

動的バランストレーニング時間が静的立位時の 重心動揺に及ぼす即時効果

～健常群と腰痛群の比較～

田中 康貴・小谷 朋裕・宗和 弘樹
山崎 裕起・吉松 裕明・松井 政樹

目 次

I. はじめに	107
II. 対象と方法	108
III. 結果	109
IV. 考察	110

要旨

【目的】 腰痛症に対する Dynamic Joint Control (DYJOC) ボードを用いた立位動的バランストレーニングが立位バランスを高めるのか、またその適切な介入時間について検討した。

【対象】 成人男性 18 名を腰痛が半年以上持続する 9 名（腰痛群）と、健常成人（健常群）9 名の 2 群に分類した。

【方法】 DYJOC ボード上で、1 分 30 秒間（課題 1）および 3 分間（課題 2）立位姿勢を保持する動的バランストレーニングを実施した。その前後に重心動揺計にて総軌跡長、前後最大振幅、左右最大振幅、最大振幅、実効値面積を測定した。

【結果】 健常群の課題 1 は左右最大振幅と実効値面積が有意に改善したが、その他の項目では改善を認めなかった。両群の課題 1、2 とも有意な重心動揺量に改善は認めなかった。

【結語】 健常者の動的バランストレーニングは 1 分 30 秒でも効果を得られ、介入時間を延長することは筋疲労を招き有効ではない可能性があった。腰痛群では、DYJOC ボード上での立位動的バランス練習は足底から刺激が入力され、複数の下肢関節を介して伝達されるために、腰部の適切な協調性を得られないことが示唆された。

キーワード：腰痛、重心動揺計、動的バランス

I. はじめに

我が国の腰痛症の発生率は極めて高く、平成 22 年度の厚生労働省による調査では、病気やけが等で自覚症状を有する有訴者のうち、症状別にみると男性では第 1 位、女性では第 2 位を占めている¹⁾。竹井²⁾は、一般的に腰痛は急性な場合が多く、その大半は病変組織に分布する痛覚線維が刺激されて起こる一過性のものであり、基礎疾患が治癒すると痛みも消失するとしている。一方、慢性痛は、急性疾患の通常あるいは創傷の治癒に要する妥当な時間を超えて持続する痛みであり、持続的な痛みの入力により、痛覚系にできあがった可塑的な歪みによって引き起こされるものである。腰痛の原因はさまざま、骨性、神経根性、椎間板性、椎間関節性、筋・筋膜性、自律神経性による腰痛が多いとされている³⁾。Andrea R ら⁴⁾は腰痛症での体幹筋収縮反応速度が遅れると報告し、現在では一般的に周知されるようになった。浜口ら⁵⁾は、腰椎疾患患者は身体動揺が大きく、不意な外力や状況変化への対応が困難となり腰椎部への負担が増大し、腰椎疾患の増悪につながるのではないかと危惧している。そして腰部術後患者を従来の運動療法（体幹筋の強化とストレッチング）のみ実施した群と、従来の運動療法に加えて DYJOC ボードを使用した立位動的バランストレーニングを運動療法に取り入れた群を比較した結果、従来の運動療法では術前と術後で外乱立位重心動揺は改善しなかったが、動的バランストレーニングを取り入れた群では術後有意にその改善を認めている。

これらの腰痛は、下肢症状として間欠跛行や知覚障害等も認められることから、石井⁶⁾は、特に、下肢からの入力に対応できる体幹および股関節の機能が重要となるとし、腰部脊柱管狭窄症に対する DYJOC ボードを用いた体幹－下肢の協調性改善アプローチを紹介している。

近年では、腰痛症に対する運動療法に、動的バランストレーニングが積極的に取り入れられているが、その効果について一致した見解は未だ得られていない。高橋ら⁷⁾は、腰痛症を有する女性に対して 3 週間のバランスボールトレーニングを行った結果、介入後で疼痛の有意な減少がみられたと報告している。渡邊ら⁸⁾は健常成人女性を対象とし、バランスボールトレーニングを 4 日間実施した結果、バランス能力の改善が期待できたと報告している。しかしこのような報告は健常者を対象としたものが多く、腰痛症を対象に立位での DYJOC ボードを利用した動的バランストレーニングが腰部の神経、筋の協調性を高め、立位バランス能力を改善するかについて検討した文献、またその効率的な方法、継続時間、頻度について言及した文献は、私たちが調べた範囲ではみつけることができない。

