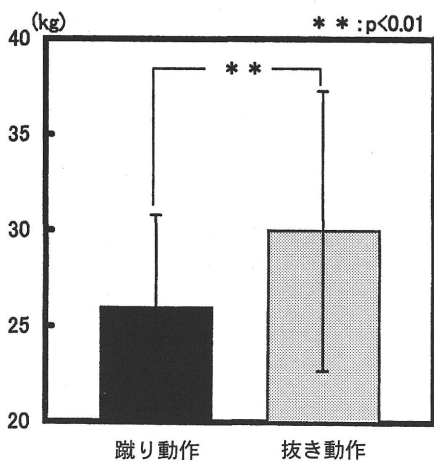


図15 水平分力のピーク値の平均値比較

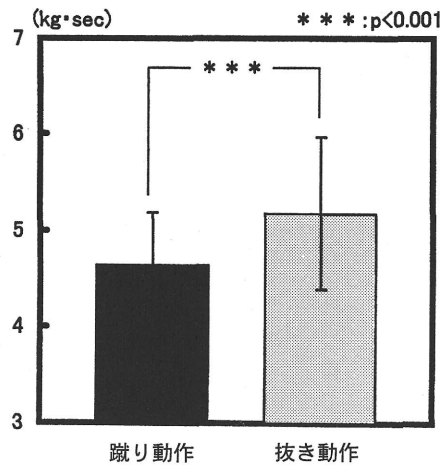


図17 水平成分の力積の平均値比較

12名の被験者において、「抜き動作」が「蹴り動作」より大きな値を示し、「抜き動作」の鉛直分力のピーク値が増大する傾向にあった。両条件における鉛直分力のピーク値の平均値は、「蹴り動作」が $60.5 \pm 5.2 \text{ kg}$ 、「抜き動作」が $64.5 \pm 8.6 \text{ kg}$ であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも $4.0 \text{ kg}$ 増大し、両条件間には5%水準の有意な差が認められた(図11)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は107%であった。

### ②力積

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作」による鉛直成分の力積の比較を図12に示した。1名を除く14名の被験者において、「抜き動作」が「蹴り動作」より小さな値を示し、「抜き動作」の鉛直成分の力積が減少する傾向にあった。両条件における鉛直成分の力積の平均値は、「蹴り動作」が $60.2 \pm 9.7 \text{ kg} \cdot \text{sec}$ 、「抜き動作」が $53.6 \pm 8.4 \text{ kg} \cdot \text{sec}$ であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも $6.7 \text{ kg} \cdot \text{sec}$ 減少し、両条件間には

0.1%水準の有意な差が認められた(図13)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は89%であった。

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作」による単位時間あたりに換算した平均鉛直分力の比較では、「抜き動作」が「蹴り動作」より大きな値を示した者が5名、小さな値を示した者が10名であり、「抜き動作」の鉛直分力が減少する傾向にあった。両条件における平均鉛直分力の平均値は、「蹴り動作」が $37.2 \pm 5.4 \text{ kg}$ 、「抜き動作」が $37.0 \pm 5.3 \text{ kg}$ であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも $0.2 \text{ kg}$ 減少したが、両条件間には有意な差が認められなかった。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は100%であった。

### 3) 水平分力

#### ①ピーク値

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作」による水平分力のピーク値の比較を図14に示した。3名を除く

