

抜重動作を用いた前方への圧力変化の検討

脇田 裕久・富田伊久磨

The examination of the pressure change to the front that used unweighting movement.

Hirohisa WAKITA and Ikuma TOMITA

研究目的

近年、様々なスポーツにおいて古武術的な身体操法が注目されている。この身体操法において注目すべき特徴は「うねらない」「捻らない」「ためない」「蹴らない」「踏ん張らない」など、力を入れるのではなく「力を抜く」というところにあり、これらの動作は一般的な「蹴り動作」に比較し効率的で無理がないとされている。

手島ら¹⁾は、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が効率的であり、また筆者²⁾は膝関節の脱力による位置エネルギーの利用が横移動においても有用であると報告している。これらの報告は、動作の素早さに注目し、古武術の身体操法を移動動作に利用したものである。

一方、甲野³⁾は膝関節の脱力による「足裏の垂直離陸」が大きな力を生む身体操法であり、様々な動作に応用できると提唱している。そのひとつである杖術では、足裏を離陸させ体重を宙に浮かし、体重を浮かせると同時にその体重が相手に向けて集中するようにして「押し動作」を行うことで、一般的な筋力の発揮による「押し動作」よりも遥かに大きな力を発揮できることをビデオの中で演武し、その効果について紹介している。さらに、金田ら⁴⁾は、膝関節の脱力による位置エネルギーは強い力を生むとし、タックルを受ける際、両足を踏ん張って受けると衝撃に対処できず、支点である足を中心に円を描くように撥ね飛ばされるが、タックルを受ける瞬間に膝を抜いて宙に浮くことで、体勢を崩すことなく、わずかに体が後方に移動するだけで対応できると解説している。

このような報告や事例から、膝関節の脱力による位置エネルギーを利用した前方への押し動作は有効な動きであると推察されるが、足で地面を蹴り、踏ん張って前方へ押すという一般的な押し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方への押し動作と下肢の筋力発揮による前方への押し動作

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検討することをその目的とした。

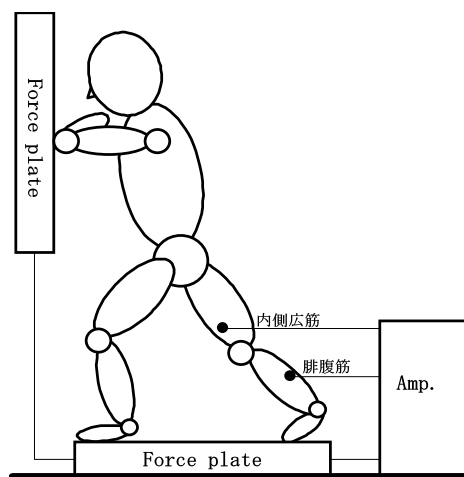
研究方法

1) 被験者

被験者は、健常な男子大学生10名(年齢21~29歳、身長 176.6 ± 8.0 cm、体重 68.1 ± 6.0 kg)を対象とした。

2) 測定方法

被験者には、force plate上で足を前後に約50cm開脚させ、胸の前で腕組みをさせ前方への押し動作の準備姿勢をとらせた(実験模式図A)。

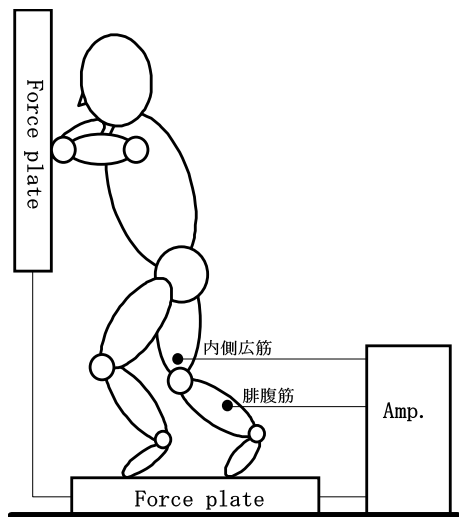


実験模式図A 「蹴り動作」

験者の合図後、任意に蹴り動作による前方への押し動作を全力で行わせ、その後に抜き動作による前方への押し動作を行わせた(実験模式図B)。

験者は、被験者の体が静止しているのを確認してから開始の合図を出すようにした。

筋電図は、軸足となる後脚の内側広筋・腓腹筋に電極を貼付し、表面双極導出法を用いて導出した。電極を貼付する皮膚の箇所は、アルコール綿による拭拭の前処理をし、電極間抵抗をできるだけ少なく抑えた。

