

Gボールを用いた座位バウンド運動に関する研究

— 脊柱起立筋の筋電図に着目して —

本谷 聡¹⁾ 板谷 厚²⁾ 檜皮貴子³⁾

A study on the bounding movement in a seated position on a G-ball: Focusing on electromyographic activities of erector spinae

Satoshi Motoya¹⁾, Atsushi Itaya²⁾ and Takako Hiwa³⁾

Abstract

The aim of this study was to quantify the muscle activity patterns during bounding movement on a G-ball. Ten male university students, who were unskilled at the bounding movement on a G-ball, were participated in this study. The subjects were required to execute bounding movement in a seated position on a G-ball. Electromyogram (EMG) of erector spine muscle (ES) at L4, which is directly related to the postural control in the bounding movement, and acceleration at C7 were recorded. Difference between peak timing in bounding cycle of acceleration and ES EMG was examined with both mean of inter- and intra-subject. No significant difference between the inter-subject mean of the peak timings was detected. On the other hand, significant difference between the peak timing of acceleration and ES EMG was detected in intra-subject mean of five subjects, and two of the five showed the preceded EMG peak relative to that of the acceleration and the other showed delayed EMG peak. Therefore, in unskilled bounding movement on a G-ball, three patterns of ES activities were identified; preceded peak, delayed peak and simultaneous peak relative to that of acceleration. We concluded that the knowledge of the variety of ES activity pattern in unskilled bounding movement could be a key of appropriate coaching for novice in G-ball exercises.

Key words: G-ball, bounding movement in a seated position, erector spine, electromyogram

Gボール, 座位バウンド運動, 脊柱起立筋, 筋電図

I. 緒 言

Gボールは、もともとリハビリテーションや養護教材として利用されてきた。近年では、その利用・用途は広がり、全身的なストレッチングやバランス能力向上のための運動プログラムなど各種トレーニング用具としても利用されるようになった（ジャン, 2005；小谷, 2006；中尾, 2007）。また、学校体育においては、新たに改訂された小学校学習指導要領解説書に中学年の「体づくり運動」の用具を操作する運動の例として「Gボールに乗って、軽く弾んだり転がったりすること」（文部科学省, 2008）が示され、Gボールが体育実技授業のひとつの教具として初めて取り上げられる

こととなった。これらのことから、今後益々Gボールを用いた運動が幅広く普及され、それとともに適切な初心者指導が求められることが予想される。

Gボールを用いた運動プログラムを行う際、最も頻繁に行われるのが座位バウンド運動（図1）であり、運動実施者にとって魅力的で爽快感を味わうことができる運動として実施されている。座位バウンド運動は、近年の小中学生の姿勢悪化、いわゆる「背中ぐにゃ」（正木編, 1991）への対応策という観点から研究されてきた。長谷川ほか（2006）は、小学生を対象として、耳珠と背部最突出部の水平距離（Back-Ear Distance; BED）について10秒間の座位バウンド運動前後で比較した。その結果、BED値が運動後において

1) 筑波大学体育科学系
Institute of Health and Sport Science, University of Tsukuba

2) 筑波大学人間総合科学研究科
Doctoral Program in Physical Education, Health and Sport Science, University of Tsukuba

3) 駿河台大学
Surugadai University

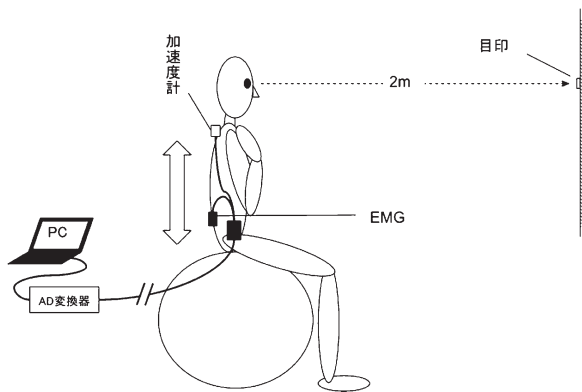


図1 実験設定

て有意に減少し、対象者の背筋における円背傾向を改善する即時的効果が示された。また、体育専攻の大学生と体育専攻以外の大学生を対象とした研究（本谷ほか, 2000, 2001）においても、同様の効果が報告されている。しかしながら、これらの研究は運動前後の動作分析を中心とした変容について言及するに留まっている。そのため、姿勢の変化に直接関係の深いと予想される体幹筋群の筋電図に着目した研究（長谷川ほか, 1994, 1999）が進められ、Gボールでの座位姿勢は通常の椅子での座位姿勢と比較して体幹筋群の活動量が増加することが示された。より最近ではGボール運動に習熟している小学生2名について、座位バウンド運動中の体幹筋群（胸部脊柱起立筋、腰部脊柱起立筋と腹直筋）の筋活動パターンについて検討がなされた（板谷ほか, 2007）。この研究ではバウンド周期に対応した筋の活動交替、すなわち、ボールへの落下時には胸部、バウンド最下点付近において腰部、上昇時には腹部の筋がそれぞれ顕著に活動することが報告された。さらに著者ほかは、腰部脊柱起立筋の活動タイミングに着目し、ボールからの反発力が最も強くなるバウンド最下点で腰部の筋活動がピークに達することを示した。

