

歩行動作における接地局面の「抜重動作」の効果

脇田 裕久・安藤 邦男

An effect of “the unweighting movement” of the grounding situation in the walk movement.

Hirohisa WAKITA and Kunio ANDO

研究目的

現在、古武術的身体操法は多くのスポーツに応用され、特にバスケットボールや陸上競技等において競技力を向上させることが報告されている^{4) 5) 13)}。この古武術的身体操法では、「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」ことなどが提唱され、重力を味方につけることによって効率的で身体への負担が少なくなることを指摘している。

一般的な前進動作では、距骨よりつま先側にある拇指球で地面を蹴ることが多い。小田⁸⁾は、拇指球で地面を蹴るためにはつま先に加重して前傾姿勢をとり、重心落下地点を拇指球に移動させるが、このときは見かけ上は前傾しているが重心落下点と重心支持点は一致しており、力学的には直立姿勢と変わらないと指摘している。従って蹴る動作では、拇指球が支持点となり地面を蹴って基底面を越えていくため、重心落下点を拇指球に移動させるという予備動作と、停止慣性を打ち破る下肢の筋力発揮が必要となる。

このことに関連して、手島ら¹¹⁾は直立姿勢から一步前進させる動作について検討した結果、古武術的な身体操作である「抜き動作」が一般的な「蹴り動作」と比較して、腓腹筋の筋活動の軽減、床反力の増大、接地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報告している。しかし、スポーツの場面で多く用いられている「歩く」「走る」に代表される連続的な前進動作の接地時における古武術的な「抜き動作」については明らかにされていない。

木寺²⁾は、「なんば」の原理を取り入れた「常足」では股関節の外旋を働かせ、着地脚の膝を屈曲し、踵から小指にかけて足圧がぬけるようなイメージで歩くことで、体幹部が捻られず、無理なくターンオーバーし走歩行のロスを取り除くことを紹介している。また、黒田⁶⁾は、民弥流居合術の「無足の法」では作用反作用の力によって歩を進めるのではなく、倒れる力を利

用した歩き方で地面を蹴らずに第一歩を進めることができ、連続的な歩行ができるとしている。さらに、小林³⁾は古武術の動作を応用し、腰部を含んだ体幹下部を同じ側の足と一緒に動作させる「膝・腰同側型動作」を紹介し、この動作は自由度を大きくできると同時に体幹深部筋を有効に利用することができ、これまでとは違った運動能力を発揮する可能性があるとして解説している。しかし、これらの報告は、いずれも運動学的な実験による裏づけが乏しい。

そこで本研究では、歩行中の接地局面における拇指球で地面を蹴って前進する「蹴り動作」と、膝関節の脱力による位置エネルギーを利用した「抜き動作」について比較・検討し、それぞれの身体操法の有用性や特徴・相違点を運動学的に明らかにすることを目的とした。

