

治療開始時の腰仙椎矢状面 アライメントは第5腰椎分離症の治療予後に 影響をもたらすか？

Does lumbosacral sagittal alignment before therapy affect fusion
or pseudoarthrosis of fifth lumbar spondylolysis?

辰村正紀*¹, 飛田広大*², 武井隼児*², 松浦智史*¹
照屋翔太郎*¹, 奥脇 駿*³, 河村季生*³, 江藤文彦*¹
塚越祐太*³, 小川 健*¹, 万本健生*¹, 平野 篤*¹
山崎正志*³

キー・ワード：lumbar spondylolysis, lumbosacral sagittal alignment, bony fusion
腰椎分離症, 腰仙椎矢状面アライメント, 骨癒合

【要旨】 【緒言と目的】

新鮮腰椎分離症は保存療法で治癒が得られることが知られているが、偽関節化することも決して稀ではない。十分な保存療法を行ったにもかかわらず偽関節に至った症例の腰仙椎のアライメントを調査することを目的として本研究を行った。

【方法】

MRIで第5腰椎に骨髄浮腫を伴う新鮮腰椎分離症と診断され、脱落することなく保存療法が行うことができた中学・高校生を対象とした。保存療法を行ったが最終的に骨癒合が得られなかった症例を偽関節群（P群）、最終的に骨癒合が得られた症例を癒合群（F群）とした。治療前の立位単純X線側面像にて腰椎前弯角（LL）および仙骨傾斜角（SS）を計測し、t検定を用いて両群の比較を行った。保存療法として運動休止、半硬性コルセット着用を行った。

【結果】

対象症例は57名で、P群は23名、F群は34名であった。LLに関してはP群が51.6度、F群が47.3度であった（ $P=0.06$ ）。SSに関してはP群が39.6度、F群が37.5度であった（ $P=0.16$ ）。

【考察】

腰椎の前弯角により分離部にかかる力学的負荷が異なることが知られている。本研究では第5腰椎分離症に罹患した後の治療結果に影響すると考え腰椎前弯角および仙骨傾斜角を調査したが、偽関節群と癒合群の間に有意差は認めなかった。

緒言と目的

新鮮腰椎分離症は保存療法で治癒が得られるこ

とが知られているが、偽関節化することも決して稀ではない。腰椎分離症発生のメカニズムとして、有限要素法による解析で腰部の屈曲と回旋に軸圧が増強すると関節突起間部への力学的負荷が強くなるとされている¹⁾。また仙骨の前傾が増加すると第5腰椎の分離の間隙が大きくなるとされている²⁾。すなわち仙椎に対して第5腰椎に前下方への応力が加わった時に分離部の間隙が開大し癒合に