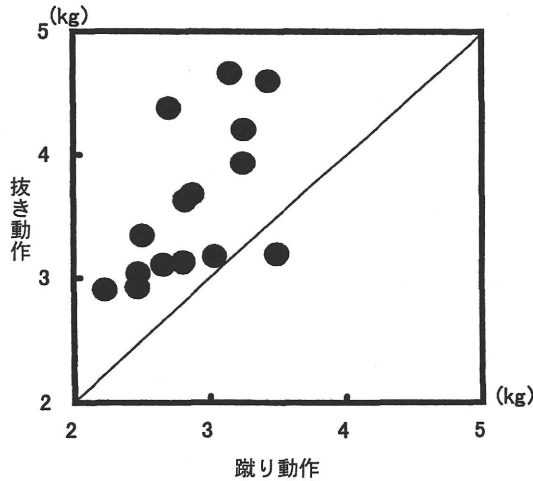


図18 単位時間当たりの平均水平分力の個人値比較

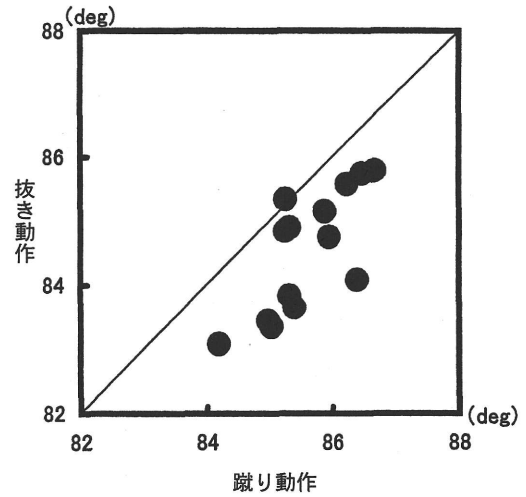


図20 キック角度の個人値比較

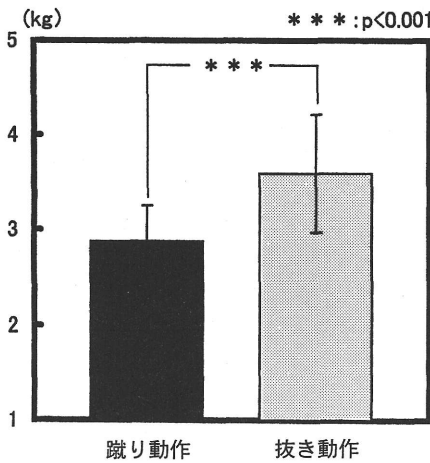


図19 単位時間当たりの平均水平分力の平均値比較

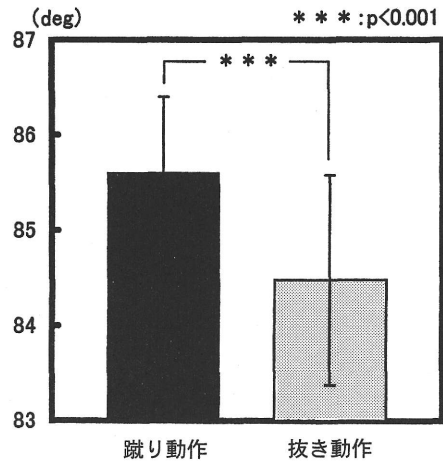


図21 キック角度の平均値比較

12名の被験者において、「抜き動作」が「蹴り動作」より大きな値を示し、「抜き動作」のピーク値が増大する傾向にあった。両条件における水平分力のピーク値の平均値は、「蹴り動作」が $26.0 \pm 4.8\text{kg}$ 、「抜き動作」が $30.0 \pm 7.3\text{kg}$ であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも $4.0\text{kg}$ 増大し、両条件間には1%水準の有意な差が認められた(図15)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は115%であった。

#### ②力積

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作」による水平成分の力積の比較を図16に示した。2名を除く13名の被験者において、「抜き動作」が「蹴り動作」より大きな値を示し、「抜き動作」の水平成分の力積が増大する傾向にあった。両条件における水平成分の力積の平均値は、「蹴り動作」が $4.64 \pm 0.55\text{kg} \cdot \text{sec}$ 、「抜き動作」が $5.18 \pm 0.79\text{kg} \cdot \text{sec}$ であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも $0.54\text{kg} \cdot \text{sec}$ 増大し、両条件間に

は0.1%水準の有意な差が認められた(図17)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は112%であった。

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作」による単位時間当たりに換算した平均水平分力の比較を図18に示した。1名を除く14名の被験者において、「抜き動作」の平均水平分力が増大する傾向にあった。両条件における平均水平分力の平均値は、「蹴り動作」が $2.87 \pm 0.38\text{kg}$ 、「抜き動作」が $3.59 \pm 0.62\text{kg}$ であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも $0.72\text{kg}$ 増大し、両条件間には0.1%水準の有意な差が認められた(図19)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は125%であった。

#### 4) キック角度

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作」によるキック角度の比較を図20に示した。1名を除く14名の被験者において、「抜き動作」が「蹴り動作」より小さ

