

〔総 説〕

身体運動と脱力

脇田 裕久 (三重大学)

Body motion and muscle relaxation.

Hirohisa WAKITA

【Abstract】

It has been observed that the promotion silent period (p.s.p.) appears just before a rapid voluntary movement. This phenomenon is believed to be caused by one of the inhibitory discharges from the central nervous system. These muscular relaxation before a rapid voluntary movement make smoothly the body motion. The old martial art technique are emphasized muscular relaxation rather than muscular strength. Further in the rapid motion, many joints and muscles have been mobilized little by little against the desired movement. Therefore, it is important that you be aware of the practice to relax various joints and muscles on regular basis.

Relationship body movement and muscle relaxation can be summarized as follows.

1) Mind and body is integral. 2) Can not relax the mind alone. 3) Power of the observation increases by the relaxed body and mind. 4) Consciously relax each joint and muscle. 5) The movement by the stretch reflex is comfortable and rapid. 6) Strong and rapid movement is transmitted to the peripheral muscles after the muscles contraction of the trunk.

If the scientific analysis of old material arts applied to a various sports, further development of the physical performance can be expect.

1. 動作前silent Period

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、光刺激に対して急速に反応動作を起こすと、動作に先行して主動筋に一過性の筋放電休止期が出現する (図1) ^{1) 2) 3) 4) 5) 8) 9) 17)}

^{18) 19) 32) 33) 34) 37) 38) 40) 43)}。この動作前 silent Period (premotion silent period : 以下 p.s.p. と略す) は、大脳皮質前頭葉・小脳・脳幹抑制領域からの遠心性 impulse の関与があり、一種の中枢性抑制現象であると考えられている ⁵⁾。

この p.s.p. の出現様式には、①筋電図の phasic discharge に先行して一過性に筋放電が完全に休止するタイプ (complete p.s.p.) と②筋電図の phasic discharge に先行して筋放電の減少傾向はみられるが、完全な休止には至らないタイプ (incomplete p.s.p.) とがある^{41) 42)}。右上腕三頭筋の p.s.p. 出現率は、非運動部所属者群 (中学校から大学まで運動部に所属した経験のない者) が 24%、短期運動部所属者群 (中学校または高等学校で運動部に所属した経験のある者) が 48%、長期運動部所属者群 (中学校から大学まで継続して運動部に所属している者) が 56% と運動部経験の長期化に伴って有意に増加する³²⁾。Gatev²⁾ は、動作における抑制現象が動作の発達過程の協調性を知る手掛かりになることとしていることから、運動の長期化は中枢性抑制現象の発達に寄与することが考えられる。

また、同一被検者における p.s.p. の出現した試行と出現しなかった試行における performance を比較すると、p.s.p. が出現する試行の動作開始時間 (光刺激から力曲線の立ち上がりまでの時間) は 212msec、出現しなかった試行が 195msec であり、出現した試行が有意に遅延する。筋力上昇率 (力曲線の最大発揮筋力を動作時間で除した値) はそれぞれ 126kg/sec と 115kg/sec であり、p.s.p. の

出現する試行が有意に増加する³⁴⁾。このことから、動作前 silent Period は反応動作開始を遅延させるが、動作を決断した後の筋力の立ち上がりを素早くすることに貢献する。

これまでに述べてきた p.s.p. は、無意識に生じる筋放電の休止期である。一方、筋力発揮の増大を目的として行われる動作に反動動作があり、脱力による反動動作を行わせると、前述の p.s.p. と類似した筋放電の休止期が観察される。そこで全身反応動作について無意識に出現する p.s.p. を非反動動作、意図的な脱力による p.s.p. を反動動作として両動作を比較した³³⁾。その結果、外側広筋の complete p.s.p. の出現率は、反動動作が 81.6%、非反動動作 57.6% であり、反動動作の出現率が有意に高く、意図的な反動動作による脱力は無意識な脱力よりも出現が容易である。p.s.p. 潜時 (光刺激から予備緊張の消失するまでの時間) は、反動動作が 133msec、非反動動作が 119msec、p.s.p 持続時間は反動動作が 100msec、非反動動作が 41msec であり、反動動作の p.s.p. 潜時と持続時間がともに有意に遅延する。従って、時間軸を主体とした動作の素早さでは反動動作が非反動動作に比較して遅延することになる。しかし床反力の鉛直分力の最大値は、反動動作が 173kg、非反動動

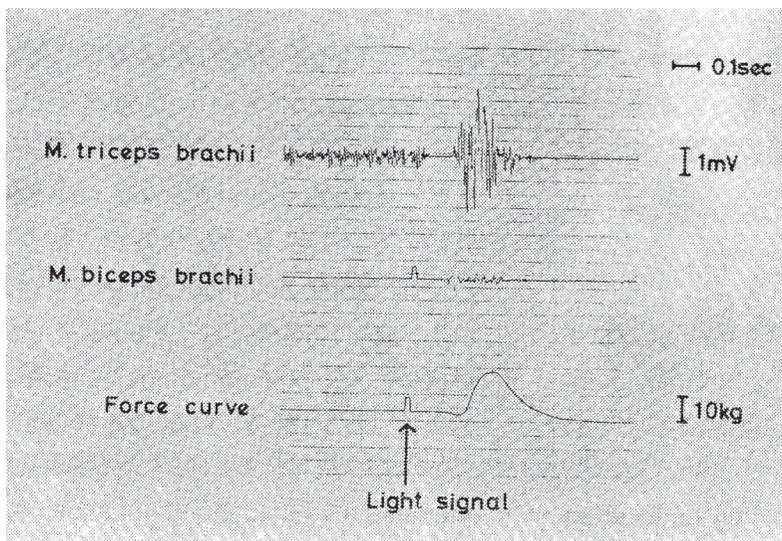


図1 肘関節伸展動作にみられる動作前 silent period

作が141kgであり、反動動作が有意に増大する。これについては、反動動作が非反動動作に比較して筋伸張による弾性エネルギーの利用が大きいものと考えられる。次節では、これらの基礎的研究を踏まえて、日本の古来より培われてきた古武術的身体操法に関する脱力についてさらに検討していく。