*¹ 筑波大学附属病院水戸地域医療教育センター/茨城県厚生連総合病院水戸協同病院整形外科

*² 筑波大学附属病院水戸地域医療教育センター/茨城県厚生連総合病院水戸協同病院リハビリテーション部

*³ 筑波大学医学医療系整形外科

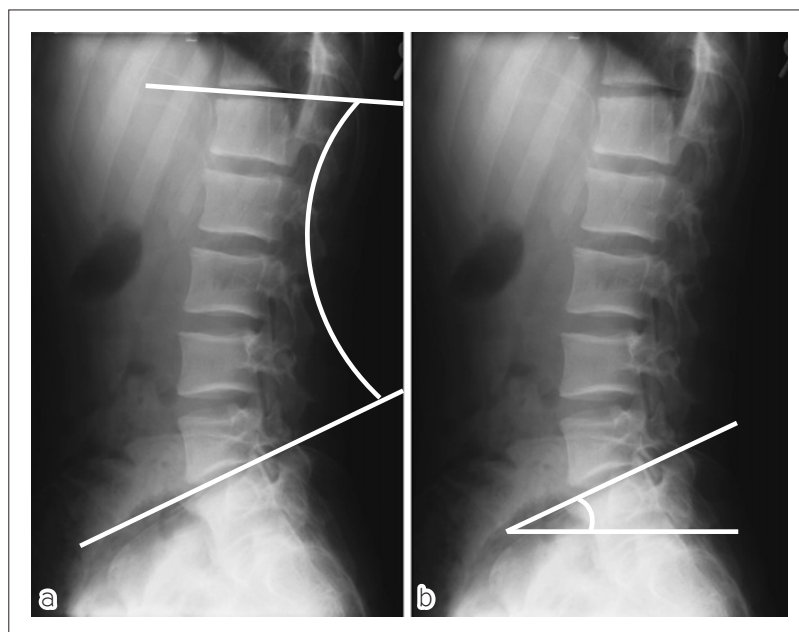


図1 腰椎前弯角と仙骨傾斜角
1a：第1腰椎頭側終板と第1仙椎頭側終板のなす角度を腰椎前弯角（LL）とした
1b：第1仙椎頭側終板と水平線のなす角度を仙骨傾斜角（SS）とした

対して不利に働くと考えられる。今回は十分な保存療法を行ったにもかかわらず偽関節に至った第5腰椎分離症の症例の腰仙椎のアライメントを調査することを目的として本研究を行った。

方法

2014年度から2017年度までに第5腰椎に骨髄浮腫を伴う新鮮腰椎分離症を認め、脱落することなく保存療法を行うことが可能であった中学生・高校生57名を対象とし、小学生は対象から除外した。男性47名、女性10名、平均年齢14.7歳、診断から骨癒合判定までの平均期間は133日であった。最終的に分離部の骨癒合を得られなかった症例を偽関節群（P群）、骨癒合が得られた症例を癒合群（F群）とした。多椎間罹患の症例は第5腰椎のみを解析対象とし、反対側に偽関節を含む症例は骨髄浮腫を伴う新鮮分離部のみ解析に含めた。

治療前の立位中間位における単純X線側面像にて第1腰椎頭側終板と第1仙椎頭側終板のなす角度である腰椎前弯角（LL：図1a）および第1仙椎頭側終板と水平線のなす角度である仙骨傾斜角（SS：図1b）を計測し、t検定を用いて両群の比較を行った。統計学的有意水準は $P=0.05$ とした。

保存療法として全症例に対して運動休止、半硬

性コルセット着用を行った。MRIのShort Tau Inversion Recovery（STIR）条件で信号強度の正常化をもって治療終了として、骨癒合の判定は先行研究同様³⁾に1週間以内に撮像されたCTにおいてMPR3方向のうち2方向以上で骨連続性と認めるものを癒合、そうでないものを偽関節と判定を行った。

また男女間の体格差も配慮して男性のみ47名を抽出して骨髄浮腫を伴う分離部が最終的に骨癒合を得られなかった症例を偽関節群（MP群）、骨癒合が得られた症例を癒合群（MF群）として同様に解析を行った。同様に女性のみ10名を抽出して骨髄浮腫を伴う分離部が最終的に骨癒合を得られなかった症例を偽関節群（FP群）、骨癒合が得られた症例を癒合群（FF群）として同様に解析を行った。

結果

分離部の骨癒合を得られなかったP群は23名、骨癒合が得られたF群は34名であった。LLに関してはP群が51.6度、F群が47.3度であった（ $P=0.06$ ）（図2）。SSに関してはP群が39.6度、F群が37.5度であった（ $P=0.16$ ）（図3）。

