

成長期腰椎分離症の骨癒合不全に至る要因の検討

原 著

Analysis of obstructive factors for bone union in case of conservatively treated adolescent lumbar spondylolysis

井開美波*¹, 小山智士*¹, 藤岡宏幸*², 西川哲夫*¹

キー・ワード : adolescent lumbar spondylolysis, obstructive factors, bone union
成長期, 腰椎分離症, 骨癒合不全

〔要旨〕 当院にて過去7年間に成長期腰椎分離症と診断され、骨癒合を目指して保存治療を行った191症例を対象に骨癒合不全に至る要因を調査した。全例中18例が骨癒合不全に至り、治癒率は90.6%であった。分離椎体高位、分離形態については治癒率に有意差が見られなかった。病期がIbである場合、終末期分離症が合併している場合、潜在性二分脊椎がある場合は治癒率が有意に低かった。これらの症例では、骨癒合不全に至る可能性を考慮に入れ、治療方針を検討する必要があると考える。

緒 言

成長期腰椎分離症は、スポーツを愛好する青少年に多発する腰椎椎間関節突起間部の疲労骨折と報告されている¹⁻³。MRIによる早期診断が重要であり⁴、スポーツ活動休止および硬性コルセットの装着による安静、運動療法などの保存治療を行うことによって分離部の骨癒合が得られるとされる³。一般的にスポーツ活動休止と固定の期間は3か月程度が目安と言われている⁵。長期間のスポーツ活動休止と硬性コルセットの着用はスポーツをする青少年にとって身体的及び心理的負担となり、治療やスポーツからドロップアウトする例も少なくない⁶。しかしながら、実際には1年程度の保存治療を行って骨癒合に至る症例も存在する。一方で、長期間にわたる治療にも関わらず、骨癒合を得られずに終末期分離症に至ってしまう症例もある。治療開始より3か月程度の治療成績の報告は散見されるが、それ以降については不明な点が多い。

当院では、成長期腰椎分離症に対して、骨癒合

を目指して3か月から最長15か月までの硬性コルセットによる固定を行ってきた。本研究では、骨癒合を目指して硬性コルセットによる固定を行った症例のうち、骨癒合に至らなかった症例の要因を詳細に検討した。

対象および方法

1. 対象

2010年1月から2017年10月までにスポーツ活動において生じた腰痛を主訴に当院を受診し腰椎分離症と診断され保存治療を実施した18歳未満191症例(男性156例, 女性35例, 年齢6~17歳; 平均年齢 13.6 ± 2.1 歳)を対象とした。スポーツ活動の内訳は図1の通りであった(図1)。

診断には単純X線およびMRI, CTを利用した。MRI脂肪抑制像で腰椎椎弓根部の高信号がみられた場合を新鮮腰椎分離症と判断し保存治療を行った。CTでは椎間関節突起間部に対し平行にスライスした横断像と再構成により矢状断像を作成して分離部および分離椎体の潜在性二分脊椎の有無を評価した。

骨癒合判定は全症例にCTを行い、CTにて骨癒合が確認できなかった症例を骨癒合不全例と判別した。

*1 西川整形外科リハビリクリニック

*2 兵庫医療大学リハビリテーション学部

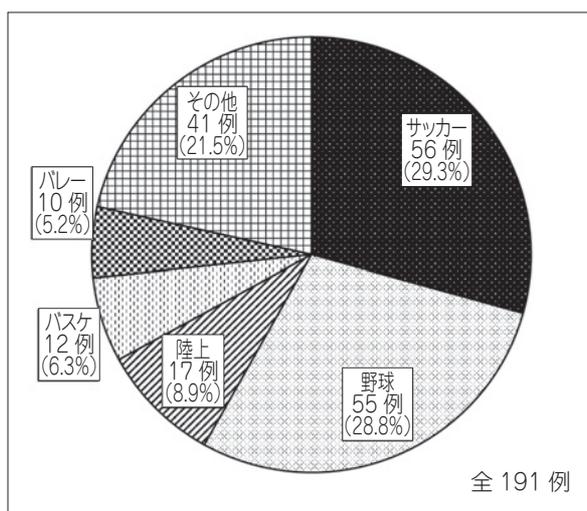


図1 スポーツ活動の内訳

表1 CTによる病期分類 (文献3より引用)

