

体幹回旋の等尺性運動と機器を用いた リズムックスタビリゼーションが股関節外転テスト時の 骨盤回旋動揺に及ぼす即時的な影響

石田弘 末廣忠延 渡辺進

要 約

長時間の立位で腰痛が生じる者では、股関節外転テスト時に骨盤の揺れる程度が大きいと報告されている。本研究の目的は、体幹回旋の等尺性運動と機器を用いたリズムックスタビリゼーションが股関節外転テスト時の骨盤回旋に及ぼす即時的な影響を明らかにすることとした。対象は、健常な成人男性20名とした。体幹回旋の等尺性運動(n=10)と機器を用いたリズムックスタビリゼーション(n=10)での介入前後に、股関節外転テストを行い、骨盤の前後方向の加速度を計測した。その結果、加速度は、どちらの群も介入前後に有意差はなかった。今後、介入で用いる運動様式や時間を検討するべきである。

1. 緒言

腰痛の生涯有病率は高く¹⁾、その病態に応じた治療が必要である。腰痛の病態は様々であるが²⁾、長時間の立位姿勢での作業で腰痛を生じる者もいる³⁾。この長時間の立位で腰痛が生じる者では、腰痛が生じる前に、両側の中殿筋、腹筋群、背筋群の同時収縮が増加していることが示されており、不安定な姿勢を安定させるための代償的な筋活動パターンが生じていると考えられている⁴⁾。また、側臥位で股関節を外転した際の骨盤が回旋方向に揺れる程度を評価する股関節外転テストにおいて、長時間の立位で腰痛が生じる者は腰痛が生じないものと比較して骨盤の動揺する程度が大きいと報告されている⁴⁾。これらの関係から、股関節外転テスト時の骨盤動揺が少なくなるような運動を明確にできれば、長時間の立位姿勢で腰痛が生じる者に対する治療として有用ではないかと考えた。そのため、本研究では課題を股関節外転運動とし、骨盤の回旋方向の動揺を運動効果の指標にすることとした。

Nelson-Wong & Callaghan⁵⁾は、股関節や体幹周囲筋群の筋力強化を目的とした17種目各10~30回の反復運動を、週4日の頻度で4週間継続することで、長時間の立位姿勢によって生じる両側の中殿筋、腹

筋群、背筋群の同時収縮と腰痛が軽減したことを報告している。しかし、複数の種目ではなく、効果のある種目を明確にすることは重要と考えた。一方、姿勢制御能力は、同一課題や目的とする筋を意識的に収縮させる運動を反復することで即時的に向上することが知られている^{6,9)}。Horak et al.⁶⁾は、瞬間的に後方へ変位する板や前方に傾く板に立っている健常者の下肢筋活動を調べたところ、数回の反復によって、板の後方への変位では腓腹筋の筋活動量が減少し、板の前方への傾斜では前脛骨筋の筋活動量が減少することで身体の揺れが軽減したことを報告している。永井ら⁷⁾は、健常者が不安定な板の上で立位姿勢を保持するという運動を10秒10回反復することで、前脛骨筋と腓腹筋の同時収縮の割合が軽減することを報告している。大畑ら⁸⁾は、健常者が立位で前方にリーチした姿勢を10秒10回反復することで、1回目と比較し、10回目には前方への股関節や重心移動距離の増加、前脛骨筋の筋活動量の減少を認めている。Tsao & Hodges⁹⁾は、腰痛者を対象に、主に腹横筋を収縮させる腹部の引き込み運動と腹部筋群を全体的に収縮させる体幹屈曲運動を、それぞれ10秒10回3セット反復させた。その結果、立位で肩関節を素早く屈曲あるいは伸展する際の腹横筋の

