

■原著

腰痛の有無による体幹回旋時の腰椎回旋可動域の比較
～ MRI を用いた検討～Comparison of lumbar rotational range of motion during trunk rotation with and without low back pain
～ Examination using MRI ～安田 透^{1,2}, Sirinda Jaotawipart³, 来間 弘展²Toru Yasuda^{1,2}, Sirinda Jaotawipart³, Hironobu Kuruma²

要旨

〔はじめに〕体幹回旋運動は腰痛のリスクファクターといわれているが、実際に腰痛の有無による体幹回旋時の腰椎回旋可動域を調査した研究は少なく、分節毎に検討した研究については見当たらない。そこで腰痛の有無による腰椎分節回旋可動域の違いについてMRIを用いて明らかにすることを目的とした。〔対象と方法〕対象は慢性腰痛者20名で対照群は健常者15名であった。MRIを用いて側臥位腰椎中間位、股・膝関節軽度屈曲位、骨盤をベルトで固定した状態から体幹45°回旋した時の腰椎水平断スライスを撮像し各分節の回旋可動域を求めた。また全腰椎の回旋可動域の総和を全腰椎回旋角度とした。腰痛の有無による比較を対応のないt検定で検討した。〔結果〕腰痛者は健常者に比べL5/S1の腰椎回旋可動域およびL1～S1の全腰椎回旋可動域が有意に大きい値を示した。〔結語〕腰椎回旋可動域の増加、特にL5/S1の回旋可動域の増加が腰痛と関与している可能性がある。

キーワード：腰痛、体幹回旋、腰椎回旋可動域、MRI

I はじめに

腰痛は人類が抱える主要な愁訴の一つであり、日本で働く者へのアンケートによると45.9%が腰痛の既往を有している¹⁾。また生涯有病率は8割を超えるとされている(男性82.4%, 女性84.5%)²⁾。そのため、腰痛の予防や対策が重要であると考えられる。腰痛の原因について調査した

先行研究について、Xuら³⁾は、労働者を対象に職業関連動作と腰痛の有無について聞き取り調査を行ったところ、腰痛のリスクファクターとして抽出された要因のひとつが体幹回旋を高頻度で行っていることであると述べている。さらに体幹回旋動作と腰痛の関連を示唆した研究が複数報告されている⁴⁻⁶⁾。腰椎は椎間関節の関節面が矢

1 座間総合病院 Zama General Hospital

2 東京都立大学人間健康科学研究科 Tokyo Metropolitan University Graduate School of Human Health sciences

3 J-CLINIC トンロー院 J-CLINIC Thonglor

状面に近くほぼ垂直であるため回旋可動域が少ない⁷⁾。そのため体幹回旋時に何らかの影響で腰椎が過度な回旋を強いられると腰痛が引き起こされる可能性が考えられる。また体幹回旋時の筋活動特性として外腹斜筋の筋活動の遅延や多裂筋の筋活動低下が報告されており⁸⁻⁹⁾、体幹回旋運動は脊柱の安定化が保ちにくく腰椎が過可動性になりやすい動作である可能性がある。さらに股関節内旋可動域の制限は非特異的腰痛の有無と関連が認められた¹⁰⁾という報告や、脊柱後弯症の増加による体幹の可動性低下は腰痛と関連する¹¹⁾という報告などの様に隣接関節の可動域制限のために、体幹回旋時に腰椎が過回旋を強いられる場合が考えられる。

実際に3次元動作解析装置にて腰痛者と健常者の回旋運動を比較した研究では、慢性腰痛患者の腰部回旋が最大体幹回旋時に大きかったことを報告している¹²⁾。一方、体幹回旋時に胸部に装着した三軸の電気ゴニオメーターを用いて腰椎回旋を調査した所、非特異的腰痛患者は対照群に比べ腰椎回旋が減少したという反対の結果を示す報告¹³⁾もあり、統一した見解がなく、体幹回旋時の腰椎回旋を調査した研究は少ない。更に体幹回旋時の腰椎回旋を調査したこれらの研究は腰部全体を評価しており、腰椎を分節毎に調査した研究は見当たらない。どの分節が特に回旋過可動性を有しやすいか明らかになることで、今後の腰痛治療の一助になると考える。

