

小学生の腰椎分離症患者に対する コルセットの種類による骨癒合率調査

原 著

Investigation of bone healing rate with three types of braces for elementary school children with lumbar spondylolysis

三橋彩乃*¹, 中村俊文*¹, 岡地光士郎*²
大鳥精司*³, 寺門 淳*⁴

キー・ワード：bone healing rate, brace therapy, Spondylolysis
骨癒合, 装具療法, 腰椎分離症

〔要旨〕 (目的) 成長期の腰椎分離症のうち小学生は骨癒合率が低いという報告が多いが, その治療に用いるコルセットを比較検討した報告は少ない. そこで小学生の腰椎分離症のコルセット別の骨癒合率を調査した. (対象と方法) 対象は当院にて2012年4月~2019年1月に腰椎分離症と診断された小学生39名のうち, フォローアップ終了までの経過が追跡可能であった32名51カ所とした. シーズンI: 2012年4月~2015年3月は全例(4名8カ所)が軟性コルセット, シーズンII: 2015年4月~12月は全例(13名18カ所)が半硬性コルセット, シーズンIII: 2016年1月~2019年1月は全例(15名25カ所)が硬性コルセットを使用し, 診療録にて後方視的に骨癒合率を比較した. (結果と考察) 骨癒合率は, 軟性コルセットが25%, 半硬性コルセットが56%, 硬性コルセットが76%であった. また, 硬性コルセットは軟性コルセットと比較し有意に骨癒合率が高く($p=0.003$), 軟性コルセットと半硬性コルセット, 半硬性コルセットと硬性コルセットの2群間には有意差が認められなかった. 小学生の腰椎分離症は両側発症例が多く, 潜在性二分脊椎の合併が多いとされているため, その治療には固定力の強いコルセットの使用が望ましいと考える. (結論) 骨癒合を目指す小学生の腰椎分離症の装具療法では硬性コルセットが望ましい.

はじめに

成長期における腰椎分離症はスポーツ活動などにより, 腰椎関節突起間部へ伸展や回旋ストレスが繰り返されることによって生じる疲労骨折である¹⁾. その多くは中学生に発生するとされているが, Fredrickson らによると, 6歳児の4.4%にも存在する²⁾ことがわかっている. また, 小学生と中高生の腰椎分離症には異なる特徴があり, 小学生は両側に発生する確率が高く, 初診時にはすでに偽関節になっている症例が多いことや, 潜在性二

分脊椎症 (Spina bifida occulta: 以下, SBO) や迂り症の合併率が高く, 結果として骨癒合率も低いことが報告されている³⁻⁵⁾.

成長期の腰椎分離症の治療においては, 装具療法による保存的治療は一般的な方法である⁶⁾. 中高生の腰椎分離症の装具療法に関しては多くの報告があり, どのコルセットを使用しても初期の腰椎分離症であれば概ね良好な成績が得られている^{7,8)}. しかし, 小学生の腰椎分離症に関しては, その症例数の少なさからも同一の報告者からコルセット別にその骨癒合率を比較検討した報告はない. そこで, 本研究においては, 当院における小学生の腰椎分離症患者のコルセットの種類による骨癒合率を比較検討し, 小学生の腰椎分離症の治療にどのコルセットを用いるのが最も有効なのかを検討することを目的とした.

*¹ 北千葉整形外科リハビリテーション部

*² さっぽろ厚別通整形外科

*³ 千葉大学大学院医学研究院整形外科

*⁴ 北千葉整形外科

Corresponding author: 寺門 淳 (info@kic-ssc.com)

表 1 対象者の内訳

		シーズン I 軟性コルセット	シーズン II 半硬性コルセット	シーズン III 硬性コルセット	
該当期間		2012/4～2015/3	2015/4～2015/12	2016/1～2019/1	
対象者数 (名)		4	13	15	
両側例 (名)		4	5	10	
片側例 (名)		0	8	5	
分離カ所数 (カ所)		8	18	25	
男性：女性 (名)		4：0	8：5	12：3	
CT 分類 (カ所)	超初期	Ia-型	2	0	1
	初期	Ia 型	2	8	6
		Ib 型	0	3	8
	進行期	II 型	2	3	7
	終末期	III 型	2	4	3
平均治療期間 (日)		169.7	154.3	165.6	