病期	CT所見
0	片側分離の非分離側
Ia-	異常なし (MRIで輝度変化がみられるのみ)
Ia	亀裂状、ときに透亮像を呈する
Ib	亀裂状、断端は鋭い
II	分離間隙は狭いが、断端は丸く明瞭
III	分離間隙は広く、断端は丸い

2. 治療

原則として、スポーツ活動の完全休止と硬性コルセットによる罹患腰椎部の安静、下肢のストレッチや体幹トレーニングなどの運動療法を施行した。硬性コルセット装着開始から約3か月を目処にCTを実施し、骨癒合を確認した。骨癒合が確認されなかった場合は、引き続き保存治療を継続し、3か月ごとにCTを実施し、骨癒合確認まで保存治療とスポーツ完全休止は継続とした。CTにて骨癒合が確認されれば硬性コルセットを半割してダーメン素材に修正した硬性コルセットに変更し運動を徐々に許可した。コルセット変更後1か月程度問題なく運動可能であれば、コルセットを除去してスポーツ復帰とした。本研究の最大治療期間は約15か月であった。

CTにて、骨癒合が確認できず、分離部の骨欠損増大や骨硬化像がみられた場合には、骨癒合を得られる可能性が低いと判断し、硬性コルセットを除去後、運動療法にて動作指導等を行い、痛みのない状態でスポーツ動作が可能となった時点でスポーツ復帰とした。

3. 検討項目とその内訳

検討項目は、腰椎分離の発生高位、分離形態(両側分離か片側分離か)、分離部の病期、終末期分離症の合併、腰椎骨年齢、潜在性二分脊椎の有無とした。

分離部の病期は小林のCT分類⁵⁾をもとに分類した(表1)。診断時にすでに終末期に至っている分離部は治療対象外とし、新鮮腰椎分離症の対側に終末期分離がみられる場合も片側分離かつ終末期分離症の合併とした。腰椎骨年齢はSairyo et al.の報告⁷⁾に基づき、X線側面像で第3腰椎椎体前上縁に二次骨化核の骨化状況から判断し、Cartilaginous stage (以下、C stage)、Apophyseal stage (以下、A stage)、Epiphyseal stage (以下、E stage)の3つに分類した。潜在性二分脊椎については、分離椎体が潜在性二分脊椎であるかどうかを評価した。

内訳は表2の通りである。終末期分離症の合併は11例中8例が新鮮分離部の対側に合併したものであった。潜在性二分脊椎は19例すべてL5に発生したものであった。

4. 統計処理

検討項目ごとに治癒率を算出し、それぞれの因子と骨癒合の可否との関係性をみるため、フィッシャーの正確確率検定を行った。また、骨癒合の可否を従属変数、腰椎分離の発生高位、分離形態(両側分離か片側分離か)、分離部の病期、終末期分離症の合併、腰椎骨年齢、潜在性二分脊椎の有無を独立変数としたロジスティック回帰分析をステップワイズ法による変数選択を行った上で検討

した。有意水準は5%未満とした。

■ 結 果

3か月時点では126例(66.0%)が骨癒合し、最大15か月の治療期間を経て、全例(191例)中173例(90.6%)が骨癒合したが18例が骨癒合不全に至った(図2)。

表2 検討項目とその内訳

分離発生高位	
L2	1例
L3	9例
L4	46例
L5	131例
L4.5	4例
分離形態	
片側	123例
両側	68例
病期	
Ia ⁻	56例
Ia	85例
Ib	50例
終末期分離症の合併	
あり	11例
なし	180例
骨年齢	
C stage	27例
A stage	120例
E stage	44例
潜在性二分脊椎の有無	
あり	20例
なし	171例