体幹回旋時の腰椎回旋運動の評価方法について、3次元動作解析装置は脊椎と皮膚マーカーのズレを指摘されており¹⁴⁾、生体内の脊椎の動きを評価するには正確ではない。生体内の脊椎の角度を計測するためにX線撮影が一般的だが、被爆の観点から制限された方法である。これらの問題を解決するために、磁気共鳴画像診断装置(magnetic resonance imaging: 以下、MRI)を用いた方法が用いられている。Fujii¹⁵⁾らやTakasaki¹⁶⁾らはMRIにおいて脊椎回旋角の信頼性の高い値を報告しており、MRIでの脊椎回旋の角度の測定は生体内を評価でき、被爆の心配がないため有用である。

そこで、腰痛の有無による体幹回旋時の腰椎分

節回旋可動域の違いについてMRIを用いて明らかにすることを本研究の目的とした。

II 対象と方法

1. 対象

対象は3カ月以上の持続する腰痛を有する慢性腰痛者20名(年齢 21.7 ± 2.2 歳男10名、女10名)。本研究の腰痛者の定義は診断を受けたかどうかの有無に関わらず、体幹後面に存在し、第12肋骨と殿溝下端の間に自覚的な疼痛を有する者を指す。対照群は腰痛を有さない健常者15名(年齢 21.7 ± 2.3 歳、男7名、女8名)。募集は研究代表者の所属する大学内に研究対象者募集ポスターを掲示し、そこに記載されている研究代表者の連絡先に参加の意思を示した者とした。除外基準は①脊椎手術の既往②著明な側弯症③下肢に神経症状を有する④MRI撮像が困難な者とした。

ヘルシンキ宣言に基づき各被験者に本研究の内容と目的およびMRI撮像についての説明を行い、書面にて研究の同意を得た。なお本研究は、筆頭著者の所属機関の研究安全倫理審査委員会の承認(受理番号21032)を受けて実施した。

2. 基本データ

基本データとして年齢、性別を聴取し座位での胸腰椎回旋可動域を計測した。胸腰椎回旋可動域は日本整形外科学会の方法により坐位、骨盤固定位にて基本軸を両側の後上腸骨棘を結ぶ線、移動軸を両側の肩峰を結ぶ線としデジタルゴニオメーター(Easy angle, 伊藤超短波株式会社)を用い測定した。測定は左右2回ずつ行い全合計の平均値を採用した。腰痛者に対してはOswestry Disability Indexを加えて聴取した。Oswestry Disability Indexは「8.性生活」という項目を除外し9セクションで実施し、合計に対する得点率を%で表した。

3. 実験課題

側臥位腰椎中間位、股・膝関節軽度屈曲位、骨盤をベルトで固定した状態を開始肢位とし(図1)、体幹側屈が入らないように腰椎下にタオルを入れて調整を行った。その後、骨盤以下は姿勢を保持したまま、傾斜角 45° の固定具に背中が当たるまで体幹を頭側から 45° 回旋し、その位置を



図 1 開始肢位

側臥位腰椎屈曲・伸展中間位，股関節・膝関節軽度屈曲位。脊柱が側屈していないことを確認し，骨盤をベルトで固定した。



図 2 測定肢位

側臥位にて骨盤を固定し，胸腰部を 45° 回旋させ，背部の固定具に固定した。計測方向は左右を比較し体幹回旋可動域制限がある側とした。

保持した(図 2)。体幹回旋時に屈曲伸展や側屈が入らないように留意し，最終域でゴニオメーターにて 45° 回旋しているかどうか確認を行った。また撮像中に肢位が崩れないようにタオルを使用し固定し，撮像中の体動を防止した。