Gボール運動の初心者指導においては、用具の不安定性から、体幹を固めるよう促す指示がしばしば見受けられる。しかしながら、板谷ほか（2007）が示すように、座位バウンド運動では、常に体幹筋群を活動させて体幹を固めることよりもむしろ、要所でタイミングよく力を入れることが重要であると考えられる。したがって、初心者の筋活動タイミングの傾向が明らかになれば、指導者にとって有用な情報となりうる。

本研究は、初心者のGボールを用いた座位バウンド運動中の腰部脊柱起立筋の活動様相を検討し、Gボ

ール運動の指導上、有益な資料を得ることを目的とした。そのために、我々の提案する仮説は次の二つである。

- 1) 初心者においては、熟練者とは異なり、バウンド最下点と腰部脊柱起立筋の活動ピークは一致しない。
- 2) 10秒間の座位バウンド運動が座位姿勢を変化させることから、その間に筋活動様相の適応変化（加速度と筋活動のピークタイミングの一致など）が生じる。

II. 研究方法

1. 実験方法

1) 被験者

被験者はT大学の男子学生10名（年齢：21.8±1.4歳、身長：172.8±7.2cm、体重：70.0±9.6kg）であり、神経筋系の疾病や傷害はなかった。また、Gボールを用いた運動に関しては初心者であった。実験参加に際しては、ヘルシンキ宣言に準じて文書ならびに口頭による実験内容の説明を十分にした上で同意を得た。

2) 運動課題と実験設定

被験者は、Gボール（サイズ：φ75cm、Ledraplastic社製）に座り、座位バウンド運動を行った。バウンドは自己ペースで、やや強めのバウンドで、という指示のもとで行い、Gボールの空気圧は0.050barに設定した。被験者にはバウンド中は眼の高さ前方およそ2mにある目標を注視し、腕は指先で肩に軽く触れるように肘を屈曲するよう指示した（図1）。バウンドはおよそ30回実施させた。なお、座位バウンド運動の測定の前に最大随意収縮（MVC）の測定を実施した。MVC測定は、被験者に検査台上で伏臥位をとらせ、両手を頭の後ろで組ませ、胸郭全体が検査台から離れるまで持ち上げさせて行った。最大力発揮のために膝および肩を検者が押さえた。

3) データ収集

筋電図の記録は、Bagnoli-4 EMG System（Delsys社製）によって行った。筋電図は、第4腰椎レベルの脊柱起立筋（Erector Spine: ES）から、アクティブ表面電極（Delsys社製）を用いて導出した。動作と筋電図信号との同期のために、第7頸椎に三軸加速度計（MA3-04HD、マイクロストーン社製）を装着した。筋電図信号と上下方向のみの加速度信号は、A/D変換器（MICRO 1401 mkII、CED社製）によってサンプリング周波数1000Hzでデジタイズし、PCに保存した（図2）。データ収集には、データ収録ソフトウェアSpike2（CED社製）を用いた。

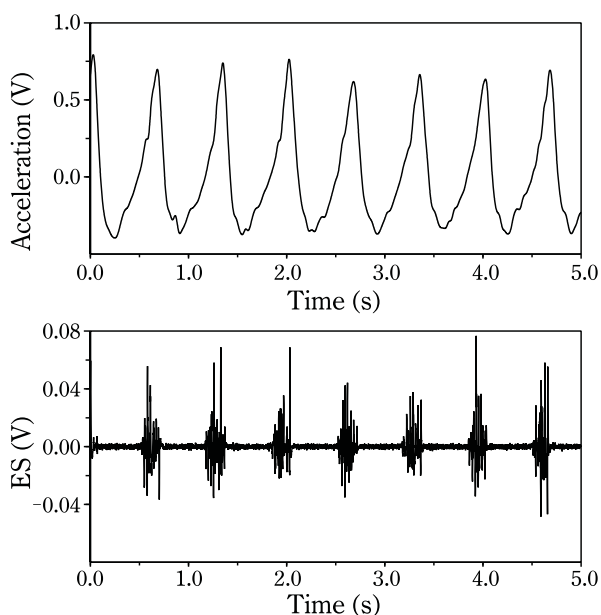


図2 バウンド中の加速度変化と脊柱起立筋 (ES) の EMG (代表例)