2. 古武術的身体操法

動作を素早くするには、筋力よって対応しようとするのが一般的な考え方である。しかし近年、筋力に依存するのではなく重力を利用し、筋に負担をかけずに素早い動作を行う身体操法に関する報告がいくつなされている。高岡²⁵⁾は、体の拘束を徹底的に取り除いた体に本当の身体運動が宿るという究極の身体論について述べ、達人になるにはどのような筋や骨を使えばよいかということを詳述している。小田^{21) 22)}と木寺¹¹⁾は、「二軸動作(常足)」について解説し、この二軸動作は足で蹴り出して体を動かすのではなく、左右の軸感覚を使って効率よく動くというものである。また、甲野は「蹴らない」「踏ん張らない」「ひねらない」「うねらない」「ためない」「ねじらない」などの身体操法を提唱し、この古武術的身体操法をスポーツに応用し、陸上競技・バスケットボール等の多くのスポーツにおいて競技力向上に寄与することを報告している^{7) 12) 13) 23) 24)}。

しかし、筋力に依存する一般的な動作と古武術的身体操法との差異を比較した実験的な証明は乏しく、本節では両者の身体操法の差異について筋電図と床反力曲線を用いて比較し、身体運動におよぼす脱力の影響を運動学的な観点から検証したことを報告する。

1) 位置エネルギーを利用した動作

宮本武蔵は、五輪書の中で「足のはこびやうの事、爪先を少しうけてきびすをつよく踏むべし」と記し、踵で踏むことの重要性を強調している⁶⁾。小田²²⁾は、「この動きのポイントは、体の重心点が支持点よりも前にあり、体は重力によって倒れることでスムーズに動き出し、支持点の感覚と重心位置の感覚をいっしょにせず、両者を仕分ける

ことが重要である」と説明している。高岡²⁵⁾は、静止状態で重心が腓骨直下であれば拇指球の力を抜いてやるだけで重心落下点と踵側の支持点の間にモーメントが生じ、重心は進行方向に落ちこちるように移動すると述べている。

筆者ら²⁶⁾は、健康な女子大学生を対象として、直立姿勢から拇指球で地面を蹴って前進する動作である「蹴り動作」と、膝関節の脱力により位置エネルギーを利用して前進する動作である「抜き動作」を比較した(図2)。その結果、「抜き動作」では抜重に伴って鉛直分力の最小値は、被験者の身体質量の71%に減少する。鉛直分力の最大値は「抜き動作(64.5kg:以下()内の数値は平均値を示す)」が「蹴り動作(60.5kg)」に比較して有意に増大するが、力積は「抜き動作(53.6kg.sec)」が「蹴り動作(60.2kg.sec)」に比較して有意に減少し、「抜き動作」は瞬間的に大きな鉛直分力を発揮する。

キック角度(鉛直分力と水平分力の最大値から算出)は「抜き動作(84.5°)」が「蹴り動作(85.6°)」に比較して有意に減少する。水平分力の最大値と力積は、「抜き動作(30kg)(5.18kg.sec)」が「蹴り動作(26kg)(4.64 kg.sec)」に比較してともに有意に増大し前進力が多い。また、移動速度(歩幅を動作時間で除した値)は、「抜き動作(70.8cm/sec)」が「蹴り動作(62.2cm/sec)」に比較して有意に増大する。これらのことから、「抜き動作」の重心落下は、抜重による身体質量を軽減し、キック角度を小さくして水平分力を増大させるため、動作時間(水平分力の立ち上がりから離床までの時間)は「抜き動作(1.45sec)」が「蹴り動作(1.62sec)」に比較して有意に短縮し、素早い動作を可能にしている。

また、筋放電量は、「抜き動作」が「蹴り動作」に比較して、腓腹筋が有意に減少し、大腿直筋が有意に増大する。これらの結果から、「抜き動作」は「蹴り動作」に比較して抜重による身体質量を軽減するとともに、筋量の小さい腓腹筋の活動を抑制し、筋量の大きな大腿直筋の活動を促進させる。腓腹筋の活動抑制は、アキレス腱や下腿の筋の損傷を防ぐことができ、大腿直筋の活動促進は膝関節の脱力による急激な筋の伸張が発生し、

Stretch-Shortening-Cycle が作動したものと考えられる。Stretch-Shortening-Cycle 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 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 な筋活動で生み出される力を大きくする作用がある²⁹⁾。伸張反射による動作は、大脳を介さない動作であるため自然に動作が行われ無理なく気持ちよく行うことが出来る。剣道の道歌に「打とうとも我は思わず、打たじとも我は思わぬ、神妙の剣」というのがあるが、このような身体操法を意味しているのかも知れない。

筆者は、横移動動作に関する「抜き動作」と「蹴り動作」の比較についても検討した³⁰⁾。その結果、「抜き動作」は「蹴り動作」に比較して鉛直成分の力積が有意な減少、動作時間の有意な短縮、移動速度の有意な増大、筋放電量は腓腹筋の有意な減少と大腿直筋の有意な増大であり、前進動作とほぼ同様の結果である。