かった。今回我々は腰痛症に対する DYJOC ボードを用いた立位動的バランストレーニングが立位バランスを高めるのか、また、DYJOC ボードを用いた動的バランストレーニングの適切な介入時間について検討することを目的とした。

Ⅱ. 対象と方法

対象者は成人男性 18 名（20～21 歳、身長 $170.0 \pm 4.6\text{cm}$ 、体重 $62.1 \pm 8.5\text{kg}$ ）で、神経学的症状の無い腰痛が半年以上持続している 9 名（腰痛群）と、過去に腰痛症を有していない健常成人（健常群）9 名の 2 群に分類した。両群において身長、体重、年齢の有意差はなかった。

まず重心動揺量を測定した。その際、被験者には重心動揺計の上で裸足にて、左右の第一中足骨頭、内果を接触させた閉足直立位をとらせ、足底の位置は踵から足趾先端の中央を重心動揺計の Y 軸にあわせた。両上肢は体側に付け、立位姿勢が安定したところで閉眼し 30 秒間重心動揺量の測定を行った（図 1 a～c）。なお測定中は、騒音等により被験者の意識が散漫しないように周囲の環境に配慮した。

重心動揺量の測定後、DYJOC ボード上で、1 分 30 秒間立位姿勢を保持する動的バランストレーニング（課題 1）を実施した（図 2）。その際、両上肢はバランスを取るために動きは制限せず、両下肢は肩幅程度に開き、両膝関節を軽度屈曲位の状態で保った。課題中は転倒に備えて被験者の左右に支持物を設置した。課題終了後、座位にて 1 分間休息し、再度、重心動揺量の測定を実施した。

また、その後 3 日以内に上記と同様の方法と手順で、3 分間立位姿勢を保持する動的バランストレーニング（課題 2）と重心動揺量の測定を実施した。

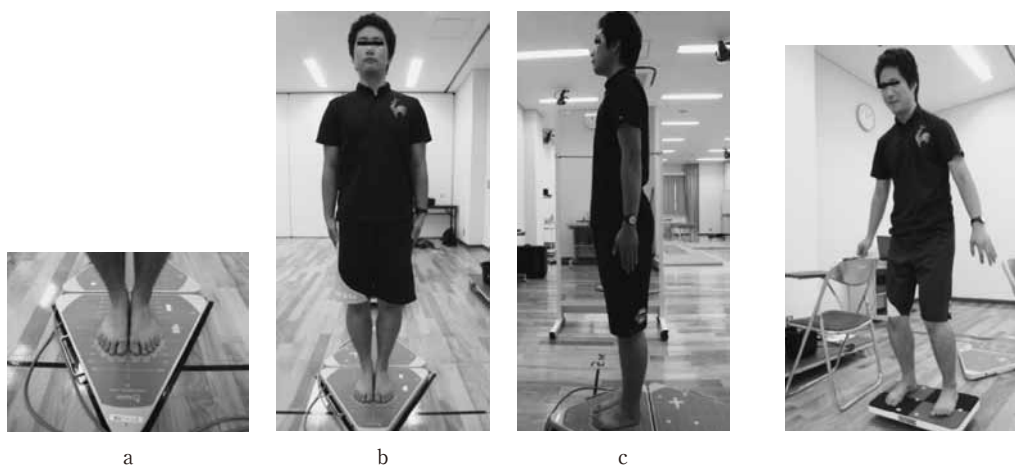


図 1

図 2

重心動揺計による検査項目は総軌跡長、前後方向最大振幅、左右方向最大振幅、最大振幅、実効値面積とした。

計測には重心動揺計（GRAVICORDER G-62：アニマ株式会社製）と DYJOC ボード（酒井医療株式会社製）を使用した。

統計学的処理には、腰痛群と健常群の課題前の重心動揺量を比較するために対応の無い t 検定を、また各群で課題 1 と課題 2 の前後の重心動揺量を比較するために対応のある t 検定を用いた。すべての統計解析には Microsoft Excel 2007 を使用し、統計学的有意水準を 5 % 未満とした。

対象者には本研究の目的と内容を説明、結果は学術的研究以外には使用しないこと、個人情報保護を厳守することを説明し、同意書にて承認を得た。また本研究は神戸国際大学倫理審査委員会の許可（許可番号 G2013-002 号）を得て実施した。