対象および方法

1. 対象

当院にて 2012 年 4 月～2019 年 1 月に、MRI および CT 検査により腰椎分離症と診断された小学生は総数 39 名であった。そのうち、フォローアップ終了まで経過の追跡が可能であった 32 名 51 カ所 (男性 24 名、女性 8 名、平均年齢 10.4 ± 1.4 歳) を調査対象として検討を行った (表 1)。なお、全対象者がスポーツ活動を実施していた。本研究はヘルシンキ宣言を遵守して行った。

2. 腰椎分離症の診断方法と治療に関して

診断は原則的に単純 X 線検査の後に MRI 検査でスクリーニングを行い、STIR 像にて腰椎関節突起間部に高輝度領域が認められるものを陽性とし、陽性所見のあるものに対して CT 検査を行った。腰椎分離症の形態分類は矢状断像を基にした CT 分類⁴⁾と、MRI の陽性所見の有無を追加した 5 つに分類した (図 1)。すなわち MRI で陽性所見があり CT が正常なものを Ia-型とし、これを含んで不全分離を Ia 型、Ib 型とした。完全分離を II 型、偽関節は III 型とした。腰椎分離症の病期は、Ia-型を超初期、Ia 型と Ib 型を初期、II 型を進行期、MRI で陽性所見のない III 型を終末期とした。なお、診断および治療は全て 1 名の医師が行った。

コルセットは就寝時と入浴時以外は着用し、装着期間は全例運動の禁止と安静を指示し、2 回目の CT 検査は伸展時の腰痛が消失してから 4 週以

上経過をみて施行した。

腰椎分離症の骨癒合の定義は、CT において分離部の亀裂が消失し骨の連続性が得られた場合、または CT において分離部の亀裂が診断時より改善して Ia 型になったもの、または診断時に Ia 型のもので不変である場合とした。2 回目の CT 検査において骨癒合が得られなかった場合は更に 3～6 ヶ月後に 3 回目の CT 検査を試行した。3 回目の CT 検査でも骨癒合が得られなかった場合は非癒合と判断した。治療期間は骨癒合が得られた時点、または非癒合と判断した時点までとし、コルセットもその時点まで着用するよう統一した (表 1)。

3. 検討方法

対象を診療録にて後ろ向きに調査し、小学生の腰椎分離症の治療に用いたコルセット別の骨癒合率を調査した。更に、分離の形態より超初期と初期・進行期・終末期の病期に分けたコルセット別の骨癒合率を算出した。また、両側例・片側例に分けたコルセット別の骨癒合率を算出した。

治療に用いたコルセットは、軟性コルセット：シグマックス社製マックスベルト me3[®]、半硬性コルセット：アルケア社製ライトブレース・RS[®]、硬性コルセット：プラスチック製腰仙椎固定装具とした (図 2)。腰椎分離症の治療に用いるコルセットの割り付けは、診断がついた時期によって全て同一のコルセットを使用した。シーズン I：2012 年 4 月～2015 年 3 月の期間は全例 (4

CT 分類	la-型	la 型	lb 型	II 型	III 型
病期	超初期	初期		進行期	終末期
矢状断像	所見なし				
水平断像	所見なし				
分離部の状態	所見なし	矢状断において亀裂が 1/2 未満	矢状断において亀裂が 1/2 以上	連続性がなく骨折面が不整	連続性がなく骨折面が硬化
形態	不完全			完全	偽関節

図1 腰椎分離症のCT分類 (文献4より引用)



図2 腰椎分離症の治療に用いた3種類のコルセット

名8カ所)が軟性コルセットを使用した。治療期間は平均169.7日であった。シーズンII:2015年4月~2015年12月の期間は全例(13名18カ所)が半硬性コルセットを使用した。治療期間は平均154.3日であった。シーズンIII:2016年1月~2019年1月の期間は全例(15名25カ所)が硬性コルセットを使用した。治療期間は平均165.6日であった(表1)。