筋活動開始時間が、腹部の引き込み運動では屈曲と伸展方向ともに速くなったが、体幹屈曲運動では屈曲方向だけが速くなったことを報告している。このような研究⁶⁻⁹⁾のように、即時的な運動介入によって、股関節外転運動時の骨盤の運動制御を向上させることも可能ではないかと考えた。先行研究^{6,8)}では、健常者でも即時的に運動制御が向上することが示されている。そのため、長時間の立位で腰痛が生じる者を対象とする前の予備実験として、健常者を対象に本研究を行うこととした。

運動によって得られる効果が、運動強度や様式に依存することは特異性の原則として一般的に知られている。最大等尺性収縮の40~60%の強度で筋力増強の効果があり、25%未満の強度では持久力や安定性を向上させる効果があるとされている¹⁰⁾。本研究では、骨盤を揺れないように安定させるために、最大随意収縮の20%の強度を用いることとした。様式については、骨盤の回旋方向の揺れを軽減させるために、体幹回旋の等尺性運動と機器を用いたリズムミックスタビリゼーションを用いることとした(図1)。リズムミックスタビリゼーションとは、治療者が徒手的に拮抗する方向に素早く交互性の抵抗を加え、対象者にその抵抗に対して関節運動が起こらないような運動を行わせる手技で、筋力、安定性、協調性の向上のために用いられる¹¹⁾。先行研究では、4週間の体幹の屈曲と伸展方向のリズムミックスタビリゼーションによる介入が、慢性腰痛者の体幹筋力、腰痛、能力障害に対して有効であったことが示されている^{12,13)}。今回、被験者が座っている椅子を回転させ、被験者がその動きを止めることでリズムミックスタビリゼーションが行えるサーボモーター^{†1)}を内蔵した運動機器(S-18033;竹井機器工業社製)

を独自に製作して用いることとした。本研究の目的は、体幹回旋の等尺性運動と機器を用いたリズムミックスタビリゼーションが股関節外転テスト時の骨盤回旋に及ぼす影響を明らかにすることとした。

2. 方法

2.1 対象

対象は、神経筋疾患の既往がなく、過去1年間で腰痛のない健常な成人男性20名とし、体幹回旋の等尺性運動群10名と機器を用いた運動群10名に無作為に割り付けた。被験者は全員、本研究で用いる体幹回旋の等尺性運動と機器を用いた運動を未経験であった。本研究は、川崎医療福祉大学倫理委員会の承認を得ている(18-097)。被験者には十分な説明を行い、書面による同意を得てから実験を行った。

2.2 最大体幹回旋筋力

体幹回旋の等尺性最大筋力は、体幹回旋筋力測定器(S-18034;竹井機器工業社製)の両手のグリップを握り、体幹を回旋することで測定した(Nm)。測定は2回行い、2回目の計測が、1回目の110%を越えた場合は、再計測を行い、最大値を決定した¹⁴⁾。左右の平均値を最大筋力とした。

2.3 股関節外転テスト

股関節外転テストは、股関節外転を30°まで行わせる。そのため、テストに必要な股関節の関節可動域があることを確認するため、他動的な関節可動域の計測を行った。背臥位で、ゴニオメーター(OG技研社製)を使用して左右股関節外転の関節可動域(°)を計測した。その後、骨盤の揺れを計測するための加速度計(NVP-RF8-HC;マイクロストーン社製)を両面テープで被験者の仙骨後面中央に貼付した。下肢の動きを確認するために下腿遠位部後面