研究方法

1) 被験者

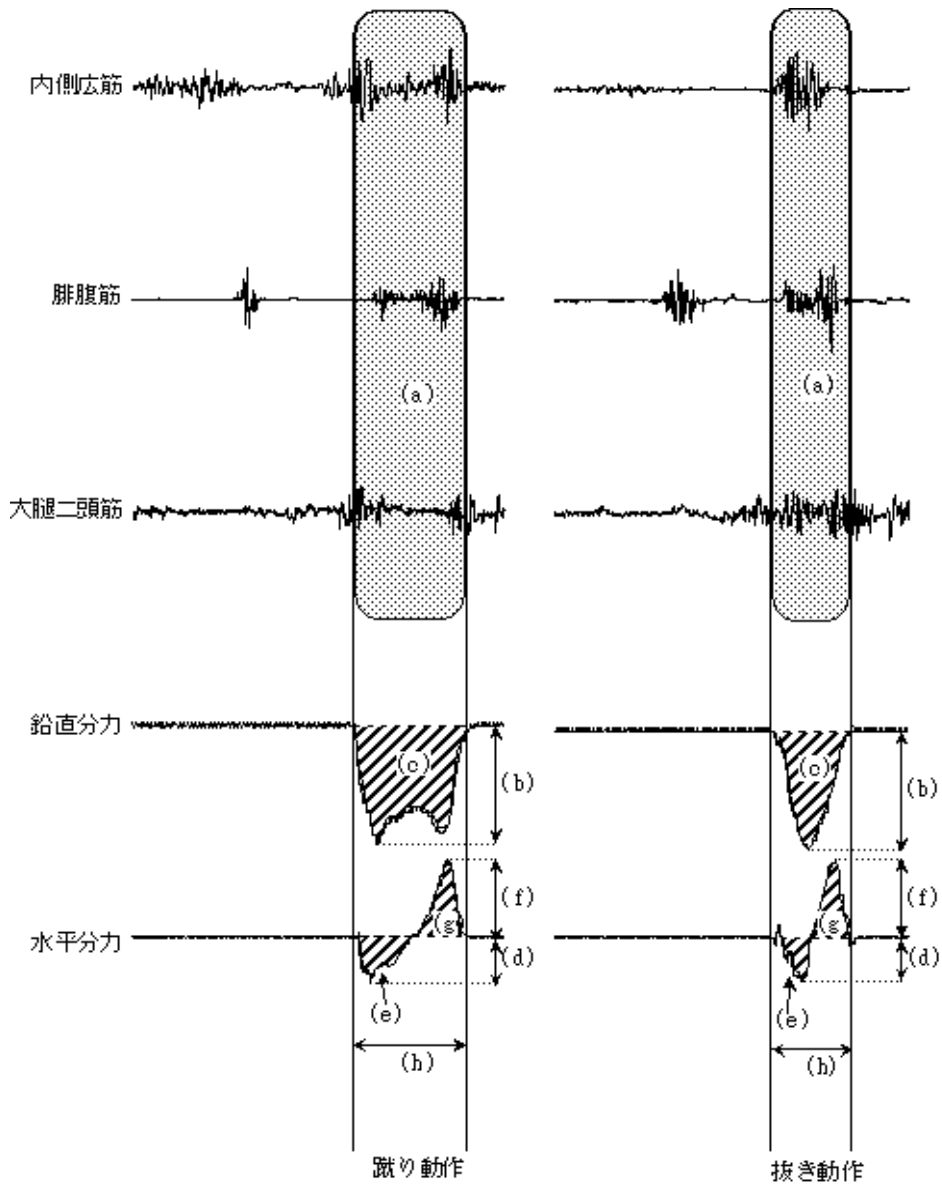
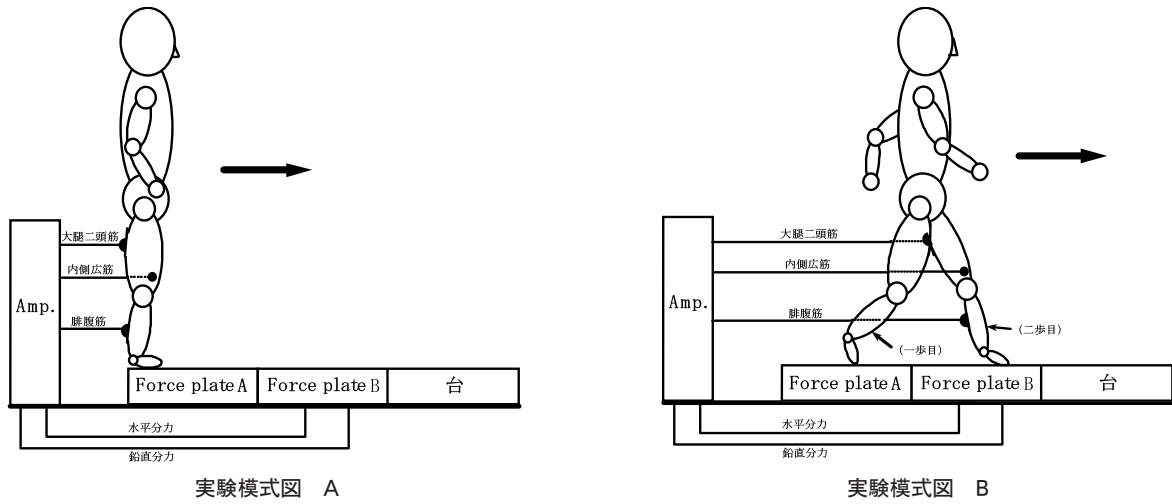
被験者は、健常な男子大学生 10 名（年齢 19～23 歳、身長 173.8±6.3 cm、体重 67.0±4.3 kg）を対象とした。

2) 測定方法

被験者には、force plate A の後方に踵を合わせ自然な立位姿勢をとらせた。験者は動作開始の合図を出す際、被験者が静止していることを確認した（図 A）。

歩行動作は、一步目を force plate A、二歩目を force plate B、三歩目を木製台上に接地するように被験者に指示し、試行ごとに速度変化が出ないようにメトロノームを用いて 1 分間に 110 歩のテンポで前方への歩行動作を行わせた

筋電図は左脚の内側広筋・大腿二頭筋・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、force plate B を用いて鉛直分力と水平



- | | | | |
|------------|---------------|-------------|--------------|
| (a) 筋放電量 | (b) 鉛直分力のピーク値 | (c) 鉛直分力の力積 | (d) 制動力のピーク値 |
| (e) 制動力の力積 | (f) 推進力のピーク値 | (g) 推進力の力積 | (h) 接地時間 |

図1 分析項目

分力前後が記録できるように設定し、力曲線を導出した(図B)。筋電計および force plate によって導出された波形は、多用途監視記録装置(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10試行とした。験者は、「蹴り動作」では拇指球の加重・地面を蹴って前進する意識を、「抜き動作」では膝関節の抜重・踵支持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。分析は、筋電図・床反力ともに2歩目を抽出して解析をした。分析項目は、筋放電量(筋電図波形を全波整流した後の積分値)、床反力については鉛直分力のピーク値および力積、前方水平分力(以下「制動力」と略す)のピーク値および力積、後方水平分力(以下「推進力」と略す)のピーク値および力積、接地時間(着地から離地までの時間)とした。また、筋放電量・力積については、単位時間当たりの値についても比較した。図1に示すように、鉛直分力曲線は「蹴り動作」では加重抜重の双峰性波形であり、「抜き動作」では単一波形が見られたので、この波形を手掛かりとして「蹴り動作」と「抜き動作」の差異を明確にした。各項目の分析は測定した10試行のうち、先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 内側広筋

