

# プロサッカーチームにおける 10年間のハムストリングス損傷の発生状況

## Incidence of Hamstrings Injury in Japanese Professional Football Team Players: An Over Ten-Years Study

小川 岳史<sup>1)</sup> Takefumi Ogawa      二階堂宏治<sup>1)</sup> Hiroharu Nikaido  
鈴木 英一<sup>2)</sup> Eiichi Suzuki

### ● Key words

ハムストリングス, 筋損傷, プロサッカー

### ● 要旨

目的: 1 プロサッカーチームにおける 10 年間のハムストリングス損傷の発生件数, 発生率, 損傷筋の内訳, 損傷 type 別にみた離脱期間, 再発率, 再発時期などを調査した.

対象: のべ 345 名 (平均年齢 24.3 歳) を対象とした.

結果: のべ 93 件が発生し, 全障害中の 13%, 筋腱損傷中では最多の 28% を占めていた. 発生率は 0.79/1,000 player-hours (ph) であり, トレーニング時 0.60 ph に対し, 試合時 2.01 ph であった. 損傷筋は大腿二頭筋: 70 肢, 半膜様筋: 11 肢, 半腱様筋: 12 肢であった. Type 別では, type I: 71 肢, II: 19 肢, III: 3 肢であり, 離脱期間はそれぞれ平均 15 日, 62 日, 218 日であった. 再発は 21 例にきたし, このうち 4 肢は完全復帰前, 14 肢は復帰後 1 ヶ月以内に生じた. Type II では約 1/3 に再発をきたした.

結論: プロサッカー選手のハムストリングス損傷の発生率は高く, 再発も多かった.

### はじめに

プロサッカーにおいては筋損傷が最も多く, なかでもハムストリングス損傷は最も頻度の高い筋損傷である<sup>1)</sup>. 日本プロサッカーリーグ (Jリーグ) は 1994 年に発足したが, プロサッカーチームにおいて長期にわたりハムストリングス損傷の発生状況を観察した報告はほとんどない. 今回, 著者らは, Jリーグ所属の 1 プロサッカーチームにおける 10 年間のハムストリングス損傷の発生状況を調査した.

### 対象と方法

対象は, 2009 年 1 月から 2018 年 12 月までの 10 年間に Jリーグ所属の 1 チームに 5 ヶ月以上在籍した選手, のべ 345 名であった. 各年の平均所属選手数は 35 名であり, 各年の開幕時における選手の年齢は平均 24.3 歳 (15~37 歳) であった. 平均在籍年数は 2.4 年, 1 年目の選手の割合は平均 41% であった. 当該クラブの所属カテゴリーは Jリーグ division1 (以下 J1), division2 (以下 J2) それぞれ 5 年であり, 期間中 2 名の監督が指揮を執った. 10 年間における年間公式戦数は平均 46 試合, 練習試合数は平均 35 試合であった.

これらを対象とし, ハムストリングス損傷ののべ発生

小川岳史  
〒253-0062 茅ヶ崎市浜見平3-1 BRANCH 茅ヶ崎  
2-1 階  
二階堂整形外科クリニック  
TEL 0467-88-1154  
E-mail ogawa-rh@ab.auone-net.jp

1) 二階堂整形外科クリニック  
Nikaido Orthopaedic Clinic  
2) 戸塚共立第二病院  
Totsuka Kyoritsu Daini Hospital

件数, 曝露時間, 発生率, 全筋腱損傷に占める割合, 損傷筋の内訳, 発生時期, 受傷選手の在籍期間, 損傷 type 別にみた離脱期間, 再発率, 再発時期を調査した. 発生率に関しては年次との関連性を検討し, また, J1 と J2 のカテゴリー-在籍間で比較した. なお, 今回の調査では, MRI で確認し, かつ離脱期間が4日以上のもので損傷と定義し, 損傷の type 分類は奥脇らの分類<sup>2)</sup>を用いた. 発生率は, 試合と練習それぞれの曝露時間における発生件数を 1,000 player-hours (ph) を用いて, 年次ごとに 95% 信頼区間 (95% CI) を含めて算出した. 練習試合は試合に含めた<sup>3)</sup>. 離脱日数は発症日からチーム全体練習への合流 (完全復帰) までの期間とした. また, 再発は, 受傷から完全復帰後 2 ヶ月までの期間に生じた同部位の損傷とし<sup>3)</sup>, 完全復帰前のリハビリ中における再受傷も含めた. 受傷後のリハビリテーションのプロトコルは, type I に対しては歩行時痛やストレッチ痛などの症状消失にあわせてジョギングを開始し, その後, 負荷を漸増した. Type II に対しては受傷後 4 週で MRI 評価を行い, 損傷腱の連続性を認めた場合にジョギングを開始し, 6~8 週で再度 MRI による評価を行い, T2\*, あるいは Water 撮像条件で腱の肥厚を確認後ダッシュへと移行した. 2015 年以降では, 6~8 週での MRI 評価に加え, ハムストリングスの最大筋出力を伸張位と短縮位で評価した. 検査肢位は, 伸張位は, 仰臥位, 股関節最大屈曲位での膝関節最大伸展位, また, 短縮位は腹臥位, 股関節最大伸展位での膝関節最大屈曲位を他動的に保持した. 同肢位からの等尺性の膝関節屈曲筋力を徒手的に測定し, 違和感なく, 健側の 80% 以上発揮できることを条件にダッシュを許可した.

統計学的検定は, 発生率のカテゴリー間比較には対応のない *t* 検定, 発生率の年次変化は Pearson の相関係数, さらに, type I における離脱日数の筋別比較には一元配置分散分析を用い, 統計学有意差を 5% 未満とした.

