

小学生に発症した新鮮腰椎 分離症の特徴—低学年と高学年の比較—

Characteristics of fresh lumbar spondylolysis in elementary school students: a comparison between early elementary grade group and late elementary grade group

氷見 量*, 石川徹也*, 杉山貴哉*
三宅秀俊*, 渡辺知真*

キー・ワード：Fresh lumbar spondylolysis, Elementary school students, Bone union
新鮮腰椎分離症, 小学生, 骨癒合

〔要旨〕 2015年3月から2022年3月までに当院を受診し、MRIにて新鮮腰椎分離症と診断された小学生51例を対象とした。検討①では低学年群10例・13関節突起間部、高学年群41例・53関節突起間部を対象とし、発症時の特徴(性別、罹患椎体のSpina bifida occulta：SBO保有の有無、椎体高位、片側か両側か、対側陳旧性分離の有無、病期)を両群間で比較した。検討②では骨癒合の可否まで確認できた34例で、低学年群6例・9関節突起間部、高学年群28例・37関節突起間部を対象とした。両群の骨癒合率の比較と、小学生全体において骨癒合に影響を与える因子の検討を行った。統計処理は検討①と検討②の骨癒合率の比較に χ^2 検定とFisher'sの正確確率検定を用い、骨癒合に影響を与える因子の検討に多重ロジスティック回帰分析を行い、有意水準は5%とした。

検討①ではSBO保有例、両側例、対側陳旧性分離保有例、進行期例の割合が高学年群と比較して低学年で有意に高かった(それぞれ $p < 0.01$, $p < 0.05$, $p < 0.05$, $p < 0.01$)。検討②では骨癒合率は高学年群より低学年群で有意に低かった($p < 0.05$)。小学生全体では多変量解析による骨癒合の有無に影響を与える因子として病期(初期か進行期か)が抽出された。

はじめに

腰椎分離症は成長期に発症する疲労骨折である¹⁾。発症年齢の平均は14歳前後²⁻⁴⁾と報告されており、学童期の腰椎分離症を調査した研究では10歳以下は存在しなかったとする報告もある³⁾。一方で、9歳以下⁵⁾にも腰椎分離症を発症する例が一定数存在することや、腰椎分離症の約3割は学童期に存在していたとする報告⁶⁾もあり、学童期においても決して少なくない疾患と言える。

小学生における腰椎分離症では、偽関節化した

場合、高率で分離すべり症へ移行するとされており⁷⁾、この年代における骨癒合は特に望まれる。腰椎分離症では潜在性二分脊椎(Spina bifida occulta；以下、SBO)⁸⁻¹⁰⁾との関連が報告されており、これが発症要因^{4,11)}であり、骨癒合阻害因子^{7,10-12)}であるとされている。また、一般的な骨癒合阻害因子として、対側偽関節例^{2,13,14)}や病期の進行²⁾、両側例¹²⁾などが挙げられる。小学生と中高生とを比較した報告⁹⁾は存在するが、小学生の低学年と高学年とを比較した報告は渉猟し得なかった。

本研究の目的は小学生に発症した腰椎分離症例の低学年と高学年を比較し、それぞれの特徴を明らかにすることである。検討項目は2つである。検討①は低学年と高学年の発症時の特徴を比較検討することである。検討②は低学年と高学年の骨

* 静岡みらいスポーツ・整形外科

Corresponding author：石川徹也 (shizuoka@miraisports.clinic)