内側広筋の放電量は、「蹴り動作」に比較して「抜き動作」が全被験者において増大する傾向を示した。両条件における内側広筋放電量の平均値は、「蹴り動作」が 11.2 ± 4.8 A.U.、「抜き動作」が 31.5 ± 14.9 A.U.であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも 20.3 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2)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は 281% であった。

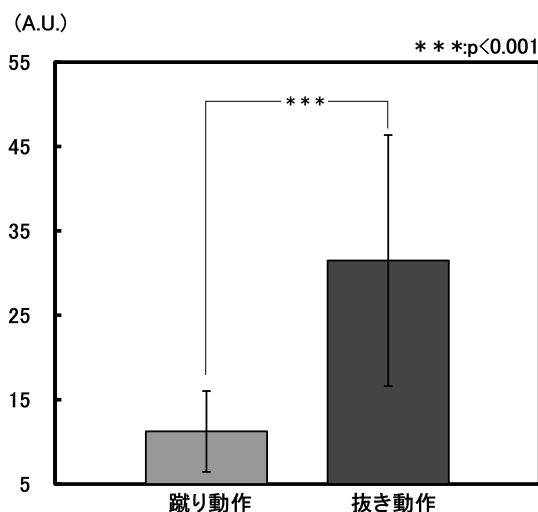


図2 内側広筋放電量の比較

単位時間当たりの内側広筋放電量は、「蹴り動作」に比較して「抜き動作」が全被験者において増大する傾向を示した。両条件における単位時間当たりの内側広筋放電量の平均値は、「蹴り動作」が 14.5 ± 6.2 A.U.、「抜き動作」が 51.1 ± 22.5 A.U.であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも 36.6 A.U.増大し、両条件下には 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 352% であった。

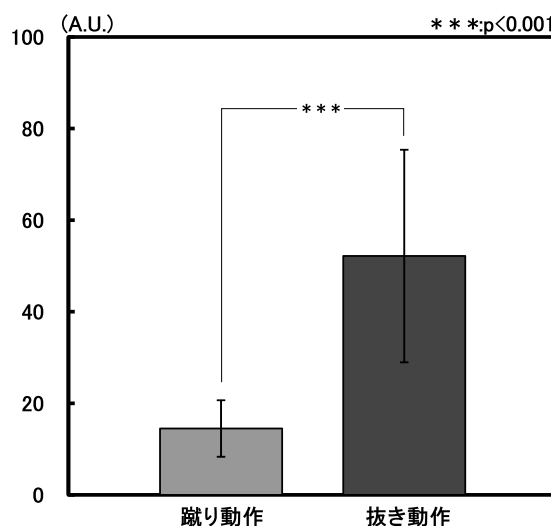


図3 単位時間当たり内側広筋放電量の比較

② 大腿二頭筋

大腿二頭筋放電量は、「蹴り動作」に比較して「抜き動作」全被験者において増大する傾向を示した。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 3.8 ± 3.6 A.U.、「抜き動作」が 5.6 ± 2.5 A.U.であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも 1.8 A.U.増大し、両条件間には 0.1% 水準の有意

な差が認められた(図4)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は147%であった。

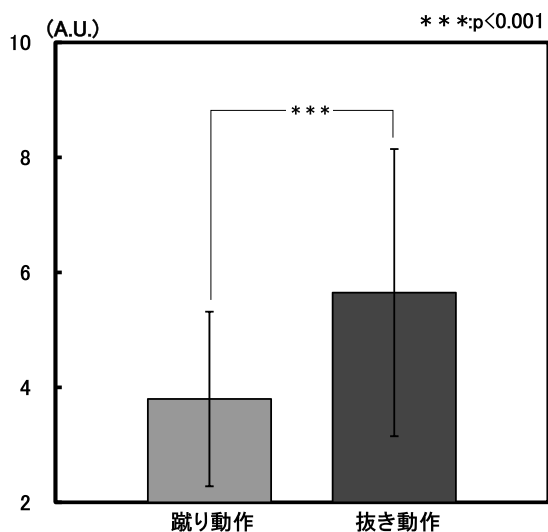


図4 大腿二頭筋放電量の比較

単位時間当たりの大腿二頭筋放電量は、「蹴り動作」に比較して「抜き動作」が全被験者において増大する傾向を示した。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4.9 ± 2.0 A.U.、「抜き動作」が9.4 ± 4.7 A.U.であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも4.5 A.U.増大し、両条件下には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192%であった。