吉福⁴⁵⁾は、この素早い動きをサイクロイド曲線（円周上の1点を固定して、この円が水平線上を転がしたときにできる点の軌跡であり、物体が摩擦のない面を滑り降りる時に最短時間で移動できる斜面の形）から説明し、身体重心を16cm落

とした場合には、0.18秒しかかからず、その時の速さは時速6.5kmになるとし、重力を利用した動きが物理学的にも有効であるとしている。以上のことから、前後左右の移動には位置エネルギーを運動エネルギー変換する「抜き動作」が筋力に依存する「蹴り動作」に比較して素早い動作を可能にすると言えよう。

2) 歩行動作

現代剣道は、打突時に床を踏み鳴らして大きな音を立てて突っ張ることが多い。小田²²⁾は、「歩く動作において前に出した足が踵から着地した瞬間、膝を突っ張ってしまうとブレーキがかかって進めない。この状況でからだを前に進めるには後ろ足で蹴り出さなければならず、この蹴る動きは同側の腰を後ろに引いてしまい体幹をねじる動きになる。しかし、前に出した足が踵から着地した瞬間、膝を一瞬小さく曲げてからだを重力で落下するようにしてからだが前足に乗り込むようにすると後ろ足の筋力を使わなくても進む。」と説明している。また、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連続的な歩行が出来るとしている¹⁶⁾。

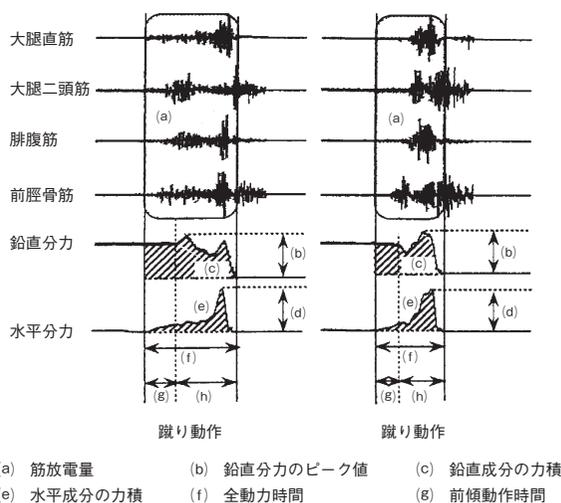


図2 前進動作における「蹴り動作」と「抜き動作」の記録例

筆者らは、健常な男子大学生を対象とし、メトロノームを用いて1分間に110歩のテンポに合わせて直立姿勢から3歩の歩行動作を行わせ、2歩目の着地について「抜き動作」と「蹴り動作」を比較した(図3)³¹⁾。その結果、床反力の鉛直分力の最大値は「抜き動作(111kg)」が「蹴り動作(83.9kg)」に比較して有意に増大し、力積は「抜き動作(34.5kg.sec)」が「蹴り動作(40.9kg.sec)」に比較して有意に減少し、歩行動作においても位置エネルギーを利用した前進動作や横移動動作と同様に「抜き動作」が瞬間的に大きな鉛直分力を発揮する。

また、水平分力における制動力の最大値と力積は、「抜き動作(7.3kg)(1.2kg.sec)」が「蹴り動作(12.1kg)(2.3kg.sec)」に比較して有意に減少し、

ブレーキの少ない動きになる。推進力の最大値は、「抜き動作(11.0kg)」が「蹴り動作(13.1kg)」に比較して有意に小さく、「抜き動作」はエネルギー消費の少ない動きである。これらのことから、接地時間は「抜き動作(623msec)」が「蹴り動作(776msec)」に比較して有意に短縮し、素早い歩行を可能にする。さらに、筋放電量は「抜き動作」が「蹴り動作」に比較して腓腹筋が有意に減少し、内側広筋と大腿二頭が有意に増大し、前述の前進動作や横移動動作と同様の筋活動様式を示している。

これらの結果から、歩行中の着地にあっても位置エネルギーの利用が可能であり、小田²²⁾のいうように膝のわずかな屈曲が制動力を減少させ、接地時間を短縮させる効率的な動作であると言え

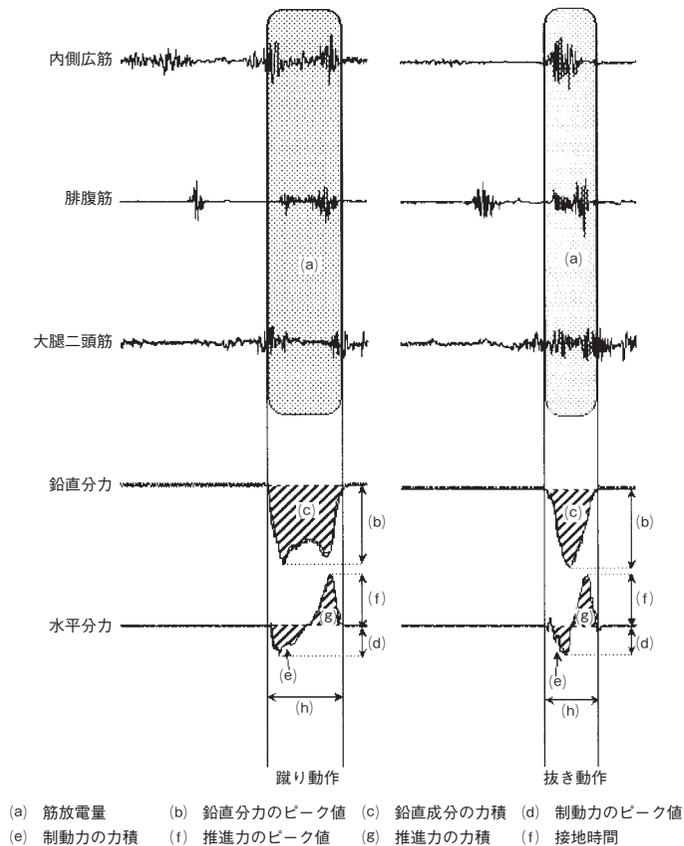


図3 歩行動作における「蹴り動作」と「抜き動作」の記録例

る。一般的には、この膝抜きを数歩繰り返すと完全にしゃがんでしまって歩けなくなると言う人も多いと思われるが、伸張反射によってそれ以上膝が曲がらないように膝は支えられるのでそのようなことは起こらない²¹⁾。「飛脚は、1日に200km近くを走ることができた」と言われているが、このような伸張反射を利用した効率的な動作を行っていたものと推察される。