癒合率を比較し、その後小学生全体での骨癒合に関わる因子の検討を行うことである。

対象と方法

●対象

2015年3月から2022年3月までに腰痛を主訴に当院を受診し、Magnetic Resonance Imaging (以下、MRI) Short T1 inversion recovery 像にて腰椎関節突起間部に高信号を認めた新鮮腰椎分離症51例を対象とした。MRIにて腰椎関節突起間部に高信号を認め、Computed Tomography (以下、CT)による病期が確認できた治療開始前の時点で、下記の各項目を検討した。小学生新鮮腰椎分離症症例のうち、満年齢が7歳から9歳を低学年群、10歳から12歳を高学年群に分けて検討を行った。尚、小学1年生は6歳ないし7歳の学年であるが、本研究の対象期間に6歳で受診した症例は確認できなかった。検討①の対象は51例で、低学年群と高学年群の特徴を比較した。低学年群は10例13関節突起間部、高学年群は41例53関節突起間部であった。両群の特徴を明らかにするために性別、罹患椎のSBO保有の有無、椎体高位、陳旧性分離を含めて分離が片側か両側か、対側陳旧性分離の有無、病期、スポーツ活動の有無を両群間で比較検討した。検討②は、51例のうち骨癒合の成否を確認できた34例46関節突起間部を対象とした。低学年群と高学年群の骨癒合率の比較検討を行い、次に小学生全体において骨癒合に影響を与える因子の検討を行った。

●病期の診断

MRIにて腰椎椎弓根部に高信号を認めたもののうち、CTにて異常所見のないものと矢状断像で亀裂があるが頭側にまで達していないものを初期、矢状断像で亀裂が尾側から頭側にまで達し、骨の連続性がないものを進行期とした。また、MRIにて腰椎関節突起間部に高信号を認めず、CTの矢状断で亀裂が尾側から頭側まで達し、骨の連続性がないものを陳旧性分離とした。

●リハビリテーション

新鮮腰椎分離症と診断後、体幹硬性装具を装着し、骨癒合を目的としたリハビリテーションを実施した。装具装着期間は運動休止を指示した。リハビリテーションでは筋柔軟性低下の改善を目的としたストレッチング、体幹筋力向上を目的とした体幹筋トレーニングを実施した。但し、体幹筋

トレーニングに関しては、比較的低負荷なトレーニングであるドローインより開始した。なお、低学年群と高学年群の治療内容は同様であった。

●統計処理

検討①のそれぞれの項目と検討②の骨癒合率の比較にFisherの正確確率検定を用いた。有意水準は5%とした。検討②の小学生全体の骨癒合に影響を与える因子の検討では、過去の報告を参考に、骨癒合に影響を与えられている1) SBO保有の有無、2) 椎体高位(第5腰椎かそれ以外の椎体高位か)、3) 分離が片側か両側か(陳旧性分離も含めて)、4) 対側陳旧性分離の有無、5) 病期(初期か進行期か)の5項目それぞれと骨癒合の有無との関連性についてFisherの正確確率検定を行い、関連性の認められた項目を骨癒合の成否を目的変数としたときの説明変数として選択した。次いで、骨癒合の成否を目的変数として、説明変数との関連性を確認するために、多重ロジスティック回帰分析を実施した。有意水準は5%とした。

倫理的配慮

対象者、保護者に口頭および書面にて説明を行い、個人情報に配慮した上でデータ使用について同意を得た。また、オプトアウト手続きにて拒否する機会を確保した。本研究は、静岡みらいスポーツ・整形外科倫理審査委員会の承認の下、実施した(承認番号:202202)。

結果

検討①：発症に関わる因子の検討(表1)

低学年群と高学年群の発症時の特徴を表1に示す。性別は低学年群で男性9例、女性1例、高学年群で男性34例、女性7例であり、両群間に有意差を認めなかった。罹患椎体にSBOを保有しているものは低学年群で10例中8例(80%)、高学年群で41例中9例(21.9%)であり、低学年群は高学年群と比較してSBO保有例の割合が有意に高かった($p<0.01$)。椎体高位は低学年群10例で全例が第5腰椎、高学年群では第5腰椎が30例、その他11例であり、両群間に有意差を認めなかった。分離が片側か両側かについては、低学年群では片側1例、両側9例、高学年群で片側22例、両側19例であり、低学年群は高学年群と比較して有意に両側例の割合が高かった($p<0.05$)。対