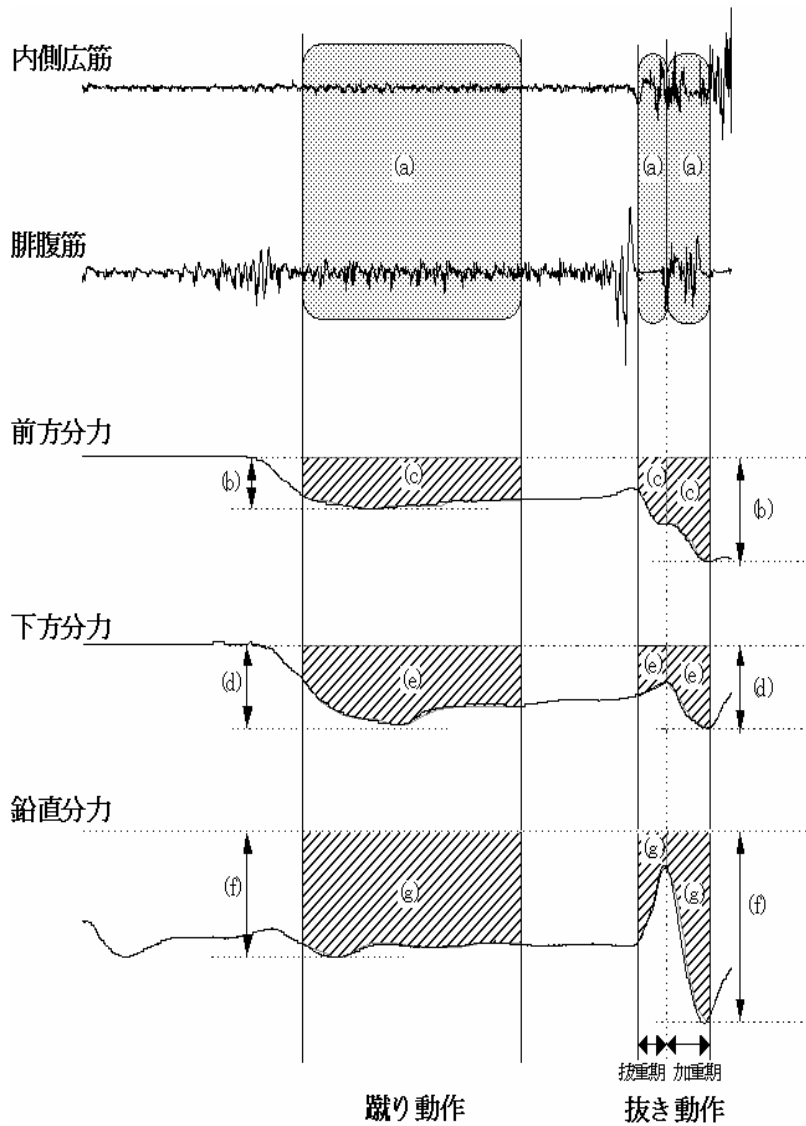


実験模式図 B 「抜き動作」

床反力の測定は、床面と水平に force plate を設置し、鉛直分力が記録できるようにした。また、被験者の前面に加わる圧力変化の測定については、壁面に水平に force plate を設置し、前方分力と下方分力が記録できるように設定した。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押し動作（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押し動作（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 5 試行とした。験者は、「蹴り動作」では拇指球の加重、「抜き動作」



- (a) 筋放電量 (b) 前方分力のピーク値 (c) 前方分力の力積 (d) 下方分力のピーク値
- (e) 下方分力の力積 (f) 鉛直分力のピーク値 (g) 鉛直分力の力積

図 1 分析方法

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（動作中の筋電図波形を全波整流後の積分値）、前方分力のピーク値および力積、下方分力のピーク値および力積、床反力の鉛直分力のピーク値および力積とした。なお、「抜き動作」における筋放電量と力積については、抜重と加重の2要因により値が相殺されるため、「抜き動作」を「抜き動作抜重期」と「抜き動作加重期」に分けて分析した。また、筋放電量と力積については、動作時間が異なることから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5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3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) 内側広筋

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作抜重期」における単位時間当たりの内側広筋放電量は、8名の被験者において「蹴り動作」に比較して「抜き動作抜重期」が大きな値を示す傾向にあった。両条件における内側広筋放電量の平均値は、「蹴り動作」が 3.2 ± 2.8 A.U.、「抜き動作抜重期」が 5.0 ± 3.6 A.U.であり、「抜き動作抜重期」が「蹴り動作」よりも1.8 A.U.増大し、両条件間には0.1%水準で有意な差が認められた(図2)。