2. データ分析

筋電図信号は、通過周波数帯域 5-450Hz の 4-th order zero-lag band-pass Butterworth filter を用いてアーチファクトノイズを除去した後、全波整流した。また、加速度信号は、4-th order zero-lag low-pass Butterworth filter (20Hz) を用いて平滑化した。データ分析には Scilab (INRIA; フランス国立コンピュータ科学・制御研究所配布) のスクリプト言語を用いて自作したソフトウェアを用いた。

1) 筋活動量

分析の対象は、データ記録開始から 5 秒後に開始された一連のバウンド 20 周期分とした。ボールへの着地から次の着地までを 1 周期とし、加速度信号によって連続した 20 周期分を特定した。それぞれのバウンド周期に対応する筋電図について最大振幅 (PEAK)、二乗平均平方根 (Root-Mean-Square : RMS) を算出し、それぞれ最大随意収縮 (MVC) 時の値で除して規格化し、20 周期分を平均して筋活動量の測定値 (% MVC) とした。PEAK は瞬間的な最大筋活動量を示し、RMS は動作中の平均筋活動量を示す。

2) 筋活動様相

バウンド中の筋活動様相を検討するために、筋活動量と同様に 20 周期のバウンドのデータから、平均バウンド曲線を算出した。平均バウンド曲線は、それぞれのバウンド周期の開始を 0%、終了を 100% として規格化し、それに対応する加速度 (加速度曲線) と筋活動量 (EMG 曲線) を 20 周期分平均してプロットし

たものとした。平均バウンド曲線の算出には、遮断周波数 50Hz の 4-th order zero-lag low-pass Butterworth filter による包絡線データを、MVC 時の最大振幅で規格化して用いた。

バウンドのタイミングと筋活動タイミングについては、それぞれのバウンドにおける加速度ピーク時間 (% 周期) および筋活動ピーク時間 (% 周期) を検出した。後述するように、両ピーク時間間の差は、被験者個人内比較と全被験者での比較を行った。個人内での比較には 20 周期分のデータを用い、全被験者での比較には、各被験者の 20 周期の平均値を用いた。バウンド周期内の筋活動量の変化を定量化するためには、バウンド周期を加速度曲線から 4 局面に分け、局面毎に筋電図曲線下の面積を算出し、局面時間 (% 周期) で除して局面毎の平均活動量を計算し、それを 20 周期分平均した。4 局面は、沈みこみ局面 : 0% - 最大加速度, はね返り局面 : 最大加速度 - 加速度 0, 上昇局面 : 加速度 0 - 最小加速度, 落下局面 : 最小加速度 - 100% と定義した (図 3)。

3) 筋活動の適応様相

上記の分析をデータ記録 3 秒後および 13 秒後から 5 周期分について実施し、それぞれ適応前期および適応後期とした。

3. 統計解析

加速度ピークと筋活動ピークの時間に差があるかど

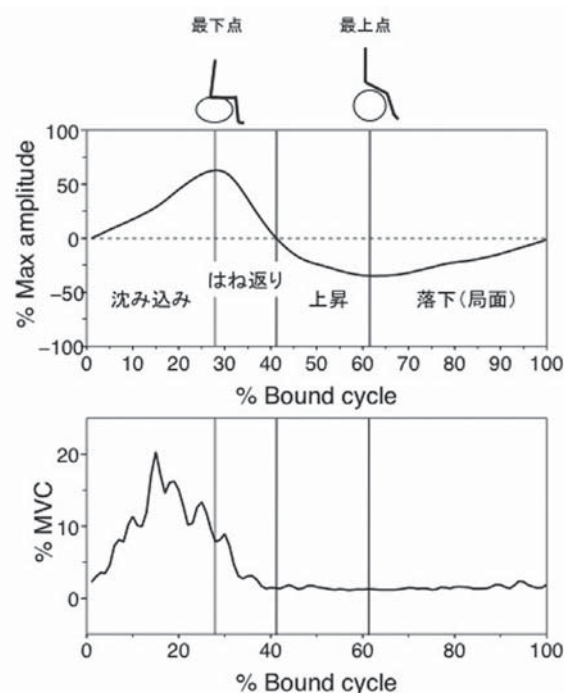


図3 平均バウンド曲線の代表例と局面分け

うか検討するために対応のある t 検定を行った。全被験者による検討には、各被験者のそれぞれのピークデータの平均値を用いた。個々の被験者内での検討には20周期分の加速度ピーク時間と筋活動ピーク時間について対応のある t 検定を行った。また、個々の被験者についてバウンド周期内の局面間における筋活動量の差を検定するために、反復測定分散分析（4局面）を行った。事後検定には Bonferroni の方法を用いた。局面毎の適応前期と適応後期の差を検討するために、各分析項目について対応のある t 検定を実施した。有意水準はすべて5%とした。論文中の結果は平均値±標準偏差で表記した。