4. MRI 撮像

MRI は SIGNA Premier3.0T(GE ヘルスケア・ジャパン)を用いた。MRI は AIR™ Coils を用い，T1 強調(撮像視野 180 mm，繰り返し時間 2307.5 ms，スライス厚 5.0 mm)のシーケンスにより水平像を撮像した。この際，Localizer にて体幹屈曲や側屈が入っていないことを確認した。次に DICOM 閲覧ソフト(Radiant DICOM Viewer)により各椎体の棘突起が映っているスライス像を切り取った。

表 1 基本データ

| | 腰痛者 | 健常者 | p value |
|-------------|------------|-------------|---------|
| 年齢(歳) | 21.7 ± 2.2 | 21.7 ± 2.3 | 0.97 |
| 性別(男, 女) | 10, 10 | 7, 8 | 0.84 |
| 胸腰椎回旋可動域(°) | 49.1 ± 9.7 | 49.5 ± 12.1 | 0.9 |
| ODI(%) | 17.2 ± 6.2 | | |

統計手法：性別のみ χ^2 検定，それ以外は対応のない t 検定
数値は平均値 ± 標準偏差

表 2 腰椎回旋可動域

| | 腰痛者 | 健常者 | p value |
|-------------|-----------|-----------|---------|
| L1/2 | 1.2 ± 0.7 | 1.0 ± 0.4 | 0.37 |
| L2/3 | 1.0 ± 0.5 | 1.0 ± 0.3 | 0.72 |
| L3/4 | 1.1 ± 0.6 | 0.9 ± 0.5 | 0.33 |
| L4/5 | 1.1 ± 0.6 | 0.9 ± 0.4 | 0.45 |
| L5/S1 | 1.4 ± 0.6 | 0.9 ± 0.3 | < 0.01 |
| L1 ~ S1 の総和 | 5.8 ± 1.3 | 4.7 ± 0.7 | < 0.05 |

統計手法：対応のない t 検定
数値は平均値 ± 標準偏差

5. 解析項目

Aaro¹⁷⁾の研究を参考に，椎体の中心と棘突起基部の中心を結ぶ線と垂直線の交点によって形成される角度を回旋角とし，上位椎と下位椎の回旋角の差を各椎間の腰椎回旋可動域とし，抽出した画像について ImageJ を用いて計測を行った(∠L1/L2, L2/3, L3/4, L4/5, L5/S1 および L1 ~ S1 の総和)。

6. 統計解析

基本データは正規性を確認した後，対応のない t 検定もしくは χ^2 検定を用い実施した。また腰痛の有無による各椎間および L1 ~ S1 の総和の腰椎回旋可動域について，正規性を確認した後，対応のない t 検定を用い実施した。統計ソフトは IBM SPSS 29 を用いて，有意水準は 5% とした。

III 結果

基本データにおいて群間で有意な差は認められなかった(表 1)。

腰椎回旋可動域において L1/2, L2/3, L3/4, L4/5 の回旋可動域は介入前後で有意な差は認められなかった。L5/S1 の腰椎回旋可動域は腰痛者 1.4 ± 0.6°，健常者 0.9 ± 0.3° と腰痛者が健常者に比べ有意に腰椎回旋可動域が大きかった。また

L1～S1の総和において腰痛者 $5.8 \pm 1.3^\circ$ 、健常者 $4.7 \pm 0.7^\circ$ と腰痛者が健常者に比べ有意に腰椎回旋可動域が大きかった(表2)。

IV 考察

今回の結果ではL1からS1までの腰椎回旋可動域の総和は腰痛者が $5.8 \pm 1.3^\circ$ 、健常者が $4.7 \pm 0.7^\circ$ であった。Fujii ら¹⁵⁾は3D-MR画像を用いた非侵襲的3次元動態解析システムを用いて体幹回旋 45° 位での健常人の腰椎の回旋可動域を求めており、各椎間の平均回旋角度は片側平均 $1 \sim 2^\circ$ と報告している。またPeacy¹⁸⁾らは腰椎回旋角度が約 $5 \sim 7^\circ$ と報告している。さらにL3-4椎間結合部で測定した片側の軸回旋角度は 1° よりわずかに多いだけのものであったとの報告がある¹⁹⁾。つまり各椎間の角度が約 1° でありL1～S1の総和が約 5° という今回の腰椎回旋可動域の数値は先行研究と近い値であった。