## 結 果

10 年間におけるハムストリングス損傷のはべ 93 件に発生した. これは, 全障害 691 件中 13% であった. 筋腱損傷 327 件の中ではハムストリングスが最多の 28% を占め, 続いて, 下腿三頭筋が 26%, 大腿四頭筋が 15%, 内転筋が 13%, 殿筋が 11%, その他が 5% であった. 受傷時年齢は平均 25.2 歳であった. 各年における非受傷選手との年齢比較では, 2017 年のみ受傷選手の方が非受傷選手に比べて有意に高かったが, 他の年では有意差はなかった. 10 年間における総曝露時間は 118,446 時間 (練習 103,033 時間, 試合: 15,413 時間) であり, 1 シーズン, 1 人当たりの練習曝露時間は平均 299 時間, 試合曝露時間が 45 時間であった. ハムストリングス損傷の発生率は全体で 0.79 ph (95% CI: 0.57~1.02) であったが, 練習時 0.60 ph (95% CI:

0.23~0.98) に対し, 試合時が 2.01 ph (95% CI: 0.77~3.33) であり, 約 3 倍の発生率であった (表 1).

発生率を J1 と J2 の在籍カテゴリー間で比較したところ, 全体発生率 ( $p=0.75$ ), 練習時発生率 ( $p=0.83$ ), 試合時発生率 ( $p=0.90$ ) のいずれも有意差はなかった. 10 年間における推移をみてみると, 全体では有意な増減はみられなかったが ( $r=-0.03$ ), 練習時では減少傾向 ( $r=-0.47$ ), 試合時は増加傾向 ( $r=0.77$ ) がみられた (図 1).

発症時期はシーズン開幕後の 3 ヶ月間で 33% が発症しており, 開幕前の 24% と合わせて半数以上の 57% を占めていた. 一方, シーズン終盤 3 ヶ月間での発生は 18% と少ない傾向があった (図 2a).

また, 受傷時における当該チームへの在籍年数は 1 年目であった選手が 46% とほぼ半数を占め, 続いて 2 年目, 3 年目であった選手がそれぞれ 22% であった (図 2b).

損傷筋は大腿二頭筋 (BF) が 70 肢, 半腱様筋 (ST) が 12 肢, 半膜様筋 (SM) が 11 肢であった. 損傷 type は type I が 71 肢, type II が 19 肢, さらに type III が 3 肢であり, 離脱期間はそれぞれ平均で,  $15 \pm 8.5$  日,  $62 \pm 29$  日,  $218 \pm 24$  日であった (表 2).

Type I について, 筋別にみた離脱日数は BF:  $15 \pm 8.5$  日, ST:  $16.2 \pm 9.8$  日, SM:  $13.5 \pm 8.3$  日であり, 各筋間で有意差はなかった ( $p=0.76$ ). Type II は 19 件中 18 件が BF 近位の筋腱移行部損傷であったが, 他の 1 件は ST 遠位の筋腱移行部での損傷であった. また, 坐骨結節付着部損傷である type III は, BF と ST の共同筋損傷が 2 肢, SM 損傷が 1 肢であり, いずれも不全断裂であったが, suture anchor を用いた縫合術を行った.

再発は 93 肢中 21 肢, 23% に生じた. 損傷筋別にみると, BF が 70 肢中 17 肢 (24%), ST が 12 肢中 3 肢 (25%), SM が 11 肢中 1 肢 (9%) であり (表 3a), type 別にみた再発率は, type I: 71 肢中 15 肢 (21%), type II: 19 肢中 6 肢 (32%) であった (表 3b).

再発を生じた時期は, type II の 6 肢中 4 肢が完全復帰前のリハビリ最終段階であった. 一方, type I の全 15 肢と type II の 2 肢の計 17 肢は完全復帰後 2 ヶ月以内に再発したが, そのうち 14 肢は復帰後 1 ヶ月以内に生じた (表 4). なお, type II においては, 2015 年以降はリハビリ最終段階での再発は生じなかった.

## 考 察

本研究において, ハムストリングス損傷は全傷害の 13% であり, これは Hawkins らの報告での 13%<sup>4)</sup>, Ekstrand らの 12%<sup>5)</sup> とほぼ同頻度であった. また, 筋腱損傷中でハムストリングス損傷の占める割合は, 本研究では 28% であり, Hallén らの報告での 34%<sup>6)</sup>, 仁賀らの報告の 42%<sup>7)</sup> に比べてやや低かったが, 筋腱損傷中

表 1 10 年間ににおけるハムストリングス損傷  
 10 年間ににおける発生率は 0.79 ph であった。練習時は 0.60 ph, 試合時は 2.01 ph であり, 試合時の発生率は練習時の約 3 倍であった。