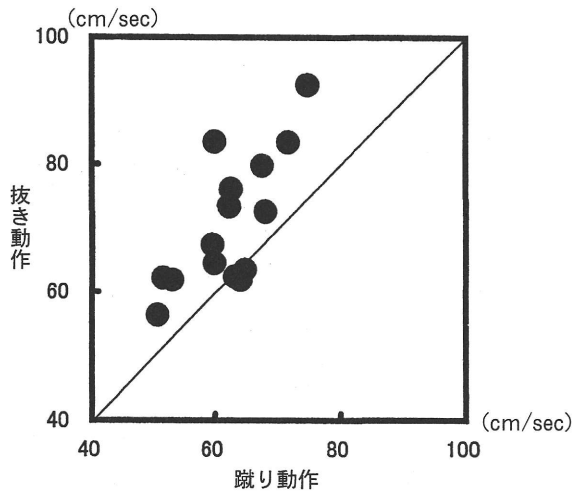


図22 前進速度の個人値比較

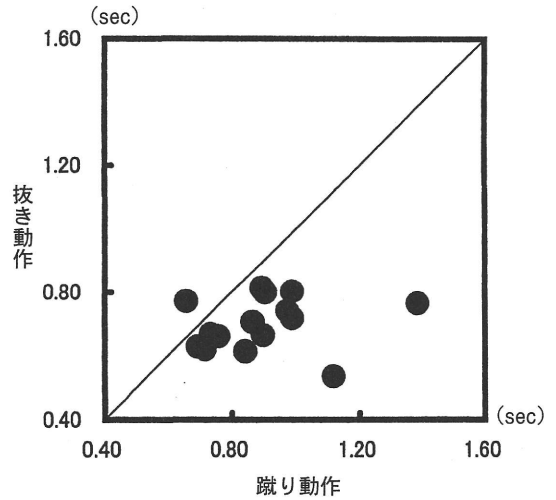


図24 前傾動作時間の個人値比較

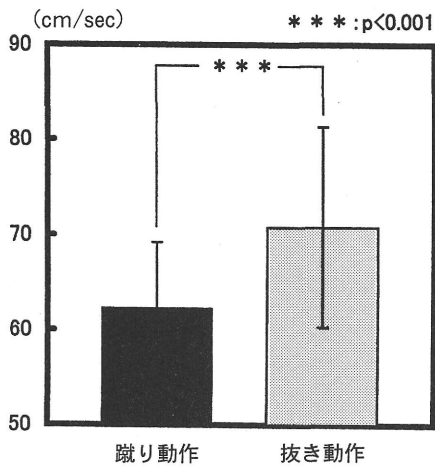


図23 前進速度の平均値比較

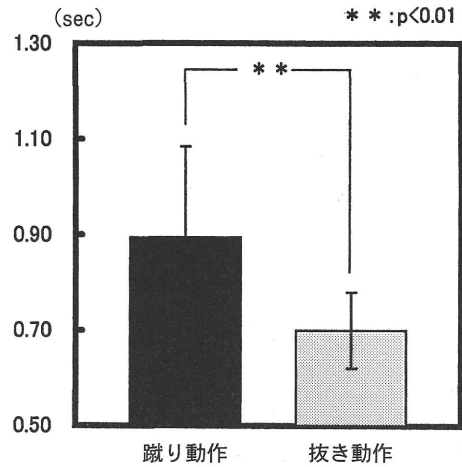


図25 前傾動作時間の平均値比較

な値を示し、「抜き動作」のキック角度が減少する傾向にあった。両条件におけるキック角度の平均値は、「蹴り動作」が  $85.6 \pm 0.8$  度、「抜き動作」が  $84.5 \pm 1.1$  度であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも 1.1 度減少し、両条件間に 0.1%水準の有意な差が認められた (図 21)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は、99%であった。

### 5) ストライド

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作」によるストライドの比較をでは、「抜き動作」が「蹴り動作」より大きな値を示した者が 8 名、小さな値を示した者が 6 名、差が見られなかった者が 1 名であり、一定の傾向は認められなかった。両条件におけるストライドの平均値は、「蹴り動作」が  $100.5 \pm 10.8$ cm、「抜き動作」が  $102.1 \pm 13.3$ cm であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも 1.6cm 伸長したが、両条件間に有意な差は認められなかった。「蹴り動作」を基準とした「抜き動

