

# 腰椎分離症における骨折線角度の 検討：野球選手とサッカー選手の比較

原 著

The angle of fracture line in athletes with lumbar spondylolysis:  
a comparison between baseball and soccer players

藤澤 薫\*<sup>1</sup>, 辰村正紀\*<sup>1</sup>, 奥脇 駿\*<sup>2</sup>, 蒲田久典\*<sup>2</sup>  
井汲 彰\*<sup>1</sup>, 万本健生\*<sup>1</sup>, 平野 篤\*<sup>1</sup>, 山崎正志\*<sup>2</sup>

キー・ワード：Lumbar spondylolysis, Baseball, Soccer

腰椎分離症, 野球, サッカー

【要旨】 【緒言】腰椎分離症は力学的負荷の違いで骨折が生じる方向が異なることが予想される。CTの水平断・矢状断方向の骨折線の角度について野球選手とサッカー選手の比較をしたため報告する。

【方法】2015年4月から2019年2月までで当院受診した腰椎分離症患者で、L5に限定しCTを用いた病期分類で、骨折線が明確である水平断が初期もしくは進行期、矢状断で1c期もしくは2期の患者のうち野球選手もしくはサッカー選手37名、分離34例を対象とした。分離部骨折線の角度はCTを用いて水平断は基準線を椎体後壁として、矢状断は基準線を椎体頭側終板として分離骨折線との角度を計測した。野球群とサッカー群の比較をt検定で解析し $p < 0.05$ を有意差ありとした。

【結果】水平断の骨折線は野球群 $18.7 \pm 6.3^\circ$ 、サッカー群 $19.7 \pm 12.2^\circ$ であった( $p=0.80$ )。また矢状断の骨折線は野球群 $77.3 \pm 9.4^\circ$ 、サッカー群 $66.9 \pm 9.5^\circ$ であり( $p=0.0064$ )、有意に野球選手の方が大きかった。

【考察】腰椎分離症では下関節突起が伸展時に関節突起間部へ衝突する直接応力や、伸展や回旋時に関節突起間部の腹側・尾側面にかかる伸長応力が分離の発生に関与する。特に骨折線方向は腰椎伸展では水平方向に、腰椎回旋では垂直方向に応力が集中するとされており、野球は回旋動作がサッカーに比べ多いことが影響していると考えられる。

## はじめに

腰椎分離症は腰部の動作の違いで骨折線が生じる方向が異なり<sup>1)</sup>、その骨折線の角度は矢状断で $44^\circ$ から $75^\circ$ と様々であることが知られている<sup>2)</sup>。競技の種目によって必要とされる腰部の動作の違いがあるため競技ごとに骨折線の角度は異なると推察される。野球とサッカーは本邦で盛んな競技であり、分離症の競技別発生は野球34.7%、サッカー18.3%と多いことが報告され<sup>3)</sup>、それぞれ動作の特徴がある。野球はイベントの開始が投手の

投球から始まり、何度も繰り返され、その中で打球や打撃など回旋する動作を反復する。一方でサッカーは試合開始からゴールが決まるまでイベントの開始点に戻らず、競技が止まることなく続く。さらに相手の動きに応じて、動きが変化するため、同じ動作を反復することは少ない傾向にある。今回我々は腰椎分離症の骨折線の角度について、野球選手とサッカー選手の比較をしたため報告する。

## 対象および方法

2015年4月から2019年2月までで当院を受診した腰椎分離症患者で、第5腰椎(L5)に限定し、CTを用いた病期分類で、骨折線が明確である水平断が初期もしくは進行期、矢状断で1c期もしくは2期を対象とした。野球選手もしくはサッカー

\*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 筑波大学医学医療系整形外科

Corresponding author：藤澤 薫 (fujisawa.kaoru.po@ms.tsukuba.ac.jp)