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total
Division (J1, J2)	J2	J1	J2	J2	J1	J2	J1	J1	J2	J1	
在籍選手数	31	38	32	35	38	33	34	32	36	36	345 (年平均: 35)
開幕時平均年齢	24.0	25.1	24.4	22.7	23.1	23.3	24.8	25.6	26.3	25.1	24.3
総曝露時間	12,754	11,492	10,643	11,815	12,363	12,015	10,838	12,549	11,437	12,540	118,446 (年平均: 11,845)
曝露時間 (練習)	11,030	10,123	9,000	10,286	10,938	10,442	9,188	10,992	9,952	11,082	103,033 (年平均: 10,303)
曝露時間 (試合)	1,724	1,369	1,643	1,529	1,425	1,573	1,650	1,557	1,485	1,458	15,413 (年平均: 1,541)
1 選手あたりの曝露時間 (練習)	356	266	281	294	288	316	270	344	276	308	299
1 選手あたりの曝露時間 (試合)	56	36	51	44	38	48	49	49	41	41	45
ハムストリングス損傷数	5	16	14	3	7	10	5	12	12	9	93
総発生率 (ph*)	0.39 (0.25~0.91)	1.39 (0.57~2.15)	1.32 (0.29~2.11)	0.25 (0.20~0.65)	0.60 (0.52~1.88)	0.83 (0.52~1.88)	0.42 (0.36~1.27)	0.86 (0.52~1.88)	0.96 (0.40~1.42)	0.72 (0.38~1.40)	0.79 (0.57~1.02)
練習時発生率 (ph)	0.45 (0.26~1.05)	1.38 (0.58~2.17)	1.33 (0.94~3.32)	0.19 (0.19~0.75)	0.59 (0.43~1.68)	0.57 (0.35~1.37)	0.29 (0.27~0.95)	0.40 (0.41~1.43)	0.36 (0.47~1.60)	0.36 (0.29~1.09)	0.60 (0.23~0.98)
試合時発生率 (ph)	0	1.46 (1.10~4.04)	1.22 (1.04~3.87)	0.65 (0.89~3.26)	0	2.54 (2.67~9.68)	1.21 (0.94~3.43)	4.56 (1.87~6.62)	5.30 (1.99~7.31)	3.41 (1.50~5.46)	2.01 (0.77~3.33)
再発率 (%)	1 (20)	5 (31)	1 (7)	1 (33)	2 (29)	3 (30)	1 (20)	2 (17)	3 (25)	2 (22)	21 (23)

\*PH : 1,000 player-hours

\*\*CI : Confidence Interval

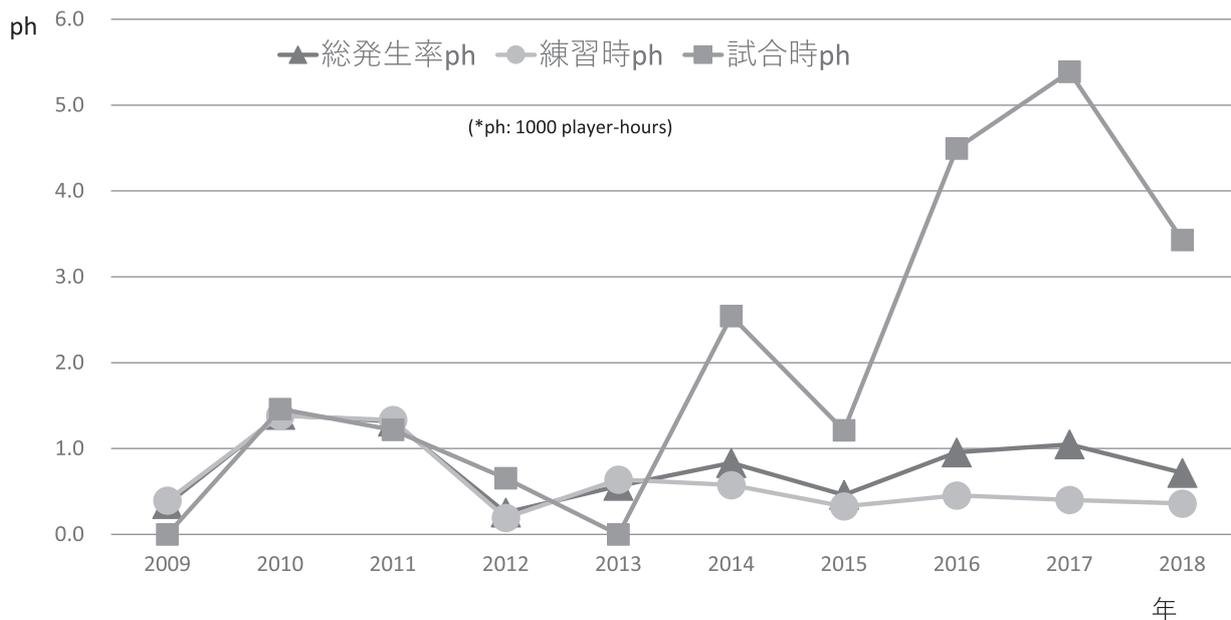


図1 10年間に於けるハムストリングス損傷の発生率の推移  
 10年間に於ける年次別発生率の推移をみると、全体では有意な増減傾向はみられなかったが、練習時は減少傾向、試合時では増加傾向がみられた。

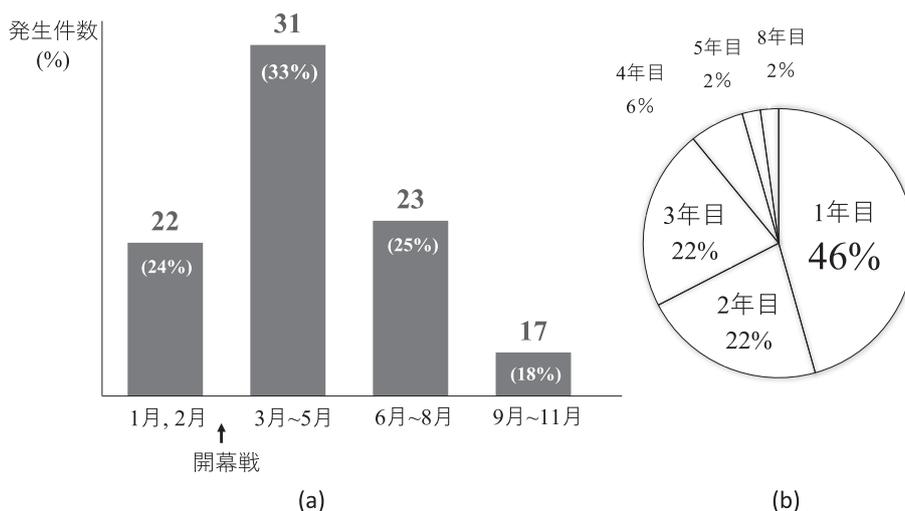


図2 (a) 発生時期, (b) 受傷時選手の在籍年数  
 a: シーズン開幕前と開幕後3ヵ月間で全体の57%を占めていた。その後、減少傾向となり、シーズン終盤の3ヵ月では18%であった。  
 b: 在籍年数1年目の選手が46%を占め、次いで2年目、3年目であった選手がそれぞれ22%であった。