腰椎分離の発生高位ごとの治癒率はL2, L3, L4とL5の2椎体分離が100%(それぞれ1例中1例, 9例中9例, 4例中4)であった。L4は97.8%(46例中45例), L5は87.0%(131例中114例)であり、分離発生高位については有意差がみられなかった(図3)。

分離形態における治癒率は片側分離が93.5%(123例中115例), 両側分離が85.3%(68例中58例)であり、こちらも有意差はみられなかった(図4)。

分離部の病期別の治癒率は、Ia⁻が100%(56例中56例), Iaが95.3%(85例中81例), Ibが72.0%(50例中36例)であり、IbはIa⁻あるいはIaと比較して有意に治癒率が低かった(図5)。

終末期分離症の合併がある場合の治癒率は36.4%(11例中4例), 合併がない場合の治癒率は93.9%(180例中169例)であり、終末期分離症の合併がある場合、合併がない場合に比べ有意に治癒率が低かった(図6)。

腰椎骨年齢別の治癒率は、C stageが77.8%(27例中21例), A stageが91.7%(120例中110例), E stageが95.5%(44例中42例)であり、C stageはE stageに比べ有意に治癒率が低かった(図7)。

潜在性二分脊椎がある場合の治癒率は68.4%(19例中13例), ない場合の治癒率は93.2%(162例中160例)であり、潜在性二分脊椎がある場合、ない場合に比べて有意に治癒率が低かった(図8)。

