

<原著>

腰部脊柱管狭窄症における MRI 画像の分析方法の検証と 臨床的動作指標との関係

Verification of the Magnetic Resonance Imaging (MRI) Analysis Method in Lumbar Spinal Canal Stenosis and the Relationship Between the Magnetic Resonance Images and Clinical Behavior Indices

塚本敏也¹, 坂口直史², 高橋敏行³, 花北順哉³

Toshiya TSUKAMOTO, RPT, PhD¹, Naohika SAKAGUCHI, RPT²,
Toshiyuki TAKAHASHI, MD, PhD³, Junya HANAKITA, MD, PhD³

1 常葉大学 健康科学部 静岡理学療法学科

Department of Physical Therapy, Shizuoka, Faculty of Health Science, Tokoha University

2 医療法人社団平成会 藤枝平成記念病院 リハビリテーション部

Department of Rehabilitation, Fujieda Heisei Memorial Hospital

3 医療法人社団平成会 藤枝平成記念病院 脊髄脊椎疾患治療センター

Spinal Disorders Center, Fujieda Heisei Memorial Hospital

【要 旨】

〔目的〕腰部脊柱管狭窄症（以下，LCS）の脊柱管最狭窄部（以下，最狭窄部）の違いによる硬膜管面積と腰背筋断面積および腰椎前彎角を比較し，関連性を検証すること．〔対象〕術前LCS20例（平均年齢72.2±8.2歳）とし，最狭窄部がL3/4群9例とL4/5群11例の2群に分類した．〔方法〕測定項目は，MRI横断画像より硬膜管面積と各腰椎レベルの腰背筋断面積および総腰背筋断面積とし，単純X線全脊柱立位側面像よりL1椎体上縁と仙骨上縁を通る直線がなす角度から腰椎前彎角を測定した．〔結果〕L4/5群の硬膜管面積は，L3/4群と比較し有意に低値を認めた．L4/5群の硬膜管面積は，L5腰背筋断面積と腰椎前彎角との間に正の相関を認め，L3/4群では腰椎前彎角とL5腰背筋断面積および総腰背筋断面積との間で正の相関を認めた．〔結語〕L3/4高位よりL4/5高位に最狭窄部をもつLCSでは，硬膜管面積が狭く，L5腰背筋断面積と腰椎前彎角が関連していることが示唆された．

【ABSTRACT】

[Purpose] The present study aimed to measure the dural tube area, lumbar spine muscle cross sectional area (LSM), and lumbar lordosis angle (LLA) to the difference of the spinal canal stenosis (the narrowest part) of the lumbar spinal canal stenosis (LCS) and verify the relevance. [Subjects] Twenty patients (mean age 72.2 ± 8.2 years) with LCS were preoperatively classified into two groups: the narrowest part L3/4 group (9 patients) and the narrowest part L4/5 group (11 patients). [Methods] The cross-

sectional area of the dural tube, LSM, and the total cross-sectional areas of the lumbar spine muscles (T-LSM) were measured using magnetic resonance imaging, LLA is the X-ray full spinal column standing lateral image and L1 vertebra the angle formed by the straight line passing through the upper edge of the body and the upper edge of the sacrum was measured. [Results] The dural tube area of the L4/5 group was significantly lower than that of the L3/4 group. A positive correlation was found between the L5 LSM and the LLA in the dural tube area of the L4/5 group. The L3/4 group showed a positive correlation between LLA, L5 LSM, and T-LSM. [Conclusion] In the LCS, with the narrower part at L4/5 than at L3/4, the dural tube area may be narrow and L5 LSM may be related to the LLA.

キーワード：腰部脊柱管狭窄症，硬膜管面積，腰背筋断面積，腰椎前彎角

Key Words : Lumbar spinal canal stenosis, Dural tube area, Lumbar spine muscle cross sectional area, Lumbar lordosis angle

1. はじめに

腰部脊柱管狭窄症 (Lumbar spinal Canal Stenosis ; 以下, LCS) は, 脊柱管内を走行している神経組織と周囲組織 (骨あるいは軟部組織) との相互関係が何らかの理由で破綻し, 神経症状が惹起された状態をいう¹⁾. また LCS は, 下肢症状を主体とする疾患群で腰痛の有無は問わないとされており²⁾, その大部分が加齢に伴う退行性変化を基盤として発症することが考えられている³⁾. さらに LCS は, 多椎間に生じることが多く^{1,4)}, その好発部位は第4腰椎と第5腰椎間 (以下, L4/5), 次いで第3腰椎とL4腰椎間 (以下, L3/4), 第5腰椎 (以下, L5) と第1仙椎間とされている⁵⁾. この他, LCSにおける脊柱管内の硬膜管面積においても狭窄の頻度が高い椎間はL4/5とされ⁶⁾, 硬膜管面積は, 神経組織からみた圧迫 (以下, 脊柱管狭窄) の指標として用いられている⁷⁾.

