

研究資料

静的及び動的荷重による各種大型ボールの変形と 使用感の比較

Comparison of deformation and inner reflection by using various Large-sized balls for static and dynamic weight

高橋 靖彦⁽¹⁾・鈴木 王香⁽²⁾・田村 元延⁽³⁾・
本谷 聡⁽⁴⁾・小島 瑞貴⁽⁵⁾・古屋 朝映子⁽⁶⁾
Yasuhiko Takahashi, Ohka Suzuki, Motonobu Tamura,
Satoshi Motoya, Mizuki Kojima, Saeko Furuya

Abstract

The purpose of this study was to obtain basic knowledge which was necessary for the coaching on the exercise using a Large-sized ball through the following two tasks.

- 1) The deformation of each a Large-sized ball was measured and compared when an adult man performed static and dynamic exercise tasks on 7 kinds of a Large-sized balls.
- 2) By using the characteristic a Large-sized balls that exhibited the largest and the smallest deformation, 10 adults performed the same exercise tasks on them; their inner reflection was compared.

The result of the investigation was as follows.

The deformation rate of each a Large-sized ball when static-weight exercise tasks were performed on it was different according to its kind. The smallest deformation rate was 10.5% and the largest deformation rate was 23.5%. In the case of the a Large-sized ball that exhibited the largest deformation rate, the part which touched the body of the performer sank and the position of the center of gravity of the performer was low, which tended to make it easier to perform the task.

On the other hand, the deformation rate of each a Large-sized ball when dynamic-weight exercise tasks were performed on it was also different according to its kind. The smallest deformation rate was 16.4% and the largest deformation rate was 28.8%.

70% of the subjects (7 persons) replied that they could perform the tasks "comfortably" on the a Large-sized ball which exhibited the smallest deformation rate, which showed the tendency that the material characteristics of elasticity of the ball could be utilized preferably.

Keywords: a Large-sized ball, deformation rate, static weight, dynamic weight, material characteristics

(1) NPO 法人アクティブつくば Active Tsukuba of Non Profit Organization

(2) 國學院大學人間開発学部 Faculty of Human Development, Kokugakuin University

(3) 常葉大学短期大学部 Tokoha University Junior College

(4) 筑波大学 University of Tsukuba

(5) 筑波大学大学院人間総合科学研究科 Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba

(6) 川村学園女子大学 Kawamura Gakuen Woman's University

I. 緒言

1960年代から、大型ボールは障がい者の理学療法やリハビリテーションに用いられてきた。それらに加え、近年では健康づくりのためのフィットネスやトレーニングの用具として利用されるようになってきている。また、平成23年度から施行されている小学校学習指導要領解説体育編における「用具を操作する運動例」の教具として、大型ボールは「Gボール」として例示されている。このように、活用される場面の増えている大型ボールを用いた運動による効果について、長谷川ら（2006）は、大型ボール上で座位バウンド運動を行なうと、児童の姿勢が即時的に改善するという傾向を示した。また、鞠子ら（2012）は、大型ボール上で運動を行なった後に、大学生の快適度や覚醒度が高まる心理的な影響を報告している。

こうした大型ボールに関する研究では、主に高反発の種類のもものが使用されてきたが、市販されている大型ボールは様々な種類が存在している。大型ボールの種類によって荷重の影響が異なると予測されることから、本研究では、静的及び動的荷重による各種大型ボールの変形に着目した。

各々の大型ボールには、過度な荷重によって破裂することを防ぐため、耐荷重が設定されている。大型ボールの説明書に記載されている「耐荷重」は、大型ボールに水平な平板を用いて加えられる圧力の限度を意味する場合と、使用者の体重の上限を示す場合がある。実際に、大型ボールに人が乗って使用する際は、こうした「耐荷重」を配慮して、強度に相応しい運動課題の選択や体重による利用者の制限などを行い、安全に実施することが求められている。しかしながら、これまでの研究では、限られた種類の大型ボールが取り上げられ、種類の異なる大型ボールにおける荷重変形の様態については、比較検討がなされてこなかった。大型ボール上での基本的な運動課題において、大型ボールの種類によりその変形にどのような違いがあるのか、また、内省にどのような影響を与えるのかを知ることは、各種大型ボールを指導する上で重要な観点と思われる。