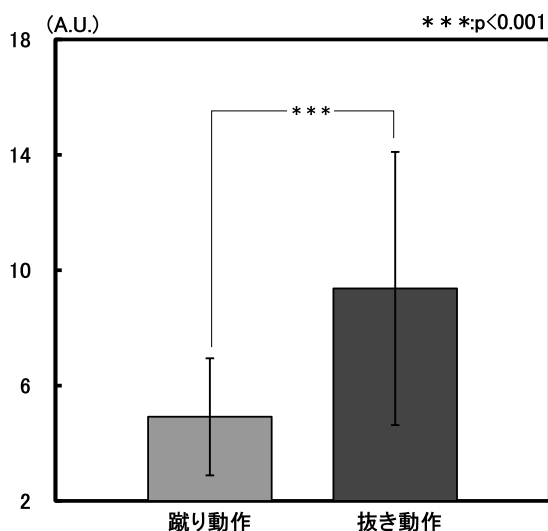


図5 単位時間当たり大腿二頭筋放電量の比較

③ 腓腹筋

腓腹筋放電量は、「蹴り動作」に比較して「抜き動作」が2名を除く8名の被験者において減少する傾向を示した。両条件における腓腹筋放電量の平均値は、「蹴り動作」が9.8 ± 3.6 A.U.、「抜き動作」

が7.8 ± 3.0 A.U.であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも2.0 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6)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は80%であった。

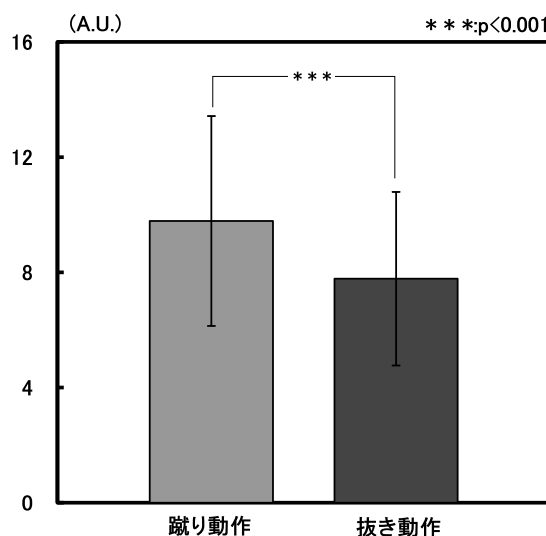


図6 腓腹筋放電量の比較

単位時間当たりの腓腹筋の放電量は、「蹴り動作」に比較して「抜き動作」が大きな値を示したものが7名、小さな値を示したものが3名であった。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12.6 ± 4.9 A.U.、「抜き動作」が13.0 ± 5.8 A.U.であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも0.4 A.U.増大したが、両条件下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103%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は、「蹴り動作」に比較して「抜き動作」が全被験者において増大する傾向を示した。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83.9 ± 8.2 kgであり、「抜き動作」が111.0 ± 18.5 kgであり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも27.1 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7)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」相対値は132%であった。

② 力積

鉛直成分の力積は、「蹴り動作」に比較して「抜き動作」が1名を除く9名の被験者において減少する傾向を示した。両条件における鉛直成分の力積の平均値は、「蹴り動作」が40.9 ± 3.5 kg・sec、「抜き動作」が34.5 ± 5.8 kg・secであり、「抜き動作」が