脊柱は上半身 (頸部, 胸部, 上肢) の体重負荷, 姿勢保持, 体幹の運動などといった構築的な働きと, 脊髄, 神経組織, 内臓器官の保護的な役割をもっている⁸⁾. 脊柱全体を静的アライメントで見ると, 矢状面では頸椎前彎, 胸椎後彎, 腰椎前彎と縦S字状を示しており, 腰椎は生理的前彎をなしている. こ

の腰椎前彎は, 座位や立位といった姿勢保持の観点から抗重力作用を与えていることがいわれている⁸⁾. なかでも, 脊柱起立筋 (棘筋, 最長筋, 腸筋) は脊柱の支持機能として腰椎の正常な前彎を維持するために極めて重要であり⁸⁾, 抗重力筋のうち主要姿勢筋として立位保持に関与している⁹⁾. また脊柱起立筋は, 立位における矢状面上で腰椎に作用する前方への剪断力に抗する力を生じ, 腰椎および腰仙関節の安定性を高めている¹⁰⁾. この他, 腰椎では腰部多裂筋 (以下, 多裂筋) の収縮がおおのこの腰椎間の圧縮力を高め, 腰椎のアライメント制御の機能を有していることが報告されている¹¹⁾. このように, 脊柱起立筋と多裂筋 (以下, 腰背筋) は腰椎アライメントの維持と安定化に作用しており, LCSの脊柱や脊柱管内の神経組織との相互関係を検討するうえで重要となる. しかし, 脊柱管狭窄の指標である硬膜管面積と腰背筋断面積および腰椎前彎角といった脊柱周囲組織と腰椎アライメントとの関連についての報告は少なく, LCSの腰背筋断面積, 腰椎前彎角については不明な点が多い.

先行研究によると, LCSの腰椎前彎は減少しており, 骨盤が後傾し, 立位姿勢は体幹前傾を呈していることが報告されている¹²⁾. またLCSの特徴として, 体幹の前屈姿勢に

よる症状改善があり、LCS の姿勢変化による症状の変化は、硬膜外圧との関連が報告されている¹³⁾。この、姿勢変化やアライメントは症状の出現や脊椎の安定性に影響を及ぼすため、その評価は重要とされている⁵⁾。さらに、LCS の腰部前屈と後屈による硬膜管面積の動的な変化率は、狭窄の頻度が高い L4/5 ではなく、L3/4 が最も値が大きいとされ⁶⁾、狭窄部の違いによる姿勢変化や腰椎アライメント（腰椎前彎角）の異常、前屈姿勢（体幹前傾）による腰背筋への影響が生じている可能性が考えられる。また、LCS の L3/4 や L4/5 の最狭窄部位の違いにより、筋力低下などの神経学的症状との不一致が生じる割合に相違があることが報告され¹⁴⁾、症状の発現に関与する責任部位を考慮した運動療法の遂行や姿勢に留意した生活指導に難渋することがある。これらのことから、LCS における狭窄部の違いから腰椎アライメントの異常と各腰椎レベルの腰背筋の状態を検証することで、脊柱周囲組織との相互関係を把握した手術前後の理学療法や LCS の予防と治療における基礎資料を得る一助になると考えた。この他、LCS は下肢症状を主体とする疾患群であることから、他覚的な検査のみでなく、間欠性跛行といった臨床症状を加えた検証が必要であると考えた。

そこで本研究では、LCS における L3/4 と L4/5 の脊柱管最狭窄部（以下、最狭窄部）の違いによる硬膜管面積と各腰椎レベルの腰背筋断面面積、腰椎前彎角、臨床症状の比較と関連性について検証することを目的とした。また、LCS の予防と治療的介入における基礎資料を得る目的で、脊柱管狭窄の指標である硬膜管面積の予測値を各腰椎レベルの腰背筋断面面積、腰椎前彎角との関係から調査した。

2. 対象と方法

2.1. 対象

対象は、2017 年 9 月から 2018 年 4 月の間に藤枝平成記念病院の脊髄脊椎疾患治療センターを受診し、LCS と診断され観血的治療が適応となった術前 LCS20 例（平均年齢 72.2 ± 8.2 歳）を対象とした。また、LCS の最狭窄部が L3/4 高位の 9 例（以下、L3/4 群）と L4/5 高位の 11 例（以下、L4/5 群）の 2 群に分類した。なお、LCS の最狭窄部は脊髄造影による CTM（Computed Tomographic Myelography）と MRI（Magnetic Resonance Imaging）画像により医師の確認のもと分類した。除外対象は立位、歩行が困難な者、合併症に LCS 以外の脊髄脊椎疾患、変形性膝関節症および股関節症、脳血管疾患、呼吸循環器疾患、悪性腫瘍に罹患している者とした。

本研究の実施については、全ての対象者に書面による説明と同意を得た。なお、本研究はヘルシンキ宣言の倫理基準に従い、藤枝平成記念病院の倫理委員会による承認（承認番号：藤平倫第 30-3 号）を得て実施した。

2.2. 方法

調査測定項目は、対象の基本属性、硬膜管面積、各腰椎レベルの腰背筋断面面積、腰椎前彎角、6 分間歩行距離（6minutes walking distance；以下、6MD）、日本整形外科学会腰椎疾患治療成績判定基準（Japanese Orthopaedic Association score；以下、JOA）とした。

対象の基本属性として、年齢、性別、身長、体重、Body mass index（以下、BMI）を受診時のカルテ情報から調査した。

硬膜管面積と各腰椎レベルの腰背筋断面面積は、MRI 装置（1.5T MRI Vantage、東芝メディカルシステム社製）に内蔵された画像解析装置を用いて計測した。MRI の撮影は、仰臥位で下肢伸展位にて第 12 胸椎から大腿

骨小転子における1mm間隔スライス厚5mmの横断像とし、診療時に撮影されたMRI画像を解析に用いた。硬膜管面積は、L3/4またはL4/5最狭窄部の硬膜管横断面をMRIのT2強調画像を確認し、手動で硬膜管の輪郭をトレースした後にMRI画像解析装置により硬膜管面積を算出した。この、硬膜管面積は脊柱管狭窄の指標とした⁷⁾。