では最も多いという点では一致した。現在まで、日本におけるプロサッカーの障害調査は散見されるが<sup>8-10)</sup>、いずれも5年以内の調査期間であり、本研究のように10年間の長期にわたるハムストリングス損傷の発生率を算出した報告は皆無であった。本研究ではハムストリングス損傷の発生率は0.79 ph (練習時: 0.60 ph, 試合時: 2.01 ph) であった。一方、Ekstrandらは欧州サッカー連盟 (UEFA) における13年間の障害調査<sup>3)</sup>を行い、本損傷の発生率は1.20 ph (練習時: 0.51 ph, 試合時: 4.77 ph) と報告している。今回の調査ではこれと比較

すると、本損傷の発生率は練習時ではほとんど差はなかったが、試合時では半数以下であった。これは、UEFAの公式戦数の平均61試合<sup>3)</sup>に対し、当該クラブは平均46試合であり、より負荷の高い公式戦数が少ないことが一因であると推察した。さらに、Ekstrandらは、離脱日数にかかわらず、試合や練習で生じ、完全合流が不可能となる身体的不調を損傷と定義している。一方、本研究ではMRIで確認した、かつ離脱期間が4日以上であったものを損傷と定義したことも、UEFAと比較し、ハムストリングス損傷の発生率が低かった一因で

表 2 損傷筋別, 損傷分類別にみた発生件数と離脱日数  
BF が 70 肢と最も多く, 次いで ST が 12 肢, SM が 11 肢であった. 損傷分類では, type I が 71 肢と最も多く, 次いで type II が 19 肢, type III が 3 肢であった. 離脱日数はそれぞれ平均で 15±8.5 日, 62±29 日, 218±24 日であった.

損傷筋	発生件数 (%)	Type I	Type II	Type III
BF	70 (75%)	50	18	2
ST	12 (13%)	11	1	0
SM	11 (12%)	10	0	1
Total	93	71	19	3
離脱日数 (±SD)		15 (±8.5)	62 (±29)	218 (±24)

BF: 大腿二頭筋  
ST: 半腱様筋  
SM: 半膜様筋  
SD: Standard Deviation

表 3 筋別 (a), 損傷分類別 (b) にみた再発率  
再発は 93 肢中 21 肢, 23% に生じ, type II における再発率は 32% であった.

損傷筋	(a)		(b)	
	再発数	頻度	損傷分類	頻度
BF	17/70	(24%)	I	15/71 (21%)
ST	3/12	(25%)	II	6/19 (32%)
SM	1/11	(9%)	III	0/3

表 4 再発時期  
Type II の 6 肢中 4 肢が完全復帰前のリハビリ最終段階で再受傷した. Type I の全 15 肢と type II の 2 肢の計 17 肢のうち 14 肢は完全復帰後 1 ヶ月以内に生じた.

	損傷筋分類		
	I	II	III
リハビリ最終段階	0	4	0
完全復帰後			
1 週未満	7	1	0
1 週~4 週未満	6	0	0
4 週~8 週	2	1	0

(受傷肢数)

あると考えた. 発生率の年次推移をみると, 練習時では 2010 年, 2011 年が高く, その後, 減少傾向にあったが, 試合時では, 2016 年, 2017 年が高かった. しかし, これらの明らかな原因は見出せなかった. プロサッカー選手におけるハムストリングス損傷の筋別発生頻度に関しては, Ekstrand ら<sup>1)</sup> は BF84 %, ST5 %, SM11 %, Hawkins ら<sup>4)</sup> は BF53 %, ST16 %, SM13 % と報告しており, 今回の調査においてもその割合はほぼ一致していた. 損傷分類でみると, type II, III は発生頻度が低いが, 離脱が長期になるため問題が多い. 本調査においても type II, III の離脱期間はそれぞれ 62±29 日と 218±24 日であった. また, type III の不全断裂

では, 保存療法, 手術療法のどちらを選択すべきかについて統一された見解はない. 3 ヶ月程度の保存療法を行った後, 無効な場合に手術に移行することは一般的であるが, プロサッカーにおいては長期の離脱期間を要する可能性がある. 当該チームでは, 3 例いずれも受傷後 1.5 ヶ月以内に手術療法を行ったが, 完全復帰までに SM 損傷例では 29 週, 共同筋腱の損傷例ではそれぞれ 36 週と 28 週であり, 復帰時期をある程度, 明確に予想するためには, 当初から手術療法を考慮することも選択肢になり得ると考えた.

ハムストリングス損傷の発症時期に関して, UEFA の調査では, シーズン中の発症がプレシーズンと比較し 3 倍多かったと報告している<sup>11)</sup>. 本研究でも開幕後 3 ヶ月間に最も多く, シーズン序盤の試合の過密日程や気温などが影響したと推測した. また, 今回の調査では, 在籍 1 年目選手の損傷割合が多かった. 当該クラブでは, 1 年目の選手が毎年多かったこと, チームが「hard work, high intensity」の方針を掲げ, 走行距離, スプリント回数が上位を保っていたこと, さらに, 公式戦の翌日に練習試合を組むなど試合数が多かったことから, 加入 1 年目の選手がその環境に慣れずに発症した可能性があるかと推察した.