そこで本研究では、次の2つの課題を通じて、大型ボール上での運動指導における基礎的な

知見を得ることを目的とした。

- 1) 成人男子1名が7種類の大型ボールにおいて、静的及び動的運動課題を実施した際の各大型ボールの変形を計測して、比較する。
- 2) その変形が最大と最小の特徴的な2種類の大型ボールを用い、成人10名が同様の課題を実施した際の内省を比較する。

II. 方法

1. 研究課題1：各種大型ボールの変形について

(1) 調査日

平成24年6月3日

(2) 調査場所

T大学 B109

(3) 実施者

成人男子1名（年齢27歳、身長178cm、体重73kg）

(4) 調査に用いた大型ボール

市販されている、無荷重時の最大直径の規定が65cmの大型ボールを7種類選定した。表1に、各種大型ボールの材質、耐荷重、重量を示した。調査の際は、規定されている最大直径の範囲内で使用するため、全ての大型ボールの直径が55cmになるように統一した(図1)。また、いずれの大型ボールにおいても、座位時の腰角度は、中尾（2006）が述べているように90度から110度の範囲だった(図2)。

(5) 運動課題

- ① 静的荷重課題（両手両膝バランス）：7種類の大型ボールを用いて、各々のボール上に両手をつけた同様の正座姿勢を10秒間保持する(図3)。

表1 各大型ボールの重量、材質、耐荷重

種類	重量	材質	耐荷重
A	1.43kg	塩化ビニール	300kg
B	1.40kg	塩化ビニール	300kg
C	1.38kg	塩化ビニール	300kg
D	1.22kg	ソフト塩化ビニール	300kg
E	1.19kg	塩化ビニール	300kg
F	1.04kg	塩化ビニール	80kg
G	1.03kg	塩化ビニール	300kg

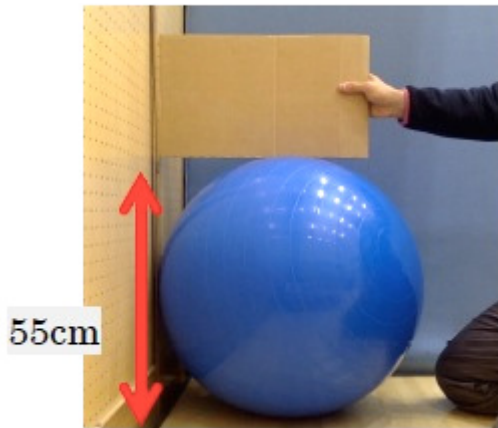


図1 直径計測の様子

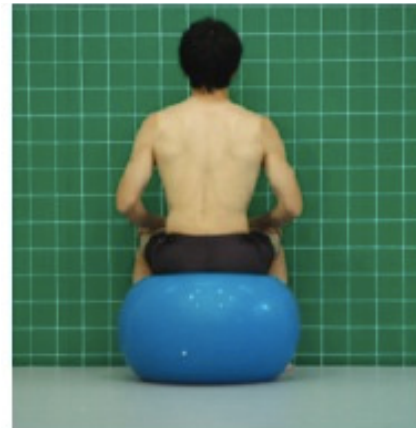


図4 動的荷重課題（座位バウンド）の様子

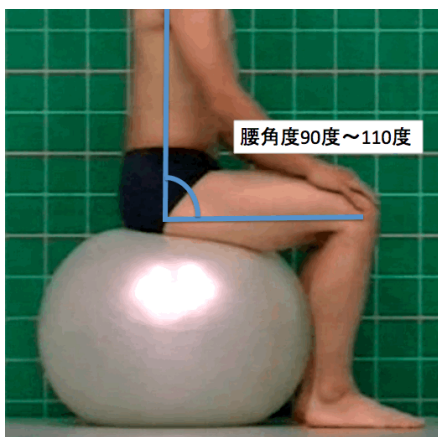
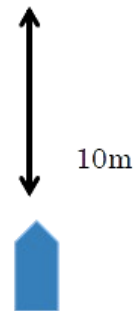