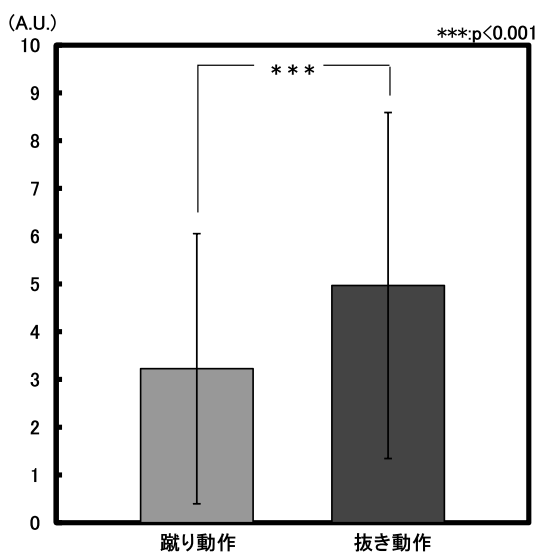


図2 内側広筋放電量 (抜重期) の比較

「蹴り動作」を基準とした「抜き動作抜重期」の相対値は154%であった。

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作加重期」による単位時間当たりの内側広筋放電量は、全ての被験者において、「蹴り動作」に比較して「抜き動作加重期」が大きな値を示す傾向にあった。両条件における内側広筋放電量の平均値は、「蹴り動作」が 3.2 ± 2.8 A.U.、「抜き動作加重期」が 9.5 ± 6.8 A.U.であり、「抜き動作加重期」が「蹴り動作」よりも6.3 A.U.増大し、両条件間には0.1%水準で有意な差が認められた(図3)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作加重期」の相対値は294%であった。

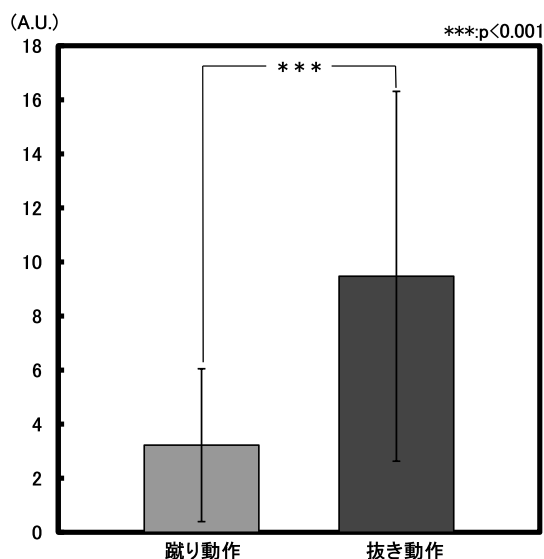


図3 内側広筋放電量 (加重期) の比較

2) 腓腹筋

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作抜重期」による単位時間当たりの腓腹筋放電量は、7名の被験者において「蹴り動作」に比較して「抜き動作抜重期」が大きな値を示す傾向にあった。両条件における単位時間あたりの腓腹筋放電量の平均値は、「蹴り動作」が 2.1 ± 2.1 A.U.、「抜き動作抜重期」が 3.3 ± 1.8 A.U.であり、「抜き動作抜重期」が「蹴り動作」よりも1.2 A.U.増大し、両条件間には5%水準で有意な差が認められた(図4)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作抜重期」の相対値は156%であった。

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作加重期」による単位時間当たりの腓腹筋放電量は、8名の被験者において「蹴り動作」に比較して「抜き動作加重期」が大きな値を示す傾向にあった。両条件における単位時間あたりの腓腹筋放電量の平均値は、「蹴り動作」が 2.1 ± 2.1 A.U.、「抜き動作加重期」が 3.4 ± 2.3 A.U.であり、「抜き動作加重期」が「蹴り動作」よりも1.3 A.U.増大し、両条件間には5%水準で有意な差が認められた(図5)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作加重期」の相対値は162%であった。