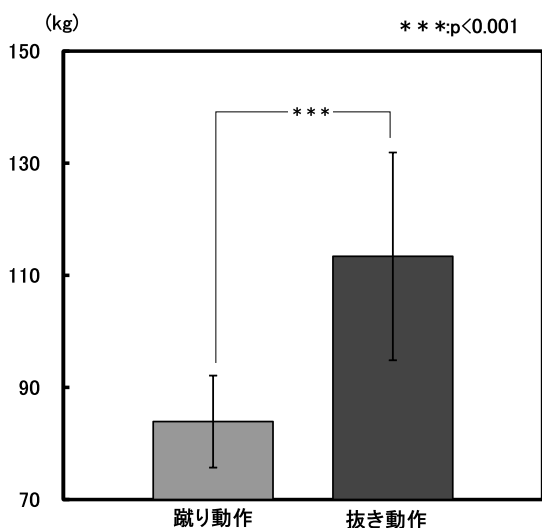


図7 鉛直分力のピーク値の比較

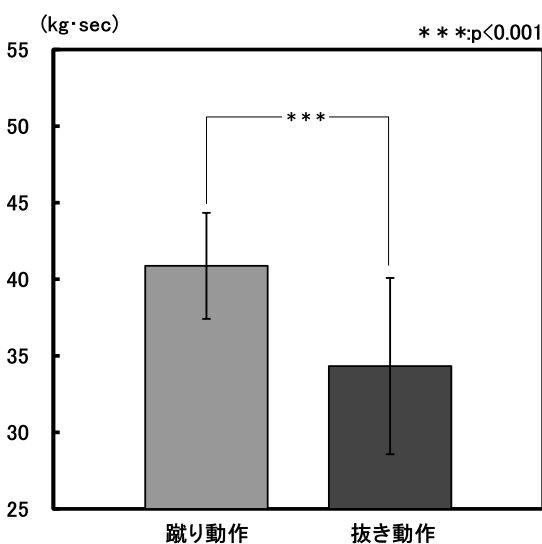


図8 鉛直分力の力積の比較

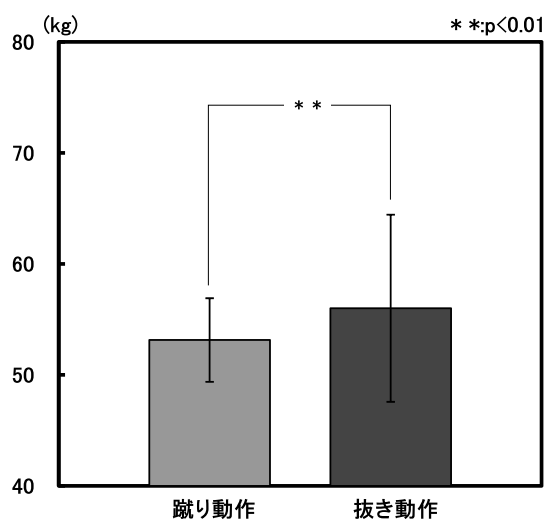


図9 平均鉛直分力の比較

「蹴り動作」よりも 5.4 kg・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8)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は 84%であった。

③ 平均鉛直分力

平均鉛直分力は、「蹴り動作」に比較して「抜き動作」が2名を除く8名の被験者において増大する傾向を示した。両条件における平均鉛直分力の平均値は、「蹴り動作」が 53.1 ± 3.8 kg、「抜き動作」が 56.0 ± 8.4 kg であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも 2.8 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9)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は 105%であった。

3) 水平分力

1. 制動力

① ピーク値

制動力のピーク値は、「蹴り動作」に比較して「抜き動作」が全被験者において減少する傾向を示した。両条件における制動力のピーク値の平均値は、「蹴り動作」が 12.1 ± 3.2 kg であり、「抜き動作」が 7.3 ± 3.3 kg であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも 4.8 kg 減少し、両条件間には 0.1%水準の有意

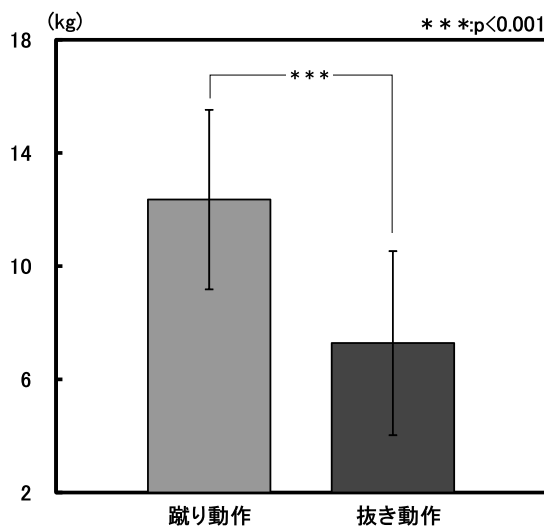


図10 制動力のピーク値の比較

な差が認められた (図10)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」相対値は 60%であった。

② 力積

制動力の力積は、「蹴り動作」に比較して「抜き動作」が全被験者において減少する傾向を示した。両条件における制動力の力積の平均値は、「蹴り動作」が 2.3 ± 0.5 kg・sec、「抜き動作」が 1.2 ± 0.7 kg・sec であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも 1.1

kg・sec 減少したが、両条件間には 0.1%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 52%であった。

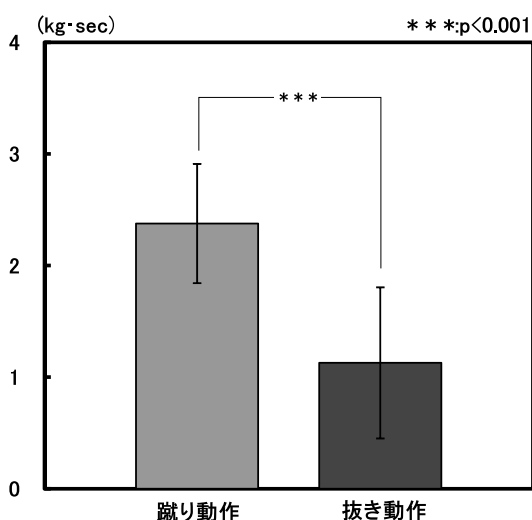


図 11 制動力の力積の比較

③ 平均制動力

平均制動力は、「蹴り動作」に比較して「抜き動作」が 2 名を除く 8 名の被験者において減少する傾向を示した。両条件における平均制動力の平均値は、「蹴り動作」が 3.1 ± 0.8 kg、「抜き動作」が 1.8 ± 1.0 kg であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも 1.4 kg 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 12)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は 58%であった。