Ⅲ. 結果

課題前の重心動揺量を比較すると前後最大振幅のみ健常群 ($2.40 \pm 1.0\text{cm}$) の方が腰痛群 ($3.37 \pm 0.8\text{cm}$) より有意に大きかった ($p < 0.05$)。

課題前後の重心動揺量を比較した結果を表 1、2 に示す。課題 1 において健常群における課題前の左右最大振幅は $2.77 \pm 0.9\text{cm}$ 、課題後は $2.30 \pm 0.6\text{cm}$ 、実効値面積では課題前 $1.72 \pm 0.9\text{cm}^2$ 、課題後は $1.27 \pm 0.6\text{cm}^2$ と有意に低下した ($p < 0.05$)。しかし他の項目には有意な差はみられなかった。また腰痛群においてはすべての項目で課題前後での有意な差はみられなかった。課題 2 では健常群と腰痛群の両群ですべての項目において有意な差はみられなかった。

表 1 各群の課題 1 前後の重心動揺量の比較

測定項目	健常群 (n = 9)		腰痛群 (n = 9)	
	課題前	課題後	課題前	課題後
左右最大振幅 (cm)	2.77 ± 1.0	$2.30 \pm 0.7^{**}$	3.37 ± 0.8	3.33 ± 0.9
前後最大振幅 (cm)	2.41 ± 1.0	2.52 ± 1.1	3.04 ± 0.4	3.32 ± 0.9
最大振幅比	0.89 ± 0.2	1.87 ± 2.9	1.01 ± 0.2	0.95 ± 0.2
総軌跡長 (cm)	50.30 ± 26.2	58.17 ± 24.6	66.1 ± 18.8	76.39 ± 13.5
実効値面積 (cm^2)	1.72 ± 1.0	$1.27 \pm 0.6^{**}$	2.53 ± 1.4	2.57 ± 1.2

平均値 $\pm$ 標準偏差

※ $p < 0.05$ (対応のある t 検定にて比較)

表2 各群の課題2前後の重心動揺量の比較

測定項目	健常群 (n = 9)		腰痛群 (n = 9)	
	課題前	課題後	課題前	課題後
左右最大振幅 (cm)	2.45 ± 1.0	2.7 ± 1.1	3.51 ± 1.1	3.3 ± 0.6
前後最大振幅 (cm)	2.85 ± 1.1	2.57 ± 1.0	3.25 ± 0.8	2.87 ± 0.7
最大振幅比	0.97 ± 0.4	0.96 ± 0.3	1.08 ± 0.4	0.82 ± 0.1
総軌跡長 (cm)	54.65 ± 25.8	55.48 ± 18.7	73.13 ± 18.6	76.03 ± 16.0
実効値面積 (cm ²)	2.24 ± 1.6	1.79 ± 1.2	2.62 ± 1.4	2.45 ± 1.1

平均値 ± 標準偏差
(対応のある t 検定にて比較)

IV. 考察

本研究では、一部の測定項目ではあったが腰痛群では健常群と比較して静的な立位重心動揺量が有意に大きく、先行報告と同様の結果となった。また動的バランストレーニングの介入効果を検討した結果、健常群では、課題1において左右方向最大振幅、実効値面積のみ有意な改善を認めた。その一方で腰痛群では、課題1・課題2ともに立位重心動揺のすべての測定項目で有意な改善はみられなかった。前述したとおり、腰痛症患者に対する動的バランストレーニングの効果については一致した見解が得られておらず、本研究においても否定的な結果となった。

健常群での課題1における左右方向最大振幅、実効値面積で有意な改善を示した要因としては、DYJOC ボードによる適切な刺激量が関与していると考ええる。栗木ら⁹⁾は、健康な20～30代においては最大高7cmのDYJOCボードを用いた動的バランストレーニングは、姿勢バランスを向上させるための外乱刺激として充分でないとしている。今回用いたDYJOCボードの高さは約9cmあり、刺激量としては適切であったと推測する。課題2において改善がみられなかった要因として筋疲労があげられる。浜口ら⁵⁾の研究ではDYJOCボードを用いた立位動的バランストレーニングを5分間実施した場合において疲労の訴えがあったとしている。今回我々が実施した3分間のDYJOCボードを用いた動的バランストレーニングでも多くの被験者から疲労の訴えがみられた。このことから、健常者を対象とした場合、動的バランストレーニングは1分30秒でも効果を得られること、また介入時間を延長することは筋疲労を招き有効ではない可能性が示唆された。