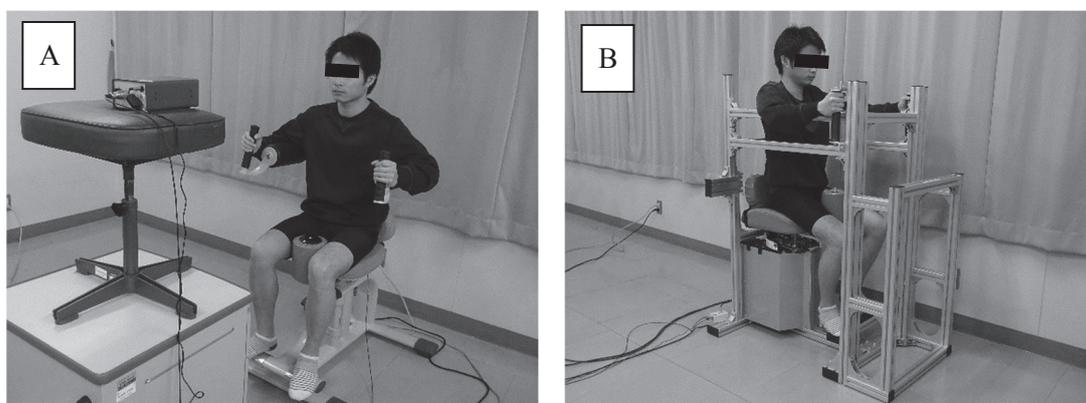


図1 等尺性体幹回旋筋力測定器とサーボモーターを内蔵した運動機器

A: 体幹回旋の最大筋力の計測と等尺性運動を行うための機器

B: リズムミックスタビリゼーションを行うためのサーボモーターを内蔵した機器



図2 股関節外転テスト時の風景

左股関節を30°外転し、設置している棒に下腿が接触している。

外果の1横指近位にも加速度計を設置した。サンプリング周波数は1000Hzとした。被験者の肢位は、側臥位で股関節と膝関節を伸展位とし、下側の肩関節は180°屈曲位とした(図2)。上側の四肢は床を支えないように手を腹部前面に位置するようにした。上側の股関節を30°外転した際に下腿が接触する位置に棒を設置し、被験者に目標とする外転可動域を示した。60回/分に設定したメトロノームに合わせ、上側の股関節を2秒で外転し、2秒で内転するように指示した。記録前にメトロノームに合わせた動きが可能であることを確認した。左右の股関節外転テストを、介入前後に各3回記録した。加速度計のデータは視覚的に確認し、下腿遠位部に設置した加速度計の内外側方向のデータから股関節外転テストを行っている時間を特定した。そして、仙骨後面に設置した加速度計の前後方向のデータから、最大値と最小値の絶対値を合計した。左右各3回を平均し、その左右の平均値を代表値とした (m/s^2)。

2.4 体幹回旋の等尺性運動

体幹回旋の等尺性運動群は、最大筋力を計測した体幹回旋筋力測定器を使用し、被験者の前方1.5mに設置したモニターに表示される値を被験者自身が確認しながら、60回/分に設定したメトロノームに合わせ、2秒ごとに左右の体幹回旋筋力の発揮を素早く変換させる運動を20秒間、10秒間の休憩を挟み、5セット行った。運動強度は最大筋力の20%とした。最大筋力の20%を発揮する練習を左右とも約3回行った後に実験を開始した。左右の回旋方向のどちらから開始するかは無作為とした。

2.5 リズミックスタビリゼーション

サーボモーターを内蔵した運動機器のプロトコルは、正中から右あるいは左に30°回転した位置から動き始め、トルクは被験者の最大筋力の20%、回転

速度を30°/秒、可動範囲は60°で、左右の回転を5往復行うように設定し、10秒間の休憩を挟み、5セット行うこととした。例えば、動きを止めなかった場合、椅子を右に30°回転した位置から開始すると、左30°まで回転した後に、右30°まで回転することが1往復となる。加減速に0.1秒の時間を要するので1往復が4.2秒、5往復で計21秒の所要時間となる。被験者にはあらかじめ機器の動きを1セットだけ観察させて、椅子が正中に位置した際に止めること、約2秒後に反対方向に動き始めるので、素早く反応して止めることを繰り返すように指示した。左右の回転のどちらから開始するかは無作為とした。