統計学的検討は、Fisherの正確確率検定にてコルセット別の骨癒合率の差、病期に分けたコルセット別の骨癒合率の差、両側例・片側例に分け

たコルセット別の骨癒合率の差を比較し、有意水準の設定の調整にはライアン法を用いた。解析にはSPSS ver14.を用いた。

■ 結 果

小学生の腰椎分離症の治療に用いたコルセットの種類ごとの骨癒合率を調査した結果、シーズンIの軟性コルセット群においては8カ所中2カ所(25%)が骨癒合した。シーズンIIの半硬性コルセット群においては18カ所中10カ所(56%)が骨癒合し、シーズンIIIの硬性コルセット群にお

表 2 骨癒合率

	シーズン I 軟性コルセット	シーズン II 半硬性コルセット	シーズン III 硬性コルセット
分離カ所数	8カ所	18カ所	25カ所
骨癒合カ所数 (率)	2/8カ所 (25%)	10/18カ所 (56%)	19/25カ所 (76%)
病期別骨癒合カ所 (率)			
超初期・初期	2/4カ所 (50%)	9/11カ所 (82%)	13/15カ所 (87%)
進行期	0/2カ所 (0%)	1/3カ所 (33%)	5/7カ所 (71%)
終末期	0/2カ所 (0%)	0/4カ所 (0%)	1/3カ所 (33%)
発症側別骨癒合カ所 (率)			
両側例	2/8カ所 (25%)	3/10カ所 (30%)	14/20カ所 (70%)
片側例	該当者なし	7/8カ所 (88%)	5/5カ所 (100%)

いては 25カ所中 19カ所 (76%) が骨癒合した (表 2)。また、コルセットの種類ごとの骨癒合率の差に関して統計学的検討を行った結果、軟性コルセット群と硬性コルセット群の 2 群間の骨癒合率に有意差が認められた ($p=0.003$)。軟性コルセット群と半硬性コルセット群の 2 群間 ($p=0.07$) と、半硬性コルセット群と硬性コルセット群の 2 群間 ($p=0.39$) の骨癒合率には有意差が認められなかった。

次に、超初期と初期・進行期・終末期の病期に分けたコルセット別の骨癒合率を比較した結果、超初期と初期では、軟性コルセット群は 4カ所中 2カ所 (50%)、半硬性コルセット群は 11カ所中 9カ所 (82%)、硬性コルセット群は 15カ所中 13カ所 (87%) であった (表 2)。統計学的検討の結果、軟性コルセット群と半硬性コルセット群の 2 群間 ($p=0.52$)、半硬性コルセット群と硬性コルセット群の 2 群間 ($p=0.57$)、軟性コルセット群と硬性コルセット群の 2 群間 ($p=0.18$) のいずれの群間においても骨癒合率に有意差は認められなかった。進行期では、軟性コルセット群は 2カ所中 0カ所 (0%)、半硬性コルセット群は 3カ所中 1カ所 (33%)、硬性コルセット群は 7カ所中 5カ所 (71%) の骨癒合率であった (表 2)。統計学的検討の結果、軟性コルセット群と半硬性コルセット群の 2 群間 ($p=0.50$)、半硬性コルセット群と硬性コルセット群の 2 群間 ($p=1.00$)、軟性コルセット群と硬性コルセット群の 2 群間 ($p=0.17$) のいずれの群間においても骨癒合率に有意差は認められなかった。終末期では、軟性コルセット群は 2カ所中 0カ所 (0%)、半硬性コルセット群では 4カ所

中 0カ所 (0%)、硬性コルセット群では 3カ所中 1カ所 (33%) の骨癒合率であった (表 2)。統計学的検討の結果、軟性コルセット群と半硬性コルセット群の 2 群間 ($p=1.00$)、半硬性コルセット群と硬性コルセット群の 2 群間 ($p=0.50$)、軟性コルセット群と硬性コルセット群の 2 群間 ($p=0.67$) のいずれの群間においても骨癒合率に有意差は認められなかった。