Ⅲ. 結果

1. テンポ

全被験者におけるバウンドの1周期は、 $0.69 \pm 0.04s$ であった。これは87.3bpmに相当し、Gボール上で快適に弾むことができるバウンドテンポ (Anne, et al., 1999) とほぼ同等であった。

2. 筋活動量

バウンド中の脊柱起立筋の活動量は、ピーク値では $19.13 \pm 9.04\%MVC$ 、RMSでは $8.83 \pm 3.72\%MVC$ であった (図4)。

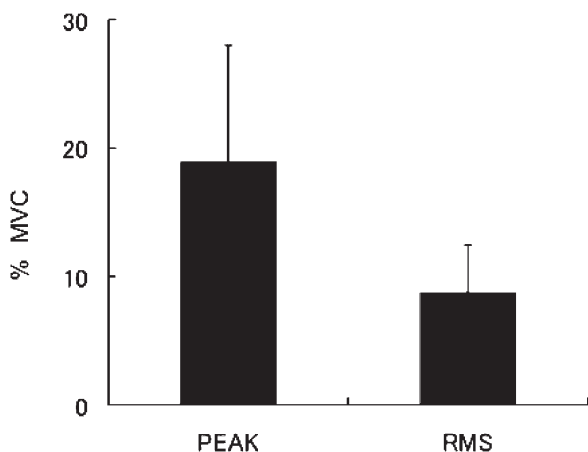


図4 バウンド中の脊柱起立筋活動量

PEAK: 最大振幅, RMS: 二乗平均平方根. エラーバーは標準偏差を示す。

3. 筋活動の様相

1) 加速度と筋活動のピーク時間

座位バウンド運動中の加速度ピークと筋活動ピークの全被験者平均は、それぞれ $26.84 \pm 1.67\%$ 周期、 $26.39 \pm 5.58\%$ 周期であった。 t 検定の結果、加速度と筋活

動のピーク時間に有意差は認められなかった (図5)。

各被験者を個別に検討した結果 (表1)、2名が加速度ピークよりも筋活動ピークが有意に先行し (パターンA)、3名が加速度ピークに有意に遅れて筋活動ピークが出現した (パターンB)。その他の5名については加速度ピークと筋活動ピークの時間に有意差は認められなかった (パターンC)。

2) バウンド周期内の局面別筋活動量

バウンド周期内の筋活動量には局面の主効果が認められ ($p = 0.001$)、事後検定の結果、沈み込み局面 ($5.39 \pm 2.91\%MVC$) と落下局面 ($1.70 \pm 0.51\%MVC$)、はね返り局面 ($5.90 \pm 3.05\%MVC$) と上昇 ($2.41 \pm 1.32\%MVC$) および落下局面との間に有意差が認められた (それぞれ、 $p = 0.011$, $p = 0.003$, $p = 0.008$) (図6)。