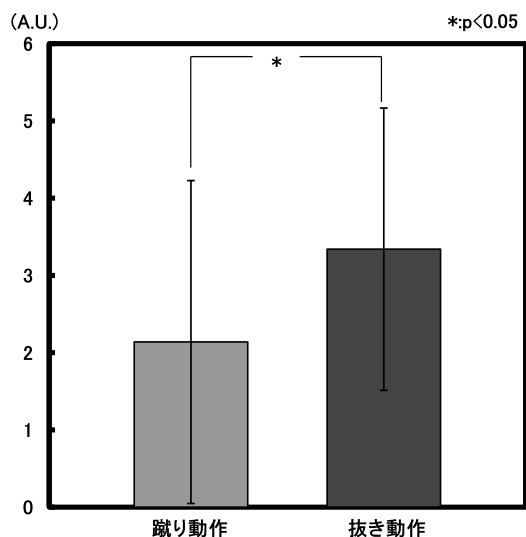


図4 腓腹筋放電量（抜重期）の平均値比較

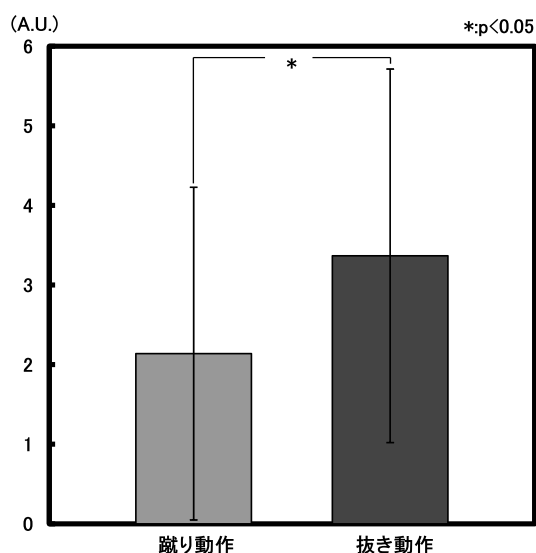


図5 腓腹筋放電量（加重期）の平均値比較

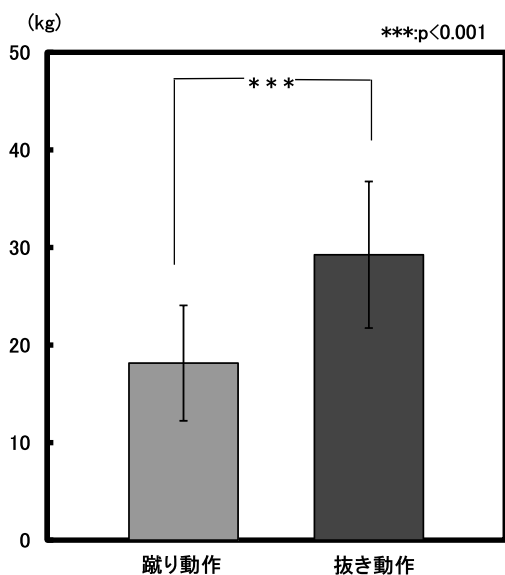


図6 前方分力のピーク値の平均値比較

められた（図5）。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作加重期」の相対値は157%であった。

2. 壁面への前方分力

1) ピーク値

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作」による前方分力のピーク値は、全ての被験者において「蹴り動作」に比較して「抜き動作」が大きな値を示す傾向にあった。両条件における前方分力のピーク値の平均値は、「蹴り動作」が $18.2 \pm 5.9\text{kg}$ 、「抜き動作」が $29.3 \pm 7.5\text{kg}$ であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも11.1kg増大し、両条件間には0.1%水準で有意な差が認められた（図6）。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は161%であった。

2) 平均前方分力

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作抜重期」による平均前方分力は、9名の被験者において「蹴り動作」に比較して「抜き動作抜重期」が小さな値を示す傾向が認められた。両条件における単位時間あたりの平均前方分力の平均値は、「蹴り動作」が $18.7 \pm 6.8\text{kg}$ 、「抜き動作抜重期」が $15.9 \pm 13.1\text{kg}$ であり、「抜き動作抜重期」が「蹴り動作」よりも2.8kg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「抜き動作抜重期」の相対値は85%であった。

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作加重期」による平均前方分力は「蹴り動作」に比較して「抜き動作加重期」が大きな値を示した者が5名、小さな値を示した者が5名であり、「抜き動作加重期」の平均前方分力には一定の傾向が認められなかった。両条件における平均前方分力の平均値は、「蹴り動作」が $18.7 \pm 6.8\text{kg}$ 、「抜き動作加重期」が $18.4 \pm 5.8\text{kg}$ であり、「抜き動作加重期」が「蹴り動作」よりも0.3kg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「抜き動作加重期」の相対値は99%であった。

3. 壁面への下方分力

1) ピーク値

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作」による下方分力のピーク値は、9名の被験者において「蹴り動作」に比較して「抜き動作」が大きな値を示す傾向にあった。両条件における下方分力のピーク値の平均値は、「蹴り動作」が $2.2 \pm 1.2\text{kg}$ 、「抜き動作」が $3.7 \pm 1.7\text{kg}$ であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも1.5kg増大し、両条件間には0.1%水準で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170%であった。