また、両側例・片側例に分けたコルセット別の骨癒合率を比較した結果、両側例では、軟性コルセット群は 8カ所中 2カ所 (25%)、半硬性コルセット群は 10カ所中 3カ所 (30%)、硬性コルセット群は 20カ所中 14カ所 (70%) であった (表 2)。統計学的検討の結果、軟性コルセット群と半硬性コルセット群の 2 群間 ($p=1.00$)、半硬性コルセット群と硬性コルセット群の 2 群間 ($p=0.06$)、軟性コルセット群と硬性コルセット群の 2 群間 ($p=0.04$) のいずれの群間においても骨癒合率に有意差は認められなかった。片側例では、軟性コルセット群は該当者なし、半硬性コルセット群は 8カ所中 7カ所 (88%)、硬性コルセット群は 5カ所中 5カ所 (100%) の骨癒合率であった (表 2)。統計学的検討の結果、半硬性コルセット群と硬性コルセット群の 2 群間の骨癒合率に有意差は認められなかった ($p=0.95$)。

■ 考 察

成長期の腰椎分離症の装具療法について、同一の報告者が装具療法の比較を行った報告は我々の渉猟しえた範囲ではない。Fujimotoらは、三次元動作解析を用いて硬性コルセット・半硬性コル

セット・ダーメンコルセット・軟性コルセット・コルセット非装着時の屈曲・伸展・回旋・側屈の可動性の比較検討をしている。その結果、硬性コルセットは全方向において高く制動し、半硬性コルセットは回旋や側屈方向への制動力は低いが、伸展方向において高く制動し、ダーメンコルセットは屈曲方向において高く制動すると報告した⁹⁾。腰椎分離症の発生には、関節突起間部への伸展や回旋応力が大きく関与していることは周知の事実であり、そのどちらの方向へも高く制動する硬性コルセットは固定力で最も優れている。今回の我々の骨癒合率の結果はこの Fujimoto らの基礎研究を反映しており、軟性コルセット群は有意に骨癒合率が低かったと考える。なお、半硬性コルセット群・硬性コルセット群は病期や分離形態によって異なる結果となった。

小学生の腰椎分離症の特徴について Sakai らは、L5 に多く、終末期で発見されることや、SBO を有していることが多い³⁾と報告している。塚越らも、学童期の腰椎分離症は診断がついた時点で対側がすでに偽関節になっている例が多く、骨癒合を阻害する要因を抱えていることが多いと報告している⁵⁾。また、蒲田らは SBO の合併は腰椎分離症の骨癒合率を低下させると報告している¹⁰⁾。つまり、小学生の腰椎分離症は中高生に比べ、骨癒合が低下する要因を有するため、より嚴重で慎重な対応が必要になる。

成長期の腰椎分離症の病期に分けた骨癒合率に関して、Fujii らは、7~17 歳の腰椎分離症患者に対して、ダーメンコルセットを最低 3 ヶ月は着用して治療を行った結果、骨癒合率は初期が約 62%、進行期が約 9%、終末期が 0% であったと報告した⁶⁾。Sairyō らは、18 歳未満の腰椎分離症患者に対して、硬性コルセットを着用し、スポーツ活動を休止した結果、骨癒合率は初期が 94%、進行期は MRI にて高信号領域があった場合が 64%、ない場合が 27%、終末期が 0% であったと報告した⁷⁾。しかし、小学生に限定した腰椎分離症の病期に分けた骨癒合率に関してはまとまった報告は少ない。家里は学童期の腰椎分離症 10 名にスポーツ用ナイト装具を用いて治療を行い、初期が 87.5%、進行期が 57.1% の骨癒合率であったと報告している¹²⁾。Sakai らは、6~12 歳の腰椎分離症患者に対して、硬性コルセットを用いて治療を行い、初期が 93.8%、進行期が 80.0% の骨癒合率であった