また、ロジスティック回帰分析の結果、骨癒合

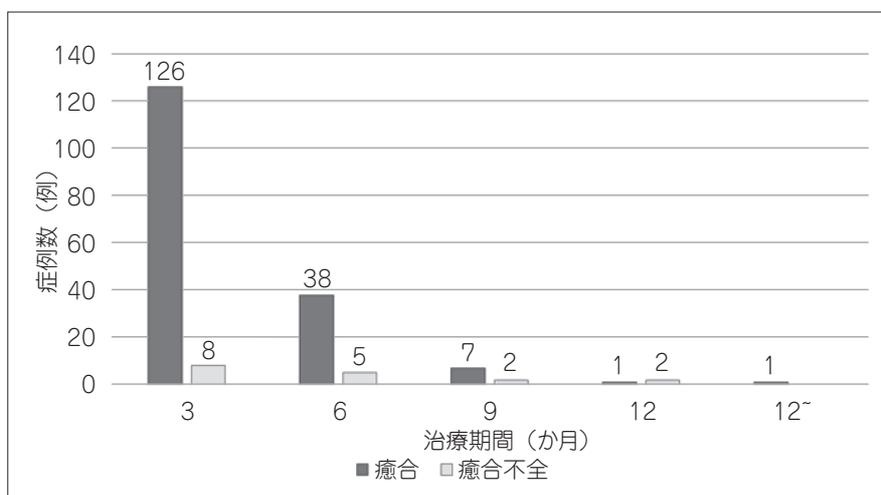


図2 治療期間と骨癒合

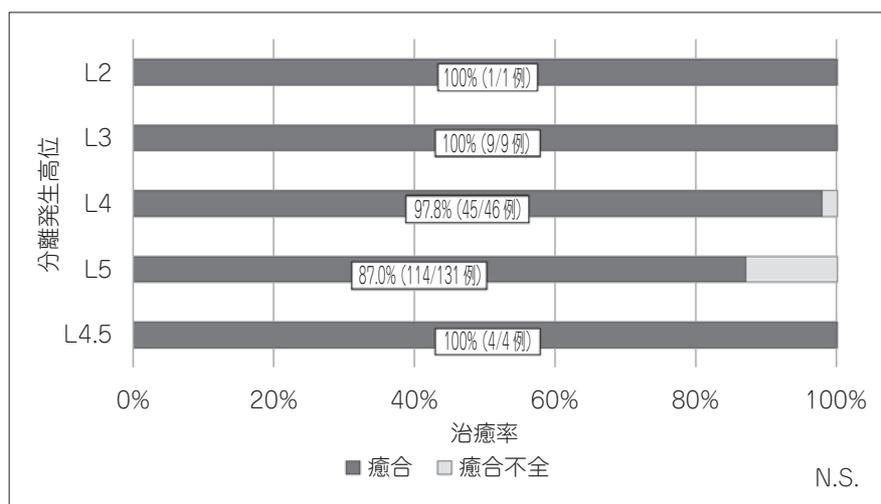


図3 腰椎分離の発生高位別の治癒率
治癒率に有意差はなかった。

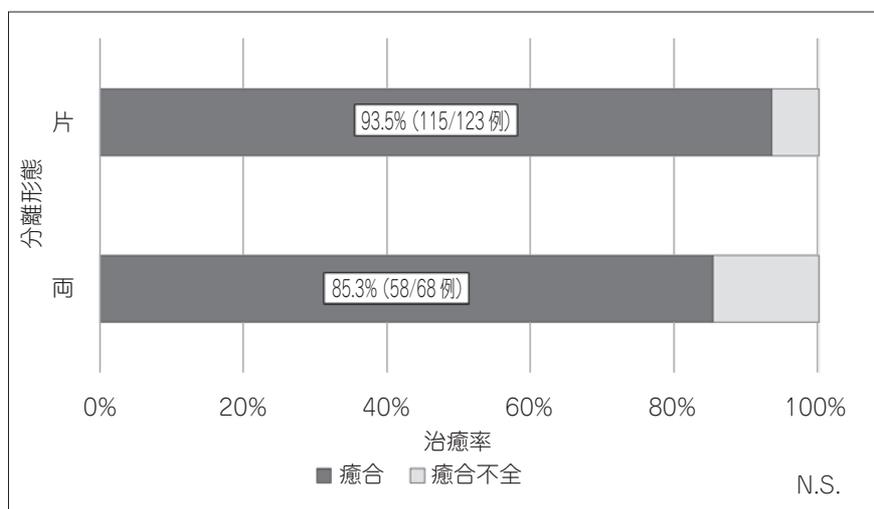


図4 分離形態別の治癒率
治癒率に有意差はなかった。

の可否に影響を与える因子として終末期分離症の合併が抽出された (表3)。

■ 考 察

我々は、成長期腰椎分離症に対して早期にMRIやCTを活用して診断を行いスポーツ活動休止および硬性コルセットの装着、運動療法などの保存治療を行うことによって、治癒率90%以上と良好な成績が得られた。しかし、全191例中18例が骨癒合不全となり、本研究ではこの骨癒合不全に至った症例について、その要因を詳細に検討することを目的とした。

分離発生高位について、L5の治癒率が低い傾向

にあったが、有意差は見られなかった。L5の癒合率は低いという報告が多く^{8,9)}、その要因として、分離症ではL5/S1椎間関節においてより大きなストレスが生じること⁸⁾、コルセットによる固定効果がL5/S1間では低いこと⁹⁾等があげられている。このことを受けて、我々は分離症が生じやすい下位腰椎の安静を保つため硬性コルセット両側は腸骨上部を覆い、後方下端は仙骨部までとし、骨盤一下位腰椎間の伸展・回旋運動を可能な限り制限するように作成した。その結果、第5腰椎の治癒率を高水準に保つことができたと考える。