抜重動作を用いた前方への圧力変化の検討

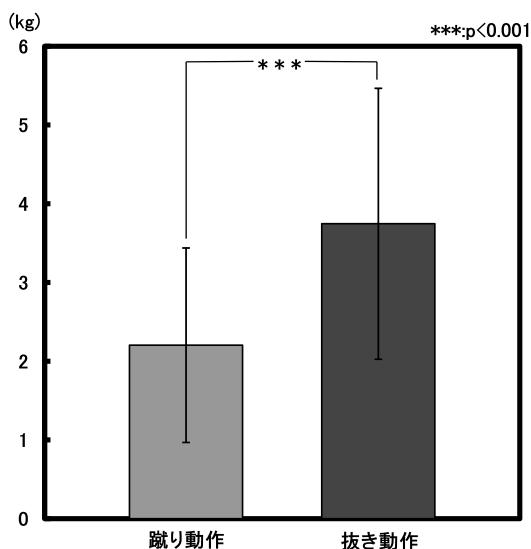


図7 下方分力のピーク値の平均値比較

2) 平均下方分力

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作抜重期」による平均下方分力は、全ての被験者において「蹴り動作」に比較して「抜き動作抜重期」が小さな値を示す傾向にあった。両条件における平均下方分力の平均値は、「蹴り動作」が $2.2 \pm 1.2\text{kg}$ 、「抜き動作抜重期」が $0.7 \pm 1.2\text{kg}$ であり、「抜き動作抜重期」が「蹴り動作」よりも 1.5kg 減少し、両条件間には 0.1% 水準で有意な差が認められた (図8)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作抜重期」の相対値は 34% であった。

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作加重期」による平均下方分力は、「蹴り動作」に比較して「抜き動作加重期」が大きな値を示した者が5名、小さな値を示した者が5名であり、「抜き動作加重期」の平均下方分力には一定の傾向が認められなかった。両条件にお

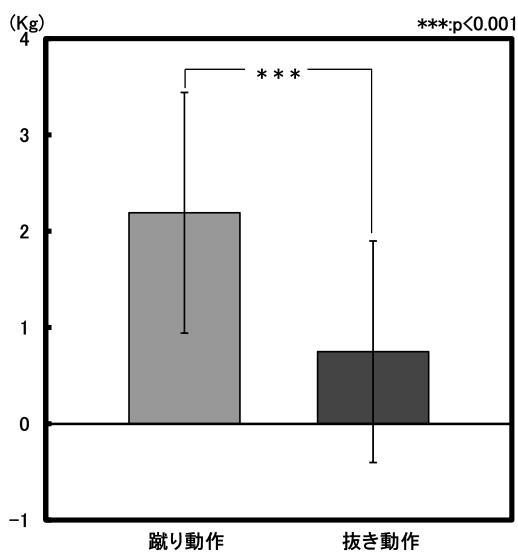


図8 平均下方分力 (抜重期) の平均値比較

ける平均下方分力の平均値は、「蹴り動作」が $2.2 \pm 1.2\text{kg}$ 、「抜き動作加重期」が $2.0 \pm 1.3\text{kg}$ であり、「抜き動作加重期」が「蹴り動作」よりも 0.2kg 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「抜き動作加重期」の相対値は 90% であった。

床反力の鉛直分力

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は、全ての被験者において「蹴り動作」に比較して「抜き動作」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 $75.5 \pm 7.6\text{kg}$ 、「抜き動作」が $100.0 \pm 14.3\text{kg}$ であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも 24.5kg 増大し、両条件間には 0.1% 水準で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 132% であった。

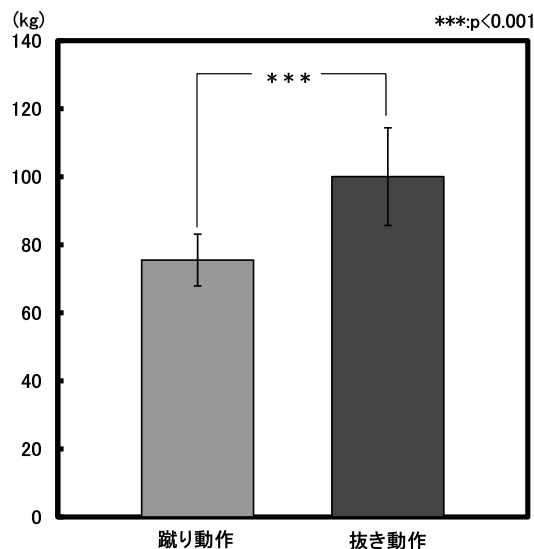


図9 鉛直分力のピーク値の平均値比較

2) 平均鉛直分力

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作抜重期」による平均鉛直分力は、全ての被験者において「蹴り動作」に比較して「抜き動作抜重期」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 $75.5 \pm 7.7\text{kg}$ 、「抜き動作抜重期」が $59.1 \pm 8.1\text{kg}$ であり「抜き動作抜重期」が「蹴り動作」よりも 16.4kg 減少し、両条件間には 0.1% 水準で有意な差が認められた (図10)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作抜重期」の相対値は 78% であった。