作」の相対値は 102%であった。

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作」による前進速度の比較を図 22 に示した。3 名を除く 12 名の被験者において、「抜き動作」が「蹴り動作」より大きな値を示し、「抜き動作」の前進速度が増大する傾向にあった。両条件における前進速度の平均値は、「蹴り動作」が  $62.2 \pm 7.0$ cm/sec、「抜き動作」が  $70.8 \pm 10.5$ cm/sec であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも 8.6cm/sec 増大し、両条件間には 0.1%水準の有意な差が認められた (図 23)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は 114%であった。

### 6) 動作時間

#### ①前傾動作時間

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作」による前傾動作時間の比較を図 24 に示した。1 名を除く 14 名の被験者において、「抜き動作」が「蹴り動作」より小さな値を示し、「抜き動作」の前傾動作時間が短縮す



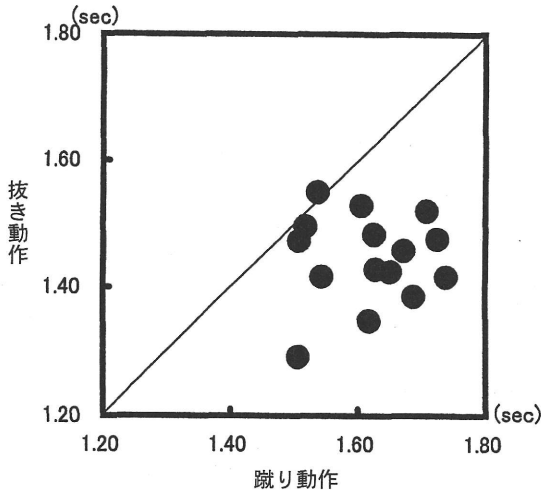


図26 全動作時間の個人値比較

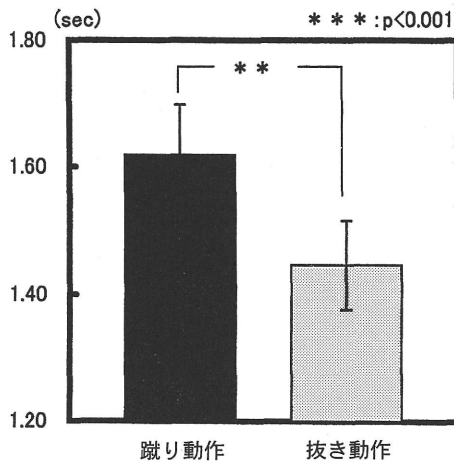


図27 全動作時間の平均値比較

る傾向にあった。両条件における前傾動作時間の平均値は、「蹴り動作」が $0.89 \pm 0.19 \text{sec}$ 、「抜き動作」が $0.70 \pm 0.70 \text{sec}$ であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも $0.19 \text{sec}$ 短縮し、両条件間には1%水準の有意な差が認められた(図25)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は78%であった。

### ②鉛直動作時間

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作」による鉛直動作時間の比較では、「抜き動作」が「蹴り動作」より大きな値を示した者が8名、小さな値を示した者が7名であり、一定の傾向は認められなかった。両条件における鉛直動作時間の平均値は、「蹴り動作」が $0.72 \pm 0.17 \text{sec}$ 、「抜き動作」が $0.75 \pm 0.07 \text{sec}$ であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも $0.03 \text{sec}$ 遅延したが、両条件間に有意な差は認められなかった。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は103%であった。

### ③全動作時間

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作」による動作時間の比較を図26に示した。1名を除く14名の被験者において、「抜き動作」が「蹴り動作」より小さな値を示し、「抜き動作」の動作時間が短縮する傾向にあった。両条件における動作時間の平均値は、「蹴り動作」が $1.62 \pm 0.08 \text{sec}$ 、「抜き動作」が $1.45 \pm 0.07 \text{sec}$ であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも $0.17 \text{sec}$ 短縮し、両条件間に0.1%水準の有意な差が認められた(図27)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は89%であった。