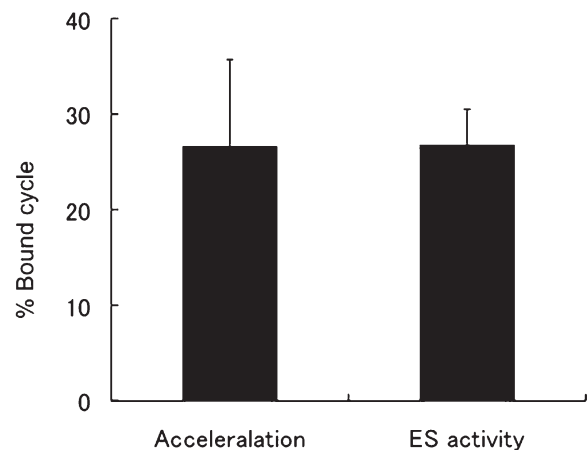


図5 バウンド中の加速度と筋活動のピーク時間
ES: 脊柱起立筋

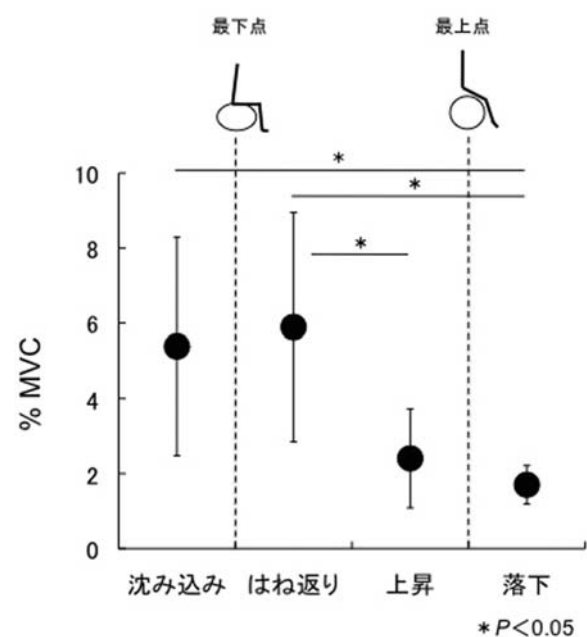


図6 バウンド周期内の局面別筋活動量

表1 各被験者の加速度ピーク時間, 脊柱起立筋活動ピーク時間とそのパターン分類

Sub. No.	加速度ピーク (%周期)	筋活動ピーク (%周期)	有意確率	パターン分類
1	27.17±2.75	33.50±9.26	* 0.0210	B
2	26.15±1.60	21.40±8.40	* 0.0270	A
3	27.95±1.10	17.65±12.47	* 0.0020	A
4	22.79±1.78	22.37±5.83	0.7240	C
5	26.35±1.95	29.20±8.31	0.1420	C
6	28.70±2.00	27.55±7.15	0.4660	C
7	27.90±2.10	23.45±17.44	0.2480	C
8	27.45±0.83	33.05±3.27	* 0.0000	B
9	26.10±1.37	31.95±3.44	* 0.0000	B
10	27.85±1.23	28.45±15.4	0.8610	C

* : 有意確率 < 0.05

3) バウンド中の筋活動の適応

バウンド中の筋活動の適応については, 筋活動量, 加速度や筋活動のピーク時間の差に関して, 適応前期(記録開始3秒後から5周期分)と適応後期(記録開始13秒後から5周期分)間に有意差は認められなかった。

IV. 考 察

本研究において観察された, 座位バウンド運動中の腰部脊柱起立筋の平均活動量(RMS)は9%MVC程度と, 歩行の5~7%MVC(McGillほか, 1996), 立位と片脚立位それぞれ11.1%MVCと10.2~15.8%MVC(鈴木ほか, 2009)と同等であった(図4)。バウンド周期内に見られる最大活動量(PEAK)は20%MVC程度で, Stevenほか(2002)によって同定された歩行中の三つの筋活動パターンのうち最も多くの被験者(18/36名)が該当したパターンにおいて観察された歩行周期内の活動ピークと同程度であった。つまりGボールを用いた座位バウンド運動は, 筋活動量を基準とすれば散歩程度の軽運動とすることができる。これは, 伏臥位でのバウンド運動で観察された結果(長谷川ほか, 1999)とは異なる。長谷川ほか(1999)は, 伏臥位でのバウンド運動時にはMVCの50%程度の活動ピークを記録したと報告している。伏臥位バウンドがボールの弾性力が体幹の屈曲方向に大きく作用し, ボール上での姿勢維持に大きな筋活動を要する高負荷の運動であるのに対して, 座位バウンド運動はボールから体幹に掛かる力は重力方向にほぼ等しく, ボール上で姿勢を維持しやすい軽負荷の運動で, Gボール運

動の初心者に適した運動といえよう。

バウンド周期内の筋活動ピーク時間(図5)は, 我々の仮説に反して全被験者での検討において加速度ピークと有意差は認められず, Gボール運動の習熟者を対象にした研究結果(板谷ほか, 2007)と同様とも解釈できる。しかし, 被験者を個別に検討すると, 筋活動ピークが加速度ピークに先行するもの(パターンA), 筋活動ピークが加速度ピークに遅れるもの(パターンB)と筋活動ピークと加速度ピークに差が無いもの(パターンC)の三パターンに分類することができた(図7)。

運動方程式($F=ma$)を基に考えれば加速度が最大となる時点では脊柱に加わるGボールの弾性力(上向きの力)が最大となる。同時に脊柱は, その上端にある比較的大きな質量を持つ頭部から下向きの慣性力を受ける。もしこれらの力が同一直線上にない場合, 脊柱への曲げモーメントと体幹への屈曲トルクを生じる。曲げモーメントや屈曲トルクが生じるとそれに対抗するための筋活動も生じると考えられる。これらをしてできるだけ小さくするためには, ボールからの弾性力を受ける時に, 座面の真上に頭部を維持すればよい。ところで, 座位バウンド運動は椅子からの起立と着座に類似している。椅子からの起立と着座動作では頭部は前後へ移動するとおり, 座位バウンド運動でも上昇時には前方へ, 下降時には後方へ頭部は移動すると考えられる。しかし, 椅子への着座動作のように体幹が前傾してしまうと上記のように大きな曲げモーメントや屈曲トルクを受けてしまう。したがって, 座位バウンドでは椅子への着座よりも体幹を伸展させてボールに降下する必要があると考えられる。本研究で観察され