また男性のみの解析ではMP群が19名、MF群が28名であった。LLに関してはMP群が51.9

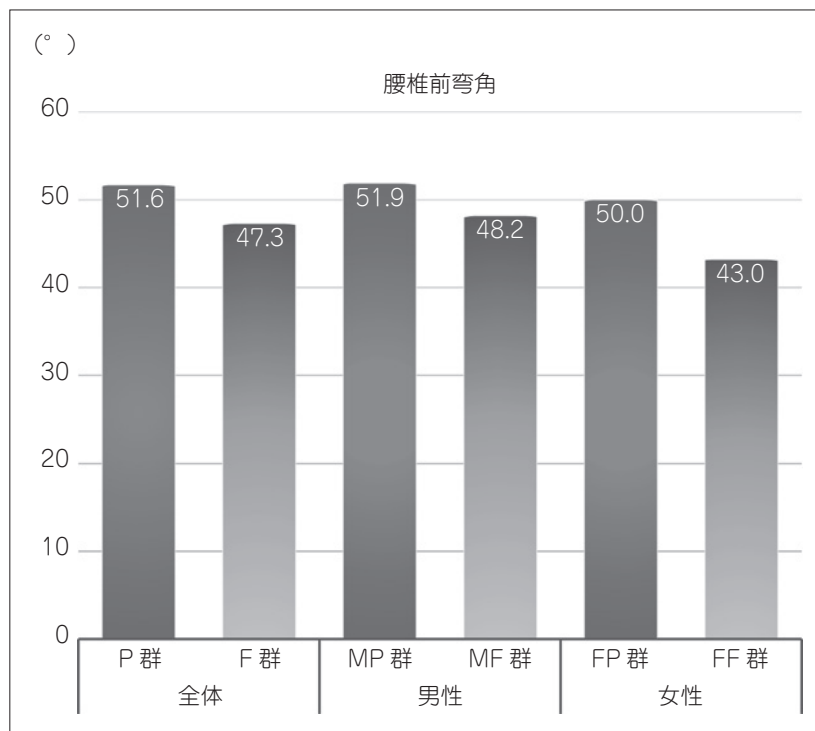


図2 腰椎前弯角 (全体, 男性, 女性)
全体, 男性のみの比較, 女性のみの比較では, いずれも偽関節群と癒合群の間に腰椎前弯角の有意差は認めなかった.

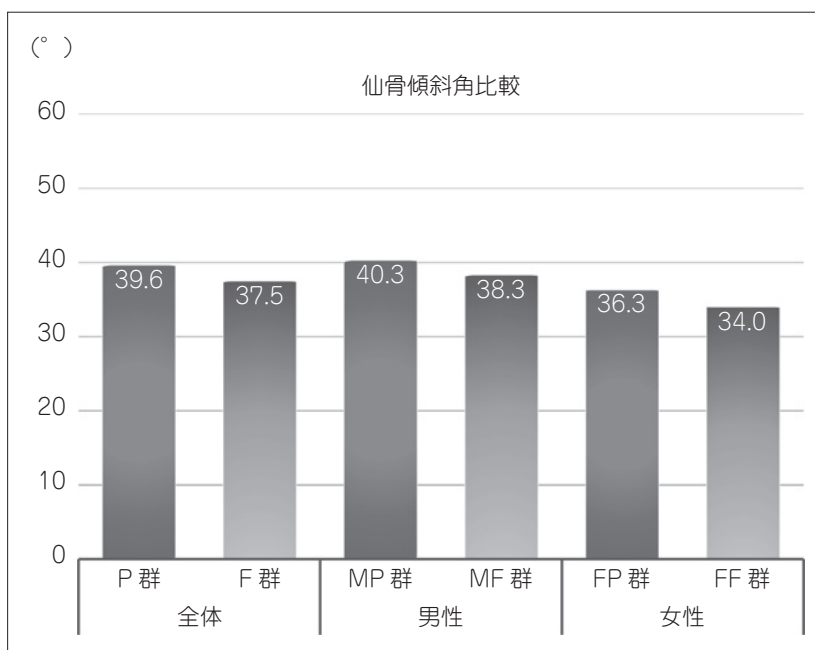


図3 仙骨傾斜角 (全体, 男性, 女性)
全体, 男性のみの比較, 女性のみの比較では, いずれも偽関節群と癒合群の間に仙骨傾斜角の有意差は認めなかった.

