

反復横跳びの科学

宇徳 美穂、西角 祐香

【概要】

近年、多くのメディアを通じて、子どもたちの体力低下が指摘されている。そこで子どもたちの体力を測定する指標とされているのが、全国的に行われている体力テストである。この体力テストは一般的に8種目で構成されているが、それぞれの種目は互いにどのような関係にあるのか、疑問に思った。そこで、平均加算法によって実際の体力テストのデータを解析したところ、「反復横跳び」が他の7種目すべてと正の相関をなすことが分かった。そこで、『反復横跳びについて調べたならば、人の運動能力を総合的に評価できる』と仮定し、実験を進めていった。

私たちは、筋放電量・関節角度変化・体幹の傾きを調べれば、「反復横跳び」の動作を総合的に測定できると考え、それぞれについて筋電図計・ゴニオメータ・動作解析を用いて調べた。

その結果、「反復横跳び」の成績（以下：スコア）は、特定の部位ではなく、体の各部位がそれぞれ相互に連動している人ほどよいと分かった。結果より、『運動能力というのは、単に筋力など、何かひとつの能力を鍛えればよくなるものではない』ということだ。つまり、Timing、Grading、Spacingの3つの能力がバランスよく合わさったとき、初めて運動能力は向上するといえる。

Many of the mass media have pointed that children's athletic abilities have declined in recent years. At this point, the index of the measurement of children's athletic abilities is THE STRENGTH TEST. This is generally composed of 8 items. At this we thought about the relationships between each of the items. We analyzed the real strength test's data through the method of average addition. The results showed us that "side stepping" had a positive correlation with the other 7 items. This is why we hypothesize that the examination of side stepping makes it possible to evaluate humans' athletic ability.

In order to measure the movement in side stepping, we chose 3 factors: the quantity of power discharged at muscles, joint angle variation, and body incline measurements. We used an electromyography, goniometer and movement analysis to measure these factors.

According to these experiments, the measurement of side stepping depends on the link between all regions, not only particular regions. We noticed that athletic ability isn't something that gets better by developing just particular regions.

That is to say when the three abilities (Timing, Grading, Spacing) are put together, there is a more lasting improvement athletic ability.

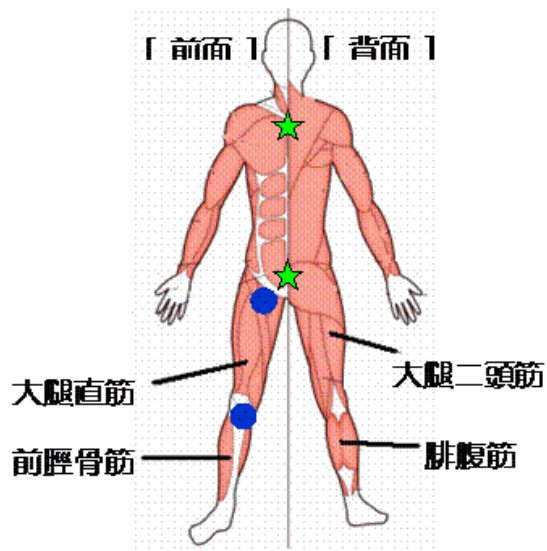
【研究の目的】

1. 反復横跳びの動作で、筋・関節・体幹移動がどのように関係しているか
2. 反復横跳びの動作を構成する要素は何か
3. 運動能力の高さはどこから来るものかの3点を調べることで運動の出来る人・出来ない人の違いは何かを突き止める。

【仮説】

スコアがよい人は体力テスト全体での成績もよい、と仮定した。

また、「反復横跳び」の動作については、大腿直筋・大腿二頭筋・前頸骨筋・腓腹筋における筋放電量、股関節・膝関節（図：●）における関節角度変化、体幹の傾き（図：★）の3点を調べれば、測定できると仮定した。



【実験器具・装置・ソフト】

- ◆ 生体アンプ (Neurotop MMF-3132)
エレクトロキャップ・EL-01 東機貿
- ◆ 8mm 電極 - 17 本
- ◆ ゴニオメータ (S150 Biometric)
- ◆ デジタルカメラ
(Kinema Tracer キッセイコムテック)
- ◆ カラーボール -2 個
- ◆ サージカルテープ
- ◆ エタノール (99.5%)
- ◆ 電極ペースト (Elefix)
- ◆ Skin Pure
- ◆ コットン
- ◆ Motion Recorder (撮影)
- ◆ 3D Calculator (解析)
- ◆ Kine Analyzer (解析)

【実験方法】

(1) 装置の準備 (筋電図)