腰背筋断面積は、第1腰椎（以下、L1）からL5の各腰椎下縁の腰背筋横断面をMRIのT2強調画像を確認し、手動で左右の腰背筋の輪郭をトレースした後にMRI画像解析装置により各腰椎下縁の腰背筋断面積を算出した。さらに、L1からL5左右の腰背筋断面積の総和を総腰背筋断面積として算出した。硬膜管面積と腰背筋断面積のトレースは、熟練した一人の測定者による単一測定を行い、測定値とした。

腰椎前彎角は、単純X線全脊柱立位側面像より、L1椎体上縁を通る直線と仙骨上縁を通る直線がなす角度で、前彎を正值、後彎を負値と定め、Jacksonら^{15,16)}の方法に準じ計測した（図1）。また腰椎前彎角は、計測値が大きくなることで腰椎前彎の増強を示す評価指標とした。

6MDは、運動負荷試験としてLCSの特徴的な症状である、ごく短時間の歩行で下肢

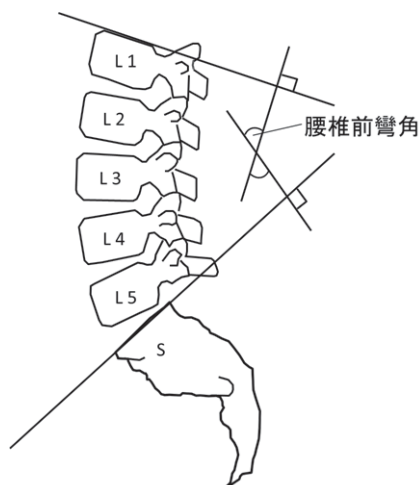


図1 腰椎前彎角

の疼痛や痺れ、脱力などが生じ、歩行継続が困難となるが、休憩すると回復するといった間欠性跛行の評価と運動耐容能の評価に用いた。方法は、施設内の固い平らな床面で10mの直進路を使用し、6分間被験者が出せるできるだけ速い速度で歩行させ、その間の歩行距離を計測した。計測には、デジタルストップウォッチを用いて6分間2回の計測を行い、距離が長い値を採用した。間欠性跛行が出現した場合は、計測時間内に歩行できた距離を計測値とした。また、計測中に歩行が困難になった場合や対象者より中止の訴えが聞かれた場合は計測を中止し、中止に至るまでの歩行距離を計測値とした。その他、絶対禁忌として最近1カ月に生じた不安定狭心症あるいは心筋梗塞、相対禁忌として安静時心拍数120/分以上、収縮期血圧180mmHg、拡張期血圧100mmHgとした¹⁷⁾。

JOAは、自覚症状(9点)、他覚所見(6点)、日常生活動作(14点)、膀胱機能(-6点)の29点満点の総合点より重症度を評価した(表1)¹⁸⁾。

統計解析は、L3/4群とL4/5群の測定値について χ^2 適合度検定による正規性の検定を行い、正規分布に従い、F検定による等分散が仮定された場合はStudentのt検定、非等分散の場合はWelchのt検定を用い、正規分布に従わない場合または順序尺度はMann-WhitneyのU検定により2群間の比較を行った。また、性別に関しては χ^2 検定による比較を行った。次に、L3/4群とL4/5群における各測定項目間の相関については、硬膜管面積、各腰椎レベルの腰背筋断面積、腰椎前彎角はPearsonの積率相関係数を、6MDとJOAについてはSpearmanの順位相関係数を用いて検討した。また、硬膜管面積の予測値を推定する回帰式を得るために、硬膜管面積を従属変数、硬膜管面積と関係性のある変数を独立変数とした線形単回帰分析を行った。統計解析には、統計解析ソ

表 1 日本整形外科学会腰痛疾患治療成績判定基準 (JOA) ¹⁸⁾

I 自覚症状 (9点)		III 日常生活動作 (14点)			
A 腰痛に関して			非常に困難	やや困難	容易
a	まったく腰痛はない	0	1	2	
b	ときに軽い腰痛がある	0	1	2	
c	常に腰痛があるか、あるいはときにかなりの腰痛がある	0	1	2	
d	常に激しい腰痛がある	0	1	2	
B 下肢痛およびしびれに関して					
a	まったく下肢痛、しびれがない	0	1	2	
b	ときに軽い下肢痛、しびれがある	0	1	2	
c	常に下肢痛、しびれがあるか、あるいはときにかなりの下肢痛がある	0	1	2	
d	常に激しい下肢痛、しびれがある	0	1	2	
C 歩行能力について					
a	まったく正常に歩行が可能	0	1	2	
b	500m以上歩行が可能であるが疼痛、しびれ、脱力を生じる	0	1	2	
c	500m以下の歩行で疼痛、しびれ、脱力を生じ、歩けない	0	1	2	
d	100m以下の歩行で疼痛、しびれ、脱力を生じ、歩けない	0	1	2	
II 他覚所見 (6点)		IV 膀胱機能 (-6点)			
A SLR(tight hamstringを含む)		a 正常 0			
a	正常	b 軽度の排尿困難(頻尿, 排尿遅延, 残尿感) -3			
b	30~70°	c 高度の排尿困難(失禁, 尿閉) -6			
c	30° 未満	注: 尿路疾患による排尿障害は除外する			
B 知覚		I. 満足度 (参考)			
a	正常	a. とてもよかった			
b	軽度の知覚障害(患者自身が認識しない程度のもの)を有する	b. よかった			
c	明白な知覚障害(知覚の完全脱失, あるいはこれに近いもので, 患者自身も明らかに認識しているものをいう)を有する	c. かわらない			
C 筋力		d. やらない方がよかった			
a	正常	II. 精神状態の評価 (参考)			
b	軽度の筋力低下(筋力4程度)	a. 愁訴の性質, 部位, 程度など一定しない			
c	明らかな筋力低下(筋力3以下)	b. 痛みだけでなく機能的に説明困難な筋力低下, 痛覚過敏, 自律神経系変化を伴う			
		c. 多くの病院あるいは多数科を受診する			
		d. 手術に対する期待度が異常に高い			
		e. 手術の既往がありその創部痛のみを異常に訴える			
		f. 異常に長く(例えば1年以上)仕事を休んでいる			
		g. 職場, 家庭生活で問題が多い			
		h. 労災事故, 交通事故に起因する			
		i. 精神科での治療の既往			
		j. 医療訴訟の既往がある			

フト (JSTAT for Windows Version13.0) を用いて, 有意水準を 5% とした.