度, MF 群が 48.2 度であった (P=0.11) (図 2). 男性のみの SS に関しては MP 群が 40.3 度, MF 群が 38.3 度であった (P=0.19) (図 3).

さらに女性のみの解析では FP 群が 4 名, FF 群が 6 名であった. LL に関しては FP 群が 50.0 度, FF 群が 43.0 度であった (P=0.15) (図 2). 女

性のみのSSに関してはFP群が36.3度、FF群が34.0度であった(P=0.33)(図3)。いずれも統計学的な有意差は得られなかった。

■ 考 察

発育期の腰椎分離症を有するものは仙骨傾斜角が大きいとされ⁴⁾、成人でも同様の結果とされている⁵⁾。そのため腰椎分離症の発生と仙骨傾斜角を含めた腰仙椎アライメントには密接な関係があると考えられる。特に第5腰椎に関しては、分離の発生に下位腰椎の前弯角が関与していると報告されている。Buggらは第4腰椎尾側終板と第1仙椎頭側終板のなす前弯角が第5腰椎分離群に大きく⁶⁾、Sugawaraらは第5腰椎頭側終板と第1仙椎頭側終板のなす前弯角が第5腰椎分離群に大きかったとしており⁷⁾、下位腰椎から仙椎にかけてのアライメントは第5腰椎分離症の発生に関与し、分離部への力学的負荷に影響を及ぼしていると推測できる。本研究の結果では仙骨傾斜角と第5腰椎分離の癒合率の間に関連がなかったため、発育期の第5腰椎分離症への力学的負荷は腰仙椎アライメントの中でも特に仙椎より頭側かつ下位腰椎に位置する第5腰椎の頭側終板と尾側終板のなす椎体前弯形状もしくは第5腰椎/第1仙椎間の椎間板の前弯形状と関与していると考えられる。

成人の分離症例すなわち偽関節例においては、前壁長と後壁長の比率である第5腰椎のlumbar indexが小さいと報告されている⁸⁾。lumbar indexが小さいということは頭尾側終板からなる椎体前弯角が大きいと言い換えることができるため、発育期を対象とした本研究結果から導き出された第5腰椎の形状と癒合率が関与するという考察は、この成人を対象したInoueらの報告と同様の結論であると考えられる。またlumbar indexを指標とすると第5腰椎の形状は成人以降の加齢による変化はないと報告されているが⁸⁾、発育期に関しても成人同様に第5腰椎の前弯形状が腰椎分離症の癒合率に影響を及ぼしているため、成人以前の発育期から第5腰椎の形状変化はないことが推測される。

またRoussoulyらは成人の腰椎分離すべり症患者と健常者との間に仙骨傾斜角の違いはなかったとしている⁹⁾。本研究は中高生を対象としており癒合群も一度は腰椎分離症を罹患し健常者とは言い切れないためRoussoulyらの報告における母

集団こそ異なるものの、本研究の偽関節症例は成人となった時の腰椎分離すべり症患者に該当し、また癒合症例は成人となった時の健常者に該当すると仮定すれば、仙骨傾斜角は分離症の予後と関連しないという同様の結果と捉えることができる。

一方で本研究では偽関節群に腰椎前弯角が大きい傾向(P=0.06)もみられたものの、腰椎前弯角と第5腰椎分離の癒合率との間の有意差は見られなかった。その原因として今回は対象を第5腰椎分離に絞ったが、前弯の測定頭側端を第1腰椎と設定したため範囲が広すぎた可能性がある。前述のように腰椎分離症の発生や癒合には、特に下位腰椎から仙椎のアライメントが影響を及ぼすということとを考慮すると、腰椎前弯角という広い範囲の測定から言えることは前弯角が大きいと第5腰椎分離の癒合率が低くなる傾向が見られるのみで有意差までは得られなかった。