今回、腰痛の有無による腰椎回旋可動域の差について、L1～S1の腰椎全体の可動域の総和およびL5/S1において腰痛者が健常者に比べて回旋可動域が有意に大きいという結果となった。先行研究では腰痛の有無による体幹回旋時の腰椎回旋可動域について統一した見解がなかった。先行研究¹²⁻¹³⁾は立位での最大回旋時の可動域を調査しており、本研究の様に体幹回旋 45° と規定をしていない。そのため、疼痛により回旋可動域が減少している者も含まれている可能性があり、単純に先行研究の結果と比較することはできない。

健常者を対象にした腰椎回旋の可動域を調査した研究で、L5/S1の腰椎回旋はPanjabi ら¹⁴⁾の研究では $1.0 \pm 1.0^\circ$ 、Fujii ら¹⁵⁾の研究では $1.6 \pm 0.6^\circ$ であり、本研究の慢性腰痛者の腰椎回旋は $1.4 \pm 0.6^\circ$ であり、今回の腰椎回旋可動域が過可動性とは言えない。しかし、本研究は体幹回旋 45° 回旋と規定しており、同様の体幹回旋角度で腰椎回旋可動域に群間差があったことから、体幹回旋運動に対する腰椎回旋運動の割合が増加したことが考えられる。谷口ら²⁰⁾は、慢性腰痛者は骨盤回旋運動に対する脊椎回旋の割合が増加すると報告している。本研究においても慢性腰痛者は体幹回旋運動中に胸椎に対する腰椎の回旋の割合が増

加している可能性が示唆された。更に腰痛の原因として運動制御障害が臨床で最も一般的であるといわれており、腰部骨盤領域の深部感覚障害によりストレスがかかっている姿勢や動きのパターンを意識せずに行ってしまうことも腰痛の原因の一つである²¹⁾とされている。腰痛者は骨盤に対する腰椎の過回旋および、胸椎に対する腰椎の過回旋が起きていると考えられる。

またL5/S1のみに群間差があった点について腰椎回旋についての報告ではないが、腰痛群は腰痛なし群に比べPAテスト時のL4/5、L5/S1の可動性が大きかったという報告があり²²⁾これは本研究と類似している結果である。しかし、PAテストは椎間関節や靭帯の制限を受けるのに対し、腰椎の回旋を制御する機構として椎間板と椎間関節、腹斜筋や多裂筋などの筋が挙げられるため一概に同様とは言えない。椎間板は、中心部の髄核と周囲を囲む線維輪、これらを覆う軟骨性終板からなる。先行研究では慢性腰痛群はL4/5ないしL5/S1に椎間腔の楔状化を伴っており、椎間板の変性、剛性の低下を生じさせる可能性があるとの報告²³⁾がある。また腰椎回旋可動域についての研究で、損傷のある椎間板は腰椎回旋の可動域が有意に大きいとされている²¹⁾。そのため、椎間板の変性はL5/S1の過回旋を引き起こす一つの原因になると考えられる。また椎間関節も全方向の並進・回旋を制御し、腰椎安定性における役割は椎間板について大きいといわれている²⁴⁾。椎間関節面の傾斜角は高位によって異なり、傾斜がきつく圧力のかかりやすい第5腰椎に腰椎分離症や腰椎すべり症が好発しやすく、それに伴い椎間関節の制御機能が低下すると考えられる。今回の腰痛者は若年者が多く、過去に椎間板障害や分離症の診断を受けた者は含まれていないが、椎間板や椎間関節に画像に表れない何等かの変化が起こっている可能性は否定できない。また脊椎の回旋を制御する筋の運動制御障害もしくは過剰な筋活動が腰椎回旋に影響しているとされており²⁵⁾、谷口ら⁸⁾は体幹回旋中の外腹斜筋の筋活動遅延が腰椎回旋の可動域を増加させるとしている。外腹斜筋の停止は腸骨稜であり、腸骨と下位腰椎は腸腰靭帯で結合しており、外腹斜筋の筋活動遅延は下