分離形態についても有意差が見られなかった。小林ら⁵⁾は、第5腰椎両側初期分離例と片側初期分

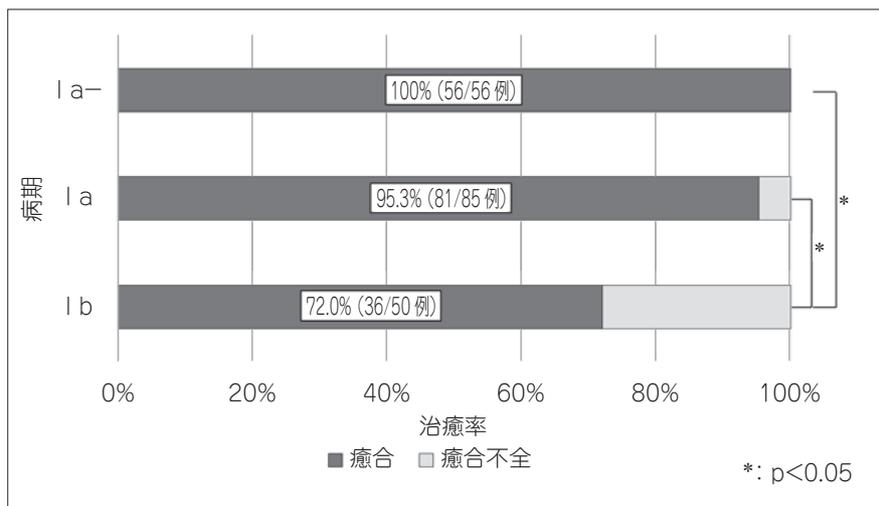


図5 病期別の治癒率
IbはIa-あるいはIaと比較して治癒率が有意に低かった。

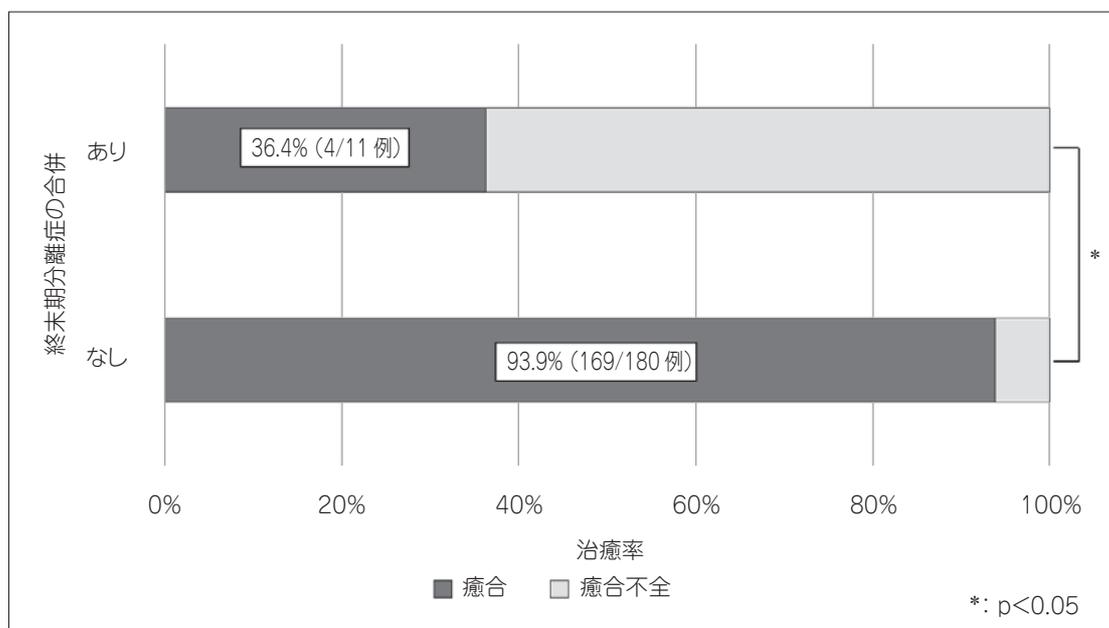


図6 終末期分離症の合併の有無別の治癒率
終末期分離症の合併ありは、なしに比べ治癒率が有意に低かった。

離・対側終末期分離例の癒合率が低かったと報告している。本研究では治療対象となった分離部だけを取り上げて検討したため片側が終末期に至っている症例は片側分離と捉えて分類した。分離形態が片側か両側であるかということが治癒率に影響を与えるのではなく分離部の対側状態が影響を与えるのではないかと考えられる。