- i. 被験者の両脚の大腿直筋・大腿二頭筋・前脛骨筋・腓腹筋について、筋腹を囲むようにそれぞれ 4 つの印をつける。



- ii. 左右 2 つの印の間 (①とする) と、電極の金属部分をエタノールを湿らせたコットンで擦り、汚れを落とす。
- iii. エタノールをよく乾燥させ、電極ペーストを電極と①に適量とり、張り合わせサージカルテープで固定する。
- iv. 同様に計 16 本の電極を貼り、太ももの裏など動作の邪魔にならない部位に、ii.―iv.の手順どおりにアースとして、電極を 1 つ取りつける。
- v. アンプ・記録ソフトの設定を行う。
- vi. アンプに接続し、電極が筋電図を測定できているか確認する。
- vii. もし、筋電図が測定できていないならば、i.―iii.の手順をやり直す。

(2) 装置の準備 (動作解析)

- i. デジタルカメラを設置する。
- ii. 動作の基準を設置し、撮影する。

(3) 装置の準備 (ゴニオメータ)

- i. ゴニオメータを被験者の膝関節・股関節に装着・固定する。



- ii. 記録ソフトの設定を行う。
 - iii. 部品を関連機械に接続し、ゴニオメータを起動させ、関節角度を測定できているか確認する。
- (4) カラーボールを被験者の首の付け根・尾骨にそれぞれ 1 つ取り付ける。
 - (5) 実験中アンプを持つ人にも、任意の場所に 1.の手順でアースを取り付ける。
 - (6) 20 秒間、1m 間隔におかれた 3 本の線を基準に反復横跳びをしてもらう。
 - (7) 実験後、筋電図・ゴニオメータ・動作解

析のデータがきちんととれていることを確認し、電極・カラーボールを取り外す（データに異変が認められる場合、6.の手順をやり直す）。

- (8) ゴニオメータをはずす前に、股関節・膝関節角度がそれぞれ 180° 、 90° となる時のゴニオメータの値をそれぞれ2回ずつ計測する。
- (9) ゴニオメータをはずし、実験終了。
- (10) 被験者数は、10人に設定した。
また、17—25歳の男子に統一した。

【実験結果】

(1) 数値による結果

被験者	年齢(才)	成績(回)	EMG(μ)	ANG(deg)	EMG/ANG	動作解析
A	21	41	575.1297	2.492352	230.7578	51.57926
B	25	52				
C	24	51	606.6478	2.069718	293.1065	633.09370
D	17	55	436.5945	2.362758	183.2303	53.61242
E	25	46	575.7409	1.890340	306.1888	11.26281
F	21	49	476.9492	2.644218	180.3744	124.52910
G	22	51	485.1658	2.124795	228.3353	95.79984
H	21	50	775.5517	2.091990	370.7244	77.67952
I	17	56	318.1044	2.432486	130.7734	18.03182
J	17	50	480.4591	2.018636	238.0118	67.28305

実験から上記のデータが得られた。被験者Bにより、機械の不具合が重なったため、正確な数値が求められなかった。よって、残る9名のデータを元に考察を進めた。

筋総放電量（EMG 値）については、各個人によってかなりのばらつきが見られた。しかし、関節角度変化の総量（ANG 値）については、各個人とも $1.8—2.6(\text{deg})$ という比較的近い数値が得られた。また EMG/ANG 値については、 $130—370(\text{uv/deg})$ の範囲に分布しており、このばらつきは EMG 値によるものと考えられる。

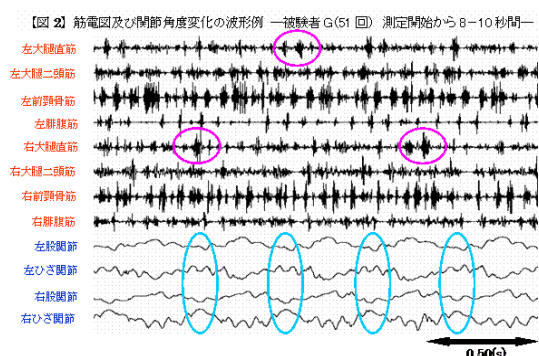
動作解析については、被験者Cを除くと、皆比較的似たような値となっている。

よって、皆同じような関節角度で反復横跳びをしているが、同じ関節角度を動かすにも使う筋力にばらつきが見られた。また、スコアと体幹移動については相関はみられなかった。