位腰椎に起きやすい可能性も考えられる。

本研究より、腰痛者は腰痛のない者に比べて体幹回旋時の腰椎回旋可動域が大きいことが明らかになり、特に分節毎に調査すると L5/S1 が過回旋している可能性が明らかになった。

・本研究の限界

本研究の限界点として、MRI 内での体幹回旋を行っている点が挙げられる。日常の体幹回旋動作はほとんどが座位や立位であり、重力の影響を受ける。今回の体幹回旋動作が日常の体幹回旋動作と同様かは明らかではない。また本研究の対象者は若年者であり、すべての年齢にこの結果を適応できない可能性がある。また本研究は体幹回旋時の腰椎回旋のみを測定しており、胸椎回旋を測定していないため、体幹回旋時の腰椎回旋運動の割合や胸椎に対する腰椎の回旋角度については不明である。

・本研究の意義

腰椎の原因として腰椎過可動性が報告されているが、実際に可動域と腰痛についての報告は少ない。特に腰椎回旋に関しての報告は少なく、腰椎分節の可動域を調査した研究はない。今回は腰痛の有無による体幹回旋時の腰椎回旋可動域を調査し腰痛者は腰椎回旋可動域が大きいことが明らかになった。さらに L5/S1 の回旋可動域が大きいことが明らかになった。今回の結果は今後の腰痛者の評価・治療における着目点の一助になると考えられる。

利益相反

本研究は開示すべき利益相反にある企業などは存在しない。

文 献

- 1) 帖佐悦男, 田島直也, 松本征徳, 他: 職業性腰痛の疫学. 日本腰痛学会雑誌, 7: 100-104, 2001.
- 2) Dunn KM, Hestbaek H, Cassidy JD, et al.: Low back pain across the life course. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 27:591-600, 2013.
- 3) Xu Y, Bach E, Orhede E: Work environment and low

back pain: the influence of occupational activities. *Occup Environ Med*, 54 (10): 741-745, 1997.

- 4) Xinhai S, Xiaopeng N, Zhentao C, et al.: Low back pain development response to sustained trunk axial twisting. *Eur Spine J*, 22 (9): 1972-1978, 2013.
- 5) Stephanie A, Sara C, Christopher J, et al: Association between rotation-related impairments and activity type in people with and without low back pain. *Arch Phys Med Rehabil*, 96 (8): 1506-1517, 2015.
- 6) Marras WS, Lavender SA, Leurgans SE, et al. The role of dynamic three-dimensional trunk motion in occupationally-related low back disorders. The effects of workplace factors, trunk position, and trunk motion characteristics on risk of injury. *Spine*, 18 (5): 617-628, 1993.
- 7) Troke M, Moore AP, Maillardet FJ, et al.: A normative database of lumbar spine ranges of motion. *Manual Ther*, 10: 198-206, 2005.
- 8) 谷口匡史, 建内宏重, 成田奈津子, 市橋則明: 非特異的慢性腰痛患者の体幹回旋運動における筋活動量と筋活動開始時間. *理学療法*, 42 (5): 384-391, 2015.
- 9) Joseph KF, Carolyn AR, Mohamad P, et al.: EMG activity of trunk muscles and torque output during isometric axial rotation exertion: a comparison between back pain patients and matched controls. *J Orthop Res*, 20 (1): 112-21, 2022.
- 10) Avman MA, Osmotherly PG, Snodgrass S, et al.: Is there an association between hip range of motion and nonspecific low back pain? A systematic review. *Musculoskeletal Science and Practice*, 42: 38-51, 2019.
- 11) Chaleat-Valayer E, Mac-Thiong JM, Paquet J, et al.: Sagittal spino-pelvic alignment in chronic low back pain. *Europe Spine Journal*, 20: 634-640, 2011.
- 12) Paul SS, Woo HP, Yoon HK: Three-dimensional Kinematic Lumbar Spine Motion Analyses of Trunk Motion During Axial Rotation Activities. *Clinical spine Surgery*, 25 (3): 74-80, 2012.
- 13) Alaa H, Asaf W, Youssef M: Lumbar axial rotation kinematics in men with non-specific chronic low back pain. *Clin Biomech*, 61: 192-198, 2019.
- 14) Panjabi MM, Oxland TR, Yamamoto I, et al.: Mechanical behavior of the human lumbar and lumbosacral spine as shown by three-dimensional load-displacement curves. *J Bone Joint Surg Am*, 76: 413-