各被験者の「蹴り動作」と「抜き動作加重期」による平均鉛直分力は「蹴り動作」に比較して「抜き動作加重期」が大きな値を示した者が4名、小さな値を示した者が6名であり、「抜き動作加重期」の平均鉛直

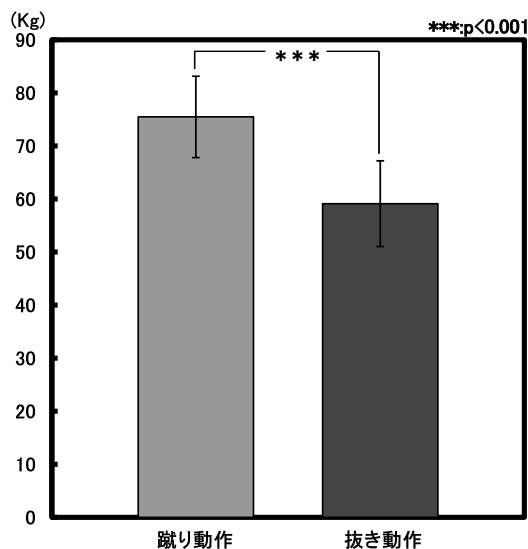


図 10 平均鉛直分力（抜重期）の平均値比較

分力には一定の傾向が認められなかった。両条件における平均鉛直分力の平均値は、「蹴り動作」が $75.5 \pm 7.7\text{kg}$ 、「抜き動作加重期」が $77.2 \pm 12.8\text{kg}$ であり「抜き動作加重期」が「蹴り動作」よりも 1.7kg 増加したが、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「抜き動作加重期」の相対値は 102% であった。

論 議

本研究は、下肢筋力発揮による「蹴り動作」と膝関節の脱力による位置エネルギーを用いた「抜き動作」が前方への押し動作に及ぼす影響について筋電図、床反力及び壁面への圧力を比較・検討し、両動作の特徴や差異を明らかにすることを目的とした。

本研究における筋電図及び力曲線の時系列的变化を図 1 に示した。「蹴り動作」は、床反力の鉛直分力ではほぼ一定の加重が観察され、筋電図は加重中に持続性放電が出現する。一方、「抜き動作」は、床反力の鉛直分力に抜重・加重のサイクルが観察され、筋電図は腓腹筋において抜重開始とともに筋放電休止期が認められ、加重とともに相動性放電が出現する。このことから、本実験は被験者が験者の指示どおりの動作を行っていることが確認された。

黒田²⁾は、一般的な「蹴り動作」の筋の働き方をプラスが先でマイナスが後とすると、蹴らない身体操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と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」の筋電図のパターンは、黒田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」の差異を明確にするために、さらに筋放電量・壁面への前方分力のピーク値及び力積・壁面への下方分力のピーク値及び力積・床反力の鉛直分力のピーク値及び力積からさらに検討を加えることにした。

本研究における「抜き動作」の単位時間当たりの筋放電量は、「蹴り動作」に比較して、主働筋である内側広筋では 0.1% 水準、腓腹筋では 5% 水準で有意な増大が認められた。「抜き動作」における内側広筋放電量の増加は、「蹴り動作」により内側広筋が収縮しきった状態から膝関節の脱力を行うため急激な筋の伸張を生じ、伸張・短縮サイクル (Stretch-Shortening-Cycle) が作動したと考えられる。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が組み合わさったものであり、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⁶⁾。また、「抜き動作」における腓腹筋放電量の増加は、膝関節の脱力によって下降した身体重心を支え、身体重心を保持するために下腿の筋力が発揮されたためと考えられる。筋放電量と筋張力の間には比例関係が成立する³⁾ ことから、「蹴り動作」に比較して「抜き動作」では、内側広筋と腓腹筋での筋力発揮が共に増大したといえる。

また、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が認められず、動作に先行して筋放電休止現象が観察される。あらかじめ主働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⁸⁾。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¹⁰⁾。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及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いる⁹⁾。本研究における「抜き動作」は、先の報告の後者⁹⁾ 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。本研究における「抜き動作」では、2名を除く 8名の被験者において動作前 Silent Period が認められた。また、動作前 Silent Period が認めら