図2 座位時の側面姿勢

認するため、側方から撮影した。一方、動的荷重課題は、大型ボールと被験者の身体が重ならず観察しやすい後方から撮影した。撮影にはデジタルビデオカメラ（SONY社製HDR-CX370）を用い、レンズ高は50cm、被写体との距離は10mに設定した（図5）。



図3 静的荷重課題（両手両膝バランス）の様子



デジタルビデオカメラ
SONY社製HDR-CX370
(レンズ高50cm)

図5 測定方法

- ② 動的荷重課題（座位バウンド）：7種類の大型ボールを用いて、両手を膝につけ、上体を垂直にした座位姿勢で一定のリズムで10回バウンドする（図4）。

(6) 測定方法

静的荷重課題は、大型ボールの変形状態を確

(7) 計測方法

球体の変形する程度は、短直径と長直径により算出される扁平率を用いることが一般的である（図6）。しかし、本実験の大型ボールの変形においては、大型ボールと身体接触部が沈み込むことで部分的な変形が生じていることから、短直径を特定して正確に計測する事は難しいと考えた。

そこで、本研究においては正確に実測できる長直径（以後、これを幅長とする）のみを用いた。無荷重時の直径（図7）を基準として、運

$$\text{扁平率} = \{1 - (\text{短直径} / \text{長直径})\} \times 100 \quad (\text{単位は}\%)$$



図6 扁平率算出に用いる短直径及び長直径

動課題中における最大荷重時の幅長（図8）の比率を変形率とし，以下の式で算出した。

$$\text{変形率} = \{1 - (\text{無荷重時直径} / \text{最大荷重時幅長})\} \times 100 \quad (\text{単位は}\%)$$

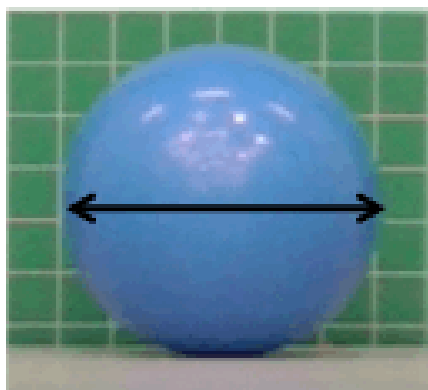


図7 無荷重時直径

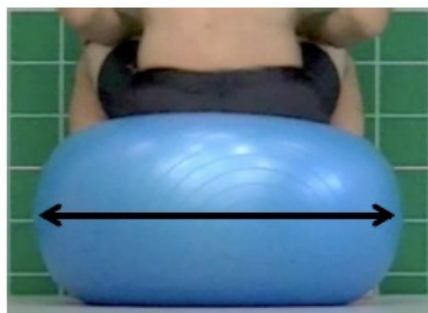


図8 最大荷重時幅長

- ① 静的荷重課題（両手両膝バランス）では，安定して姿勢を保持している局面を抽出し，変形率を算出した。
- ② 動的荷重課題（座位バウンド）では，動作リズムが安定した6～10回目の動作を計測対象とした。バウンド動作時における，腰部の最下局面を抽出し，5回の平均値を変形率として算出した。

2. 研究課題2：大型ボールの使用感についての内省調査

- (1) 調査日時
平成24年6月21日～6月25日
- (2) 場所
T大学 A414
- (3) 被験者
体育専攻の大学生10名（表2）

表2 研究課題2における被験者

	年齢	性別	身長	体重
①	27	男	175cm	62kg
②	24	男	169cm	60kg
③	23	女	165cm	57kg
④	23	女	170cm	60kg
⑤	22	男	175cm	67kg
⑥	22	男	170cm	75kg
⑦	22	男	166cm	58kg
⑧	22	女	165cm	55kg
⑨	22	女	160cm	52kg
⑩	21	女	168cm	58kg