3) 反応動作

反応動作に関する「蹴り動作」と「抜き動作」の比較に関する報告はこれまでに見受けられない。筆者らは、男子大学生を対象として、光刺激に対して出来る限り素早く横に移動する単純反応動作を用いて両動作を比較した³⁶⁾。その結果、動作開始時間（光刺激から水平分力の立ち上がりまでの時間）は、「抜き動作（167msec）」が「蹴り動作（182msec）」に比較して有意に短縮する。筋放電開始時間（光刺激から腓腹筋放電開始までの時間）は、「抜き動作（306msec）」が「蹴り動作（156msec）」に比較して有意に遅延する。両動作の動作開始時間と筋放電開始時間の関係を観察すると、「蹴り動作」は筋放電開始後に水平分力が立ち上がり、「抜き動作」では水平分力が立ち上がった後に筋放電が開始する。この結果は、「蹴り動作」では身体を移動させるための筋力発揮を必要とするが、「抜き動作」では重力に従って落下する位置エネルギーを運動エネルギーに変換するために筋力に依存する「溜め」の時間が除かれ素早い動作開始を可能にしている。このように、「蹴り動作」と「抜き動作」では異なった作用機序による反応動作開始が行われている。また、「抜き動作」の筋放電開始時間は、「蹴り動作」に比較して150msecの有意な遅延である。筋放電開始時間は、刺激から脳の命令が筋に伝達された時間であり、筋放電開始後は動作の修正が困難になる。従って、「抜き動作」の筋放電開始時間が「蹴り動作」に比較して遅延することは、スポーツにおいて時々刻々と変化する多様な状況に適切に対応することが可能であり、余裕のあるプレーができることを意味する。

さらに、水平分力の最大値・力積・筋力上昇

率（水平分力の最大値をその所要時間で除した値）は、「抜き動作（24.6kg）（12.5kg.sec）（63.4kg/sec）」が「蹴り動作（13.3kg）（11.3kg.sec）（28.7kg/sec）」に比較して有意に増大する。「抜き動作」では、筋放電休止に伴う筋のStretch-Shortening-Cycleを作動させることにより、筋力発揮における収縮速度や発揮筋力を増大させ、動作時間（水平分力の立ち上がりから水平分力が消失するまでの時間）は「抜き動作（559msec）」が「蹴り動作（620msec）」に比較して有意に短縮する。以上の結果から、全身反応時間（光刺激から水平分力の消失するまでの時間）は、「抜き動作」が「蹴り動作」に比較して75msecの有意に素早い反応動作となる。

渡辺³⁹⁾は、選択反応動作における「抜き動作」と「蹴り動作」を比較している。その結果、「抜き動作」は「蹴り動作」に比較して動作開始時間が22msec有意に短縮し、筋放電開始時間は右内側広筋が105msec・右腓腹筋が140msec・左腓腹筋が182msec有意に遅延することを報告し、これらは、単純反応動作と同様の結果である。また、「抜き動作」の筋放電量は、「蹴り動作」に比較して各筋が有意に減少し、20試行中の誤反応回数は「抜き動作（0.35回）」が「蹴り動作（0.93回）」比較して有意な差が認められないものの減少傾向にある。このことから、「抜き動作」は「蹴り動作」に比較してエネルギー消費が少なく、より正確な動作を素早く遂行できると言えよう。

4) 押し動作

甲野¹⁴⁾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紹介している。また、矢野ら⁴⁴⁾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。小田²²⁾はコンタクトプレーについても二軸動作で行い、からだの右側で相手にあたる時、中心軸動作の選手は左足で蹴って右足が宙に浮いた状態であったが、世界のトップ選手は右足を相手側に踏み込んで沈むように右膝を抜いた直後に得られる地面反力を相手に伝えるとしている。

筆者らは、健常な男子大学生を対象に足を前後に開脚して胸の前で腕組みをした準備姿勢から前方に設置された force plate を全力で押し続けた「蹴り動作」と、その後に膝関節を脱力した時の「抜き動作」の壁面の圧力と床反力の変化について比較した³⁷⁾。実験で得られた筋電図と force plate の波形を見ると、腓腹筋の脱力によって鉛直分力が減少するにつれて前方分力が増大し、脱力後の前方分力は内側広筋と腓腹筋の瞬間的な筋

収縮によって前方分力がさらに増大する様子が観察される(図4)。

統計的に観察すると、抜重期における床反力の平均鉛直分力は「抜き動作 (59.1kg)」が「蹴り動作 (75.5kg)」に比較して有意に減少しており、被検者の抜重が確認できる。壁面への前方分力最大値は「抜き動作 (29.3kg)」が「蹴り動作 (18.2kg)」に比較して有意に増大し、床反力の鉛直分力最大値は「抜き動作 (100kg)」が「蹴り動作 (75.5kg)」に比較して有意に増大し、腓腹筋と内側広筋の放電量は「抜き動作」が「蹴り動作」に比較して有意に増大する。また、「蹴り動作」を基準とした「抜き動作」の壁面への前方分力と下方分力の力ベクトルは約 1.6 倍になる。