その一方、課題1、2で腰痛群には介入による重心動揺量の有意な改善を認めなかった要因として、腰痛症患者に特有な姿勢制御機能が関与していると考えられる。腰痛症患者では静的なバランス能力が低下しているだけでなく、効率よく筋を収縮させ安定した姿勢を取り戻す能力、すなわち動的バランス能力も劣っており、外乱を与えたときの立位動揺性が大きいことが報告されている⁵⁾。本研究において、腰痛群の動的バランストレーニングの効果を認めなかったことは、腰痛症を持つ者の神経・筋協調運動の機能不全¹⁰⁾によって健常者のような姿勢制御が困難であり状況変化への対応が難しかったと推測する。腰痛症患者では、運動する際に出される中枢からの指令が正しく末梢の筋肉へ伝達されない場合があり、そのために筋の協調運動が障害され、動作時の体幹収縮反応時間の遅延などが生じる。伊藤ら¹¹⁾はバランスボールの座位姿勢バランストレーニングが慢性腰痛症患者の体幹収縮反応時間の遅延の改善に有効であったと報告している。また鈴木ら¹²⁾の研究によると、不安定面上での座位では腰部のグローバルマッスルに分類されている腹直筋、胸腰部脊柱起立筋の活動と重心動揺量との間に有意な正の相関を示し、重心動揺が大きい対象者はこれらの筋の筋活動が高く、重心動揺が少ない対象者は筋活動が低くなる。それに対して一般的に腰部の安定性に関与されているとされる深部筋（腹斜筋や多裂筋など）の活動は重心動揺量に関係なく一定であったと報告している。平井ら¹³⁾は腰痛症患者が座位でバランスボールトレーニングを行うと体幹筋の筋活動が減少すると報告している。これらからバランスボール上での座位トレーニングは体幹筋の過剰な筋活動を抑制し、重心動揺量を改善すると推測される。腰痛症患者に対して直接的に腰部の動的バランスを促通するようなバルーン上、あるいは不安定面上での座位姿勢での動的バランストレーニングは腰痛症患者の筋の協調性を高める有効な手段となる可能性が高い。また同者は座位での協調運動と立位での重心動揺量の関連について検討した結果、健常人ではバランスボールを利用した座位の動的バランストレーニング前後において立位バランスに変化はみられなかったと報告しているが、腰痛症患者に関しては同様の報告をみつけることができなかった。これらのことから動的バランストレーニングとして、腰部に直接的に刺激が入力できるような座位での動的バランストレーニングと比較して、立位動的バランストレーニングでは足底から刺激が入力され、複数の下肢関節を介して伝達されるために、腰部の適切な協調性を得られなかったと考える。しかし足場が悪い中での移動や電車乗車時の急ブレーキなど、予期せぬ外乱が加わった状況下では体幹と下肢の協調性が非常に重要となるため、体幹へ直接刺激が入力される座位姿勢のみの動的バランストレーニングではなく、立位でのバランストレーニングも組み合わせることで

下肢－体幹の連動した協調性を考慮したアプローチを取り入れることも重要であると考ええる。

最後に本研究の反省点の一つに、重心動揺量の評価方法の選択があげられる。重心動揺計の特異性、静的・動的重心動揺の性質の違いという観点から研究方法の再検討が必要であると考ええる。まず重心動揺計の特異性に関して、栗木⁹⁾らは、重心動揺計を用いての評価は重心の二次元的な軌道変化の評価には有効だと思えるが、身体の運動を時間的、空間的に把握するためには充分でないと報告している。また、同者はDYJOCトレーニングでは、関節－筋収縮－神経制御のそれぞれを反映し、生体を時間的、空間的に把握する手段の一つだと報告している。つまり、重心動揺計で把握することのできない三次元的な重心の動揺や反応スピードがDYJOCトレーニングにて変化したとも考えられる。よって、DYJOCトレーニングを実施した際に変化をみる手段としては、重心移動が二次元的な軌跡上でしか評価できない重心動揺計だけでなく身体の全体的な動きが捉えられる三次元解析装置を用いて評価することが必要であると思える。