(4) 調査に用いた大型ボール

使用感の特徴的な差を明らかにするため，研究課題1において使用した7種類の大型ボールの中で，変形率が最大値の大型ボールと最小値の大型ボールを用いた。

(5) 運動課題

研究課題1と同様に，静的荷重課題（両手両膝バランス）と動的荷重課題（座位バウンド）を実施させた。

(6) 調査内容

運動課題を実施した各大型ボールについて，以下の2つの項目をインタビュー調査した。

- ① 静的荷重課題において，「どちらの大型

ボールが課題を実施しやすかったか」の選択と、各大型ボールの使用感について。

- ② 動的荷重課題において、「どちらの大型ボールが心地良く弾めたか」の選択と、各大型ボールの使用感について。

Ⅲ. 結果及び考察

1. 研究課題 1：各種大型ボールの変形

- (1) 静的荷重課題（両手両膝バランス）における変形率

図9は、静的荷重課題における、各種大型ボールの変形率を小さい順に並べて示したものである。

この図から、両手両膝バランスによって同じ荷重をしたにも関わらず、7種類の大型ボールの変形率はそれぞれ異なっていたことが認められた。つまり、大型ボールの種類によって変形率に個体差のある傾向が明らかになった。中でも、最小値を示したC（幅長66.6cm：変形率10.5%）と最大値を示したF（幅長80.9cm：変形率23.5%）では、変形率に13ポイントの違いがあった。

さらに、変形率だけではなく、大型ボールの種類によっては変形の仕方にも顕著な特徴が認められた。具体的には、変形率が最小であったC（図10）と変形率が最大であったF（図11）を比較すると、Fは単に幅長が増加しただけではなく、荷重された大型ボール上部と両手や両膝等の身体接触部において部分的な変形が生じる傾向が見られた。

- (2) 動的荷重課題（座位バウンド）における変形率

図12は、動的荷重課題における、各種大型

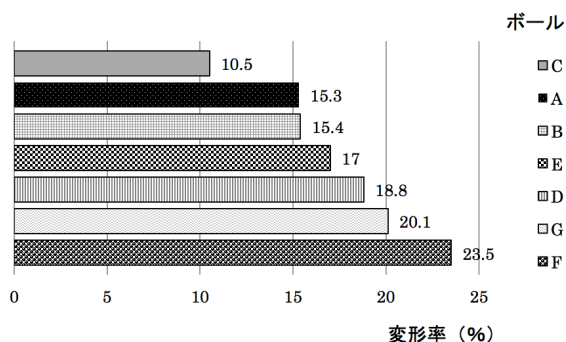


図9 静的荷重課題（両手両膝バランス）における変形率

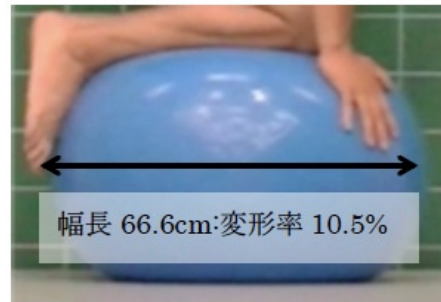


図10 静的荷重課題におけるCの変形

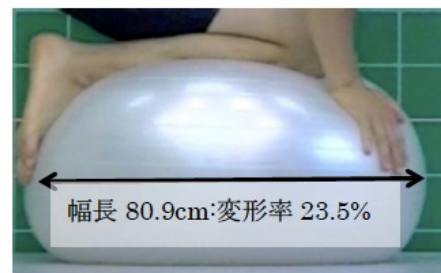


図11 静的荷重課題におけるFの変形

ボールの変形率を小さい順に並べて示したものである。この図から、座位バウンドのように大型ボールに垂直方向に荷重した際も、7種類の大型ボールの変形率はそれぞれ異なっていることが認められた。また、動的荷重課題における各種大型ボールの変形率の順番は、静的荷重課題とほぼ同様の傾向であった。その中で、最小値を示したC（幅長73.1cm：変形率16.4%）と最大値を示したF（幅長86.6cm：変形率28.8%）では、変形率の差が12.4ポイントであった。これは、静的荷重課題のCとFの変形率の差（13ポイント）とほぼ同じ値であった。動的荷重課題における大型ボール上への最大荷重は静的荷重に比して大きいことから、Fではより高い変形率を示し、両課題における変形率の差は大きくなると考えられた。