これらの結果から、「抜き動作」では抜重期に浮いた体重を前方に伝え、その後の加重期には伸張反射による筋収縮の増大という二段階の前方分

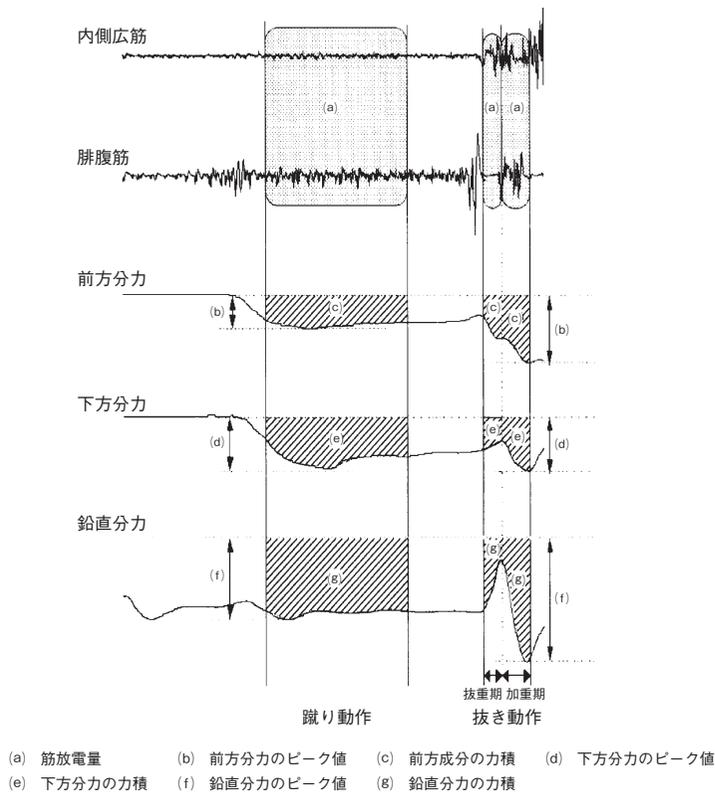


図4 押し動作における「蹴り動作」と「抜き動作」の記録例

力が加わると考えられる。また、「抜き動作」の初期には脱力による予備動作のない圧力が急激に加わる。このため、相手にとっては身構える時間的余裕がなく、「蹴り動作」に比較して圧力を効果的に相手に伝達することが出来る動作であると言える。

5) 井桁術理

一般的なヒトの動きは、蝶番のように一つの関節を支点として動作（ヒンジ動作）することが多い。これに対して甲野¹⁵⁾は「井桁術理」という身体操法を提唱している。井桁とは井戸の上部の縁を木や板で「井」の字に組んだものであり、この術理は井桁の4つの支点と辺が同時にずれる動きである（井桁崩し）。甲野¹⁵⁾は、この井桁術理に関して「前腕や上腕をはじめ肩や背、腰などの関節部分をバタン、バタンと折り畳んだり伸ばしたりすることで、相手にまったく逆らわず、体をいささかも捻じらないようにするものである。」とし、目的とする動作を身体各部が少しずつ請け負って遂行する動作であるとしている。

剣道の打撃動作やテニスのサーブなどに見られるように、用具を振り上げて振り下ろす競技は数

多い。筆者らは、健全な男子大学生を対象とし、おもり1kgを把持した直立の静止状態から①肩関節のみの屈曲・伸展を用いた動作（ヒンジ動作）と②肩関節の屈曲に伴って股関節・膝関節・足関節を屈曲させながら振り上げ動作を行い、肩関節の伸展に伴って股関節・膝関節・足関節を伸展させながら振り下げ動作を行う動作（井桁動作）について比較した³⁵⁾（図5）。

その結果、肩関節の振り上げ最大角速度は、「井桁動作（561°/sec）」が「ヒンジ動作（516°/sec）」に比較しての有意に増大する。図6は、「ヒンジ動作」と「井桁動作」における錘と肩関節のスティック・ピクチャーを示したものである。これを見ると、「ヒンジ動作」は振り上げ・振り下げ動作に伴って肩関節が作用方向と同方向に移動する共振動作、「井桁動作」は肩関節が作用する方向と逆方向に移動する揺動支点を用いた動作であり、両動作の動きは大きく異なっている。このことにより、「井桁動作」では「ヒンジ動作」に比較して錘の鉛直方向の移動距離は15cm有意に少なく、大転子の鉛直方向の移動距離は18cm有意に増大し、錘の振り上げ最大速度は0.61m/sec有意に減少する。これらのことから、動作時間（床

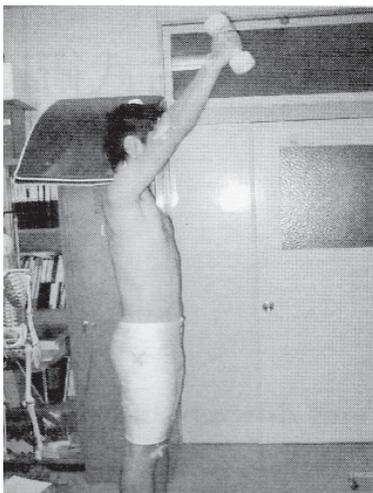


写真1 ヒンジ動作（振り上げの様子）



写真2 井桁動作（振り上げの様子）

図5 振り上げ動作における「ヒンジ動作」と「井桁動作」の比較

反力の立ち上がりから振り下げ終了時を示す固定板への衝撃が force plate に伝達するまでの時間は「井桁動作 (0.968sec)」が「ヒンジ動作 (1.088sec)」に比較して有意に短縮し、素早い振り上げ・振り下ろし動作を可能にしている。