たバウンドの沈み込み局面における高い脊柱起立筋活動 (図6) の機能的な意味は, 体幹を伸展位に保つことと考えられる。

ここで, 本研究で観察された脊柱起立筋活動のパターンを, それぞれ機能的に以下のようにまとめることが可能となる。パターンA: 主として曲げモーメントと屈曲トルクが小さくなるように予め体幹を伸展させる; パターンB: 主として発生した曲げモーメントと屈曲トルクに対抗して活動している; パターンC: 曲げモーメントと屈曲トルクに対抗するためにそのピークにタイミングを合わせて活動している。板谷ほか (2009) によって報告された, 日常的にGボール運動を行っている熟練者の腰部脊柱起立筋の活動様相は, パターンCに相当する。ただし, 加速度と筋活動のピーク時間に統計的に差がないというだけで, 本研究で観察された初心者の結果と, 板谷ほかの熟練者の結果が機能的に等しいと明言することはできない。板谷ほかは, 腰部脊柱起立筋に先行して活動する胸部脊柱起立筋が衝撃に備えるために姿勢を整え, 腰部脊柱起立筋が衝撃と反動に対抗するためにそれらのピークに合わせて活動する明瞭な機能分化を指摘している。しかし, 本研究における腰部脊柱起立筋の機能は, パターンAでは姿勢を整え (先行研究では胸部脊柱起立筋の機能), パターンBでは発生した曲げモーメントに対して事後的に耐えることと考えられ, 被験者間で一貫していたとは言えない。筋機能の一貫性の欠如を示す本研究の結果は, 初心者の体幹筋活動が未分化であることを示している可能性は否定できない。

長谷川ほか (2006) は10秒間の座位バウンド運動が

小学生の座位姿勢を変化させることを示した。我々は, 本研究において座位バウンド運動中の筋活動様相の適応変化を捉えることが出来れば, 長谷川ほか (2006) が示した姿勢変化のメカニズムの一端を知る契機となると考えた。しかし, 本研究では, 筋活動様相に適応変化を観察することはできず, 我々の仮説は否定された。この原因として, 本研究では, そのテンポの結果が示すように, 安定したバウンドを分析対象としていることが挙げられる。つまり, Gボールを用いた座位バウンド運動での姿勢変化はごく短時間で生じ, 安定したバウンドが可能となった時点で初期の適応は完成していた可能性がある。実際, 長谷川ほか (2006) はGボール運動未経験の小学生の10秒間のバウンド運動の全てを分析対象とし, バウンド運動中の姿勢変化を捉えることに成功した。今後, 初期の不安定なバウンド運動を分析対象とすることで筋活動の適応変化を捉えることが可能になると考えられる。

前述のように, 本研究の結果から, 初心者の座位バウンド運動中の腰部脊柱起立筋活動様相は三パターンに分類することができた (図7)。筋活動タイミングの調節という観点で初心者指導の目的を捉えると, 加速度ピークに筋活動ピークを合わせることになる。確かに, 筋活動を指導場面で直接観察することは不可能に近い。しかし, 動作特徴から筋活動様相を予測することは可能と考える。例えば, 初心者には頭がグラグラすると訴える者があるが, このような訴えは比較的大きな脊柱への曲げモーメントや体幹への屈曲トルクの発生を示唆することから, 脊柱起立筋の活動様相はパターンBを示す可能性が高いと考えられる。