しかしながら、両者のポイントの差が同程度になった理由は、動的荷重課題におけるCとFの変形の仕方に違いがあったことが推察される。具体的には座位バウンドの最下局面を比較すると、C（図13）の場合、球形を保ちつつ均等に変形しているが、F（図14）の場合、被験者の臀部接触部のみが部分的に沈み込んでいる。そのため、FはCに比べると荷重による幅長への影響が減少したことが推察される。

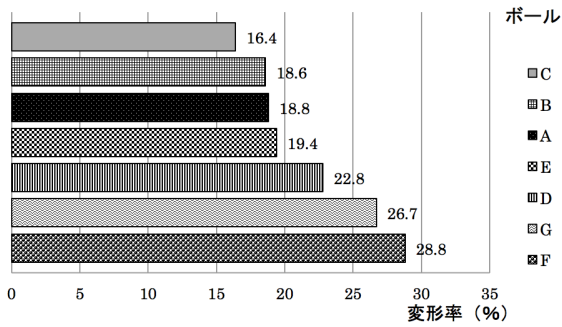


図 12 動的荷重課題（座位バウンド）における変形率

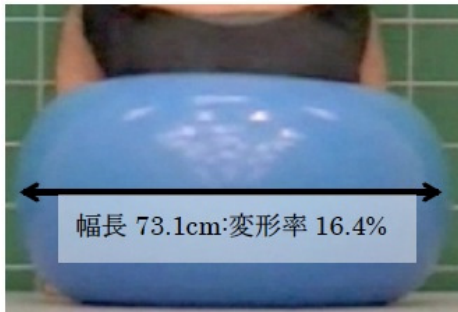


図 13 動的荷重課題における C の変形

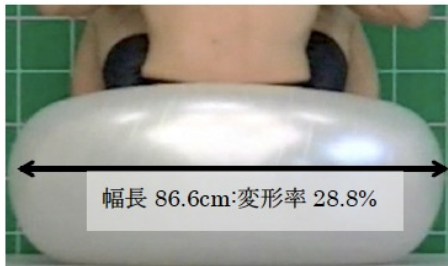


図 14 動的荷重課題における F の変形

2. 研究課題 2：大型ボールの使用感についての内省調査

研究課題 1 において使用した 7 種類の大型ボールの中から、変形率が最大値の大型ボールと最小値の大型ボールを使用し、成人 10 名が静的及び動的運動課題を実施した際の内省を比較した。

(1) 静的過重課題（両手両膝バランス）について

図 15 は、10 名の被験者が静的荷重課題にお

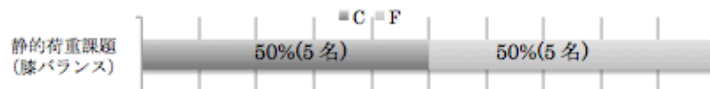


図 15 静的荷重課題を実施しやすい大型ボールについての全体比

いて実施しやすい大型ボールとして選んだ回答の全体比である。この図から、変形率が最小であった C と最大であった F は、各 50% (5 名) で半数ずつ占めていたことが分かる。

C のような変形率の低い大型ボールを用いた際には、大型ボールと床との接地面積が小さく、重心高は高くなる。つまり、あまり変形しない大型ボールでは支持基底面が狭くなり、加えて被験者の重心位置も高くなることから、大型ボール上でバランスを取るのは難しい課題になると考える。このことは、中尾 (2006) が「床との接地面積が小さいほど上級者向け」と述べていることから裏付けられる。しかし、膝と手でバランスを保つには、能動的に大型ボールをコントロールする必要がある。実際に C の使用感について「C は力が伝わりやすい」といった自由回答が得られたことから、このような操作性という点においては、変形率の低い C の方が優れていると考える。