また、「井桁動作」の筋放電量は、「ヒンジ動作」に比較して三角筋が有意に減少し、内側広筋が有意に増大する。このことから、「井桁動作」は、肩関節を痛めることの多い振り上げ動作において肩の負担を軽減し、それを大腿の筋で補う動作であると言えよう。なお、床反力における鉛直分力の最小値は、「井桁動作 (44.7kg)」が「ヒンジ動作 (60.3kg)」に比較して有意に小さく、「井桁動作」では大きな抜重動作が行われている。以上のことから、「井桁動作」は「ヒンジ動作」に比較して振り上げ動作における床反力の鉛直分力と肩の筋活動を減少させ、動作時間を短縮させる効率的な動作であると言えよう。

西川と野母²⁰⁾は、硬式野球部と準硬式野球部に所属する投手経験のある男子大学生8名を対象として、投手の盗塁阻止に重要な技術である「クイックモーション」について「井桁動作」と「ヒンジ動作」を比較した。その結果、球速は井桁動作による「抜き動作 (時速 111km)」は一般的な「蹴り動作 (時速 113km)」に比較して有意に

減少するが、その差はわずか時速 2 km と僅かである。しかし、動作時間 (左足が動き始めてからリリースまでの時間) は、「抜き動作 (755msec)」が「蹴り動作 (934msec)」に比較して有意に短縮する。これは、「抜き動作 (0.33m/sec)」の鉛直成分の身体重心速度が「蹴り動作 (0.24m/sec)」に比較して有意に増大することによる。

一般的な「蹴り動作」の投球は、重心を軸足の基底面に乗せ、力を溜めて筋力による前方への推進力を生み出す²⁷⁾が、「抜き動作」では軸足の脱力により重心の位置エネルギーを運動エネルギーに変換することで、前への推進力生み出すために素早い投球動作が可能になる。一般的なクイックモーションは、セットポジションから一度軸足に体重をのせてから投球するという「蹴り動作」による指導がなされている。しかし、ランナーを背負って投球しなければならない場面では動作時間の短い「抜き動作」を使用することが有効であると思われる。

6) 股関節のたたみ動作

野球のバッティングは、一般的に「ひねる」「うねる」動作が重要であり、腰の「ひねり」によって生じた速度が肘・手首・バットヘッドへ伝達され速度が加算させるようにすると述べられている²⁸⁾。

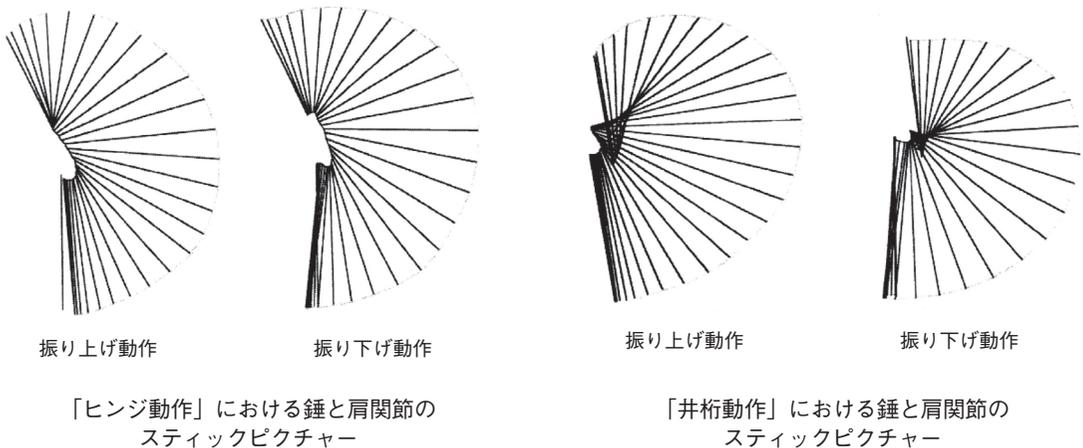


図6 「ヒンジ動作」と「井桁動作」における錘と肩関節のスティックピクチャーの比較

一方、高橋²³⁾は、立位姿勢による右上肢の左方向への押し動作において、「股関節のたたみ」と上肢の動きを合わせることでより大きな力を発揮することができる旨指摘している。一般的な回転動作では腰を回転することによって体幹を捻ったエネルギーを上肢に伝達させるが、股関節の「たたみ動作」では股関節にできるVラインをたたむという動作によってエネルギーを上肢に伝達させる。具体的には、左手を左の股関節のラインにおいた場合に、その手を右の大腿の内側が挟み込むようにする動作である(図7)。

桂田と中島¹⁰⁾は、大学野球部員10名を対象として、壁押し動作の「たたみ動作」と「回転動作」について比較した。その結果、床反力の水平分力最大値は「たたみ動作(17.6kg)」が「回転動作(12.2kg)」に比較して有意に増大し、壁反力の最大値と力積は「たたみ動作(53.9kg)(4.9kg.sec)」が「回転動作(39.4kg)(4.1kg.sec)」に比較して有意に増大する。また、時間差(床反力の水平分力の最大値から壁反力の最大値までの時間)は、「たたみ動作(0.08sec)」が「回転動作(0.20sec)」に比較して有意に短縮する。以上の結果から、「たたみ動作」は「回転動作」に比較して短時間により大きな水平分力を発揮して壁を押すことができる。また、「たたみ動作」は「回転動作」に比較して全身の力が同時に発揮され、より大きな力を上肢に伝達することができる