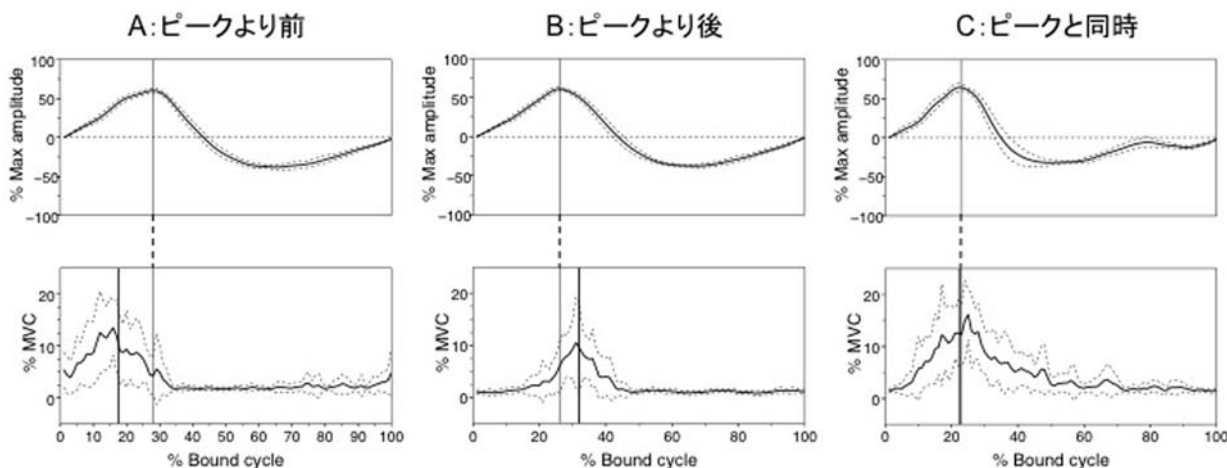


図7 加速度ピーク時間と筋活動ピーク時間の関係性の分類とその代表例

上段: 加速度の平均曲線。下段: 筋活動の平均曲線。図中の細線は平均加速度ピーク時間, 下段の太線は平均筋活動ピーク時間。点線の曲線は各曲線の標準偏差を示す。

このような者にはパターンAへ移行させるような指導が効果的になると考えられる。そのような指導として、ボールに落ちる直前に脊柱起立筋に意識を向けさせるように腰に手を当てることなどが考えられる。また、ボールの上で潰れる感じで気持ちよく跳ね上がらない場合には、跳ね返り方向の調節に失敗していることが原因のひとつとして考えられる。これには跳ね返り局面での筋活動が比較的少ないパターンAやパターンCでも筋活動ピークにバラツキが大きい場合が該当すると考えられる。このような場合にはボールに座った状態で補助者に上から肩を押してもらい受動的な小さなバウンド運動を行わせ、体幹姿勢とバウンド方向が安定する脊柱起立筋の活動タイミングを確認させることが有効になると考える。

本研究では被験筋を腰部脊柱起立筋のみとした。バウンド周期の中で最もボールから受ける反動が大きい、つまりバウンド運動の特性が最も明瞭に現れるバウンド最下点との時間的関係性を最も評価しやすい筋だからである。実際、我々は初心者の方の脊柱起立筋活動タイミングの三パターンを同定することに成功した。しかしながら、筋活動の機能的な意味、つまり運動実践者の動きとの関係性を正確に知るためには、他の体幹筋群も合わせて検討する必要があるだろうし、それと同時に、定量的な運動学的データを収集する必要がある。ただし、本研究で収集した加速度データはバウンド周期を特定する目的でのみ用いたため、加速度センサーの軸方向の設定等、実験方法上、改良すべき点もあることから、詳細な定量的分析は今後の課題とする。

本研究では座位バウンド運動への初期の適応変化を捉えることができず、座位バウンド運動による姿勢変化のメカニズムについての示唆を得ることができなかった。同時に、本研究で同定された三つのパターンは初期の適応が完了した段階でのものであると考えられる。これらのパターンは、Gボール運動を継続していくことで熟練者の様なパターンに収斂するのか、それともこれらのパターンは維持されるものなのかは依然として不明である。このため、今後は、Gボールに初めて触れるところから熟練者に到るまでの過程を追う縦断的研究が行われる必要性があると考えられる。

V. 結 言

本研究の目的は、初心者の方のGボールを用いた座位バウンド運動中の腰部脊柱起立筋の筋活動パターンを定

量化し、Gボール運動の指導上、有意な資料を得ることを目的とした。Gボールのバウンド運動に未習熟の男子大学生10名が本研究に参加した。被験者はGボールを用いた座位バウンド運動をおおよそ3回行った。バウンド運動中の姿勢制御に直接関係がある第4腰椎の脊柱起立筋(ES)の筋電図(EMG)および第7頸椎の加速度が記録された。バウンド周期内の加速度とESのEMGピーク時間の差は、全被験者と被験者内平均の両方を用いて検討された。全被験者平均では両ピーク時間間に有意差は認められなかった。一方、5名の被験者内平均において加速度とEMGのピーク時間に有意差が認められ、そのうちの2名では、EMGピークが加速度ピークに先行し、その他の者ではEMGピークは遅れた。したがって、Gボールを用いた座位バウンド運動におけるES活動には三つのパターン；加速度ピークに対して、先行ピーク、遅延ピークおよび同時ピーク、が同定された。我々は、未習熟なバウンド運動のES活動パターンの多様性についての知識は、Gボール運動における初心者への適切なコーチングの鍵となりうると結論した。