一方、F のような変形率の高い大型ボールを用いた際には、大型ボールと床との接地面積が大きくなるため安定性が増し、重心高も低くなると考えられる。実際の使用感についても、「Fの方が柔らかいのであまり揺れない」という自由回答があった。しかし、その反面、「Fは身体がボールにめり込んでしまう」という自由回答があり、大型ボールが変形しやすいために操作性を低下させることが推察された。

このように、両手両膝バランスの実施し易さは、大型ボールの変形率により生じる重心高と操作性の違いによって、個人差が生じる傾向が明らかになった。

(2) 動的荷重課題（座位バウンド）について

図 16 は、10 名の被験者が動的荷重課題において心地良く弾める大型ボールとして選んだ回答の全体比である。変形率が最小であった C を選択した者が 70% (7 名)、変形率が最大であった F を選択した者が 30% (3 名) であった。両者を比較すると、変形率の低い大型ボールの方が、動的荷重課題（座位バウンド）において心地良く弾める傾向が認められた。

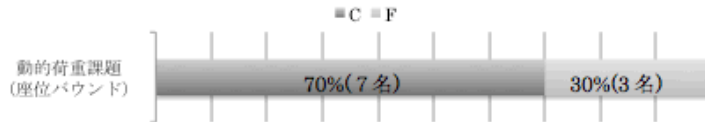


図 16 動的荷重課題において心地良く弾める大型ボールについての全体比

動的荷重課題としての座位バウンドでは、大型ボールの持つ弾性を効率良く利用することが求められる。そのためには、大型ボールには一定の反発力が必要となる。本研究では、大型ボールの反発力そのものを計測していないものの、荷重による変形が少ない大型ボールの方が、高い反発力を有すると推察できる。つまり、変形率の低い大型ボールの方が、その反発力を利用してバウンド動作を実施できたと考える。実際に C の使用感について、「反発を利用できる」、「Cの方が姿勢維持をしやすい」、「Cの方が身体の軸がわかる」といった自由回答が得られ、バウンド動作の効率だけでなく、操作性にも優れていることから、身体の姿勢や軸を意識しやすかったことが示唆された。

一方で、変形率の高い大型ボール F においては、身体の大型ボールへの顕著な沈み込みが認められた。このことから、変形率が高い場合、変形した大型ボールが元の形状に戻る性質、すなわち弾性が少ないと推測される。そのため、座位バウンド実施には、大型ボールの弾性が十分に利用できず、下肢の筋力使っていた可能性がある。このことは、F に対する使用感について「力を使う」、「負荷がある」といった自由回答からも裏付けられ、心地良く実施できなかった要因だと考えられた。しかし、3名が F の方が心地良く弾めると回答した。その理由として、「似たようなボールを使用した事があるから」を挙げていた。このように、これまでの大型ボールの使用経験も影響しており、心地良く弾むことについても個人差があることが明らかになった。

IV. 結論

本研究の結果は、以下の通りである。

研究課題 1：各種大型ボールの変形について

- 1) 静的荷重課題における各種大型ボールの変形率は種類によって異なり、最小変形率 (10.5%)、最大変形率 (23.5%) で、変形

率に 13 ポイントの差があることが認められた。

- 2) 動的荷重課題における各種大型ボールの変形率は種類によって異なり、最小変形率 (16.4%)、最大変形率 (28.8%) で変形率に 12.4 ポイントの差があることが認められた。
- 3) 静的荷重課題及び動的荷重課題において、変形率の低い大型ボールに比べ、変形率の高い大型ボールでは、幅長の増加だけではなく身体接触部に部分的な変形が生じる傾向が認められた。

研究課題 2：大型ボールの使用感についての内省調査

- 1) 静的荷重課題である両手両膝バランスの実施し易さに関する内省調査では、変形率が最大値の大型ボールと最小値の大型ボールを選択した者が半数の 5 名ずつであった。
- 2) 動的荷重課題である座位バウンドにおいて、70% (7 名) が心地良く弾める大型ボールとして変形率の低い大型ボールを選択し、30% (3 名) は、変形率の高い大型ボールを選択した。