2.6 統計解析

統計にはSPSS Statistics 23 for Windows (IBM社製)を使用した。Shapiro-Wilk検定でデータが正規分布に従うことを確認し、Leveneの検定で等分散性を確認できたので、群間の差を2標本t検定、群内の介入前後の差を対応のあるt検定で検討した。有意水準は5%未満とした。

3. 結果

図3に下腿と仙骨に設置した加速度計のデータの典型例を示す。被験者の属性を表1に示す。すべての計測値で群間に有意差はなかった。表2に加速度の平均値±標準偏差を示す。等尺性運動群と機器を用いた運動群のどちらも、介入前後で骨盤の前後方向の加速度に有意差はなかった。

4. 考察

本研究では、体幹回旋の等尺性運動と機器を用いたリズムスタビリゼーションが股関節外転テスト時の骨盤回旋の揺れに効果があるのか明らかにすることを目的に行った。しかし、どちらの運動も、

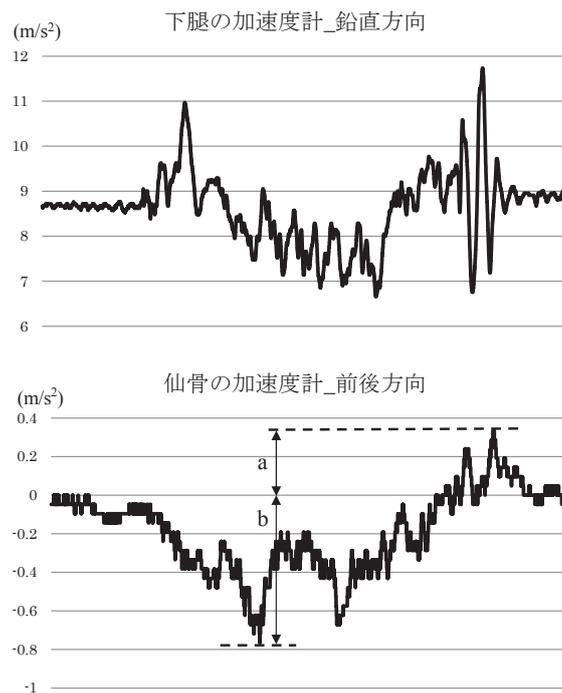


図3 下腿と仙骨に設置した加速度計の典型的なデータ

縦軸が加速度で横軸が時間（7秒間）のグラフである。最大値 a と最小値 b の絶対値の合計を算出し、仙骨の前後方向の動揺とした。

表1 対象者の属性

	等尺性運動群 n=10	機器を用いた運動群 n=10	p 値
年齢 (歳)	20.8±0.6	20.4±0.5	0.139
身長 (cm)	169.7±5.5	171.7±10.3	0.594
体重 (kg)	59.5±5.5	62.7±10.0	0.140
最大体幹回旋筋力 (Nm)	74.6±23.4	89.9±20.0	0.387
右股関節外転角度 (°)	34.7±3.5	35.1±3.5	0.802
左股関節外転角度 (°)	35.8±4.7	34.8±2.6	0.563

表2 股関節外転テスト時の加速度

		等尺性運動群 n=10	機器を用いた運動群 n=10
前後方向加速度 (m/s ²)	介入前	1.8±0.3	1.7±0.4
	介入後	1.9±0.4	1.6±0.3
p 値		0.546	0.703

介入前後で骨盤の前後方向の加速度に有意な差は認められなかった。本研究では、骨盤の回旋方向の揺れを軽減させるために、座位で行う体幹回旋の等尺性運動と機器を用いたリズムスタビライゼーションを用いたが、側臥位で行う股関節外転テストとは

同一課題ではないことが骨盤の揺れの軽減につながらなかった理由として挙げられる。先行研究のように同一課題を用い^{6,8)}、例えば、側臥位で股関節外転30°位を10秒間保持するという運動を反復することによる効果を、今後、検討していきたい。一方、