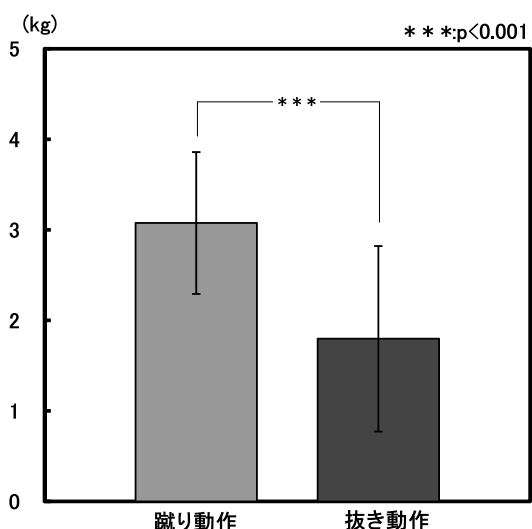


図 12 平均制動力の比較

2. 推進力

① ピーク値

推進力のピーク値は、「蹴り動作」に比較して「抜き動作」が 1 名を除く 9 名の被験者において減

少する傾向を示した。両条件における推進力のピーク値の平均値は、「蹴り動作」が 13.8 ± 4.4 kg であり、「抜き動作」が 11.0 ± 4.8 kg であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも 2.8 kg 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」相対値は 80%であった。

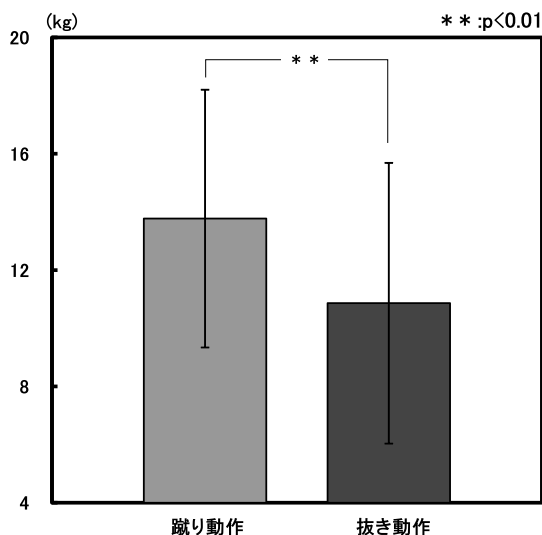


図 13 推進力のピーク値の比較

② 力積

推進力の力積は、「蹴り動作」に比較して「抜き動作」が大きな値を示した者が 4 名、小さな値を示したものが 6 名であった。両条件における推進力の力積の平均値は、「蹴り動作」が 2.3 ± 0.9 kg・sec、「抜き動作」が 2.0 ± 1.2 kg・sec であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも 0.3 kg・sec 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 87%であった。

③ 平均推進力

平均推進力は、「蹴り動作」に比較して「抜き動作」が大きな値を示した者が 4 名、小さな値を示したものが 6 名であった。両条件における平均推進力の平均値は、「蹴り動作」が 3.0 ± 1.2 kg、「抜き動作」が 3.3 ± 2.0 kg であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも 0.3 kg 増大し、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 110%であった。

4) 接地時間

接地時間は、「蹴り動作」に比較して「抜き動作」が全被験者において短縮する傾向を示した。両条件における接地時間の平均値は、「蹴り動作」が 775.6 ±

41.1 msec、「抜き動作」が 622.9±77.8 msec であり、「抜き動作」が「蹴り動作」よりも 152.7 msec 短縮し、両条件間には 0.1%水準の有意な差が認められた (図 14)。「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は 80%であった。

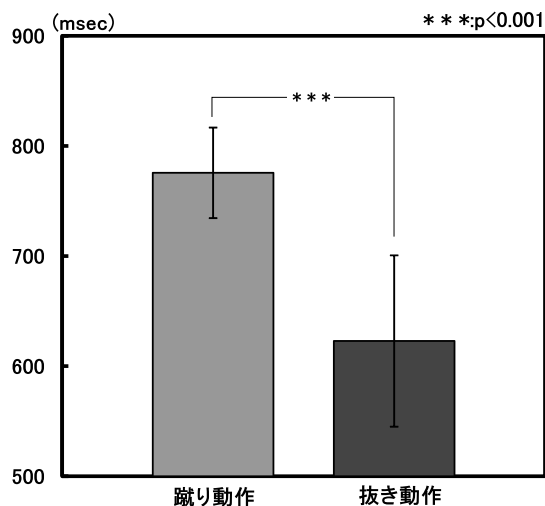


図 14 接地時間の比較

論 議

本研究における筋電図波形の時系列的变化を観察すると (図 1)、「蹴り動作」では内側広筋と大腿二頭筋に予備緊張がみられ、着地期・離地期の二度にわたって相動性放電が認められた。一方、「抜き動作」では予備緊張は認められず、着地と同時に筋放電が開始している。高岡¹⁰⁾は、「蹴り動作」では蹴る意識が予備緊張を生み、重心落下点が距骨の下にあるのに対して重心支持点が拇指球にあるため、前進力とぶつかり合い、動けないことを確認してから重心を動かし、ようやく拇指球で地面を蹴ることができるとしている。一方、踵支持にスイッチする「抜き動作」では、踵の後支えの接地点と重心落下点の間に、瞬時にモーメントが生まれ、重心が前方にいきスムーズに前進することができる。そのため、ふくらはぎの筋肉は最後のワンプッシュとして使い、高速に短く使うだけでよいと解説している。本研究における「蹴り動作」と「抜き動作」の筋電図の波形は高岡¹⁰⁾の解説と同様の結果を示した。本研究では、連続前進動作中の接地における「抜き動作」と「蹴り動作」の差異を内側広筋・腓腹筋・大腿二頭筋の筋放電量と単位時間当たりの放電量についてさらに検討を加えた。