3. 結果

L3/4 群と L4/5 群における対象の基本属性を表 2 に示した. L3/4 群と L4/5 群の基本属性 (年齢, 性別の割合, 身長, 体重, BMI) の比較については, 有意な差を認めなかった.

L3/4 群と L4/5 群の各測定項目の結果を表 3 に示した. 各測定項目の正規性と F 検定の結果, 硬膜管面積, L1 から L5 腰背筋

断面積, 腰椎前彎角の計測値は正規分布に従い等分散が仮定されたが, 6MD は正規分布に従わなかった. L3/4 群と L4/5 群の各測定項目の計測値を比較した結果, L4/5 群の硬膜管面積が有意に低値を認めたが ($p < 0.05$), その他の測定項目には有意な差を認めなかった.

L3/4 群と L4/5 群における各測定項目間の相関分析の結果を表 4 と表 5 に示した.

L3/4 群では, L1 腰背筋断面積と L2, L3, L4 腰背筋断面積, 総腰背筋断面積との間 (それぞれ, $r = 0.90, p < 0.01$; $r = 0.93, p < 0.01$; $r = 0.80, p < 0.05$; $r = 0.89,$

表2 L3/4群とL4/5群の基本属性

	L3/4群(n=9)	L4/5群(n=11)
年齢(歳)	69.1±7.1	74.6±8.5
性別 [男性/女性(%)]	7(71.4)/2(28.6)	8(62.5)/3(37.5)
身長(cm)	164.8±7.2	161.6±7.6
体重(kg)	67.6±12.8	62.8±9.3
BMI(kg/m ²)	24.9±4.1	24.1±2.9

平均値±標準偏差. (n=20).
 L3/4群: 第3腰椎と第4腰椎間に腰部脊柱管最狭窄部をもつ群
 L4/5群: 第4腰椎と第5腰椎間に腰部脊柱管最狭窄部をもつ群
 BMI: body mass index

表3 L3/4群とL4/5群の各測定項目値の比較

	L3/4群(n=9)	L4/5群(n=11)
硬膜管面積(mm ²)	73.2±31.4	48.0±18.7*
L1 腰背筋断面積(mm ²)	4424.4±1406.4	4599.3±986.5
L2 腰背筋断面積(mm ²)	4787.6±1123.0	4829.3±959.4
L3 腰背筋断面積(mm ²)	5022.4±965.4	4725.0±887.0
L4 腰背筋断面積(mm ²)	4856.9±975.3	4424.5±919.3
L5 腰背筋断面積(mm ²)	4218.0±1177.8	3336.7±939.9
総腰背筋断面積(mm ²)	23309.3±5180.3	21914.8±3872.7
腰椎前彎角(°)	40.6±12.0	38.7±13.3
6MD(m)	274.7±126.8	262.4±128.6
JOA(点)	14.1±4.8	15.5±2.9

平均値±標準偏差. L3/4群とL4/5群との比較: *p<0.05, (n=20).
 L3/4群: 第3腰椎と第4腰椎間に腰部脊柱管最狭窄部をもつ群
 L4/5群: 第4腰椎と第5腰椎間に腰部脊柱管最狭窄部をもつ群
 L1: 第1腰椎, L2: 第2腰椎, L3: 第3腰椎, L4: 第4腰椎, L5: 第5腰椎
 6MD: 6minutes walking distance(6分間歩行距離)
 JOA: 日本整形外科学会腰痛疾患治療成績判定基準

表4 L3/4群の各測定項目間における相関係数

	硬膜管面積	L1 腰背筋	L2 腰背筋	L3 腰背筋	L4 腰背筋	L5 腰背筋	総腰背筋	腰椎前彎角	6MD	JOA
硬膜管面積(mm ²) ^a	1	-0.30	-0.29	-0.32	-0.38	-0.26	-0.33	0.08	0.03	-0.32
L1 腰背筋(mm ²) ^a		1	0.90**	0.93**	0.80*	0.43	0.89**	0.20	0.10	0.32
L2 腰背筋(mm ²) ^a			1	0.99**	0.97**	0.69	0.98**	0.66	0.26	0.54
L3 腰背筋(mm ²) ^a				1	0.95**	0.66	0.99**	0.62	0.26	0.54
L4 腰背筋(mm ²) ^a					1	0.83*	0.98**	0.70	0.33	0.63
L5 腰背筋(mm ²) ^a						1	0.78*	0.83*	0.17	0.54
総腰背筋(mm ²) ^a							1	0.71*	0.26	0.54
腰椎前彎角(°) ^a								1	-0.02	0.32
6MD(m) ^b									1	0.47
JOA(点) ^b										1

**p<0.01, *p<0.05. ^a項目間: Pearsonの積率相関係数. ^b項目間: Spearmanの順位相関係数.

L3/4群: 第3腰椎と第4腰椎間に腰部脊柱管最狭窄部をもつ群

L4/5群: 第4腰椎と第5腰椎間に腰部脊柱管最狭窄部をもつ群

L1: 第1腰椎, L2: 第2腰椎, L3: 第3腰椎, L4: 第4腰椎, L5: 第5腰椎

腰背筋: 腰背筋断面積

6MD: 6minute walking distance(6分間歩行距離)