Tsao & Hodges⁹⁾の研究では、腹部の引き込み運動と腹部筋群を全体的に収縮させる体幹屈曲運動という介入を行い、立位で肩関節を素早く屈曲あるいは伸展するという介入とは異なる課題で姿勢制御の変化を認めていた。Tsao & Hodges⁹⁾の介入時間は、10秒10回を3セット反復させた計300秒であり、本研究は約20秒5セットの計100秒であった。そのため、介入時間が短かったということも理由として考えられ、今後、介入時間を延長した研究も必要と考える。腰痛者を対象とした場合には、瞬間的に骨盤を回旋させることが腰痛の増悪につながる危険性がある。今回製作した機器は、モーターのトルクや回転速度を任意に調節可能であり、より低いトルクや速度から段階的に高めるようなプロトコルでの運動効果についても今後検討したい。

本研究の限界として、体幹回旋の等尺性機器では、前方に設置されたモニターに表示させた値を被験者自身が見ることで発揮する筋力の調節を行ったが、発揮された筋力を記録していないため、どの程度正

確に行えたか不明である。機器を用いたリズムミックスタビリゼーションでは、サーボモーターで設定したトルクと同じ筋力を被験者が発揮すれば、椅子の回転が完全に止まるので、それが、20%という強度で運動できていた証拠となる。しかし、椅子の回転角度を記録していないため、どの程度正確に行えたか不明である。今後、発揮している筋力や椅子の回転角度などを併せて計測することが必要である。先行研究では、股関節外転テスト時の骨盤回旋方向の動揺を検査者が観察で判定している⁴⁾。本研究では、揺れを定量化するために仙骨後面に貼付した加速度計で前後方向の加速度を指標としたが、動画解析装置を使用し股関節外転テスト時の骨盤の移動距離を計測することも、今後、行っていきたい。本研究の対象者は健常者であり、股関節外転テスト時の骨盤の回旋方向の動揺が元々少なかったために、変化が生じにくかった可能性もあり、長時間の立位で腰痛が生じる者を対象とした研究も望まれる。

謝 辞

本研究は、平成30年度川崎医療福祉大学医療福祉研究費の補助を受けている。

注

- †1) サーボモーターは、軸の回転を検出する装置によって、現在位置（実際に動いている位置）と目的位置（設定したプロトコルによって本来動いている位置）の信号を比較し、差がある場合は、目的位置との差分を減少させる方向に現在位置を動かすという特徴がある。そのため、外力でモーターの現在位置を止めても、設定していた目的位置にモーターを動かすためのトルクが加わり続ける。例えば、椅子を左方向に回転させるモーターを被験者が正中で止めた場合、現在位置を目的位置に動かすためにモーターは椅子を左回転させるためのトルクを加え続ける。そして、目的位置が設定した可動範囲に到達後に反転するように設定しておけば、被験者の止めている現在位置を目的位置が左から右に越えた際に、それまで椅子を左方向に回転させていたモーターのトルクが右方向に変換される。この時、椅子を止めておくためには、これまで被験者が加えていた椅子を右方向に回転させる力を、素早く左方向に変換しなければならない。この運動を繰り返すことでリズムミックスタビリゼーションが行える。

文 献

- 1) Fujii T and Matsudaira K : Prevalence of low back pain and factors associated with chronic disabling back pain in Japan. *European Spine Journal*, **22**(2), 432-438, 2013.
- 2) 「日本整形外科学会診療ガイドライン委員会腰痛診療ガイドライン策定委員会編集」：腰痛診療ガイドライン2012. 南江堂，東京，2012.
- 3) Kim JY, Stuart-Buttle C and Marras WS: The effects of mats on back and leg fatigue. *Applied Ergonomics*, **25**(1), 29-34, 1994.
- 4) Nelson-Wong E and Callaghan JP : Is muscle co-activation a predisposing factor for low back pain development during standing?: A multifactorial approach for early identification of at-risk individuals. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, **20**(2), 256-263, 2010.
- 5) Nelson-Wong E and Callaghan JP : Changes in muscle activation patterns and subjective low back pain ratings during prolonged standing in response to an exercise intervention. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, **20**(6), 1125-1133, 2010.
- 6) Horak FB, Diener HC and Nashner LM : Influence of central set on human postural responses. *Journal of Neurophysiology*, **62**(4), 841-853, 1989.