手島ら¹¹⁾の静止状態から一步前進させる運動課題の研究では、「抜き動作」の筋放電量は「蹴り動作」に比較して主働筋である大腿直筋が有意な増大、腓腹筋では有意な減少、大腿二頭筋では有意な差は認められ

ないと報告している。本研究における「抜き動作」の筋放電量は、「蹴り動作」に比較して主働筋である内側広筋では 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、大腿二頭筋では 0.1%水準の有意な増大が認められた。また、単位時間当たりの筋放電量については、内側広筋・大腿二頭筋では同様に有意な増大を示し、腓腹筋には有意な差は認められなかった。「抜き動作」における内側広筋放電量の有意な増大は、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-Shorting-Cycle) が作動したと考える。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) な筋活動を大きくする作用がある¹²⁾。このことが「抜き動作」の内側広筋が「蹴り動作」に比較して増大したものと考えられる。

本研究の大腿二頭筋放電量は、「抜き動作」が「蹴り動作」に比較して有意な増大を示した。このことについては、「抜き動作」における着地瞬間の脱力が股関節を屈曲させるため、その屈曲を股関節伸張筋である大腿二頭筋が活動して位置エネルギーを回復させることに作用したことと考えられる。また、腓腹筋放電量の有意な減少は、膝関節の脱力により一時的に軽くなった体重を前進させるため、最後の押しに使ったと考えられ、手島ら¹¹⁾の報告と一致している。

また、筆者らは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起こすと主働筋に筋放電の休止期 (動作前 Silent Period) が出現することを報告してきた^{14) 15)}。手島ら¹¹⁾は、「抜き動作」においてこの筋放電の休止現象が認められることを報告しているが、本研究においては指示動作が連続的であったため、このような筋放電休止現象は観察されなかった。

本研究における床反力曲線の波形の時系列的变化を観察すると (図 1)、「蹴り動作」「抜き動作」とともに鉛直分力曲線と水平分力曲線は同時に立ち上がり、接地中の鉛直分力曲線は、「蹴り動作」では加重抜重の双峰性波形であるのに対し、「抜き動作」では単一波形を示した。小森⁹⁾は、一般的な歩行では踵から接地し足の動きに比べて体幹の移動が遅れているとしている。全身が同時に前進していくためには、いつまでも片方の脚足が身体後方に残っていることは前進していく上で妨害になり、身体後方に脚足があると地面を蹴る動作になり、この後方への動きは身体の前進とは逆方向の運動が行われているとしている。このような動作にならないためには、いつまでも後ろ脚足を地面に置いておかず地面を蹴らないように素早く地面から離すことが重要である。そのためのポイントは支持脚足

に力を入れないで「ヌ」くようにするということであり、支持脚足の「ヌキ」上手になれば全身が浮いた感じになり、「足下薄氷ヲ踏ムガ如シ」という状態になる。このように体幹がすでに着地足に乗っていれば、足は「フラット」にしかできず、足裏全体で着地し、地面を蹴らないように素早く地面から離して歩く、「平起平落」を提唱している。本研究における「蹴り動作」と「抜き動作」の床反力曲線の波形は小森⁴⁾の解説を裏付けるものである。本研究では、連続前進動作中の接地局面における「蹴り動作」と「抜き動作」の差異を Force Plate に加わる鉛直分力と水平分力（推進力と制動力）からピーク値・力積・単位時間当りの平均力についてさらに検討を加えた。

鉛直分力については、「抜き動作」が「蹴り動作」に比較してピーク値が 0.1%水準、平均鉛直分力は 1%水準の有意な増大、力積は 0.1%水準の有意な減少が認められた。このことから着地時の鉛直分力は「抜き動作」は「蹴り動作」に比較して短時間に増大した力が発揮されることが明らかにされた。

制動力は、「抜き動作」が「蹴り動作」に比較してピーク値・力積および平均制動力がそれぞれ 0.1%水準の有意な減少が認められた。このことから、連続前進動作において「抜き動作」は「蹴り動作」に比較して制動力が小さく効率的な動作であることが明らかにされた。

本研究における推進力は、「抜き動作」が「蹴り動作」に比較してピーク値が 0.1%水準の有意な減少が認められ、力積および平均推進力には有意な差が認められなかった。このことは、「抜き動作」が「蹴り動作」に比較して、推進力にあまり依存しない歩行動作であり、民弥流居合術の「無足の法⁶⁾」を裏付けるものである。また、「蹴り動作」の推進力のピーク値が高いことについては、着地期に加わった制動力から体を前進させるために蹴る動作によって推進力を増大させる必要があるためと考えられる。