分離部の病期について、IbはIa-あるいはIaと比較して有意に治癒率が低かった。先行研究では病期が進行するほど癒合率は低くなる^{10,11)}と述

べられている。また、Ibは完全骨折であり、不全骨折であるIa-, Iaに比べ癒合しにくいことが推察される。

終末期分離の有無について、終末期分離症の合併がある場合、合併がない場合に比べ有意に治癒率が低かった。辰村ら¹²⁾は片側終末期分離症の対側に発生した腰椎分離症の癒合率は非常に悪いと述べている。今回の調査において、骨癒合不全例のうち、終末期分離症の合併は全例が片側分離の対側に発生した症例であった。この場合、新鮮分

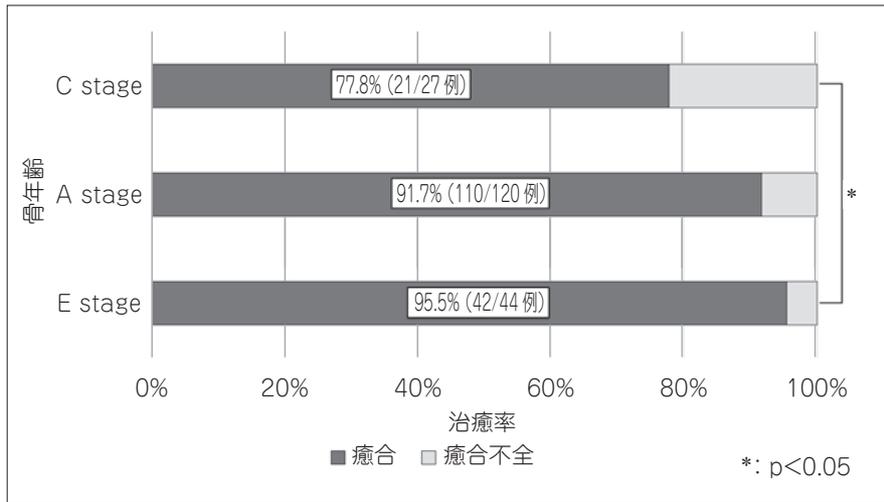


図7 腰椎骨年齢別の治癒率
C stage は E stage に比べ治癒率が有意に低かった。

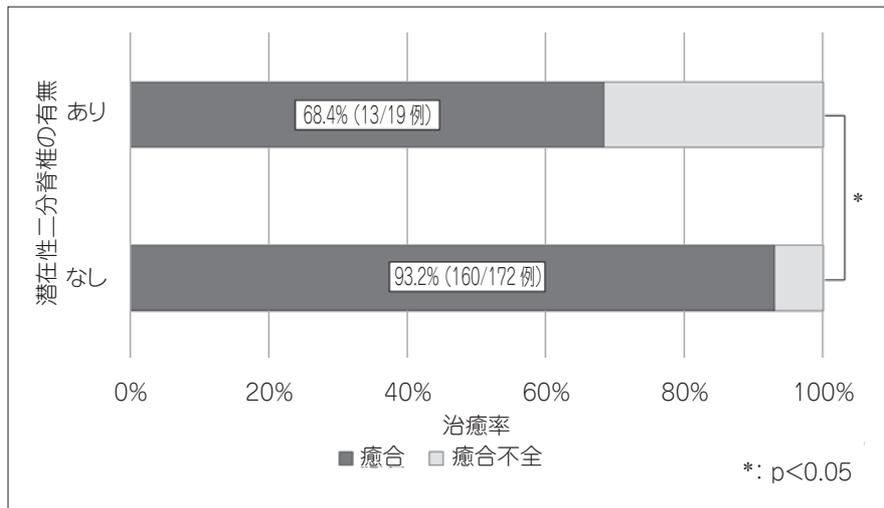


図8 潜在性二分脊椎の有無別の治癒率
潜在性二分脊椎ありは、なしに比べ治癒率が有意に低かった。

表3 変数選択ロジスティック回帰分析の結果

	オッズ比	P 値
定数	1.57×10^{-9}	0.99
病期分類 Ia- Ia	1.93×10^7	0.99
Ia- Ib	1.55×10^8	0.99
終末期分離症の合併	37.5	0.0002 *