- 7) 永井宏達, 山田実, 上村一貴, 森周平, 青山朋樹, 市橋則明, 坪山直生: 姿勢制御エクササイズの反復が足関節における筋の同時活動に及ぼす影響. *理学療法学*, **38**(2), 84-89, 2011.
- 8) 大畑光司, 市橋則明, 建内宏重, 秋本善英, 元村直靖: リーチ課題の反復による姿勢制御の変化. *理学療法学*, **30**(1), 1-7, 2003.
- 9) Tsao H and Hodges PW: Immediate changes in feedforward postural adjustments following voluntary motor training. *Experimental Brain Research*, **181**(4), 537-546, 2007.
- 10) Andersen LL, Magnusson SP, Nielsen M, Haleem J, Poulsen K and Aagaard P: Neuromuscular activation in conventional therapeutic exercises and heavy resistance exercises: Implications for rehabilitation. *Physical Therapy*, **86**, 683-697, 2006.
- 11) 柳澤健, 今井基次: PNF アプローチ. 細田多穂, 柳澤健編, *理学療法ハンドブック*, 改訂第2版, 協同医書出版社, 東京, 293-350, 1991.
- 12) Kofotolis N and Kellis E: Effects of two 4-week proprioceptive neuromuscular facilitation programs on muscle endurance, flexibility, and functional performance in women with chronic low back pain. *Physical Therapy*, **86**(7), 1001-1112, 2006.
- 13) Kofotolis ND, Vlachopoulos SP and Kellis E: Sequentially allocated clinical trial of rhythmic stabilization exercises and TENS in women with chronic low back pain. *Clinical Rehabilitation*, **22**(2), 99-111, 2008.
- 14) Akagi R, Takai Y, Kato E, Fukuda M, Wakahara T, Ohta M, Kanehisa H, Kawakami Y and Fukunaga T: Relationships between muscle strength and indices of muscle cross-sectional area determined during maximal voluntary contraction in middle-aged and elderly individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **23**(4), 1258-1262, 2009.

(令和元年11月20日受理)

Immediate Influence of Trunk Rotation Isometric Exercise and Rhythmic Stabilization Using a Machine on Pelvic Rotation Wobble during the Active Hip Abduction Test

Hiroshi ISHIDA, Tadanobu SUEHIRO and Susumu WATANABE

(Accepted Nov. 20, 2019)

Key words : trunk rotation, isometric exercise, rhythmic stabilization, active hip abduction test, pelvic rotation wobble

Abstract

Individuals who develop low back pain during long periods of standing have been shown to exhibit decreased pelvic control during the active hip abduction test. The purpose of this study was to demonstrate the immediate influence of trunk rotation isometric exercise and rhythmic stabilization using a machine on pelvic rotation wobble during the active hip abduction test. Subjects were 20 asymptomatic individuals. The anterior-posterior acceleration of the pelvis during the active hip abduction test was measured before and after the following 2 interventions: isometric trunk rotation (n=10) and rhythmic stabilization using a machine (n=10). There was no significant change in the acceleration of the pelvis after the interventions. Further studies are necessary to consider the type and time duration of exercises for intervention.

Correspondence to : Hiroshi ISHIDA

Department of Rehabilitation
Faculty of Health Science and Technology
Kawasaki University of Medical Welfare
Kurashiki, 701-0193, Japan
E-mail : ishida@mw.kawasaki-m.ac.jp

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.29, No.2, 2020 397-402)