腰椎分離症発生のメカニズムに関しては、腰椎の椎体に対して前下方へモーメントが加われば分離部の間隙が開大すると考えられており、腰部の屈曲と回旋に軸圧が増強すると関節突起間部の間隙への力学的負荷が強くなるとする報告は¹⁾、これを裏付けていると考える。そのため我々は仙骨傾斜角が分離の癒合に関与するのではないかと考えた調査したが、実際には関連がなかった。一方で腰椎分離症の発生の一因として腰部の伸展と回旋を原因とする有限要素解析の報告もあるため¹⁰⁾、分離発生のメカニズムは屈曲と伸展という相反する動作を原因とする両者の研究結果が存在することとなる。これらの相反する報告から考えられることとして、いずれか1方向への動きだけが分離発生の原因ではなく、屈曲と伸展のいずれもが関節突起間部に力学的負担がおよび、それを反復することにより生じる疲労骨折であるためと考える。

分離の有無に限らず男女で腰椎前弯角ならびに仙骨傾斜角の性差があるという報告がある¹¹⁾。そのため対象を男性のみに絞った解析ならびに女性のみ絞った解析も行ったが、結果に大きな違いは生まれなかった。

仙骨傾斜角に関しては腰椎分離すべり症のADLや痛みと相関があるとされている¹³⁾。一方で分離すべりの症状に関しては仙骨傾斜角よりは肥満や椎間板変性などの影響が大きいとする報告もあ

る¹⁴⁾。仙骨の傾斜が痛みに及ぼす影響は不明ではあるが、仙骨の傾斜は腰椎分離症が偽関節となつてから分離すべりを発生させる可能性があると考ええる。本研究の結果から仙骨傾斜は分離部の癒合には影響しないと考えているが、腰椎分離症が癒合に至らなかった場合にはすべり症への進行も考慮して腰仙椎のアライメントに注意を払う必要があると考える。

本研究の限界としては、骨癒合には分離部の病期、対側分離の存在、対側分離の病期、性別、年齢などが影響するとされているが、症例数が限られており両群の分布はこれらの条件が必ずしも一致させることができていること、またこれらの因子がアライメントに及ぼす影響も調査できていないため純粋なアライメント要素による癒合への影響を評価できているとは言えないことが挙げられる。

今回は有意差は得られなかったものの、癒合の得られなかった偽関節群に腰椎前弯角が大きい傾向があったため、下位腰椎などに限局し、かつ症例数が増えることで有意差が生じる可能性もあると考える。

結 語

第5腰椎分離症に罹患した後の治療結果に影響すると考え腰椎前弯角および仙骨傾斜角を調査したが、偽関節群と癒合群の間に有意差は認めなかった。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

文 献

- 1) Sterba M, Arnoux PJ, Labelle H, et al. Biomechanical analysis of spino-pelvic postural configurations in spondylolysis subjected to various sport-related dynamic loading conditions. *Eur Spine J.* 2018; 27: 2044-2052.
- 2) Ramakrishna VAS, Chamoli U, Viglione LL, et al. The Role of Sacral Slope in the Progression of a Bilateral Spondylytic Defect at L5 to Spondylolisthesis: A Biomechanical Investigation Using Finite Element Analysis. *Global Spine J.* 2018; 8: 460-470.
- 3) 蒲田久典, 辰村正紀, 内田卓郎, 他. 初期・進行期腰椎分離症の病期分類からみた癒合率: 水平断分

類と矢状断分類の特徴. *整スポ会誌.* 2017; 37: 299-302.