## 論 議

本研究における筋電図および床反力曲線の波形は、図1に示すように「蹴り動作」「抜き動作」とともに水平分力曲線が鉛直分力曲線に先行して立ち上がる。「蹴り動作」では、鉛直分力曲線が加重と抜重のサイクルが2度にわたって観察され、筋電図は加重前から抜重期に持続性放電が出現し、その後の加重から離床する間に相動性放電が出現する。一方、「抜き動作」では、鉛直分力曲線が抜重・加重・抜重のサイクルが観察され、筋電図には抜重前の筋放電が認められず、抜重後に相動性放電が出現する。黒田<sup>9)</sup>は、一般的な「蹴り動作」の筋肉の使い方をプラスが先でマイナスが後とすると、体を前に倒して後足で蹴らずに進む身体操作法である「無足の法」、すなわち本研究における「抜き動作」ではマイナスが先でプラスが後になると解説している。本研究における「蹴り動作」と「抜き動作」筋電図のパターンは、黒田<sup>9)</sup>の解説と一致しており、このことが実証されたものであるといえよう。本研究では、「蹴り動作」と「抜き動作」差異を明確にするために、さらに筋放電量・床反力のピーク値および力積・キック角度・ストライド・動作時間について検討を加えることにした。

本研究における「抜き動作」の筋放電量は、「蹴り動作」に比較して主動筋である大腿直筋では0.1%水準の有意な増大、腓腹筋では0.1%水準の有意な減少が認められ、拮抗筋である大腿二頭筋と前脛骨筋には有意な差は認められなかった。また、単位時間当たりの筋放電量についても同様の結果を示した。「抜き動作」における大腿直筋放電量の有意な増加は、膝関節の脱力による急激な筋の伸張が発生し、伸張・短縮サイクル(Stretch-Shortening-Cycle)が作動したものと考えられる。伸張・短縮サイクルは、機械的メカニズムと神経生理学的メカニズムの組み合わせたものであり、素早いEccentric(伸張性)な筋活動が伸張反射を刺激し、弾性エネルギーを貯蔵し、引き続いて行

われる Concentric (短縮性) な筋活動で生み出される力を大きくする作用がある<sup>9)</sup>。一方、腓腹筋放電量の有意な減少については、「抜き動作」では膝関節の脱力による位置エネルギーが運動エネルギーに変換され、前進動作が開始した最終的なスナッフ動作としての筋活動が行われたことが考えられ、一般的な「蹴り動作」に比較して筋放電量が減少したものと考えられる。このことは、「抜き動作」が「蹴り動作」に比較して大筋群での筋活動に依存した前進動作であり、末梢の疲労しやすい小筋群での筋力活動を抑制する効果があることを示唆している。

これまでに筋放電量と筋張力の間には比例関係が成立することが報告されている<sup>10)</sup>。また、あらかじめ主動筋に軽度の随意的な緊張を与えた状態から急速な反応動作を行うと、動作に先行して筋放電の休止現象(動作前 Silent Period) が観察される。筆者らは、この動作前 Silent Period の出現率が運動経験の長期化に伴って増加することを報告してきた<sup>11)</sup>。また、動作前 Silent Period の出現が反応動作に及ぼす影響については、動作前 Silent Period が出現した試行では、出現が認められなかった試行と比較して、動作開始時間が遅延し、筋力上昇率を増大させるが、動作時間には影響しないことを報告してきた<sup>12)</sup>。さらに、このような筋放電の休止期は、動作前 Silent Period 以外にも、脱力による随意的な反動動作によっても出現する。反動動作による筋放電休止現象は、動作前 Silent Period に比較して筋放電休止の出現潜時および持続時間を遅延させ、筋力上昇率を増大させることを報告してきた<sup>13)</sup>。本研究における「抜き動作」の筋電図は、「蹴り動作」に見られるような動作前の持続性放電を認めず、動作に先行して筋放電休止現象が観察された。本研究における「抜き動作」は、先の報告<sup>13)</sup>の后者である意図的な筋放電休止現象に相当し、この筋放電休止現象が集中的な筋力発揮に影響する可能性が高い。