ハムストリングス損傷は再発率が高く<sup>5, 6, 12, 13)</sup>, UEFA では 13%<sup>2)</sup>, England Football League では 12%<sup>13)</sup> と報告されているが, 今回の調査では 23% と高率であった. Type 別には, type I で 21%, type II では 32% であり, type II の約 1/3 に再発を生じた. 2019 年, 奥脇ら<sup>14)</sup> は, 大腿二頭筋のみを対象とし, 損傷型に損傷度を加味した JISS 分類を提唱し, type II の離脱日数は, grade1: 2.0±1.0 週, grade2: 6.4±2.2 週, grade3: 9.8±3.2 週であったとした. 当該チームでは, type II に対しては 2015 年以降, リハビリ最終段階のダッシュの開始の基準を明確にしたことがリハビリ最終段階での再発を防止できた一因であると考えた. しかし, 再発に関しては, こうした詳細な重症度診断, リハビリプログラムのほか, 環境, コーチングスタッフとの情報共有<sup>15)</sup> など多因子が関与すると推測され, その要因については今後さらに検討する必要がある.

## 結 語

1. 1 プロサッカーチームにおける 10 年間のハムストリングス損傷の発生状況を調査した.
2. 本損傷はのべ 93 件発生し, 全障害中の 13%, 筋腱損傷中では最多の 28% を占めていた.
3. 発生率は 0.79/1,000 player-hours (ph) であり, トレーニング時 0.60 ph に対し, 試合時 2.01 ph であった.
4. シーズン開幕後の 3 ヶ月間で 33% が発症し, 開幕前の 24% と合わせて半数以上を占めていた.

5. 再発は23%に生じ, type II では約1/3に再発をきたした.

## 謝 辞

本論文の作成にあたり, 大変お力添えいただきました東京慈恵会医科大学整形外科教授の舟崎裕記先生に感謝の意を表します.

## 文 献

- 1) Ekstrand J et al: Hamstring muscle injuries in professional football: the correlation of MRI findings with return to play. *Br J Sports Med*, 46: 112-117, 2012.
- 2) 奥脇透: トップアスリートにおける肉離れの実態. *日臨スポーツ医会誌*, 17: 497-505, 2009.
- 3) Ekstrand J et al: Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: a 13-year longitudinal analysis of the UEFA elite club injury study. *Br J Sports Med*, 50: 731-737, 2016.
- 4) Hawkins RD et al: The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *Br J Sports Med*, 35: 43-47, 2001.
- 5) Ekstrand J et al: Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med*, 39: 1226-1232, 2011.
- 6) Hallén A et al: Return to play following muscle injuries in professional footballers. *J Sports Sci*, 32: 1229-1236, 2014.
- 7) 仁賀定雄ほか: 肉離れの発生機序 (サッカー). *MB Orthop*, 23: 15-25, 2010.
- 8) 山本純: プロサッカーチームにおける3年間の障害調査. *Football Science*, 11: 36-50, 2013.
- 9) 齊藤和快ほか: Jリーグ・ディビジョン2に所属するチームにおける2年間の傷害調査. *理療科*, 35: 33-39, 2020.
- 10) 目良寛巳ほか: プロサッカーチームを対象とした4年間における傷害調査. *日臨スポーツ医会誌*, 25: 30-37, 2017.
- 11) Hägglund M et al: Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: the UEFA injury study. *Am J Sports Med*, 41: 327-335, 2013.
- 12) 仁賀定雄: ハムストリングス肉離れ. *Jpn J Rehabil Med*, 56: 778-783, 2019.
- 13) Woods C et al: The Football association medical research programme: an audit of injuries in professional football—analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med*, 38: 36-41, 2004.
- 14) 奥脇透ほか: 大腿二頭筋肉ばなれのMRI分類. *日臨スポーツ医会誌*, 27: 250-257, 2019.
- 15) Ghrairi M et al: Effect of poor cooperation between coaching and medical staff on muscle re-injury in professional football over 15 seasons. *Open Access J Sports Med*, 10: 107-113, 2019.

# 野球選手の上腕骨内側上顆裂離に対する保存治療成績

## Outcome of Conservative Treatment for Medial Epicondylar Fragmentation before Epiphyseal Closure in Young Baseball Players

佐藤 力<sup>1)</sup> Chikara Sato 高原 政利<sup>1)</sup> Masatoshi Takahara  
 宇野 智洋<sup>2)</sup> Tomohiro Uno 三田地 亮<sup>1)</sup> Ryo Mitachi  
 原田 幹生<sup>2)</sup> Mikio Harada

### ● Key words

上腕骨内側上顆裂離, 投球開始時期, 骨癒合

### ● 要旨

上腕骨内側上顆裂離(裂離)のある野球選手44例(平均年齢11歳)の保存治療成績を調査した。全身コンディショニングを行い、投球休止は平均55日であった。経過観察期間は平均8ヵ月(最低3ヵ月)であった。肘痛の再発は14例であった。骨癒合は40例に得られ、そのうち29例では骨癒合後に裂離の再発はなく、11例で骨癒合後に裂離の再発がみられた。裂離が再発した11例のうち、9例では再癒合したが、2例では再癒合はなかった。4例は経過中に骨癒合は得られなかった。最終観察時に未癒合だった群では初診時年齢が有意に低かった。骨癒合前に投球を開始した群では再発や未癒合が有意に多かった。低年齢選手や骨癒合前の投球には注意を要する。

### 緒 言

成長期野球選手において、投球障害に起因した肘関節障害の頻度は高く、なかでも肘関節内側障害が最も多い<sup>1,2)</sup>。その病態は、上腕骨内側上顆下端骨折、内側上顆骨端線離開、鉤状結節裂離、尺側側副靭帯(以下:UCL)損傷などさまざまであり、いずれも内側支持機構の構造的破綻を生じる<sup>3)</sup>。これらの破綻は、投球動作に対して、骨端線の成長に伴う最も構築学的に脆弱な部位で生じるため、各年齢層によって損傷部位が異なる。12歳頃まではUCL付着部である内側上顆下端の裂離または分節化、13~14歳では内側上顆骨端離開、15~16歳では鉤状結節の裂離、17歳以上ではUCL損傷が発生しやすい<sup>4)</sup>。