参考・引用文献

- Anne, et al. (1999) Kids on the ball. Human Kinetics, 68.
 Colleen. (2001) Pilates in the ball. Healing Arts Press.
 C.W.トンプソンほか (2005) 身体運動の機能解剖. 医道の日本社, 215.
 藤瀬佳香・春山国広・長谷川聖修・本谷 聡 (2001) Gボールを使用した体づくり運動の教材に関する研究. スポーツ方法学研究, 14: 213-220.
 深瀬吉邦・本谷 聡 (2001) おとなのためのGボール運動遊び. ギムニク.
 長谷川聖修・大塚 隆・川端昭夫 (1994) 姿勢教育の関する方法論的一考察—Sityballにおける座位姿勢の効果に着目して—. 筑波大学運動学研究, 10: 81-86.
 長谷川聖修・春山国広・宮下 節・大山下圭悟・大塚 隆・本谷聡 (1999) 体操ボールを用いた体幹筋の運動プログラム試案. 筑波大学運動学研究, 15: 17-29.
 長谷川聖修・高松 薫・本谷 聡・藤瀬佳香・栗野まゆ子 (2001) 体ほぐし. 体力向上および姿勢改善からみたGボール運動の効果. 体育科学, 30: 102-114.
 長谷川聖修・本谷 聡・池田陽介・鞠下佳香・柳下浩一郎・板谷 厚・檜皮貴子 (2006) Gボールを用いた児童の姿勢づくりの試み—座位バウンド運動による即時的効果に着目して—. スポーツコーチング研究, 5-1: 13-21.
 Horst, Simone. (1993) Fit-Ball-Training. Ledraplastic Spa.
 板谷 厚・沖田祐蔵・檜皮貴子・長谷川聖修 (2007) 小学生におけるGボールを用いた座位バウンド運動中の体幹筋群の筋電図：習熟された座位バウンド運動の事例から. 日本スポーツ方法学会, 21(1): 55-58.

- ジャン・エンダコット (2005) 身体の芯から生まれ変わるフィットボール. ネコ・パブリッシング.
- ジョセフE.D. (2005) 動きでわかる解剖と機能. 医道の日本社.
- 小谷さおり監修 (2006) 身体スッキリボールエクササイズ. ギムニク.
- Marcks. (1993) Using the PhysioRoll for the facilitation of the motor skill. *Pediatr Phys Ther* (Fall), 154-155.
- 正木健雄編 (1991) 子どものからだは舐まれている. 柏樹社.
- 正木健雄 (1995) 児童の“からだのおかしさ” —学校での実感で見つかったからだの変化—. 日本体育学会第46回大会大会号, 112.
- McGill, Juker, Kropf. (1996) Quantitative intramuscular myoelectric activity of quadratus lumborum during a wide variety of tasks. *Clin Biomech*, 11:170-172.
- 文部科学省 (2008) 小学校学習指導要領解説 体育編. 東洋館出版社, 42.
- 文部科学省 (2008) 中学校学習指導要領解説 保健体育編. 東山書房.
- 本谷 聡・長谷川聖修・春山国広 (2000) 体操ボールの効果に関する研究. *スポーツ方法学研究*, 13:185-196.
- 本谷 聡・藤瀬佳香・長谷川聖修 (2001) 体づくり運動における姿勢改善プログラムについて—Gボールによる弾性運動とそのテンポに着目して—. *スポーツ方法学研究*, 14:131-141.
- 中尾和子監修 (2007) キレイになる! バランスボール入門. ナツメ社.
- 日本ホリスティックコンディショニング協会監修 (2005) FNC バランスコンディショニング. スキージャーナル.
- 大塚 隆 (1997) Cityball (大ボール) 着座の効果について. *体育方法研究報告第2号*, 27-31.
- Schweizerischer Verband für Sport in der Schule. (1992) CITYEN ALS BELASTUNG. Verlag SVSS.
- Steven, Peter. (2002) Abdominal and erector spinae muscle activity during gait: the use of cluster analysis to identify patterns of activity. *Clinical Biomechanics*, 17:177-184.
- 鈴木 哲・平田淳也・栗木鮎美・富山 農・植田一輝・小田佳奈枝・高橋正弘・渡辺 進 (2009) 片脚立位時の体幹筋活動と重心動揺との関係. *理学療法科学*, 24:103-107.
- 高橋 彬 (1989) 人体解剖学第2版. てらべいあ.
- Vera-Garcia, Grenier, McGill. (2000) Abdominal muscle response during curl-ups on both stable and labile surfaces. *Physical Therapy*, 80 (6): 564-569.

平成22年1月14日受付
平成22年10月9日受理