これらの研究結果を踏まえて、本研究では前進動作における force plate に加わる鉛直分力と水平分力から検討を加えた。本研究の「抜き動作」における鉛直分力のピーク値は、「蹴り動作」に比較して5%水準の有意な増大が認められ、先の報告のように集中的な筋力発揮が行われたことが認められた。しかし、力積については、「抜き動作」が「蹴り動作」に比較して0.1%水準の有意な減少が認められ、この要因は後述の動作時間が短縮したことに関連している。また、単位時間あたりに換算した平均鉛直分力は両条件間に有意な差が認められず、これは「抜き動作」の力曲線が抜重とピーク値の増大の2要因によって相殺され、「蹴り動作」との間に差が生じなかったものと考えられる。なお、この「抜き動作」時に観察された抜重の

最小値は、被験者体重の約71%であり、これは古武術における「浮身」の身体操法を実証したものである。

一方、本研究における水平分力のピーク値は、「抜き動作」が「蹴り動作」に比較して1%水準、力積および単位時間あたりに換算した平均水平分力には0.1%水準の有意な増大が認められ、先の報告<sup>13)</sup>と一致した結果を得た。本研究では、「抜き動作」の水平分力の増大要因を検討するために、鉛直成分と水平成分の力積からキック角度を算出した。その結果、「抜き動作」のキック角度は、「蹴り動作」に比較して0.1%水準の有意な減少が認められた。「抜き動作」における膝関節の脱力に伴う身体重心の下降は、キック角度を減少させ水平分力の増大に寄与したことが考えられる。

本研究における「抜き動作」のストライドは、「蹴り動作」との間に有意な差は認められなかった。しかし、前進速度は0.1%水準の有意な増大が認められ、このことは「抜き動作」が「蹴り動作」に比較して鋭い出足のある身体操法であり、この背景には「抜き動作」による「浮き身」に加えて水平分力や水平成分の力積の増大が関与していると考えられる。

本研究における動作時間については、力曲線を手掛かりとして検討した。水平分力の力曲線は、「蹴り動作」と「抜き動作」ともに、鉛直分力に先行して立ち上がる。このため動作時間は、水平分力の立ち上がりから鉛直分力曲線の立ち上がりまでを前傾動作時間、鉛直分力曲線の立ち上がりから離床までを鉛直動作時間、両時間の合計を全動作時間として解析した。本研究における「抜き動作」の全動作時間は、「蹴り動作」に比較して0.1%水準の有意な短縮が認められた。この全動作時間を構成する前傾動作時間は、「抜き動作」が「蹴り動作」に比較して1%水準の有意に短縮し、鉛直動作時間には有意な差が認められなかった。したがって、「抜き動作」の全動作時間の短縮要因は、前傾動作時間の短縮に依存することが明らかにされた。

本研究における「抜き動作」の前傾動作時間の短縮については、木寺<sup>9)</sup>の膝関節を脱力させることによって踵支持が促進されることや、高岡<sup>9)</sup>の踵を利用した前進動作では重心落下点と重心支持点の間に瞬時にモーメントを発生させ予備動作のない効率の良い動作になるという解説を実証したものである。従って、直立姿勢の距骨付近にある身体重心を素早く前進させるには、身体重心を踵支持に移動する「抜き動作」が拇指球支持に移動する「蹴り動作」に比較して解剖学的に有利であり、五輪の書<sup>1)</sup>の中の「つま先を浮けて踵を強く踏むべし」という身体操作は正しいといえよう。