れなかった2名に関しては、先の報告⁸⁾から動作の熟練度が結果に影響したものであると考えられる。

これらの研究報告を踏まえて、本研究では押し動作における壁面と床面の force plate に加わる力について検討を加えた。壁面の force plate に加わる力を前方分力と下方分力から検討し、床面の force plate に加わる力を鉛直分力から検討した。本研究における「抜き動作」の壁面への前方分力のピーク値 ($29.3 \pm 7.5\text{kg}$) は、「蹴り動作」($18.2 \pm 5.9\text{kg}$) に比較して、0.1%水準で有意な増大が認められた。しかし、平均前方分力では有意な差が認められなかったことから、「抜き動作」と「蹴り動作」における平均筋力に差はないと考えられる。これらのことから、「蹴り動作」では持続的に一定の力が加わるのに対して、「抜き動作」では瞬間的に加わる力が増大するものと考えられる。

本研究における「抜き動作」では、膝関節の脱力により身体重心が下方に移動するため壁面への下方分力について検討を加えた。本研究における「抜き動作」の壁面への下方分力のピーク値 ($3.7 \pm 1.7\text{kg}$) は、「蹴り動作」($2.2 \pm 1.2\text{kg}$) に比較して、0.1%水準で有意な増大が認められた。下方分力のピーク値の有意な増大は、膝関節の脱力に伴う身体重心の下降に起因していると考えられる。しかし、下方分力のピーク値の平均値 ($3.7 \pm 1.7\text{kg}$) は、前方分力のピーク値の平均値 ($29.3 \pm 7.5\text{kg}$) に比較して極めて小さい値を示した。従って、膝関節の脱力による下方分力への影響は前方分力に比較して小さいものといえよう。

一方、本研究における「抜き動作」の床反力の鉛直分力のピーク値 ($100.0 \pm 14.3\text{kg}$) は、「蹴り動作」($75.5 \pm 7.6\text{kg}$) に比較して、0.1%水準で有意な増大が認められ、床反力が瞬間的に増大することが認められた。しかし、平均鉛直分力では有意な差が認められなかった。これは「抜き動作」の力曲線が抜重と加重の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59%であり、これは古武術における「浮き身」の身体操法を実証したものである。小田⁴⁾は強いコンタクトプレーを行う際に、沈むように膝を抜いてあたることで、膝を抜いた直後に体重を大きく上回る地面反力を得られると解説している。本研究における「抜き動作」の鉛直分力の力曲線のパターンは、小田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、膝関節の脱力により除かれた体重と前方分力のピーク値の関係についてさらに検討を加えた。「抜き動作」における膝関節の脱力により除かれた体重の平均値は $27.9 \pm 5.8\text{kg}$ 、前方分力のピーク値の平均値は $29.3 \pm 7.5\text{kg}$ であり、除かれた体重と前方

分力のピーク値の平均値は近似した値を示した。そこで、抜重と前方分力の関係について検討したが、両条件間に有意な相関関係 ($R=0.3343$) は認められなかった(図11)。

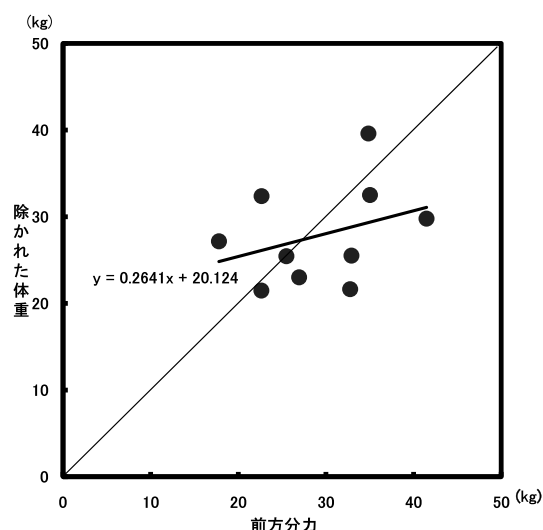


図11 抜重と前方分力の相関図

膝関節の脱力により鉛直分力が体重の59%に低下するタイミングと前方分力が増加するタイミングから推察すると、図1に示すように抜重による体重の低下に伴って前方分力が増加することから、抜重による体重の一部が前方へ伝達されたものであると考えられる。本研究では「抜き動作」を用いた押し動作をする被験者の抜重技術が熟練されていなかったため、両条件間に有意な相関関係が成立しなかった可能性が推察される。この点については今後の検討課題である。