動作であると考えられる。

高橋は野球のバッティングやゴルフのスイングにおいて「うねる」「ひねる」動作ではインパクト時に腰の回転が過度であるために、体幹を捻ることで溜めた力が逃げてしまい、股関節の「たたみ動作」が重要であると指摘している²³⁾。

桂田と中島¹⁰⁾は、先に述べた大学野球部員を対象として、実際のバッティング動作について「回転動作」と「たたみ動作」を比較した。その結果、床反力の水平分力の最大値は、「たたみ動作(29.8kg)」が「回転動作(26.4kg)」に比較して有意に増大し、打撃力の最大値は「たたみ動作(140.7kg)」が「回転動作(117.6kg)」に比較して有意に増大する。スイング時間(左足着地時からインパクトまでの時間)と時間差(床反力の水平分力の最大値から打撃力の最大値までの時間)は、「たたみ動作(0.25sec)(0.08sec)」が「回転動作(0.33sec)(0.13sec)」に比較して有意に短縮する。また、単位時間当たりの筋放電量(左右の上腕三頭筋・左右の外側広筋・右腓腹筋)は「たたみ動作」が「回転動作」に比較して有意に増大する。

以上の結果から、野球のバッティングにおける「たたみ動作」は「回転動作」に比較して床反力の水平分力が増大し、水平分力の最大に達する時点とインパクトまでの時間が短縮する動作であり、しかも被検筋の単位時間当たりの筋放電量の

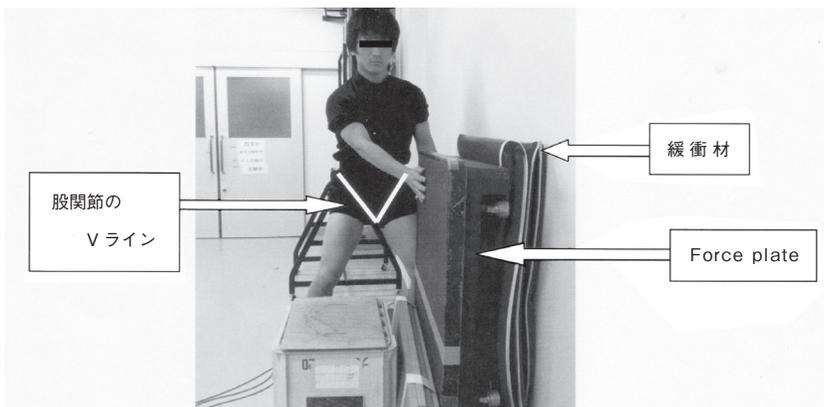


図7 実験風景と股関節のVラインの説明

増大によってスイング時間の短縮と打撃力を増大させる有効な動作であると言える。

3. まとめ

動作前の脱力は、拮抗筋の力みを取り、主動筋を無理なく収縮させて身体運動を円滑にすることを可能にする。古武術の身体操法は、甲野が述べているように目的とする動作に対して多くの関節や筋が関与することで素早い動作になる¹⁵⁾。しかしながら、指導者は日々の練習において筋力に依存した身体操法に重点を置くことが多い。選手は、試合場面において「リラックスしろ」と言われても、急に脱力できるものではない。平素から様々な関節や筋を意識して緩めるように練習しておくことが大切であり、動作の前に力の抜けた身体運動を心掛ける必要があると思われる。

身体運動と脱力の関係については、次のようにまとめることができる。①心と体は、一体である。②心だけを緩めることはできない。③体が緩むと心も緩み観察力が増す。④各関節や筋を意識して緩める。⑤動作の直前に筋肉を緩め、重力を利用した伸張反射による動作は素早くて気持が良い。⑥体幹部の筋を最初に始動させ、末梢の筋に伝達させると力強い動作が素早くできる。

これまで西洋文化の影響より、各種トレーニング法が開発され競技成績の向上が図られてきた。近年、色々な身体操法に関する著書が出版されるようになってきているが、これらに関する科学的な検証は乏しい。日本文化である身体操法の多くは秘伝とされてきたため余り公開されていないのが現状である。今後は、西洋的なトレーニングを踏まえつつ、日本古来の武道に秘められた身体操法を科学的に分析し、様々なスポーツに応用されれば運動成果のさらなる飛躍が期待できると考えている。