表 1 低学年群と高学年群の発症の特徴

検討項目	低学年群	高学年群	p 値
	10 例 13 関節突起間部	41 例 53 関節突起間部	
性別 (例)	男 9 女 1	男 34 女 7	1
SBO 保有 (例)	有 8 無 2	有 9 無 32	0.001
椎体高位 (例)	第 5 腰椎) 10	第 5 腰椎) 30 第 4 腰椎) 6 第 3 腰椎) 4 第 2 腰椎) 1	0.09*1
分離が片側か両側か (例) (陳旧性分離も含めて)	片側 1 両側 9	片側 22 両側 19	0.015
対側陳旧性分離 (例)	有 6 無 4	有 7 無 34	0.011
病期 (関節突起間部)	初期 5 進行期 8	初期 43 進行期 10	0.004
スポーツ活動の有無 (例)	有 10 無 0	有 41 無 0	1

*1) 第 5 腰椎とそれ以外の椎体高位を比較した。

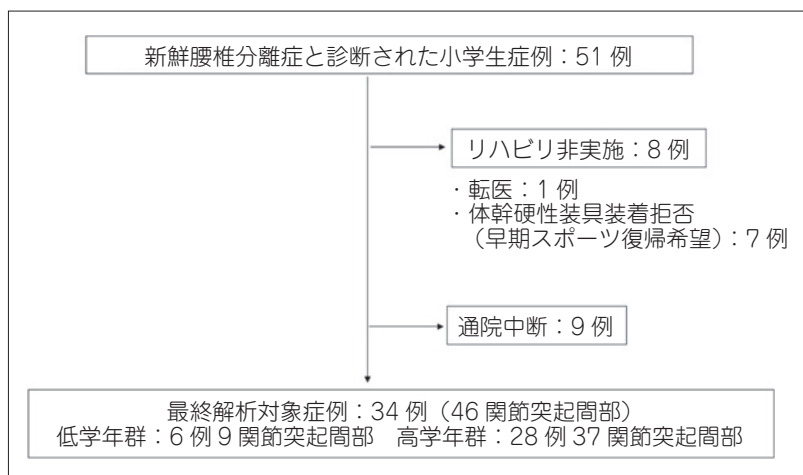


図 1 骨癒合の成否が確認された症例の除外基準および最終解析対象症例

側陳旧性分離保有例は、低学年群では 10 例中 6 例 (60%)、高学年群は 41 例中 7 例 (17%) であり、低学年群は高学年群と比較して有意に対側陳旧性分離保有例が多かった ($p < 0.05$)。病期については、低学年群は初期 5 箇所、進行期 8 箇所、高学年群は初期 43 箇所、進行期 10 箇所、低学年群は高学年群と比較して進行期例の割合が有意に高かった ($p < 0.01$)。スポーツ活動の有無は低学年群、高学年群ともに全例で何らかのスポーツ活動を行っていた。

検討②：骨癒合に関わる因子の検討

骨癒合の成否まで確認できた症例は 34 例 46 関節突起間部であった。除外された症例の内訳は、リハビリ非実施 8 例 (転医 1 例、早期スポーツ復帰を希望したもの 7 例)、通院中断 (ドロップアウト) 9 例であった。よって低学年群 6 例 9 関節突起

間部、高学年群 28 例 37 関節突起間部を最終解析対象症例とし (図 1)、それぞれの骨癒合率を比較した。低学年群は 9 箇所中 4 箇所、高学年群は 37 箇所中 30 箇所、高学年群は 37 箇所中 30 箇所、高学年群は高学年群と比較して骨癒合率が有意に低かった ($p < 0.05$) (図 2)。

骨癒合に影響を与えると考えられる因子 5 項目と骨癒合の成否で統計解析を行った結果、「SBO 保有の有無」、「分離が片側か両側か」、「対側陳旧性分離の有無」、「初期か進行期か」にて有意な関連性を認めた (表 2)。

この結果をもとに、骨癒合の有無を目的変数とした際の説明変数「SBO 保有の有無」、「分離が片側か両側か」、「対側陳旧性分離の有無」、「初期か進行期か」の関連を多重ロジスティック回帰分析にて