成長期の上腕骨内側上顆裂離(以下:裂離)には保存療法が有効である。投球開始の判断については、仮骨の出現によりキャッチボールを開始する<sup>1)</sup>、X線所見を復帰決定事項に使用しない<sup>2)</sup>など、意見が分かれている。しかし、骨癒合前に投球を開始することの影響を検討した研究はほとんどない。本研究の目的は当院での治療成

績を調査し、骨癒合前に投球を開始することの影響を検討することである。

### 対象と方法

2017年4月から2019年10月の間、投球による肘内側の疼痛を主訴に当院を受診した野球選手で、3ヵ月以上経過観察を行った裂離44名を対象とした。初診時年齢は平均11.4歳(9.0~14.0歳)であり、肘内側部痛の既往は14例にあった。今回の症状出現から初診日まで罹病期間は16.8日(1~93日)であった。ポジション(重複含む)は投手23例、捕手7例、内野手14例、外野手16例であった。

裂離44例中、疼痛の著明な6例に肘屈曲70度でシーネ固定を1~2週間行った。全例に肘の安静と全身のリハビリテーションを行った。投球を休止・制限し、打撃は禁止または疼痛のない範囲で許容した。リハビリテーションでは肩甲胸郭関節、体幹、および下肢のストレッチを中心に行った。さらに胸郭伸張、肩外旋筋、僧帽筋、肩外転筋、前鋸筋、および手指トレーニングを行った。また、自主トレーニング用パンフレットを配布し、

佐藤 力  
〒981-3121 仙台市泉区上谷刈字丸山6番1号  
泉整形外科病院  
TEL 022-373-7377

1) 泉整形外科病院  
Izumi Orthopaedic Hospital  
2) 山形大学整形外科  
Department of Orthopaedic Surgery, Yamagata University Faculty of Medicine

自宅でも継続して行うよう指導した。原則的に全身コンディショニングを行い、肘痛が消失してから打撃を再開し、痛みなく、moving valgus stress test が陰性となり、約2週経過し、本人ならびに家族が投球開始を希望した時点で投球再開した。コンディショニングを目的としたリハビリテーション来院の回数は平均12回(1~30回)であり、3ヵ月以内では平均7.4回(1~14回)であった。全力投球の50%程度で塁間の1/3程度から投球を始めた。初診から次の診察までは原則2週間後とし、月に一度の頻度でX線撮影を行った。44例中34例が最終診察時に経過良好につき診察終了となり、10例は経過観察中追跡不能となった。経過観察期間は平均7.9ヵ月(3.0~31.1ヵ月)であった。

初診から打撃再開と投球再開までの期間、また肘痛再発の有無を調査した。

肘関節45度屈曲位正面X線像にて上腕骨内側上顆裂離に仮骨の連続性がみられた段階で骨癒合とし、その再

発の有無、骨癒合と再発までに要した期間を調査した。

X線経過を次の4群に分けた：A群：骨癒合・再発なし(図1)、B群：骨癒合・再発・再癒合(図2)、C群：骨癒合・再発・未癒合(図3)、およびD群：初診から最終診察時まで未癒合(図4)。また、初診日から骨癒合までの期間、骨癒合前の投球の有無を調査した。

最終観察時のスポーツ復帰状況を調査し、3つに評価した。完全復帰：痛みなく普段通りに投球(70%以上)ができた、不完全復帰：復帰したが痛みがあったり、普段通りの投球(70%以上)までには至らなかった、および未復帰：最終観察時に投球復帰していなかった。

最終観察時の成績をスポーツ復帰とX線評価をもとに次の4つに分けた。優：完全復帰し骨癒合・再発なし、良：完全復帰したが、再発または未癒合、可：不完全復帰(骨癒合にかかわらず)、不可：未復帰(骨癒合にかかわらず)。