引用・参考文献

- 1) 青木 久・三田勝巳・塚原玲子・矢部京之助 (1984) 動的筋力発揮に与える動作前筋放電休止期の影響. 星川 保・豊島進太郎 (編). 走跳投打泳運動における“よい動き”とは. 第7回日本バイオメカニクス大会論集. pp.235-39.
- 2) Gatev, V. (1972) Role of inhibition in the development of motor co-ordination in early childhood. *Develop. Med. Child. Neurol.* 14: pp.336-41.
- 3) 半場道子・永田 晟・室 増夫 (1982) 咀嚼筋放電の quiet period 出現と筋電図周波数分析 (FFT) について. *日本生理誌*. 44 : pp.253-64.
- 4) 猪飼道夫 (1955) 動作に先行する抑制機構. *日本生理誌*. 17 : pp.292-98.
- 5) 猪飼道夫・矢部京之助・山本高志・川初清典・渡部和彦・手塚政孝 (1974) 随意動作に先行する Silent period の発現機構. *体育学研究*. 18 : pp.127-33.
- 6) 井上正孝 (2003) 人生に生きる五輪の書. 体育とスポーツ出版社.
- 7) 金田伸夫 (2004) 月刊バスケットボール スペシャルエディション. 古武術バスケットボール. 日本文化出版ムック.
- 8) 笠井達哉・館山 昭 (1980) 動作開始前 silent period の出現とその持続時間に与える練習の影響. *体育の科学*. 30 : pp.754-49.
- 9) Kawahatu, K. and Miyashita, M. (1983) Electromyogram premotion silent period and tension development in human muscle. *Exp. Neurol.* 82: pp.287-302.
- 10) 桂田紘和・中島康輔 (2011) 野球のバッティングにおける古武術の有効性－股関節のたたみに着目して－. 三重大学教育学部卒業研究.
- 11) 木寺英史 (2004) 本当のナンバ 常歩. スキージャーナル株式会社.
- 12) 甲野善紀・他 (2004) ナンバ歩きで驚異のカラダ革命. 立風書房.
- 13) 甲野善紀・他 (2005) 決定版! ナンバ歩きで身体改造. 学習研究社.
- 14) 甲野善紀 (2004) 古武術による発想の転換 第2巻 足裏の垂直離陸. 人間考学研究所.
- 15) 甲野善紀 (1996) 新・井桁術理武術で拓く身体思想2. 合気ニュース.
- 16) 黒田鉄山 (1991) 居合術精義. 株式会社社神社.
- 17) 三田勝巳・青木 久・矢部京之助 (1978) 随意動作に先行する silent period の出現と静的準備状態との関係. *医用電子と生体工学*. 16 : pp.390-95.
- 18) 三田勝巳・青木 久・矢部京之助 (1982) 反

- 応開始前における筋活動水準の変化. 体力科学. 31 : pp.234-41.
- 19) 三田勝巳・青木 久・矢部京之助 (1982) 反応開始前における運動ニューロンの興奮水準の変化過程. 医用電子と生体工学. 20 : pp.162-69.
- 20) 西川耕平・野母達也 (2009) 野球のピッチングにおける古武術的身体体操法に関する研究－クイックモーションへの効果－. 三重大学教育学部卒業研究.
- 21) 小田伸午 (2003) 運動科学 アスリートのサイエンス. 丸善株式会社.
- 22) 小田伸午 (2005) 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.
- 23) 高橋佳三 (2006) いきなりスポーツが上手くなる! 古武術 for sports. スキージャーナル株式会社.
- 24) 高橋佳三 (2007) わかる, できる, スポーツに活きる! 古武術 for sports 2. スキージャーナル株式会社.
- 25) 高岡英夫 (2002) 究極の身体. 運動科学総合研究所.
- 26) 手島直美・脇田裕久 (2006) 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. 57 : 自然科学 pp.21-31.
- 27) 手塚一志 (1998) ピッチングの正体. ベースボール・マガジン社.
- 28) 手塚一志 (1999) バッティングの正体. ベースボール・マガジン社.
- 29) Thomas R. Baechle, Roger W. Earle (編). 石井直方 (日本語版総監修) (2002) 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.466-70.
- 30) 脇田裕久 (2008) 古武術における位置エネルギーを用いた横移動動作の効果. 三重大学教育学部研究紀要. 59 : 自然科学 pp.49-56.
- 31) 脇田裕久・安藤邦男 (2011) 歩行動作における接地局面の「抜重動作」の効果. 三重大学教育学部研究紀要. 62 : 自然科学 pp.9-17.
- 32) 脇田裕久・水谷四郎・東海政義・三田勝巳・青木 久・矢部京之助 (1979) 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 : pp.227-36.
- 33) 脇田裕久・水谷四郎・矢部京之助 (1987) 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 : pp.49-56.
- 34) 脇田裕久・長井健二・八木規夫・矢部京之助 (1981) 反応動作におよぼす動作前 silent period の影響. 体育学研究. 26 : pp.119-28.
- 35) 脇田裕久・竹内 豊・佐々木拓美 (2009) 古武術における井桁術理を用いた振り上げ・振り下げ動作の解明. 三重大学教育学部研究紀要. 60 : 自然科学 pp.25-31.
- 36) 脇田裕久・滝藤充宏 (2010) 単純反応動作における膝関節の脱力効果. 三重大学教育学部研究紀要. 61 : 自然科学 pp.21-28.
- 37) 脇田裕久・富田伊久磨 (2011) 抜重動作を用いた前方への圧力変化の検討. 三重大学教育学部研究紀要. 62 : 自然科学 pp.1-8.
- 38) 脇田裕久・矢部京之助 (1984) 指示条件の違いによる動作前 silent period の出現について. 体力科学. 33 : pp.192-200.
- 39) 渡辺知彦 (2009) バレーボール技術における「抜き動作」と「蹴り動作」の比較－スパイクレシーブ・ブロックジャンプ－. 三重大学大学院教育学研究科修士論文.
- 40) Yabe, K. (1976) Premotion silent period in rapid voluntary movement. J.Appl. Physiol., 41:pp.470-73.
- 41) 矢部京之助・三田勝巳・青木 久 (1976) 筋電図の定量化への試み (1) 筋電図信号処理方法の概要. 体育の科学. 26 : pp.264-69.
- 42) 矢部京之助・三田勝巳・青木 久 (1976) 筋電図の定量化への試み (2) 移動平均法, 零交叉法による筋電図信号の解析. 体育の科学. 26 : pp.454-60.
- 43) 矢部京之助・村地俊二 (1975) 随意動作に先行する silent period の役割. 日本生理誌. 37 : pp.91-98.
- 44) 矢野龍彦・金田伸夫・織田淳太郎 (2003) ナンバ走り 古武術の動きを実践する. 光文社新書.
- 45) 吉福康郎 (2010) 武術「奥義」の科学 最強の身体技法. 講談社.