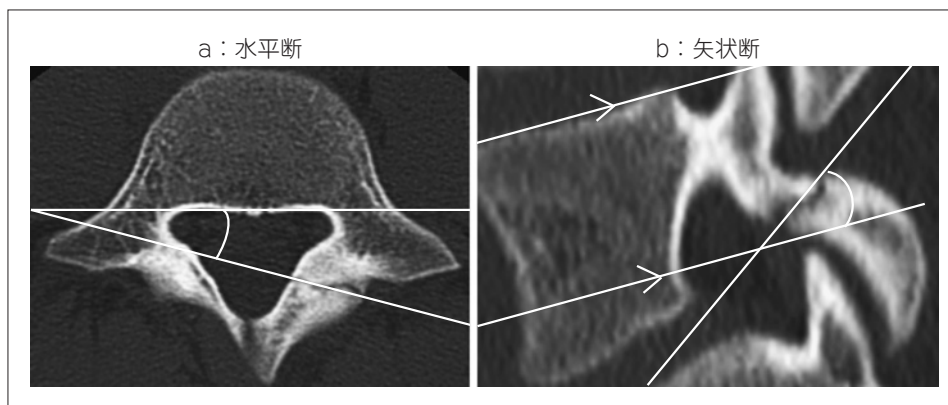


図1 分離部骨折線の角度  
 完全骨折は内側に脊柱管側腹側の骨折部の点と背側の骨折部の点を結んだ直線を，不完全骨折は腹側の骨折部と骨折線が不鮮明になる最も背側の点を結んだ直線を角度計測に用いた。  
 a：基準線を椎体後壁として分離骨折線との角度を計測した。  
 b：基準線を椎体頭側終板として分離骨折線との角度を計測した。

選手 34 例のうち野球群は 10 例 10 分離，サッカー群は 24 例 27 分離であった。野球群は平均年齢  $15.0 \pm 0.6$  歳 (13 から 17 歳)，全例男子選手であった。サッカー群は平均年齢  $14.0 \pm 0.4$  歳 (8 から 17 歳)，男女比は 23 : 1 であった。分離の内訳は野球群は片側例 6 例，両側例 4 例，サッカー群は片側例 13 例，両側例 11 例であった。両側例であっても病期が該当しない分離部は除外し，野球群は 10 カ所，サッカー群は 27 カ所を対象部位とした。なお，野球群両側例のうち片側の病期が末期であるため除外したものが 1 カ所，病期が浅く適応外であるため除外したものが 3 カ所であった。サッカー群両側例のうち片側の病期が末期であるため除外したものが 5 カ所，病期が浅く適応外であるため除外したものが 3 カ所であった。これらはいずれも適応部分の片側のみ計測した。骨折線の計測は水平断と矢状断を用いた。測定に用いるスライスは水平断に関しては椎弓の尾側から 1mm もしくは 2mm の分離骨折線が明確となる高さのスライスを用いて，基準線を椎体後壁として分離骨折線との角度を計測した。矢状断に関しては，椎弓根中央から 1mm もしくは 2mm 内側の分離骨折線が明確となる内側寄りのスライスを用いて，基準線を椎体頭側終板として分離骨折線との角度を計測した。分離部骨折線に関しては，完全骨折は内側に脊柱管側腹側の骨折部の点と背側の骨折部の点を結んだ直線を，不完全骨折は腹側の骨折部と骨折線が不鮮明になる最も背側の点を結んだ

直線を角度計測に用いた。水平断と矢状断の骨折線の角度の平均と標準偏差を求め (図 1a, b)，野球群とサッカー群での比較を t 検定で解析し  $p < 0.05$  を有意差ありとした。

## 結 果

水平断の骨折線は野球群  $8^\circ$  から  $29^\circ$  (平均  $18.7 \pm$  標準偏差  $6.3^\circ$ )，サッカー群  $-13^\circ$  から  $48^\circ$  (平均  $19.7 \pm$  標準偏差  $12.2^\circ$ ) であり ( $p=0.80$ ) 有意差は認めなかった。また矢状断の骨折線は野球群  $61^\circ$  から  $93^\circ$  (平均  $77.3 \pm$  標準偏差  $9.4^\circ$ )，サッカー群  $49^\circ$  から  $84^\circ$  (平均  $66.9 \pm$  標準偏差  $9.5^\circ$ ) であり ( $p=0.0064$ )，有意に野球選手の方が大きい結果となった (表 1a, b)。

## 考 察

腰椎分離症は反復的な伸展・屈曲や回旋ストレスが椎間関節突起間部にかかることで発生すると知られている<sup>4)</sup>。下関節突起が伸展時に関節突起間部へ衝突する直接応力によって横方向の分離が発生し，また回旋時に関節突起間部の腹側・尾側面に伸長応力がかかり縦方向の分離が発生する<sup>5)</sup>。その結果，骨折線方向は腰椎伸展では水平方向に，腰椎回旋では垂直方向に応力が集中する。

今回は骨折線の角度について野球選手とサッカー選手の比較を行い，矢状断の骨折線の角度はサッカー選手よりも野球選手の方が有意に大きい結果となった。その理由として，野球はサッカー