JOA: 日本整形外科学会腰痛疾患治療成績判定基準(29点満点)

表 5 L4/5 群の各測定項目間における相関係数

	硬膜管面積	L1 腰背筋	L2 腰背筋	L3 腰背筋	L4 腰背筋	L5 腰背筋	総腰背筋	腰椎前彎角	6MD	JOA
硬膜管面積 (mm ²) ^a	1	0.14	0.21	0.24	0.43	0.83**	0.45	0.63*	0.45	0.24
L1 腰背筋 (mm ²) ^a		1	0.95**	0.88**	0.67*	0.07	0.87**	0.2	0.09	0.30
L2 腰背筋 (mm ²) ^a			1	0.92**	0.73*	0.21	0.93**	0.17	0.18	0.11
L3 腰背筋 (mm ²) ^a				1	0.84**	0.29	0.95**	0.37	0.24	0.32
L4 腰背筋 (mm ²) ^a					1	0.46	0.89**	0.44	0.42	0.38
L5 腰背筋 (mm ²) ^a						1	0.49	0.68*	0.29	0.22
総腰背筋 (mm ²) ^a							1	0.45	0.33	0.35
腰椎前彎角 (°) ^a								1	0.21	0.54
6MD (m) ^b									1	0.44
JOA (点) ^b										1

**p<0.01, *p<0.05. ^a項目間: Pearsonの積率相関係数, ^b項目間: Spearmanの順位相関係数.

L3/4群: 第3腰椎と第4腰椎間に腰部脊柱管最狭窄部をもつ群

L4/5群: 第4腰椎と第5腰椎間に腰部脊柱管最狭窄部をもつ群

L1: 第1腰椎, L2: 第2腰椎, L3: 第3腰椎, L4: 第4腰椎, L5: 第5腰椎

腰背筋: 腰背筋断面積

6MD: 6minute walking distance (6分間歩行距離)

JOA: 日本整形外科学会腰痛疾患治療成績判定基準 (29点満点)

p<0.01), L2 腰背筋断面積と L3, L4 腰背筋断面積, 総腰背筋断面積との間 (それぞれ, r=0.99, p<0.01; r=0.97, p<0.01; r=0.98, p<0.01), L3 腰背筋断面積と L4 腰背筋断面積, 総腰背筋断面積との間 (それぞれ, r=0.95, p<0.01; r=0.99, p<0.01), L4 腰背筋断面積と L5 腰背筋断面積, 総腰背筋断面積との間 (それぞれ, r=0.83, p<0.05; r=0.98, p<0.01), L5 腰背筋断面積と総腰背筋断面積との間に正の相関を認めた (r=0.78, p<0.05). また, 腰椎前彎角と L5 腰背筋断面積, 総腰背筋断面積との間に正の相関を認めた (それぞれ, r=0.83, p<0.05; r=0.71, p<0.05). 6MD と JOA については, 硬膜管面積, 腰背筋断面積, 腰椎前彎角との間に相関は認めなかった.

L4/5 群では, 硬膜管面積と L5 腰背筋断面積, 腰椎前彎角との間 (それぞれ, r=0.83, p<0.01; r=0.63, p<0.05), 腰椎前彎角と L5 腰背筋断面積との間に正の相関を認めた (r=0.68, p<0.05). また, 硬膜管面積と L5 腰背筋断面積の関係および回帰分析の結果を図 2 に示した. 硬膜管面積 (y) と L5 腰背筋断面積 (x) には, $y=0.017x - 10.232$ という関係が認められ, R² (決定係数) は 0.69 であった (回帰係数, p<0.01). この他, L1 腰背筋断面積と L2,

L3, L4 腰背筋断面積, 総腰背筋断面積との間 (それぞれ, r=0.95, p<0.01; r=0.88, p<0.01; r=0.67, p<0.05; r=0.87, p<0.01), L2 腰背筋断面積と L3, L4 腰背筋断面積, 総腰背筋断面積との間 (それぞれ, r=0.92, p<0.01; r=0.73, p<0.05; r=0.93, p<0.01), L3 腰背筋断面積と L4 腰背筋断面積, 総腰背筋断面積との間 (それぞれ, r=0.84, p<0.01; r=0.95, p<0.01), L4 腰背筋断面積と総腰背筋断面積との間に正の相関を認めた (r=0.89, p<0.01). 6MD と JOA については, 硬膜管面積, 腰背筋断面積, 腰椎前彎角との間に相関は認めなかった.

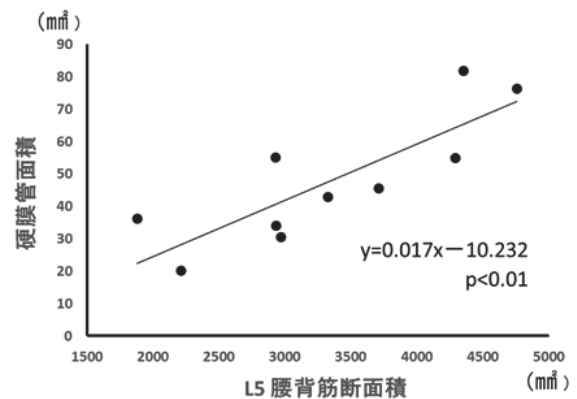


図 2 L4/5 群の硬膜管面積と L5 腰背筋断面積の関係

4. 考察

本研究では、LCSの最狭窄部の違いによりL3/4群とL4/5群の2群に分類し、硬膜管面積と各腰椎レベルの腰背筋断面積、腰椎前彎角、6MD、JOAを比較検討した結果、硬膜管面積がL4/5群では有意に低値であった。また、この硬膜管面積はL5腰背筋断面積と腰椎前彎角との間に正の相関が認められ、腰椎周囲組織（腰背筋）や腰椎アライメントとの関連性が示唆された。