* : p < 0.05

離部への力学的ストレスは増加するとされており、骨癒合不全に至る可能性が高くなったと考えられる。

骨年齢については、骨年齢の最も低い C stage は高い E stage に比べ有意に治癒率が低かった。

骨年齢について Fujii ら⁸⁾ は骨年齢の各ステージで癒合率に有意差はないと報告している。また青山ら¹⁰⁾ は、E stage は成長期が終了したことでそれ以前より骨形成能が減少し、癒合率が低下するのではないかと述べており、統一した見解が得られていない。このことより、骨年齢と分離部の骨癒合との関連性についてはさらに検討する必要があると考えている。

潜在性二分脊椎がある場合は、ない場合に比べて有意に治癒率が低かった。石本ら¹³⁾ は潜在性二分脊椎を併発した腰椎分離症の癒合率は低くなると述べている。これに関しても終末期分離症の合併と同様に、分離部の安定性が得られにくいいため、

骨癒合不全に至る可能性が高くなったのではないかと考えられる。また、潜在性二分脊椎はすべてL5に発生したものであった。このため、L5分離の治癒率が有意差はなかったが低い傾向になったことが推察される。

また、ロジスティック回帰分析の結果、骨癒合の可否に影響を与える因子として終末期分離症の合併が抽出された。終末期分離症の合併は全症例中11例であり、そのうち8例は新鮮分離部の対側に発生したものであった。分離椎体以外に発生した3例は骨癒合が得られており、新鮮分離部の対側に終末期分離症の合併が生じた8例中7例が骨癒合不全に至る高い確率であったため、その場合は骨癒合不全に至る可能性を念頭におく必要があると考える。

我々は、早期にMRIやCTを活用して診断を行いスポーツ活動休止および硬性コルセットの装着、運動療法などの保存治療を行うことで治癒率90%以上と良好な治療成績であったため、本研究において行った保存治療は適切であったと考えている。これに対して、骨癒合不全に至る可能性が高い要因は、病期がIbである場合、終末期分離症が合併している場合、潜在性二分脊椎がある場合、であり、骨癒合の可否に影響を与える因子として終末期分離症の合併が抽出された。これらの因子に共通しているのは分離椎体の骨的不連続性である。分離部自体が完全骨折のIbであるか、新鮮分離部の対側に終末期分離症の合併がある、潜在性二分脊椎があるという分離椎体が骨的に不連続である場合、分離部の不安定性が生じ、骨癒合不全に至る可能性を高めているのではないかと考える。

治療期間が12か月と最長の15か月かかり骨癒合に至った2症例について言えば、どちらも病期はIbであったが、終末期分離症の合併も潜在性二分脊椎もない症例であり、骨癒合に至り、スポーツ復帰を果たしている。もし骨癒合を得られずスポーツ復帰しても、それがまた今後起こりうる分離症の骨癒合に悪影響を与えることや腰痛に対しての不安を抱えスポーツを継続することになる。このことより我々は、治療期間が長くとも、骨癒合を目指すことは重要であると考えている。

本研究の結果から、病期・終末期分離症合併・潜在性二分脊椎といった要因が骨癒合不全に至る可能性が高いということは、治療方針の検討や予

後判定の役に立つのではないかと考えている。

骨癒合不全例18例中この3つの因子のどれにも当てはまらないのは2例のみであった。この2例の骨癒合不全に至る要因を検討するためにも、今後検討する必要がある因子として、動作やアライメント、運動療法の実施の有無や頻度等との関連性についても検討していきたい。

結 語

成長期腰椎分離症患者191例を長期的に観察し、骨癒合不全に至る要因を検討した。治癒率は90.6%で骨癒合不全に至った症例は18例であった。病期がIbである場合、終末期分離症が合併している場合、潜在性二分脊椎がある場合、治癒率が有意に低く、骨癒合不全に至る可能性が高いと考えられた。これらの症例は、骨癒合不全に至る可能性を考慮に入れ、治療方針を検討する必要があると考えられた。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