次に静的、および動的重心動揺の性質の違いについてである。本研究で測定した重心動揺量は静的な立位バランス能力を測定した。その反面本研究での介入課題は動的バランス練習である。Shumway-Cook ら¹⁴⁾は、人の姿勢制御システムには“安定性”と“定位”が必要と述べている。Horak and Macpherson ら¹⁴⁾は、“安定性”とは、身体を平衡状態として保持する能力（つまり静的バランス能力）、“定位”とは運動課題に関与する複数の体節間同士の関係、及び身体と環境との間の関係を適切に保持する能力（つまり動的バランス能力）と定義している。また、同者は“安定性”と“定位”は姿勢制御システムの2つの独立したものと述べている。このことから、今回、重心動揺計上で測定した安静立位保持は“定位”が主として働く静的バランス能力を測定し、DYJOCトレーニングは“安定性”が主として働いていることから動的バランス機能にアプローチしたと考えられる。つまり本研究では静的バランスと動的バランスとでは姿勢制御に相違があるため、腰痛症に対する動的バランストレーニングの効果が適切に評価できなかった可能性が高い。島田ら¹⁵⁾も、バランストレーニングの目的に対応した静的、または動的姿勢バランス機能の改善が示されたと報告している。すなわち、静的バランストレーニングは静的バランス能力を、動的バランストレーニングは動的バランス能力を高めるとのことである。人は与えられた課題の特性に応じて、“安定性”と“定位”を相互に働かせて、姿勢制御を行っているといえる。本研究ではこれらに対する配慮が不足していたことと考えている。

また今後の課題として、対象人数を増やし、年齢・性別・身長・体重・疾患の症状の違い等による研究結果の検討やさらなる研究方法の検討などが必要であると思われる。

引用文献

- 1) 厚生労働省. 平成 22 年国民生活基礎調査. 平成 23 年 7 月 12 日 [平成 25 年 9 月 23 日]
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa10/index.html>
- 2) 竹井 仁. 非特異的腰痛に対する徒手療法. 理学療法 28(11) : 1365-1365, 2011.
- 3) 青木一治. 腰部の障害に対する運動療法の実際. 理学療法 30(3) : 282-290, 2013.
- 4) Andrea R. Impaired postural control of the lumbar spine is associated with delayed muscle response times in patients with chronic idiopathic low back pain. Spine 26(7) : 724-730, 2001.
- 5) 浜口理香. 腰椎に整形外科的疾患を持つ患者の立位バランス. 理学療法学 29(7) : 263-265, 2002.
- 6) 石井美和子. 腰部疾患に対する姿勢・動作の臨床的視点と理学療法 腰部脊柱管狭窄症に対する理学療法アプローチ. 理学療法ジャーナル 40(3), 2006.
- 7) 高橋 歩. 腰痛と仙腸関節痛に対するバランスボールを用いた運動の有効性に関する基礎研究. 理学療法科学 26(suppl-3) : 14-14, 2011.
- 8) 渡邊麻友美. バランスボールエクササイズの効果－バランス機能と体幹柔軟性に与える即時効果と短期効果－. 理学療法科学 23(suppl-3) : 13-13, 2008.
- 9) 栗木明裕. バランスボードを用いた姿勢バランス能力の評価・訓練の検討. 理学療法福岡 14 : 12-15, 2001.
- 10) Shirado O, Ito T, Kaneda K, et al. Flexionrelaxation phenomenon in the back muscles : A comparative study between healthy subjects and patients with chronic low-back pain. Am J Phys Med Rehabil 74 : 139-144
- 11) 伊藤俊一. 慢性腰痛症患者における神経・筋協調運動－不安定座位における体幹筋活動に着目して. 第 7 回日本腰痛学会抄録集, 1999.
- 12) 鈴木 哲. 不安定面上座位における体幹筋活動と重心動揺との関係. 理学療法科学 24(1) : 115-119, 2009.
- 13) 平井陽子. バランスボールトレーニングが平衡機能に与える影響. 臨床スポーツ医学 : 21(6) : 2004.
- 14) Anne Shumway-Cook. モーターコントロール運動制御の理論と臨床応用, 医歯薬出版株式会社, 2004, pp174-175.
- 15) 島田裕之他. 高齢者に対する 3 ヶ月間の異なる運動が静的・動的姿勢バランス機能に及ぼす影響. 理学療法学 28(2) : 38-46, 2001.