本研究において、L4/5群の硬膜管面積はL3/4群と比較し有意に低値を示し、神経組織への圧迫が強いことが考えられた。硬膜管面積は、L1/2からL4/5と尾側に向かって徐々に減少することが報告されており⁶⁾、各腰椎椎体間における脊柱管の解剖学的構造の違いから下位腰椎であるL4/5群が有意に低値を示した要因の一つであったことが考えられた。硬膜管面積は、Schonstromら¹⁹⁾によると 100mm^2 以下であれば脊柱管狭窄とみなしてよいという報告がある。また濱西²⁰⁾は、硬膜管面積が 100mm^2 以下では腰椎の脊柱管内を走行している馬尾神経の症状を認めると報告した。さらに城戸ら⁷⁾は、L4/5高位のLCS18例を対象とした場合に90%は硬膜管面積が 90mm^2 以下であったことを報告し、 50mm^2 以下では脊柱管狭窄が重度の症例として治療法を決定する必要があるといわれている²¹⁾。今回、術前LCSのL4/5群では11例の全てが硬膜管面積は 90mm^2 以下であり、その平均値は 48.0mm^2 であったことから、脊柱管狭窄は重度化し神経症状が出現している可能性が考えられた。これらのことから術前LCSでは、L3/4群と比較しL4/5群では硬膜管面積は有意に低値であり、神経組織は圧迫の影響を受けやすい状態にあることが考えられた。

LCSの診断は、MRI所見で確認できる硬膜管面積だけでなく、他覚所見と組み合わせ

て評価する必要があるといわれている⁴⁾。今回、L3/4群とL4/5群の腰椎周囲の支持機能をもつ腰背筋の筋断面積や腰椎前彎角といった腰椎アライメントの状態、自覚症状や他覚所見を評価できるJOAや6MDとの相互関係を検証した。その結果、L4/5群の硬膜管面積はL5腰背筋断面積と腰椎前彎角との間で正の相関を認め、腰椎前彎角は硬膜管面積とL5腰背筋断面積との間に正の相関を認めた。

まずL4/5群では、硬膜管面積が腰椎前彎角との間で正の相関を認めた。LCSの発症は、その大部分が加齢に伴う退行性変化を基盤としていることが考えられており³⁾、脊柱管狭窄の指標である硬膜管面積の低下も同様であると考えられる。硬膜管面積の動的变化を検証した先行研究によると、腰椎前屈よりも後屈の方が硬膜管面積は有意に減少することが報告されている⁶⁾。このためLCSでは、腰部伸展位（腰椎後屈）をとることで硬膜外圧が上昇し硬膜静脈叢が圧迫され下肢症状が増悪するために、健常人と比較して腰椎前彎角は小さく、立位姿勢は体幹前傾となることで²⁾、腰椎前屈（体幹前傾）の除圧姿勢をとることが考えられている。今回L4/5群では、硬膜管面積が低値であった者は、腰椎前彎角の値が小さい状態になっていた。これは、腰椎を前屈し体幹前傾と骨盤後傾および腰椎後彎による腰椎の代償動作が生じ、姿勢変化が出現していたことが硬膜管面積と腰椎前彎角が関連した要因であった可能性が考えられた。

L4/5群の硬膜管面積は、L5腰背筋断面積との間に正の相関を認めた。腰背筋断面積は、脊柱起立筋（棘筋、最長筋、腸肋筋）と多裂筋の断面積からなり、これら腰背筋は脊柱の支持機能として腰椎の安定化に重要である^{10,11)}。中位腰椎レベルでは脊柱起立筋と多裂筋は1対1の割合で存在し、下位腰椎レベルでは多裂筋の占める割合は80%に達す

ることがいわれている²²⁾。多裂筋は、L4/5の安定化に関し3分の2以上を提供し、腰椎椎間関節の前方剪断力をコントロールしているとされている¹¹⁾。また腰椎棘突起に付着する多裂筋は、同高位の後枝内側枝によって分節的に神経支配を受けている²³⁾。このため、下位腰椎レベルであるL4/5群では多裂筋が最狭窄部による分節的な神経支配の影響を受けたことから筋萎縮が生じていた可能性があり、硬膜管面積とL5腰背筋断面積との間に関連が認められたと考えられる。

本研究の結果よりL4/5群では、硬膜管面積(y)とL5腰背筋断面積(x)には、硬膜管面積(y) = (0.017 × L5腰背筋断面積) - 10.232という回帰式が得られた。また、単回帰分析の結果、回帰係数0.017はp=0.003であり回帰式は有効と判断できた。この、回帰式の寄与率(決定係数)は0.69であり、約70%の当てはまり率であった。このことから、L5腰背筋断面積によって、MRI横断像で測定される最狭窄部の硬膜管面積を予測できる可能性が示唆された。L5腰背筋断面積は、前述した通り多裂筋の占める割合が大きいとされている。近年、MRIで測定された多裂筋横断面積と超音波画像診断装置にて測定された多裂筋横断面積の結果を検討し、多裂筋を超音波画像診断装置にて測定することの妥当性が証明されている²⁴⁾。今後、非侵襲的で理学療法分野でも測定可能な超音波画像診断から、MRIで測定されるLCSの最狭窄部である硬膜管面積を推定できる可能性を示唆するものであった。