- 4) Hanke LF, Tuakli-Wosornu YA, Harrison JR, et al. The Relationship Between Sacral Slope and Symptomatic Isthmic Spondylolysis in a Cohort of High School Athletes: A Retrospective Analysis. *PM R.* 2018; 10: 501-506.
- 5) Yin J, Peng BG, Li YC, et al. Differences of Sagittal Lumbosacral Parameters between Patients with Lumbar Spondylolysis and Normal Adults. *Chin Med J (Engl).* 2016; 129: 1166-1170.
- 6) Bugg WG, Lewis M, Juetta A, et al. Lumbar lordosis and pars interarticularis fractures: a case-control study. *Skeletal Radiol.* 2012; 41: 817-822.
- 7) Sugawara K, Iesato N, Katayose M. Segmental Lordosis of the Spondylytic Vertebrae in Adolescent Lumbar Spondylolysis: Differences between Bilateral L5 and L4 Spondylolysis. *Asian Spine J.* 2018; 12: 1037-1042.
- 8) Inoue H, Ohmori K, Miyasaka K. Radiographic classification of L5 isthmic spondylolisthesis as adolescent or adult vertebral slip. *Spine (Phila Pa 1976).* 2002; 27: 831-838.
- 9) Roussouly P, Gollogly S, Berthounaud E, et al. Sagittal alignment of the spine and pelvis in the presence of L5-s1 isthmic lysis and low-grade spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2006; 31: 2484-2490.
- 10) Chosa E, Totoribe K, Tajima N. A biomechanical study of lumbar spondylolysis based on a three-dimensional finite element method. *J Orthop Res.* 2004; 22: 158-163.
- 11) Bailey JF, Sparrey CJ, Been E, et al. Morphological and postural sexual dimorphism of the lumbar spine facilitates greater lordosis in females. *J Anat.* 2016; 229: 82-91.
- 12) Wang Z, Wang B, Yin B, et al. The relationship between spinopelvic parameters and clinical symptoms of severe isthmic spondylolisthesis: a prospective study of 64 patients. *Eur Spine J.* 2014; 23: 560-568.
- 13) Kim MW, Lee KY, Lee S. Factors Associated with the Symptoms of Young Adults with L5 Spondylolysis. *Asian Spine J.* 2018; 12: 476-483.

(受付: 2019年2月8日, 受理: 2019年10月28日)

Does lumbosacral sagittal alignment before therapy affect fusion or pseudoarthrosis of fifth lumbar spondylolysis?

Tatsumura, M.^{*1}, Tobita, K.^{*2}, Takei, S.^{*2}, Matsuura, S.^{*1}
Teruya, S.^{*1}, Okuwaki, S.^{*3}, Kawamura, T.^{*3}, Eto, F.^{*1}
Tsukagoshi, Y.^{*3}, Ogawa, T.^{*1}, Mammoto, T.^{*1}, Hirano, A.^{*1}
Yamazaki, M.^{*3}

^{*1} Dept. of Orthop. Surg. and Sports Medicine, Tsukuba University Hospital Mito Clinical Education and Training Center / Mito Kyodo General Hospital

^{*2} Dept. of Rehabilitation, Tsukuba University Hospital Mito Clinical Education and Training Center / Mito Kyodo General Hospital

^{*3} Dept. of Orthop. Surg., Faculty of Medicine, University of Tsukuba

Key words: lumbar spondylolysis, lumbosacral sagittal alignment, bony fusion

[Abstract] [Introduction]

Lumbar spondylolysis may sometimes result in pseudoarthrosis. With this study we investigated lumbosacral alignment before treatment in cases of pseudoarthrosis.

[Method]

The subjects were junior and senior high school students with fifth lumbar spondylolysis and bone marrow edema. After conservative therapy (quitting sport and wearing a semi-hard brace) they were divided into those who failed to achieve bony fusion, the pseudoarthrosis (P) group, and those who achieved bony fusion, the fusion (F) group. Lumbar lordosis (LL) and sacral slope (SS) angles were measured with sagittal X-ray before treatment and were compared between the two groups using the t-test.

[Result]

The 57 subjects were 23 and 34 in the P and F group, respectively. LL was 51.6 ° and 47.3 ° in the P and F group, respectively (P=0.16), and SS was 39.6 ° and 37.5 ° in the P and F group, respectively (P=0.06).

[Discussion]

Higher lumbar lordosis is a known cause of lumbar spondylolysis. We investigated LL and SS to clarify their influence on outcome of treatment of fifth lumbar spondylolysis. There was not a significant difference between the pseudoarthrosis and the fusion groups.