以上の結果から、実際の指導場面では、種類によって大型ボールの変形率が大きく異なることを十分に配慮して指導することの重要性が示唆された。

具体的には、変形率の高いボールは、荷重によって負荷が掛かると幅長が増大し、実施者の重心位置は下がる傾向があることから、初心者等が静的なバランス運動を実施するには安全面から適していると考えられる。また、身体が大型ボールに沈み込むことによってバランスの安定度は増すと考えられる。その反面、大型ボールと接触する身体部位は固定されて、部分的な負荷が高まることも予想された。こうした異なる特性から、変形率の高いボールでは、静的荷重課題に対する内省調査で、「実施し易さ」の回答が 50% を示したと推察された。

一方、変形率の低い大型ボールでは、荷重による負荷に対して幅長の変化が小さく、比較的均等に変化することから、実施者の重心は高くなる。このことから、バランスやストレッチなど静的な運動課題を実施する際は、落下への配慮が必要と思われる。但し、形状が均一に変化することから、操作性と言う点では優れていると考えられる。また、変形の少ない大型ボールは、反発力を利用し易いことが推測されたことから、動的荷重課題に対する内省調査で、「実施し易さ」の回答が70%を占める要因になったと考える。これに関連した先行研究として、本谷ら(2001)が体育専攻学生110名を対象に、内圧の異なる大型ボール上で本研究と同様の座位バウンドを行なった際の内省調査において、「最も心地良く実施できる」大型ボールとして、標準圧で77.1% (85名)、低圧で、9.1% (10名)、高圧で13.8% (15名)であることを示した。先行研究の内圧と本研究で取り上げた幅長による変形率は異なる指標ではある。だが、内圧が低い大型ボールは弾性が低くなり、荷重によって変形しやすいと考えられるため、両者の関係性は高いことが予想される。このことから、本研究の結果は、先行研究と同様の傾向が示された。

また、動的荷重による運動で、変形率の高い大型ボールを使用することは、実施者の内省で「力を使う」、「負荷がある」と感じている。特に、顕著に変形率が高い場合は、大型ボールの特性が生かされないだけでなく、荷重による負荷の増大が大型ボールの大きな変形を招き破裂する危険性も予想される。こうした安全面から、変形率の高い大型ボールを動的荷重課題に用いて指導する際は、運動課題の選択に十分な配慮が必要であると考えられる。

V. 今後の課題

本研究で扱えなかった以下の観点が今後の課題として考えられる。

- ・各種大型ボールで運動課題を実施した際の身体的負荷の比較
- ・他の運動課題を実施した際の各種大型ボールの変形について比較
- ・荷重課題を長期間実施することが、大型ボールの変形に与える影響について

VI. 文献

- Anne Spalding, Linda Kelly, Joanne Posner-Mayer, Janet E. Santopietro, 長谷川聖修監訳(2000), Kids on the ball: 乗ってほぐれる心と体 体づくり運動のためのGボール活用法, ギムニク: pp.16-17
- 長谷川聖修, 本谷聡, 池田陽介ほか(2006), Gボールを用いた児童の姿勢づくりの試みー座位バウンド運動による即時的効果に着目してー. スポーツコーチング研究, 第5巻(第1号): pp.13-21
- 飯島庸一(2008), バランスボールトレーニング, コスミック出版
- 池田延行, 長谷川聖修(2010), 乗って弾んで転がって! ちゃれんGボール, 明治図書出版
- 鞠子佳香, 金子嘉徳, 長谷川千里(2013), 大型ボールの身体的効果に関する研究, 体操研究, 第10巻
- 中尾和子(2006), Gボール指導マニュアル第3章 Gボールエクササイズの実際, 日本Gボール協会: p.1
- 中尾和子(2007), キレイになる! バランスボール入門, ナツメ社
- 日本Gボール協会ホームページ <http://www.g-ball.jp/Q&A.html> (2015.9.15 現在)
- 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: p.42
- 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, 第13巻: pp.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ーGボールによる弾性運動とそのテンポに着目してー. スポーツ方法学研究, 第14巻(第1号): pp.131-141