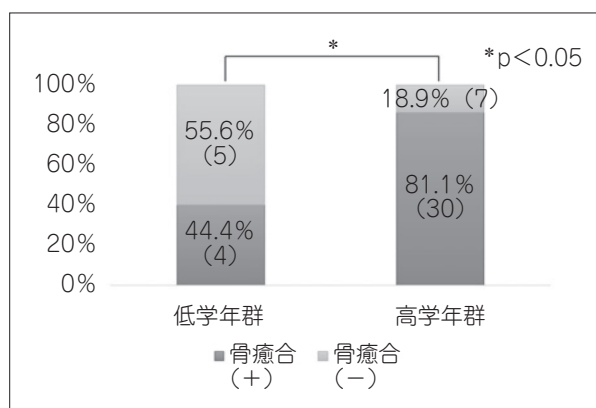


図2 低学年群と高学年群の骨癒合率の比較

表2 小学生全体における骨癒合の成否と5項目それぞれとの関連性

	p 値
① SBO 保有の有無	0.038*
② 第5腰椎かそれ以外か	0.57
③ 分離が片側か両側か (陳旧性分離も含めて)	0.026*
④ 対側陳旧性分離の有無	0.014**
⑤ 初期か進行期か	0.0002**

* : p<0.05

** : p<0.01

表3 骨癒合の成否に対する多重ロジスティック回帰分析

変数	OR	95%CI	p	
SBO				
あり	なし	3.67	0.49 ~ 27.25	1.00
片側・両側				
片側	両側	1.66	0.20 ~ 14.15	0.64
対側陳旧性分離				
あり	なし	7.82e+07	0.00 ~ ∞	1.00
病期				
初期	進行期	8.75	1.14 ~ 67.04	0.04*

OR : Odds Ratio

CI : Confidence Interval

* : p<0.05

調査した。多重ロジスティック回帰分析を行った結果、骨癒合に影響を与える因子として「初期か進行期」かの1項目が抽出された(表3)。

考察

小学生年代の腰椎分離症発症は臨床現場でも散見され、腰椎分離症患者の約3割は小学生であったという報告⁶⁾もあることから、この年代においても発症は決して少なくない。低年齢での骨癒合率

は低いとする報告がある¹⁸⁾が、骨年齢が低い年代での分離部の偽関節化は腰椎すべり症への移行のリスクを高めるため、慎重な治療が求められる。腰椎分離症の骨癒合阻害因子として一般的にSBOの保有⁸⁾や対側偽関節¹⁰⁻¹²⁾、病期の進行²⁾、両側例^{12, 15)}などが報告されているが、小学生ではSBO、対側偽関節の保有が中高生年代と比較して多い⁹⁾とされている。SBOは先天的な骨形成不全であるため、小学生の腰椎分離症発症は遺伝的な

要因が影響するという見方もある⁴⁾。

本研究では、小学生を低学年群と高学年群に分けて研究を行った。小学1年生と6年生では年齢の差が大きく、この年齢差が腰椎分離症の発症にも影響すると考えたからである。発症に関わる因子では、低学年群はSBO保有例、両側例、進行期例の割合が有意に高かった。塚越ら⁶⁾は第5腰椎の椎弓に低形成があることは椎間関節突起間部の脆弱性に関連し、分離症発症を惹起する可能性があるとしている。本研究では低学年群は全例第5腰椎に発症しており、SBO保有率も80%であった。小学生、特に低学年で発症する腰椎分離症は、遺伝的・先天的な要因での発症が多いことが考えられる。また、低学年群において両側例と進行期例が多い理由は以下のように推察される。小学生では片側分離では強い腰痛は自覚せず、対側の椎間関節突起間部に疲労骨折を生じてはじめて腰痛を自覚し、受診に至る可能性が示唆されている⁶⁾。常石¹⁹⁾は痛覚を含む触覚の発達は少なくとも9歳では成人レベルに達するとしている。低学年群は9歳以下であり、神経発達による未熟さが疼痛を自覚するまでの時間に影響を与えることが推察される。低学年の場合、一方の腰椎分離を発症しても受診に至るまでの腰痛は出現せず、次第にステージは進行すると考えられる。分離が進行すれば椎弓の構造的脆弱性により対側にも分離を発症することが考えられ¹⁴⁾、低学年群に両側例と進行期例が多くなると推察される。低学年の場合、医療機関を受診した時には既に進行している症例が多く、治療を慎重に行っていく必要があると考える。