と報告している¹³⁾。今回、我々の調査の病期に分けた骨癒合率が過去の報告よりもやや低い値となった理由は母集団に偽関節の部位を含めて骨癒合率を算出したためであると思われる。また、過去の報告では終末期は骨癒合の可能性はないとしているが、小学生の腰椎分離症では終末期であっても骨癒合した例もみられたため、終末期を含めた骨癒合率を算出することは意味があると考えられる。いずれにせよ、腰椎分離症の病期が進行するほどどのコルセットを使用しても骨癒合率は低下していた。しかし、硬性コルセット群と半硬性コルセット群の 2 群間には骨癒合率に有意差が認められなかったため、超初期と初期に限ってはどちらのコルセットを使用してもよいと思われる。今回の我々の報告では症例数が少なく、病期に分けた骨癒合率に有意差は認められなかったが、硬性コルセット群が骨癒合率は高い傾向にあった。また、進行期・終末期においては軟性コルセットで骨癒合した例は認められなかったため、軟性コルセットを使用することは不適と考える。小学生の腰椎分離症は骨癒合しなかった場合、分離り症に移行する確率が高いという事実から考えると、エビデンスとしては確立されていないが、腰椎分離症予防の目的で制動率の高い硬性コルセットを使用することが望ましいと考える。

両側例・片側例に分けたコルセット別の骨癒合率は、統計学的な有意差は認められなかったが、両側例・片側例ともに、硬性コルセット群が最も高かった。特に両側例においては、硬性コルセット群の骨癒合率が高く、両側例に対しては軟性コルセットを使用すべきではないと考える。片側例においては半硬性コルセット群と硬性コルセット群の骨癒合率に大きな差は認められなかったため、どちらのコルセットを使用してもよいと考える。

以上を総括すると小学生の腰椎分離症の装具療法では硬性コルセットを使用することが最も優れているが、超初期と初期や片側例の場合には半硬性コルセットの使用も検討してもよいかもしれない。

今回の研究の限界としては、コルセットの処方によって群分けした時期が異なる為に診断技術の差があった可能性を否定できない。また、小学生の腰椎分離症はそもそも症例数が少なく、今回の研究で用いた 3 群内においても、腰椎分離症の形

態・病期の構成割合, 片側例・両側例の構成割合, SBOの有無を標準化して統計を行うことが困難であった。また, 小学生の放射線被曝の観点からも繰り返しのCT検査は避けるべきであるが, CTを施行する時期の検討までは倫理的に至らなかった。

結 語

当院を受診した小学生の腰椎分離症患者 32 名 51 ヲ所を対象に, コルセット別の骨癒合率を診療録にて後ろ向きに調査し比較検討した。

1. 骨癒合率は, 軟性コルセット群で 8 ヲ所中 2 ヲ所 (25%), 半硬性コルセット群で 18 ヲ所中 10 ヲ所 (56%), 硬性コルセット群は 25 ヲ所中 19 ヲ所 (76%) であった。

2. 硬性コルセット群は軟性コルセット群に対して有意に骨癒合率が高く, 半硬性コルセット群と軟性コルセット群, 硬性コルセット群と半硬性コルセット群の間には有意差が認められなかった。

3. 小学生の腰椎分離症患者の骨癒合を目指す治療においては, 硬性コルセットを使用することが望ましい。

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

・三橋 彩乃: Conceptualization, Date curation, Formal analysis, Investigation, Visualization, Writing-original draft

・中村 俊文: Date curation, Investigation

・岡地 光士郎: Date curation, Investigation

・大鳥 精司: Methodology, Supervision

・寺門 淳: Conceptualization, Methodology, Project administration, Supervision, Writing-original draft

文 献

- 1) Sairyo K, Katoh S, Terai T, et al. Spondylolysis fracture angle in children and adolescents on CT indicates the fracture producing force vector: A biomechanical rationale. *J. Spine Surg.* 2005; 1: 1-6.
- 2) Fredrickson BE, Baker D, McHolick WJ, et al. The

natural history of spondylolysis and spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg Am.* 1984; 66: 699-707.