本研究における「抜き動作」の接地時間は「蹴り動作」に比較して 0.1%水準の有意な短縮を示した。これは、「蹴り動作」では制動力がかかり、落下点を母指球に移動させるという予備動作が入るのに対し、「抜き動作」では膝関節を脱力した瞬間に重心線と重心支持点が一致しスムーズな動作をもたらしたものと考えられる。

陸上競技では 100 メートルの元世界記録保持者のカール・ルイスのコーチを担当したトム・テレッツは、日本のスプリントクリニックで日本人の脚がターンオーバーしていないと指摘し、①脚を真下へ踏みつけること、②脚をターンオーバーさせることの 2 点を強調している。ターンオーバーは、脚が地面を離れた後さらに後

方に移動するが、そこから反転し前方へ切り返すことである。小田⁸⁾⁹⁾は、脚を真下に踏みつけることについて、世界のトップランナーでは着地前に膝を伸ばしきることなく踏みつけるため、着地した足の膝は大腿四頭筋とハムストリングスによってほんの少し曲がったままでロックされ、膝が伸びきる前にターンオーバーされる。これに対して、日本人スプリンターは着地前に意識的に膝を伸ばして手前に引き戻す動作をするために、膝が伸び切って着地した瞬間に膝と脚が曲がり、曲がった膝や足首を伸ばして地面をキックする傾向がある。膝を伸ばしきると足首を伸ばしきるまでキックすることにつながる。膝と足首の必要以上のキックは脚を後方へ跳ね上げさせ、ターンオーバーが遅くなり、脚の後方スイングが遅くなるとしており、脚の踏みつけの重要性を説いている。このようなことは歩行動作においても一致した現象が認められている⁸⁾⁹⁾。本研究の「抜き動作」では鉛直分力の有意な増大と制動力の有意な減少から、膝関節の脱力が真下への踏みつけをおこし、ターンオーバーをもたらした動作であることが推測される。本研究では、動作解析による検討を行わなかったが、これらを証明するためには今後この点に関する実験が必要と考えられる。

以上の結果から、連続前進動作において古武術の身体操法である「抜き動作」は一般的な「蹴り動作」と比較して大腿筋群の筋活動の増大・下腿筋群の筋活動の軽減・制動力の減少・接地時間の短縮といった多くの利点を包含していることが明らかにされ、歩行動作における接地局面の「抜き動作」が効率的な連続前進動作であることを示唆するものである。

要約

本研究は、三重大学保健体育科に所属する健常な男子大学生 10 名を対象とし、直立姿勢から「抜き動作」と「蹴り動作」の二条件による歩行動作を行わせ、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・検討をした。測定項目は、筋放電量（内側広筋・腓腹筋・大腿二頭筋）・床反力曲線（鉛直分力・制動力・推進力）のピーク値及び力積・接地時間である。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、内側広筋に 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、大腿二頭筋には 0.1%水準の有意な増大が認められた。
- 2) 鉛直分力は、ピーク値が 0.1%水準の有意な増大、力積が 0.1%水準の有意な減少が認められた。
- 3) 制動力は、ピーク値が 0.1%水準の有意な減少、力積が 0.1%水準の有意な減少が認められた。

4) 推進力は、ピーク値・力積ともに有意な差は認められなかった。

5) 接地時間は 0.1%水準の有意な短縮が認められた。

本研究における「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の相対値は、制動力の力積が 48%の減少、制動力のピーク値が 40%の減少、腓腹筋放電量が 20%の減少、推進力のピーク値が 20%の減少、接地時間が 20%の短縮、推進力の力積が 13%の減少、鉛直成分の力積が 5%の増大、鉛直分力のピーク値が 32%の増大、大腿二頭筋放電量が 47%の増大、内側広筋放電量が 181%の増大が認められた。

これら研究結果から、連続前進動作において古武術の身体操法である「抜き動作」は一般的な「蹴り動作」と比較して大腿筋群の筋活動の増大・下腿筋群の筋活動の軽減・制動力の減少・接地時間の短縮といった多くの利点を包含していることが明らかにされ、歩行動作における接地局面の「抜き動作」が効率的な連続前進動作であることが示唆された。

ついて」体育学研究, 24: 227-236, 1979.

15) 脇田裕久・水谷四郎・矢部京四郎「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) 金子公宥「改定 スポーツバイオメカニクス入門」, 1994.
- 2) 木寺英史「本当のナンバ 常足」, スキャナージャナル株式会社剣道日本, 2004.
- 3) 小林寛道「運動神経の科学」講談社現代新書, 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「居合術精義」株式会社壮神社, 1991.
- 7) 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.
- 8) 小田伸午「スポーツマンなら知っておきたいからだのこと」大修館書店, 2005. 身体運動における右と左」京都大学学術出版会 2001.
- 9) 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.
- 10) 高岡英夫「究極の身体」運動科学総合研究所, pp 130-159, 2002.
- 11) 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」2004.
- 12) 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.
- 13) 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.
- 14) 脇田裕久・水谷四郎・東海政義・三田勝巳・青木久・矢部京四郎「随意動作に先行する Silent Period の出現率に