表 1 症例の性別，分離の内訳と骨折線角度

a：野球群 10 例 10 分離。男女比は 10：0。分離の内訳は片側例 6 例，両側群 4 例，水平断の骨折線は 8° から 29°，矢状断の骨折線は 61° から 93° であった。症例 5 は両側例だが片側の病期が末期の分離を除外した。症例 3, 9, 10 は両側例だが片側の病期が浅い分離を除外し，適応部分の片側のみ計測した。

b：サッカー群 24 例 27 分離。男女比は 23：1。分離の内訳は片側例 13 例，両側群 11 例，水平断の骨折線は -13° から 48°，矢状断の骨折線は 49° から 84° であった。症例 19, 21, 22, 23, 24 は両側例だが片側の病期が末期の分離を除外した。症例 8, 12, 15 は両側例だが片側の病期が浅い分離を除外し，適応部分の片側のみ計測した。

a：野球群

症例 No.	性別	分離	水平断骨折角度 (°)	矢状断骨折角度 (°)
1	男	片側	29	71
2	男	片側	17	82
3	男	両側(対側は対象外)	27	93
4	男	片側	10	88
5	男	両側(対側は対象外)	16	74
6	男	片側	18	69
7	男	片側	19	61
8	男	片側	8	85
9	男	両側(対側は対象外)	21	70
10	男	両側(対側は対象外)	22	80

b：サッカー群

症例 No.	性別	分離	水平断骨折角度 (°)	矢状断骨折角度 (°)
1	男	片側	-1	78
2	男	片側	24	76
3	女	片側	33	58
4	男	片側	25	66
5	男	片側	34	67
6	男	片側	11	73
7	男	両側	8	74
			28	65
8	男	両側(対側は対象外)	20	64
9	男	両側	4	73
			21	76
10	男	片側	16	82
11	男	片側	10	68
12	男	両側(対側は対象外)	12	84
13	男	両側	25	59
			16	56
14	男	片側	16	71
15	男	両側(対側は対象外)	20	61
16	男	片側	27	80
17	男	片側	26	75
18	男	片側	36	57
19	男	両側(対側は対象外)	-13	50
20	男	片側	48	49
21	男	両側(対側は対象外)	13	60
22	男	両側(対側は対象外)	30	67
23	男	両側(対側は対象外)	23	61
24	男	両側(対側は対象外)	21	55

に比べて回旋動作が多いことが影響していると考えられる。野球では投球や打撃などの回旋動作を

反復した結果，垂直方向に応力が集中し，矢状断の骨折線として現れたと考察される。一方でサッ

カーはキック動作など腰部の伸展や回旋を繰り返す動作はあるものの、選手の1試合中の移動距離は平均9882mという報告もあり<sup>6)</sup>、走動作が多いのも特徴である。特にダッシュはインステップキック動作と同様に力学的ストレスを腰椎に与えており、サッカー選手の分離発生に大きく影響している<sup>7)</sup>。測定方法は異なる可能性があるため直接比較ができないものの、表面マーカーを用いて測定した回旋角度では、投球 $55\pm 6^\circ$ 、打撃 $46\pm 9^\circ$ <sup>8)</sup>、キック $19.8\pm 7.3^\circ$ 、ダッシュ $20.4\pm 4.2^\circ$ <sup>7)</sup>のように野球と比較してサッカーの方が脊椎の回旋が小さいと言える。またキックとダッシュとでは脊椎回旋の角度が同等であり、キックとダッシュはいずれも脊椎の回旋が小さい動作であると言える<sup>7)</sup>。

また、回旋時は回旋方向と反対側の関節突起間部にストレスがかかる<sup>5)</sup>ため、投球や打撃など片側方向のみの回旋を繰り返す競技では片側に分離が起りやすい。特に野球において投球動作は分離発生への関与が大きく、投球時の利き手と反対側に発生しやすいと報告されている<sup>9)</sup>。一方でサッカーのキック動作は非利き足も使用するため動作の単一方向への偏りが少ない傾向にある。このようにサッカーは特定の動作の反復が少なく、また前述のように左右対称的な動作である走動作が多いという競技特性のため、両側分離や多椎体分離が多いと報告されている<sup>10-12)</sup>。

一般的に骨癒合に影響を及ぼす因子としてはさまざまあるが、矢状断の角度が大きくなると骨癒合率が高くなる傾向があると報告されている<sup>2)</sup>。本研究では矢状断の角度は野球群がサッカー群よりも有意に大きい結果であり、野球群の方が骨癒合率が高いと推察される。また須藤らは腰椎分離症の一般的な積極的保存加療による成績と比較してサッカー選手の癒合率は低い結果であったと報告している<sup>11)</sup>。このように競技によって骨折線の角度が異なるため競技ごとの骨癒合率に影響する可能性があり、今後複数競技での比較検討が必要と考えられる。