図28は、本研究における「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値を各項目別にまとめたもので

古武術における位置エネルギーを利用した前進動作の効果

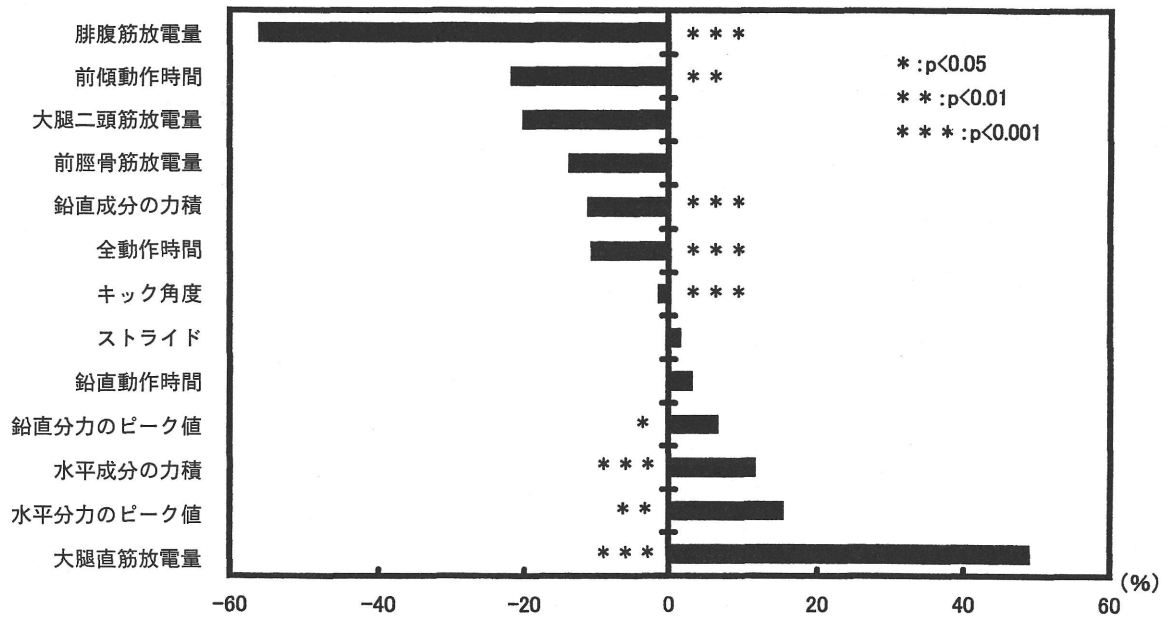


図28 蹴り動作を基準とした抜き動作の相対値

ある。分析項目を相対値の低い順に列挙すると、腓腹筋放電量が56%の減少、前傾動作時間が22%の短縮、鉛直成分の力積が11%の減少、動作時間が11%の短縮、キック角度が1%の減少、鉛直分力のピーク値が7%の増大、水平成分の力積が12%の増大、水平分力のピーク値が15%の増大、大腿直筋放電量が49%の増大が認められた。これらの結果は、古武術的な身体操法である「抜き動作」が一般的な「蹴り動作」に比較して末端の筋活動の軽減、床反力の増大、動作時間の短縮といった多くの利点を包含する効率的な動作であることを示唆するものである。

- 10) 室増男「現代体育・スポーツ科学 からだ・運動の科学 バイオダイナミクス入門」永田晟（編），朝倉書店，pp.39-44，1983.
- 11) 脇田裕久・水谷四郎・東海政義・三田勝巳・青木久・矢部京之助「随意動作に先行する Silent Period の出現率について」体育学研究 24：227-236，1979.
- 12) 脇田裕久・長井健二・八木規夫・矢部京之助「反応動作におよぼす動作前 silent period の影響」体育学研究，26：119-128，1981.
- 13) 脇田裕久・水谷四郎・矢部京之助「動作直前に出現する二様式の筋放電休止の比較-反動動作と非反動動作について-」体育学研究 32：49-56，1987.

引用・参考文献

- 1) 井上正孝「五輪の書」体育とスポーツ出版社，2003.
- 2) 金田伸夫（指導・監修）月刊バスケットボール「古武術バスケットボール」日本文化出版ムック，2004.
- 3) 木寺英史「本当のナンバ 常足」，スキージャーナル株式会社剣道日本，2004.
- 4) 甲野善紀・他「ナンバ歩きで驚異のカラダ革命」，立風書房，2004.
- 5) 甲野善紀・他「決定版！ナンバ歩きで身体改造」，学習研究社，2005.
- 6) 黒田鉄山「剣術精義」株式会社壮神社，1992.
- 7) 小田伸午「運動科学 アスリートのサイエンス」丸善株式会社，2003.
- 8) 高岡英夫「究極の身体」運動科学総合研究所，pp.130-142. 2002.
- 9) Thomas R. Baechle, Roger W. Earle（編），石井直方（日本語版総監修），「NSCA 決定版，ストレングストレーニング & コンディショニング」，ブックハウスHD，pp.466-470，2002.