- 3) Sakai T, Goda Y, Tezuka F, et al. Characteristics of lumbar spondylolysis in elementary school age children. *Eur Spine J.* 2016; 25: 602-606.
- 4) 寺門 淳. 小学生の腰椎分離症 その特徴と治療法. *脊椎脊髄ジャーナル.* 2021; 34: 17-23.
- 5) 塚越祐太, 辰村正紀, 鎌田浩史, 他. 学童期の急性腰椎分離症の特徴. *日臨スポーツ医学誌.* 2018; 26: 115-119.
- 6) 吉田 徹. 成長期腰椎分離症の診断と治療. *日腰痛会誌.* 2003; 9: 15-22.
- 7) Sairyo K, Sakai T, Yasui N, et al. Conservative treatment for pediatric lumbar spondylolysis to achieve bone healing using a hard brace: what type and how long? *J Neurosurg Spine.* 2012; 16: 610-614.
- 8) Fujii K, Katoh K, Sairyo K, et al. Union of defects in the pars interarcularis of the lumbar spine in children and adolescents. *J Bone Joint Surg Br.* 2004; 86: 225-231.
- 9) Fujimoto Y, Sakai T, Sairyo K, et al. What type of orthosis is optimal for conservative treatment of lumbar spondylolysis?: A biomechanical analysis. *Spine Surg Relat Res.* 2019; 4: 74-80.
- 10) 蒲田久典, 辰村正紀, 須藤彰仁, 他. 腰椎分離症の罹患高位と潜在性二分脊椎の関連性, その合併率と骨癒合に及ぼす影響. *日整外スポーツ医会誌.* 2020; 40: 359-363.
- 11) Sairyo K, Katoh S, Ikata T, et al. Development of spondylolytic olisthesis in adolescents. *Spine J.* 2001; 1: 171-175.
- 12) 家里典幸, 吉本三徳, 大坪英則, 他. 学童期の腰椎分離症. *日整外スポーツ医会誌.* 2016; 36: 8-11.
- 13) Sakai T, Tezuka F, Yamashita K, et al. Conservative treatment for bony healing in pediatric lumbar spondylolysis. *Spine J.* 2017; 42: E716-E720.
- 14) 蒲田久典, 辰村正紀, 塚越祐太, 他. 青少年の腰椎分離症における両側分離の骨癒合率—対側病変の病期が骨癒合に及ぼす影響—. *日臨スポーツ医学誌.* 2019; 27: 34-39.

(受付: 2022 年 12 月 31 日, 受理: 2024 年 4 月 2 日)

Investigation of bone healing rate with three types of braces for elementary school children with lumbar spondylolysis

Mitsuhashi, A.^{*1}, Nakamura, T.^{*1}, Okachi, K.^{*2}
Ohtori, S.^{*3}, Terakado, A.^{*4}

^{*1} Department of Rehabilitation, Kitachiba Orthopedic Clinic

^{*2} Sapporo Atsubetsu-dori Orthopedic Clinic

^{*3} Department of Orthopedic Surgery, Graduate School of Medicine, Chiba University

^{*4} Kitachiba Orthopedic Clinic

Key words: bone healing rate, brace therapy, Spondylolysis

[Abstract] (Introduction) Although elementary school children with lumbar spondylolysis are often reported to have a low rate of bone healing, there is no consensus on the type of brace used for its treatment. Therefore, we investigated the bone healing rate in elementary school children with lumbar spondylolysis using different types of braces.

(Methods) Of the 39 elementary school students diagnosed with lumbar spondylolysis, 32 (51 sites) who were traceable to the end of the follow-up were included. The patients used following 3 types of braces: soft braces (8 sites), semi-rigid braces (18 sites), and rigid braces (25 sites). Bone healing rate were compared retrospectively using the medical records.

(Results and Discussion) The bone healing rate for the soft braces, semi-rigid braces, and rigid braces were 25%, 56%, and 76%, respectively. The bone healing rate was significantly higher with the rigid brace compared with the soft braces ($p=0.003$). There was no significant difference in the bone healing rate between the two groups of soft and semi-rigid braces and semi-rigid and rigid braces. In conclusions, rigid brace should be used in the treatment of lumbar spondylolysis in elementary school children aiming for bone healing.