本研究の限界として解析を行うには症例数が少ないこと、また競技のレベルや競技以外の運動活動の有無など背景を統一できていないことが挙げられる。

## 結 語

腰椎分離症のCTの骨折線の角度について、矢

状断の骨折線の角度はサッカー選手よりも野球選手の方が有意に大きい結果となった。

## 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) Terai T, Sairyo K, Goel VK, et al. Spondylolysis originates in the ventral aspect of the pars interarticularis: a clinical and biomechanical study. *J Bone Joint Surg Br.* 2010; 92: 1123-1127.
- 2) 奥脇 駿, 辰村正紀, 小川 健, 他. 腰椎分離症における矢状断分離部骨折線の角度が臨床成績に及ぼす影響. *整スポ会誌.* 2020; 40: 290-293.
- 3) Tatsumura M, Gamada H, Ishimoto R, et al. Prevalence of curable and pseudoarthrosis stages of adolescent lumbar spondylolysis. *J Rural Med.* 2018; 13: 105-109.
- 4) Chosa E, Totoribe K, Tajima N, et al. A biomechanical study of lumbar spondylolysis based on a three-dimensional finiteelement method. *J Orthop Res.* 2004; 22: 158-163.
- 5) Sairyo K, Katoh S, Komatsubara S, et al. Spondylolysis fracture angle in children and adolescents on CT indicates the fracture producing force vector: A biomechanical rationale. *Internet J Spine Surg.* 2005; 1: 1-6.
- 6) 松田直樹, 堀田泰史. サッカー. In: 陶山哲夫(編). *スポーツ理学療法学 競技動作と治療アプローチ.* 第1版. 東京: メジカルビュー; 140-158, 2014.
- 7) Goto T, Sakai T, Sugiura K, et al. Dash-associated spondylolysis hypothesis. *Spine Surg Relat Res.* 2019; 3: 146-150.
- 8) Fleisig GS, Hsu WK, Fortenbaugh D, et al. Trunk axial rotation in baseball pitching and batting. *Sports Biomechanics.* 2013; 12: 324-333.
- 9) 照屋翔太郎, 辰村正紀, 江藤文彦, 他. 発育期野球選手における投球/打撃動作と腰椎分離症発生側との関連性. *J. Spine Res.* 2020; 11: 22-26.
- 10) Yokoe T, Tajima T, Sugimura H, et al. Comparison of symptomatic spondylolysis in young soccer and baseball players. *J Orthop Surg Res.* 2020; 15: 378.
- 11) 須藤彰仁, 辰村正紀, 万本健生, 他. 発育期サッカー選手における腰椎分離症の特徴. *日本整形外科スポーツ学会誌.* 2021; 41: 219-222.



12) 藤堂魁人, 兼子秀人, 高木律幸, 他. 中学・高校生  
サッカー選手における腰椎疲労骨折の発生要因に  
関する一考察. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2021;

29: 180-184.

(受付：2022年2月4日, 受理：2022年7月28日)

## The angle of fracture line in athletes with lumbar spondylolysis: a comparison between baseball and soccer players

Fujisawa, K.<sup>\*1</sup>, Tatsumura, M.<sup>\*1</sup>, Okuwaki, S.<sup>\*2</sup>, Gamada, H.<sup>\*2</sup>  
Ikumi, A.<sup>\*1</sup>, Mammoto, T.<sup>\*1</sup>, Hirano, A.<sup>\*1</sup>, Yamazaki, M.<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> Department of Orthopaedic Surgery and Sports Medicine, University of Tsukuba Hospital Mito Clinical Education and Training Center/Mito Kyodo General Hospital

<sup>\*2</sup> Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of Medicine, University of Tsukuba

**Key words:** Lumbar spondylolysis, Baseball, Soccer

**[Abstract]** Introduction: Mechanical load causes fractures in different directions in case of lumbar spondylolysis. In this study, we compared the angle of the fracture line in lumbar spondylolysis cases between baseball and soccer players.

Methods: We assessed 37 lesions of 34 patients with spondylolysis who were baseball or soccer players and were treated conservatively at our hospital between April 2015 and February 2019. The target vertebral body of this study was only L5. The stage was early or progressive stage on axial CT imaging, and stage 1c or 2 on sagittal CT imaging. Statistical analysis was performed using the t-test, and significance was defined as  $p < 0.05$ .

Results: The angle of the fracture line on the axial CT image was  $18.7 \pm 6.3^\circ$  in the baseball group and  $19.7 \pm 12.2^\circ$  in the soccer group ( $p=0.80$ ), and the angle on the sagittal CT image was  $77.3 \pm 9.4^\circ$  in the baseball group and  $66.9 \pm 9.5^\circ$  in the soccer group ( $p=0.0064$ ), showing a significantly larger angle in the baseball players.

Conclusions: The angle of the fracture line on the sagittal CT image was significantly greater in baseball than soccer players. This is due to the fact that baseball involves more rotational movement than soccer.