(2) 筋電図・ゴニオメータによる結果

筋電図計・ゴニオメータから、下記のデ

ータが得られた。ここでは、被験者Gの測定開始から8—10秒間のデータを抜粋した。



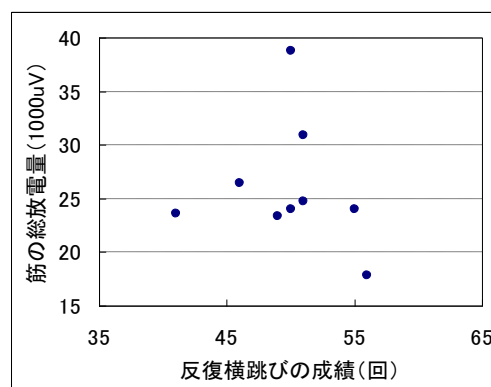
まず筋電図について、左右の大腿直筋に注目すると、横長の楕円が示すように、筋は左右交互に運動しており、瞬間的に緊張することがわかった。また、それぞれの筋は同時に同じように活動するのではなかった。この時間内では左前頸骨筋が最も多く、左腓腹筋が最も少なく活動している。

次にゴニオメータから、関節は筋電図のように特定の部位が著しく運動しているのではないことがわかる。むしろ、縦長の楕円が示すように、股関節と膝関節が周期的に同じ動きを繰り返しているようだ。同じような波形が繰り返されることから、股関節と膝関節はある程度連動して動いていることがわかる。しかし、ここでは左下半身より右下半身の方が、より大きく活動しているように見られるので、右半身と左半身には左右差が認められるようだ。

【考察】

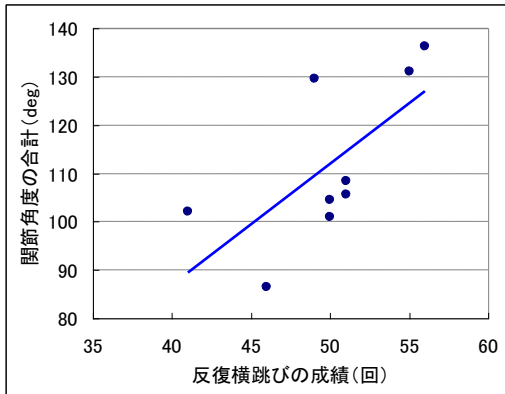
(1) スコアと筋電図の関係

この2項目に相関は見られなかった。



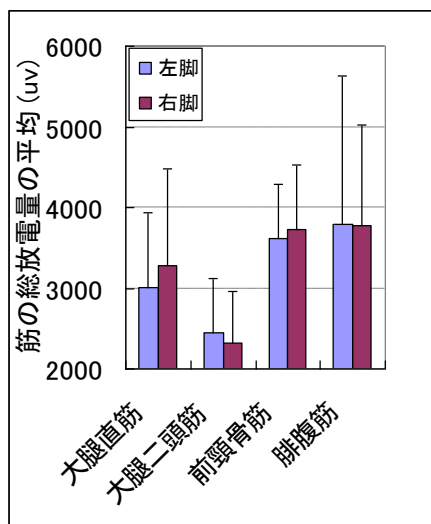
(2) スコアと関節角度の関係

この2項目については正の相関が見られた。つまり、同じような筋の活動量でも関節をよく動かせる人ほどスコアが良いということが分かった。



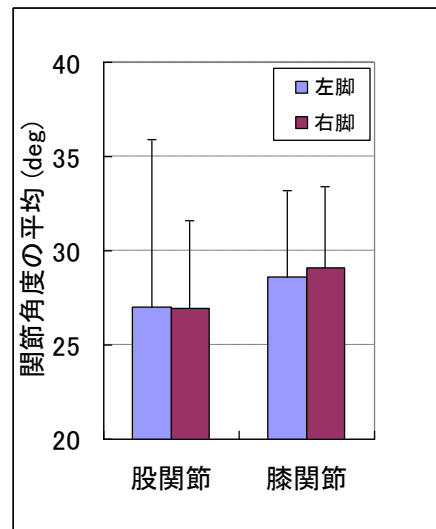
(3) スコアと筋総放電量の関係

グラフより、膝より上にある大腿直筋や大腿二頭筋よりも、膝より下にある前頸骨筋や腓腹筋の方がよく活動していることがわかる。左右差はあまり見られなかった。



(4) スコアと関節角度の平均値との関係

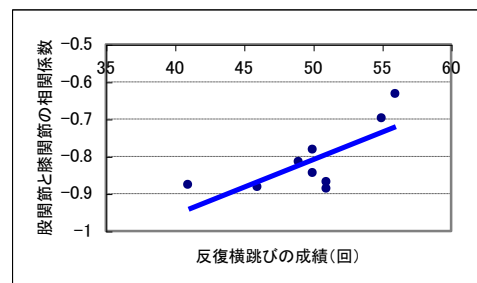
ここでは、(3)とは違い、2つの関節の間にはあまり差が見られない。つまり、関節角度はどの部位でも似たような角度で動いていることがわかる。また、2つの関節はある程度連動して動いており、左右差もあまり見られない。