- 424, 1994.
- 15) Fujii R, Sakaura H, Mukai Y, et al.: Kinematics of the lumbar spine in trunk rotation: in vivo three-dimensional analysis using magnetic resonance imaging. *European Spine Journal*, 16: 1867-1874, 2007.
 - 16) Takasaki H, Hall T, Oshiro S, et al.: Normal kinematics of the upper cervical spine during the Flexion-Rotation Test-In vivo measurements using magnetic resonance imaging. *Musculoskeletal Science & Practice*, 16: 167-171, 2011.
 - 17) Aaro S, Dahlborn M, Svensson L. Estimation of vertebral rotation in structural scoliosis by computer tomography. *Acta Radiol Diagn*, 19: 990-992, 1978.
 - 18) Pearcy MJ, Tibrewal SB: Axial rotation and lateral bending in the normal lumbar spine measured by three-dimensional radiography. *Spine*, 9: 582-587, 1984.
 - 19) Steffen T, Rubin RK, Baramki HG, et al.: A new technique for measuring lumbar segmental motion in vivo. Method, accuracy, and preliminary results. *Spine*, 22: 156-166, 1997.
 - 20) Taniguchi M, Tateuchi H, Ibuki S. Relative mobility of the pelvis and spine during trunk axial rotation in chronic low back pain patients: A case-control study. *PLOS ONE*, 12(10): 2017.
 - 21) Blankenbaker DG, Haughton VM, Rogers BP, et al.: Axial Rotation of the Lumbar Spinal Motion Segments Correlated with Concordant Pain on Discography: A Preliminary Study. *Musculoskeletal Imaging Original Research*, 186: 795-799, 2006.
 - 22) Kulig K, Powers CM, Landel RF, et al.: Segmental lumbar mobility in individuals with low back pain: in vivo assessment during manual and self-imposed motion using dynamic MRI. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 8: 1471-2474, 2007.
 - 23) 中井 修: 慢性腰痛の原因としての腰痛不安定症. *日本腰痛学会雑誌*, 1(1): 39-42, 1995.
 - 24) 織田 格, 白土 修: 腰痛症に関与する脊柱の解剖学—正常編および異常編—. *日本腰痛学会雑誌*, 7: 19-25, 2001.
 - 25) O'Sullivan P, Burnett A, Floyd A, et al.: Lumbar repositioning deficit in a specific low back pain population. *Spine*, 28: 1074-1079, 2003.

Abstract

[Introduction] Several studies reported that trunk rotation is associated with low back pain. However, few studies have compared the range of motion of the lumbar spine rotation with and without low back pain, and there are no studies that examined each segment. The purpose of this study was to clarify the comparison of the range of motion of the lumbar spine rotation with and without low back pain using MRI. [Subjects and Methods] The subjects were 20 chronic low back pain patients that has been present for longer than three months, and the control group was 15 healthy subjects. Lumbar rotation range of motion during trunk rotation was measured using MRI. Images were taken with the participant in the lateral position, with of 45° of trunk rotation with the pelvis fixed by the belt and hip/knee joint with slight flexion. The range of motion between each segment of the lumbar spine and the total sum of the range of motion of the lumbar spine were calculated and compared with and without low back pain. [Results] The L5/S1 lumbar rotational range of motion and the total sum of L1-S1 lumbar rotational range of motion were significantly greater in the low back pain subjects than in the healthy subjects. [Conclusion] Increased lumbar rotational range of motion, especially L5/S1 rotational range of motion, may be associated with low back pain.

Key words : Low back pain, trunk rotation, Lumbar rotational range of motion, MRI

(2023 年 3 月 23 日原稿受付)