腰背筋においては、筋断面積は筋力と高い相関関係を示し、筋断面積が大きいほど筋力も大きくなることが知られている²⁵⁾。腰背筋は、腰椎前彎角を維持するために重要な筋であり⁸⁾、腰背筋の筋力は腰椎前彎角の減少と関連していることが報告されている²⁶⁾。本研究では、L4/5群で腰椎前彎角とL5腰背筋断面積との間で関連が認められ、L3/4群で

は腰椎前彎角とL5腰背筋断面積と総腰背筋断面積との間で関連が認められた。これは、L4/5群では多裂筋、L3/4群では多裂筋に加え、腰椎後面を走行している脊柱起立筋が腰椎前彎角と関連していることが考えられた。また、L3/4とL4/5に最狭窄部をもつLCSでは、腰椎前彎角といった腰椎アライメントを維持するうえで、下位腰椎の腰背筋に多く存在する多裂筋の影響度が高いことが考えられた。この他に、腰椎前彎角の減少による腰椎前屈姿勢における日常生活や長時間の作業は、脊柱起立筋が持続的に伸張され、脊柱伸筋内圧が上昇し阻血状態となることで変性萎縮をきたし、脊椎後方伸展要素の弱体化が高度になることが報告されている²⁷⁾。このように、腰椎前彎角の減少といった腰椎アライメントが崩れることで直接的に腰背筋断面積や筋力の低下に影響を与える可能性があるため、腰椎の支持機能として重要な腰背筋の筋力を維持し、腰椎アライメントを整えていく必要があると考えられた。

各腰椎レベルの腰背筋断面積と総腰背筋断面積は、L3/4群とL4/5群とも各腰椎レベル(L1からL4)の腰背筋断面積間と総腰背筋断面積との間で正の相関が認められた。各腰椎レベルの腰背筋は、下位腰椎では多裂筋の比率が多くなり、上位腰椎では逆に脊柱起立筋の比率が多くなることがいわれている²⁸⁾。今回は、特に上位腰椎レベル間における腰背筋断面積の相関係数が高く、脊柱起立筋(棘筋、最長筋、腸肋筋)における筋断面積の割合を反映した結果となった。L3/4群では、上位腰椎レベル間に加えL4とL5腰背筋断面積は関連していたことから、特に下位腰椎に占める割合が多いとされる、多裂筋の筋断面積が関連していたことが考えられた。L4/5群では、L3/4群とは違い、L5腰背筋断面積と各腰椎レベルの腰背筋断面積、総腰背筋断面積との関連性が認められなかったことから、L4/5群では分節的に多裂筋の筋断

面積の違いが生じていた可能性が考えられた。

今回、L3/4群とL4/5群の双方で硬膜管面積と6MDおよびJOAの関連性は認められなかった。これは、安静臥床で撮影されるMRI所見と臨床症状は必ずしも合致せず、特に高齢者では症状に関与しない画像上の狭窄が高頻度に存在することが報告されており²⁹⁾、本研究結果と同様であることが考えられた。6MDは、高齢日本人では500から550mが平均的な距離とされ、300m以下では日常生活が屋内活動に限られてしまことが報告されている³⁰⁾。またLCSでは、6MDの歩行負荷によって、安静時に認められない自覚症状や他覚所見が誘発されることがいわれている⁴⁾。本研究では、L3/4群、L4/5群とも6MDが300m以下であったがMRI所見である硬膜管面積と6MDには関連が認められず、臨床症状に関与しない画像上の脊柱管狭窄が有在している可能性が考えられた。JOAに関しては、LCSのJOAが29点満点で14点以下は予後不良または手術が適応となった症例が多く、LCSの予後と有意に相関し予後を予測する上で一つの指標となることが報告されている³¹⁾。本研究では、JOAがL3/4群では29点満点で平均14.1点、L4/5群では平均15.5点と、硬膜管面積が有意に低値だったL4/5群のJOAはL3/4群と比較し僅かに高い結果となった。これは、6MDと同様に自覚症状や他覚所見などの臨床症状と一致しない画像上の脊柱管狭窄が有在している可能性が考えられ、硬膜管面積とJOAとの間に関連性が認められなかったと推測した。今回、MRI画像から測定した硬膜管面積は、6MDやJOAといった臨床症状を反映する測定項目とは関連性が認められなかったが、画像上の狭窄だけでは把握できないLCSの臨床症状や他覚所見が出現している可能性があり、6MDやJOAの評価を行うことは個々の患者の状態把握に繋がるのではないかと考えられた。

本研究の限界として、対象者が1施設から得た測定結果を解析しており、対象者数も少ないため限定的な研究である点が挙げられる。また、L3/4群とL4/5群のそれぞれで各測定項目間の相関を検証し考察しているが、横断研究であるため各測定項目間の因果関係については証明ができていない点がある。今後、サンプルサイズや多施設間の比較、追跡調査を含めた検討が必要であると考えられる。

5. 謝辞

本研究の調査にご協力いただきました、藤枝平成記念病院の対象者の皆様とスタッフの皆様ならびに先生方に深く感謝申し上げます。

6. 引用文献

- 1) 石井清一, 平澤泰介: 標準整形外科学, 腰部脊柱管狭窄症, 第8版. 462-466, 医学書院, 東京, 1992
- 2) 黄金勲矢, 竹林庸雄, 吉本三徳 他: 腰部脊柱管狭窄症に対する内視鏡下除圧術の腰痛改善効果, 変性すべりと神経障害形式による比較. PAIN RESEARCH, 32(3): 203-211, 2017
- 3) 花北順哉, 水野正喜, 諏訪英行 他: 腰部脊柱管狭窄症257例の検討. 脊髄外科, 9: 95-102, 1995
- 4) 二階堂琢也, 大谷晃司, 紺野慎一: 腰部脊柱管狭窄(症)における手術治療. 日本臨床麻酔学会誌, 33(2): 307-311, 2013
- 5) 神野哲也, 相澤純也, 中丸宏二 他: ビジュアル実践リハ整形外科リハビリテーション, 腰部脊柱管狭窄症. 427-440, 羊土社, 東京, 2015
- 6) 神原俊輔, 湯川泰紹, 伊藤圭吾 他: 腰部硬膜管面積の動的変化, 腰部脊柱管狭窄