(5) スコアと関節角度の相互相関係数

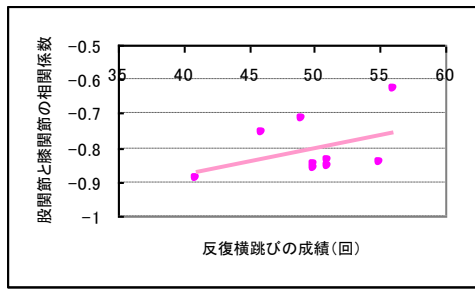
i. 左下半身について

この2項目は正の相関をなしている。ここでは、相関係数 r が 0.666 以上ならば有意であるといえるが、この相関係数 $r=0.735$ となっていた。よって、このグラフの相関は有意であるといえる。つまり、左下半身において関節が動いていれば動いているほどスコアも良いといえる。



ii. 右下半身について

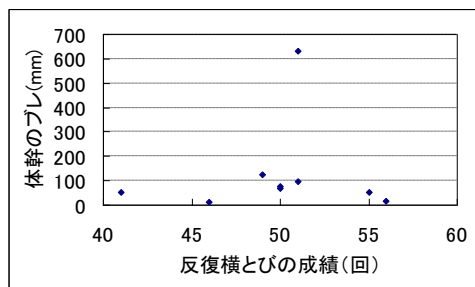
この2項目は正の相関をなしてはいるが、このグラフの相関係数 $r=0.408$ であるので、このデータに有意さは認められない。しかし各個人の値からは、若干の有意さが認められるので、もう少し被験者数を増やしたならば、右下半身との相関も見られたのではないかと考えられる。



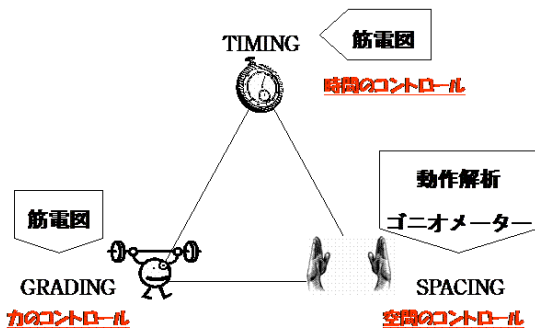
(6) スコアと体幹のブレとの関係

ここでは、背中につけた2つのカラーボールをグラフ上の2点であると設定し、2点のx軸的な差に注目し、体幹がどのように使われているかを測定した。

グラフより、1人の被験者を除き、スコアに関わらず、ほとんど似たような値が見られる。よって、体幹の傾きとスコアの相関は見られないといえる。



【結論】



筋電図の解析から、スコアの良さは特定の筋の発達にも、4つの筋の総放電量の多さにも関わらないということが分かった。ゴニオメーターの解析からは、膝関節と股関節が連動して動いている人ほどスコアがよいことが分かった。動作解析から、スコアと体幹の傾きは、相関をなさないことが分かった。

つまり、「特定の部位ではなく体の各部位がそれぞれ相互に連動している人」ほど、スコ

アがよいと言える。また、体幹の傾きは「反復横跳び」の動作に関係しない。

そこで、考えられるのが、『運動能力というのは、筋力・持久力・瞬発力など、何か1つの力を鍛えればよくなるものではない』ということである。

「反復横跳び」に関して言えば、規則的に着地し、時間をコントロールする能力、Timing、力を入れすぎず、入れなさすぎないように、力をコントロールする能力、Grading、あちこちに跳んで無駄な体力を使わないように、空間をコントロールする能力、Spacingの3つの要素である。

Timingは筋電図から、Gradingは筋電図から、Spacingは動作解析とゴニオメーターから測定した。この3つの能力のどれか1つが突出しているより、1つ1つの能力が多少鈍くてもこの3つの能力をバランスよく備えているとき、運動能力が良いと言える、と結論づけた。

【感想】

何もかもが初めての経験で、驚きに満ちた研究だった。実験器具には特殊な器具が多くあり、使い方をマスターするのは大変だったが、実験を重ねるうちに自分たちで出来ることも増え、最終的には実験時間が大幅に短縮できるようになった。

また、「反復横跳び」という身近な動きの中にも多くの要素が関係していて、解析する度に驚きがあり、興味が尽きなかった。

今回は、反復横跳びの動作における全体的な特徴が掴みかかったので、浅く広くという分析の仕方をした。しかし、細かいところにも注目していくとまだまだ多くのことを発見できると思う。

そして何より、この課題研究を通して、一つのこと長く向き合うことを学べた。これをまた、大学での研究などに活かしていきたい。

【謝辞】

本研究を行うにあたり、徳島大学の荒木秀夫教授から、実験方法から解析方法に至るまで、終始懇切なるご指導、ご助言をいただきました。ここに深く感謝いたします。

また、日々激励、助言をしてくださった荒木ゼミナールの大学院生および総合科学部生の皆様に感謝いたします。