文 献

- 1) Wiltse LL, Widell EH Jr, Jackson DW. Fatigue fracture: the basic lesion is isthmic spondylolisthesis. *J. Bone Joint Surg Am.* 1975; 57: 17-22.
- 2) Sairyo K, Katoh S, Sakamaki T, et al. Three successive stress fractures at the same level in an adolescent baseball player. *Am. J. Sports Med.* 2003; 31: 606-610.
- 3) 酒井紀典, 西良浩一, 安井夏生. 腰椎分離症. *医学と薬学.* 2008; 59: 291-299.
- 4) 吉田 徹, 山根知哉. MRIによる成長期脊椎分離の診断. *医学のあゆみ.* 1993; 164: 124-125.
- 5) 小林良充. 成長期スポーツ選手の腰椎分離症に対する診断と治療. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2008; 16: 322-330.
- 6) 大場俊二. 腰椎疲労骨折(成長期腰椎分離症)治療期間の短縮. *日本整形外科スポーツ医学会雑誌.* 2011; 31: 164-170.
- 7) Sairyo K, Katoh S, Ikata T, et al. Development of spondylolytic olisthesis in adolescents. *Spine J.* 2001; 1: 171-175.
- 8) Fujii K, Katoh S, Sairyo K, et al. Union of defects in the pars interarticularis of the lumbar spine in chil-

- dren and adolescents. *J. Bone Joint Surg.* 2004; 86-B: 225-231.
- 9) 竹光正和, 福田健太郎, 八木 満, 他. 脊椎分離症・分離すべり症. *IRYO.* 2012; 66: 80-86.
- 10) 青山倫久, 石丸智啓, 杉山貴生, 他. 成長期腰椎分離症の骨癒合過程に影響する因子についての後ろ向き研究. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2013; 21: 105-110.
- 11) 西良浩一. 腰椎分離症—Spine Surgeon が知っておくべき State of the Art—. *脊髄外.* 2011; 25: 119-129.
- 12) 辰村正紀, 蒲田久典, 芋生祥之, 他. 片側終末期分離症の対側に発生した腰椎分離症における新鮮分離部の癒合率. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2017; 25: 367-372.
- 13) 石本 立, 辰村正紀, 小川 健, 他. 腰椎分離症に対し保存療法を施行した症例の検討: 潜在性二分脊椎併発の有無と片側・両側分離が癒合率, 癒合期間に及ぼす影響. *関東整災誌.* 2017; 48: 76-81.

(受付: 2018年3月23日, 受理: 2019年5月17日)

Analysis of obstructive factors for bone union in case of conservatively treated adolescent lumbar spondylolysis

Igai, M.^{*1}, Koyama, S.^{*1}, Fujioka, H.^{*2}, Nishikawa, T.^{*1}

^{*1} Nishikawa Orthopaedics & Rehabilitation

^{*2} School of Rehabilitation, Hyogo University of Health Sciences

Key words: adolescent lumbar spondylolysis, obstructive factors, bone union

[Abstract] We have analyzed the obstructive factors for bone union in case of conservatively treated adolescent lumbar spondylolysis. One hundred and ninety-one patients diagnosed with lumbar spondylolysis using radiography, CT and MRI, were treated with physical therapy associated with reduction of sports activity and with wearing a frame corset, aiming to achieve bone union of the dissociated vertebrae. One-hundred-and-seventy-nine patients achieved bone union of the dissociated site (healing rate, 90.6%). Neither the level of the injured vertebrae nor the pattern of spondylolysis affected healing of the spondylolysis. In contrast, the healing rate is significantly lower in patients with stage Ib terminal spondylolysis, or spina bifida occulta. These factors may interfere with bone union in case of conservatively treated adolescent lumbar spondylolysis.