骨癒合率は高学年群より低学年群で有意に低かった。小学生全体の骨癒合阻害因子としてSBOの有無⁸⁾、対側偽関節を含む病期の進行^{2,10~12)}、両側例¹²⁾が報告されている。本研究では骨癒合の有無に関わる因子として「SBO保有の有無」、「分離が片側か両側か」、「対側陳旧分離保有の有無」、「初期か進行期か」の4項目に関連性がみられたため、これらの因子が骨癒合率に影響していると考え、解析を行った。多変量ロジスティック回帰分析にて骨癒合の有無を目的変数にした場合、小学生全体では「初期か進行期か」が骨癒合に影響を与える因子として抽出された。低学年群の症例数が少ない為、小学生全体として統計処理をしていることが研究限界ではあるが、低学年群は骨癒合率が低く、進行期例が多いことを統合すると、低学年

群の骨癒合に影響を与えたと考えられる因子は病期が進行していることだと推察される。今後は症例数を増やすことで、低学年群における骨癒合に影響を与えた因子を検討していきたいと考えている。

小学生における腰椎分離症の治療の原則は骨癒合を目的とした体幹硬性装具の装着であると考えられる。Fujimotoら²⁰⁾は体幹硬性装具により体幹の伸展、回旋、側屈を抑制できるとしている。体幹硬性装具装着による全症例を対象とした報告⁴⁾では、骨癒合率は超初期100%、初期93.8%、進行期80.0%と経過は良好としている。本研究の小学生において、高学年の骨癒合率は81.1%と、過去の報告と比較しても結果は良好であった。しかし、低学年群の骨癒合率は44.4%と高学年と比較して有意に低く、体幹硬性装具装着を行っても骨癒合に繋がらない可能性があることも十分把握しておく必要があると考える。

結 論

小学生の新鮮腰椎分離症症例において、低学年の発症時の特徴として、SBOの保有、両側例、対側陳旧性分離の保有、進行期例が高学年より多かった。骨癒合率は高学年群と比較して低学年群で有意に低値であった。多重ロジスティック回帰分析の結果、小学生全体において、病期の進行が骨癒合に影響を与える因子として示された。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

著者貢献

CRedit (http://credit.niso.org) に準拠し、本研究における全著者は Data curation (データ管理), Formal analysis (正式な分析), Investigation (調査), Methodology (方法論), Validation (検証), Writing original draft (草稿の執筆), Project administration (プロジェクト管理), Supervision (指導), Writing review & editing (原稿の見直しとエディティング) に寄与し、すべての著者が論文の作成に関与し、最終原稿を確認した。

文 献

- 1) Sairyō K, Sakai T, Yasui N. Conservative treatment of lumbar spondylolysis in children and adolescence: The radiological sign which predict healing. J Bone Joint Surg Br. 2009; 91: 206-209.