- 症患者群とコントロール群の比較. 中部日本整形外科災害外科学会雑誌, 53(5): 1015-1016, 2010
- 7) 城戸研二, 河合伸也, 小田裕胤 他: 腰部脊柱管狭窄症の病態について. 整形外科と災害外科, 36(4): 1225-1227, 1988
- 8) 細田多穂, 柳澤健: 理学療法ハンドブック, 疾患別・理学療法プログラム, 腰痛症. 115-147, 協同医書出版社, 東京, 2000
- 9) 中村隆一, 齋藤宏: 基礎運動学, 立体姿勢保持の神経機構. 323-328, 医歯薬出版, 東京, 2002
- 10) 細田多穂, 柳澤健: 理学療法ハンドブック, 理学療法の基礎と評価, 腰痛. 773-791, 協同医書出版社, 東京, 2000
- 11) 鈴木俊明, 三浦雄一郎, 後藤淳 他: The Center of the Body, 体幹機能の謎を探る, 第6版. 1-31, アイペック, 東京, 2005
- 12) 鈴木秀和, 遠藤健司, 小林浩人 他: 腰部脊柱管狭窄症の病型と脊柱矢状面アライメントの関連. 日本腰痛学会雑誌, 14(1): 23-27, 2008
- 13) Takahashi K, Miyazaki T, Takino T, et al.: Epidural pressure measurements. Relationship between epidural pressure and posture in patients with lumbar spinal stenosis. Spine, 20(6): 650-653, 1995
- 14) 山内かづ代, 山下正臣, 吉志貴和 他: 腰部脊柱管狭窄症の病態, 脊髓造影における腰部脊柱管狭窄部位と神経学的所見の障害高位に関する検討. 日本腰痛学会雑誌, 14(1): 34-39, 2008
- 15) Jackson RP, Mcmanus AC: Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age, sex, and size. A prospective controlled clinical study. Spine, 19(14): 1611-1618, 1994
- 16) Jackson RP, Peterson MD, McManus AC, et al.: Compensatory spinopelvic balance over the hip axis and better reliability in measuring lordosis to the pelvic radius on standing lateral radiographs of adult volunteers and patients. Spine, 23(16): 1750-1767, 1998
- 17) American Thoracic Society: ATS statements: Guidelines for six-minute walk test. Am J Respir Crit Care Med, 166(1): 111-117, 2002
- 18) 金景成, 井須豊彦: 脊髄外科研究室に用いられるスコアリングシステムおよびその特徴, 腰椎疾患の評価システム. 脊髄外科, 29(1): 18-25, 2015
- 19) Schonstrom NS, Bolender NF, Spengler DM: The pathomorphology of spinal stenosis as seen on CT scans of the lumbar spine. Spine, 10(9): 806-811, 1985
- 20) 濱西千秋: 腰部脊柱管狭窄症の画像診断 (MRIを含めて). Orthopaedics, 10(9): 9-14, 1997
- 21) 吉田宗人, 上好昭孝, 角谷昭一 他: 腰部脊柱管狭窄症, 腰部脊柱管狭窄症の自然経過. 骨・関節・靭帯, 16(1): 9-15, 2003
- 22) 青木隆明, 林典雄: 運動療法のための機能解剖学的触診術, 下肢・体幹, 改訂第2版. 307-311, メジカルビュー社, 東京, 2012
- 23) 進藤久夫: ヒト成人および胎児の腰部多裂筋の解剖, 神経分布形態からの検討. 日本医科大学雑誌, 62(5): 439-446, 1995
- 24) Belavy DL, Armbrecht G, Felsenberg D: Real-time ultrasound measures of lumbar erector spinae and multifidus: reliability and comparison to magnetic resonance imaging. Physiol Meas, 36(11): 2285-2299, 2015
- 25) 市橋則明: 運動療法学, 筋張力に影響する要因, 第2版. 70-77, 文光堂, 東京, 2014
- 26) 本郷道生, 宮腰尚久, 島田洋一 他: 骨粗鬆症性脊柱変形と背筋力との関係. Osteoporosis Japan, 17(2): 129-132, 2009
- 27) 加茂裕樹, 竹光義治, 原田吉雄 他: 中高齢者の脊柱後弯について. 骨・関節・靭

- 帯, 2: 1469-1477, 1989
- 28) 菊地臣一: 腰痛, 第2版. 90-101, 医学書院, 東京, 2014
- 29) Boden SD, Davis DO, Dina TS, et al.: Abnormal magnetic-resonance scans of the lumbar spine in asymptomatic subjects. A prospective investigation. *J Bone Joint Surg Am*, 72(3): 403-408, 1990
- 30) 本間生夫, 田中一正, 柿崎藤泰: 呼吸運動療法の理論と技術, 運動負荷検査. 95-111, メジカルビュー社, 東京, 2008
- 31) 増本眞悟, 今井健, 石井秀典 他: 腰部脊柱管狭窄症の保存的治療例と手術的治療例の比較検討. *整形外科と災害外科*, 47(4): 1110-1114, 1998