X線評価に関する因子を検討した。検討した因子

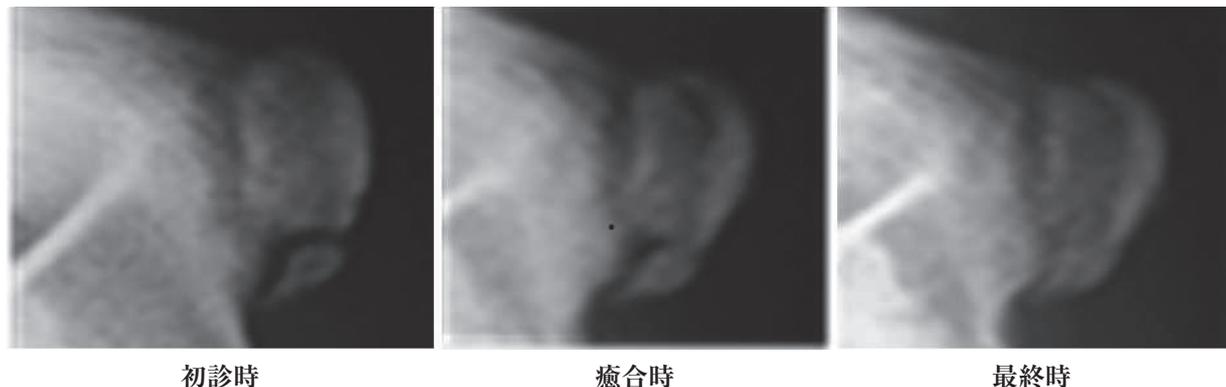


図1 A：骨癒合-再発なし群

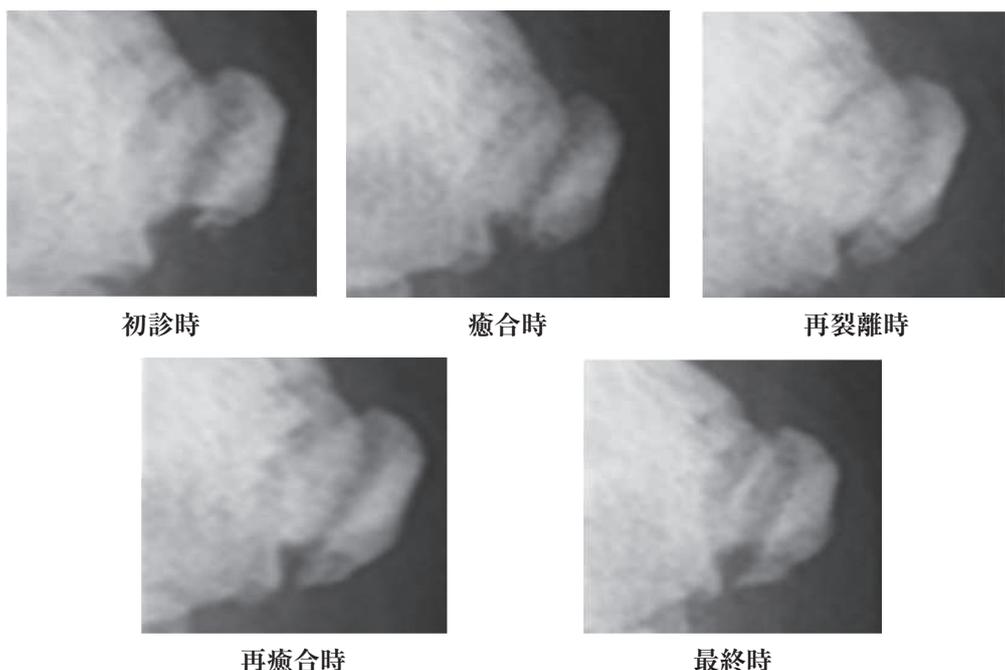


図2 B：骨癒合-再発-再癒合群

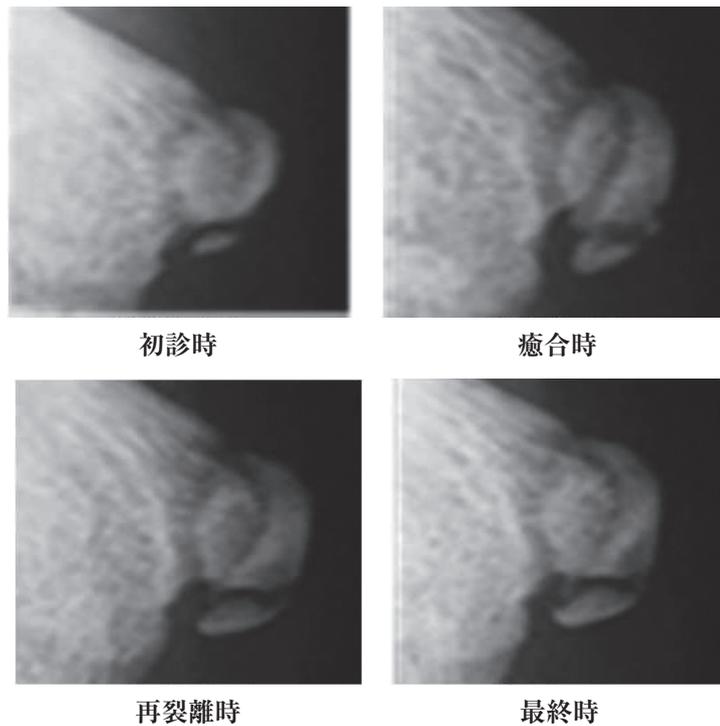


図3 C：骨癒合-再発-未癒合群

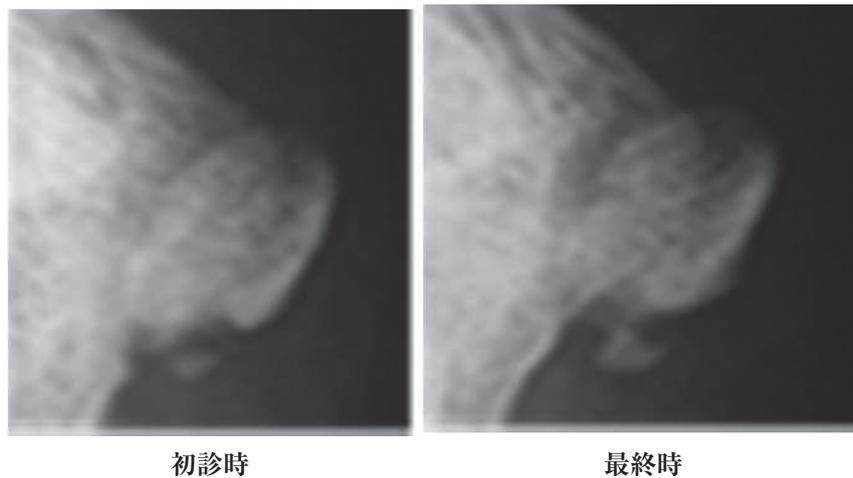


図4 D：未癒合群

は、初診時年齢、罹病期間、初診から投球開始までの期間、3ヵ月以内のリハビリテーション来院回数、および骨癒合前の投球開始であった。同様に復帰や成績に關与する因子を検討した。統計学的検討には Mann-Whitney  $U$  検定、 $\chi^2$  検定、FISHER'S 検定を用い、それぞれ  $P < 0.05$  を有意差ありとした。

## 結 果

初診から打撃再開までの期間は平均 31.3 日、投球再開は平均 54.7 日であった。肘痛の再発は 14 例 (31.8%) で初診から平均 168.0 日、投球開始から平均 117.8 日後に出現した。