- 2) Yamazaki K, Kota S, Oikawa D, et al. High defect stage, contralateral defects, and poor flexibility are negative predictive factors of bone union in pediatric and adolescent athletes with spondylolysis. *The Journal of Medical Investigation*. 2018; 65: 125-130.
- 3) Jeffrey HC, Jonathan KO, Ariadna L, et al. Management of lumbar spondylolysis in the adolescent athlete: a review of over 200 cases. *The spine Journal*. 2022; 22: 1628-1633.
- 4) Sakai T, Tezuka F, Yamashita K, et al. Conservative treatment for bony healing in pediatric lumbar spondylolysis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017; 42: 716-720.
- 5) 塚越祐太, 辰村正紀, 鎌田浩史, 他. 9歳以下で発症した腰椎疲労骨折(腰椎分離症)の特徴. *日本整形外科スポーツ医学会誌*. 2017; 37: 232-234.
- 6) 塚越祐太, 辰村正紀, 鎌田浩史, 他. 学童期の急性期腰椎分離症の特徴. *日本臨床スポーツ医学会誌*. 2018; 26: 115-120.
- 7) Sairyo K, Katoh S, Ikata T, et al. Development of spondylolytic olisthesis in adolescents. *Spine J*. 2001; 1: 171-175.
- 8) HU SS, Tribus CB, Diab M, et al. Spondylolisthesis and spondylolysis. *J bone Joint Surg Am*. 2008; 90: 656-671.
- 9) Tsukagoshi Y, Kamegaya M, Tatsumura M, et al. Characteristics and diagnostic factors associated with fresh lumbar spondylolysis in elementary school-age children. *European Spine Journal*. 2020; 29: 2465-2469.
- 10) Sakai T, Goda Y, Tezuka F, et al. Characteristics of lumbar spondylolysis in elementary school age children. *European Spine Journal*. 2016; 25: 602-606.
- 11) 石本 立, 辰村正紀, 蒲田久典, 他. 潜在性二分脊椎併発の有無と片側・両側分離が腰椎分離症治療に及ぼす影響. *日本臨床スポーツ医学会誌*. 2018; 26: 442-449.
- 12) Gamada H, Tatsumura M, Okuwaki S, et al. Conservative treatment for lumbar spondylolysis in children of elementary school age. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2021; 92: 197-202.
- 13) Tatsumura M, Gamada H, Ishimoto R, et al. Prevalence of curable and pseudoarthrosis stages of adolescent lumbar spondylolysis. *Journal of Rural Medicine*. 2018; 13: 105-109.
- 14) Tatsumura M, Okuwaki S, Gamada H, et al. Characteristics of adolescent lumbar spondylolysis with acute unilateral fatigue fracture and contralateral pseudoarthrosis. *Journal of Rural Medicine*. 2020; 15: 170-177.
- 15) 酒巻忠載. 発育期腰椎分離症～新鮮例に必要なストラテジーとは～. *日本整形外科スポーツ医学会誌*. 2017; 37: 99-102.
- 16) 吉田 徹. 成長期腰椎分離症の診断と治療. *日本腰痛学会誌*. 2003; 9: 15-22.
- 17) 常石秀市. 感覚器の成長・発達. *バイオメカニズム学会誌*. 2008; 32: 69-73.
- 18) Fujimoto Y, Sakai T, Sairyo K. What type of orthosis is optimal for conservative treatment of lumbar spondylolysis?: A biomechanical analysis. *Spine Surgery and Related Research*. 2020; 4: 74-80.

(受付：2023年1月7日, 受理：2023年6月26日)

Characteristics of fresh lumbar spondylolysis in elementary school students: a comparison between early elementary grade group and late elementary grade group

Himi, R.* , Ishikawa, T.* , Sugiyama, T.*
Miyake, H.* , Watanabe, K.*

* Shizuoka Mirai Sports Orthopedics

Key words: Fresh lumbar spondylolysis, Elementary school students, Bone union

[Abstract] Fifty-one elementary school students who were diagnosed with fresh lumbar spondylolysis using MRI between March 2015 and March 2022 were enrolled. Study 1 included 10 patients in the early grade group and 41 patients in the late grade group. The patients' characteristics at disease onset (sex, presence or absence of spina bifida occulta (SBO) in the affected vertebra, vertebral level, unilaterality or bilaterality of lesions, presence of a contralateral terminal stage, and disease stage) were compared between the two groups. Study 2 included 34 patients in whom the success or failure of bone union was confirmed. The bone union rates in both groups were compared, and factors that affected bone union in the entire study cohort were examined.

In study 1, the proportion of patients with SBO, those with bilateral lesions, and those with advanced stages was significantly higher in the early grade group than in the late grade group. In study 2, the bone union rate was significantly lower in the early grade group than in the late grade group. Multivariate analysis revealed that in all the enrolled patients, advanced disease stage were factors that affected bone union.