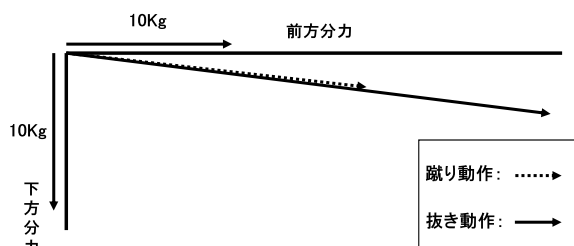


図12 「蹴り動作」と「抜き動作」の力ベクトル

「蹴り動作」と「抜き動作」における壁面に加わる力ベクトルを図12に示した。本研究における「抜き動作」の力ベクトルは、「蹴り動作」に比較して、前方分力と下方分力の増大が認められる。また、「抜き動作」は膝関節の脱力により身体重心が下降するが、壁面に加わる力の作用方向は「蹴り動作」と同一である。このことから、膝関節の脱力に伴う身体重心の下降が及ぼす下方分力への影響は前方分力に比較して小さいものであるといえる。小田⁴⁾は、地面を足の拇指球で蹴ってあたるより、膝を抜いてあたることで相手

へより強い力を伝えることが可能であると解説している。本研究における「抜き動作」の力ベクトルは、小田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。

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」に比較して瞬間的に筋収縮をし、前方への圧力の増大、床反力の増大といった多くの利点を包含する有効な動作であることを示唆するものである。

以上の結果から、「抜き動作」を利用した押し動作は、「蹴り動作」に比較して筋収縮を瞬間的に増大させることが可能であるといえる。また、膝関節の脱力を利用した予備動作のない押し動作¹⁾であるために、スポーツの身体接触場面において、相手に動きを読まれることなく、無防備な状態にある相手に大きな力を加えることができると考えられる。さらに地面がぬかるんだり、濡れて足場が滑りやすい場合には、「蹴り動作」を用いた押し動作を行うと、足場が滑り十分なパフォーマンスが発揮しにくくなるのに対し、「抜き動作」を用いた押し動作では、「踏ん張る」という動作がないために、コンディションの悪い足場状況でも十分なパフォーマンスが発揮できると考えられる¹⁰⁾。このように、一般的な「蹴り動作」と比較し、「抜き動作」は有効な動きであるといえよう。

要 約

本研究は、健常な男子大学生 10 名を対象とし、足を前後に開脚し、胸の前で腕組みをした準備姿勢から前方へ押し動作を行わせ、「蹴り動作」と「抜き動作」の 2 条件による前方への押し動作に及ぼす影響を筋電図と壁面への圧力及び床反力の波形を比較・検討し、両動作の特徴や相違点を明らかにすることを目的とした。本研究における測定項目は、筋放電量（内側広筋・腓腹筋）・壁面への前方分力のピーク値及び力積・壁面への下方分力のピーク値及び力積・床反力の鉛直分力のピーク値及び力積である。なお、筋放電量と力積については、動作時間が異なることから単位時間当たりの値に換算し比較した。

「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」において有意性が認められた項目及びその相対値は、内側広筋放電量（加重期）が 194% の増大 ($p < 0.001$)・壁面への下方分力のピーク値が 70% の増大 ($p < 0.001$)・壁面への前方分力のピーク値が 61% の増大 ($p < 0.001$)・腓腹筋放電量（加重期）が 57% の増大 ($p < 0.05$)・腓腹筋放電量（抜重期）が 56% の増大 ($p < 0.05$)・内側広筋放電量（抜重期）が 54% の増大 ($p < 0.001$)・床反力の鉛直分力のピーク値が 32% の増大 ($p < 0.001$)・

床反力の鉛直分力の力積（抜重期）が 22% の減少・壁面への下方分力の力積（抜重期）が 66% の減少であり、その他の測定項目については両条件間に有意な差は認められなかった。

これらの結果は、「抜き動作」が「蹴り動作」に比較して瞬間的に筋収縮が増大し、前方への圧力の増大・床反力の増大といった多くの利点を有する有効な動作であることを示唆するものである。

参考・引用文献

- 1) 甲野善紀「古武術による発想の転換 第二巻 足裏の垂直離陸」人間考学研究所, 2004.
- 2) 黒田鉄山「剣術精義」株式会社壮神社, 1992.
- 3) 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, 1983.
- 4) 小田仲午「スポーツ選手なら知っておきたい『からだ』のこと」大修館書店, 2005.
- 5) 手島直美・脇田裕久「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」三重大学教育学部研究紀要 第 57 巻(自然科学) 2006.
- 6) 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.
- 7) 脇田裕久「古武術における位置エネルギーを利用した横移動動作の効果」三重大学教育学部研究紀要 第 59 巻(自然科学) 2008.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 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.
- 11) 矢野龍彦・金田伸夫・織田淳太郎「ナンバ走り 古武術の動きを実践する」光文社新書, 2003.