骨癒合は 40 例 (90.9%) に得られ、初診から骨癒合

までの期間は平均 68.7 日であった。ポジション別での裂離再発、肘痛再発および治療成績に有意な差はみられなかった。シーネ固定を行った 6 例のうち、骨癒合が 5 例で得られ、最終成績は全例が完全復帰となった。1 例は 304 日の経過観察期間中、不完全復帰の状況で追跡不能となった。骨癒合後の裂離の再発は 11 例であり、初診から 181.1 日後、骨癒合から 89.4 日後であった。A (骨癒合・再発なし) 群は 29 例 (65.9%)、B (骨癒合・再発・再癒合群) は 9 例 (20.5%)、C (骨癒合・再発・再癒合なし) 群は 2 例 (4.5%)、D (骨癒合なし) 群は 4 例 (9.1%) であり、フォローアップできた平均 232 日の経過中には骨癒合が得られなかった (表 1)。

最終調査時の復帰状況は完全復帰：28 例 (63.6%、平均 113.5 日)、不完全復帰：16 例 (36.4%) であり、未

復帰の例はなかった（表2）。最終調査時の成績は優：20例（45.5%）、良：8例（18.2%）、可：16例（36.4%）であり、不可の例はなかった（表3）。

X線評価に関与する因子の検討では、最終観察時に未癒合だった群では有意に初診時年齢が低く、骨癒合・再発なし群では有意に初診時年齢が高かった（表4）。また、骨癒合前に投球開始した群では最終観察時の骨癒合率が有意に低く、再発や未癒合が有意に多かった（表4）。

最終観察時の復帰状況に有意に関連する因子はなかった。また、最終観察時の成績に有意に関連する因子はなかった。

## 考 察

本研究では先行研究<sup>5)</sup>と同様に、初診時年齢と裂離の再発や未癒合との間に関連性があることが示された。低年齢に裂離再発や未癒合が多いことから、より軟骨が多

表1 X線評価

A：骨癒合-再発なし，B：骨癒合-再発-再癒合，C：骨癒合-再発-未癒合，D：未癒合

X線評価	例	初診時平均年齢	罹病期間平均日数	骨癒合平均日数	投球開始平均日数	経過観察
A+B+C	40	11.5	16.4	68.7	52.3	237.5
A	29	11.7	17.2	56.7	48.3	172.8
B	9	11.2	11.3	初診～骨癒合：106.4 再発～再癒合：110.6	66.6	444.1
C	2	10.5	—	70.5	45.5	245.0
D	4	10.3	19.0	—	78.5	232.3

表2 スポーツ復帰

完全復帰：普段通りの投球で痛みなし，不完全復帰：痛みあり，または70%に達せず，未復帰：0例

スポーツ復帰	例	初診時平均年齢	罹病期間平均日数	骨癒合平均日数	投球開始平均日数	経過観察
完全復帰	28	11.4	10.6	66.4	53.1	246.5
不完全復帰	16	11.5	19.2	75.2	56.8	215.0

表3 保存療法の成績（投球までの期間）

優：完全復帰+骨癒合再発なし，良：完全復帰+未癒合または再発，可：不完全復帰（骨癒合に関わらず），不可：未復帰0例

保存治療の成績	例	初診時平均年齢	罹病期間平均日数	骨癒合平均日数	投球開始平均日数	経過観察
優	20	11.5	9.3	57.0	48.1	167.7
良（最終骨癒合：あり5例/なし3例）	8	11.2	36.5	105.0	65.5	302.5
可（最終骨癒合：あり13例/なし3例）	16	11.3	22.0	66.3	57.5	291.5

表4 X線評価と初診時年齢や投球開始時期との関係

A：骨癒合-再発なし，B：骨癒合-再発-再癒合，C：骨癒合-再発-未癒合，D：未癒合

X線評価	例	初診時平均年齢	p値	投球開始時期		p値
				骨癒合前	骨癒合後	
骨癒合（経過中）	A+B+C	40	0.0632	16	24	0.0357
	D	4		4	0	
骨癒合（最終時）	A+B	38	0.0138	15	23	0.0773
	C+D	6		5	1	
再発・未癒合	A	29	0.0169	10	19	0.0588
	B+C+D	15		10	5	

い内側上顆骨端の損傷は治癒に時間がかかることが示された。10歳以下あるいは幼弱な骨端の裂離には投球開始までに十分に期間をかける必要があると考える。

骨癒合前に投球開始した群では最終観察時の骨癒合率が有意に低く、再発や未癒合が有意に多かった。

骨癒合前の投球がその後のX線経過不良に関係することが示された。今回の研究では骨癒合前の投球が復帰や成績に与える影響を明らかにできなかったが、裂離骨片の遺残はUCL損傷と関連していることが報告されている<sup>6-8)</sup>。裂離の遺残は競技を継続して行っていく際の投球障害リスクの一つになると考えられる。完全復帰のみならず裂離の骨癒合も保存治療の目標とすべきと考える。

研究限界として、柔軟性の改善と筋力の向上のデータの集積が不十分だったため、今回検討できなかった。身体所見、投球フォームの評価とスポーツ復帰との関係を検討することが今後の研究の課題である。

## 結 語

1. 上腕骨内側上顆裂離に対し、肘の安静とリハビリテーションを中心とした保存療法を行い、初診から打撃再開まで平均31.3日、投球再開まで平均54.7日であった。
2. 肘痛の再発は14例(31.8%)に初診から平均168.0日、投球開始から平均117.8日後に出現した。骨癒合は40例(90.9%)に得られ、初診から骨癒合までの期間は平均68.7日であった。骨癒合後の裂離の再

発は11例であった。

3. 低年齢に裂離再発や未癒合が有意に多いことから、より軟骨が多い内側上顆骨端の損傷は治癒に時間がかかることが示された。
4. 骨癒合前に投球開始した群では最終観察時の骨癒合率が有意に低く、再発や未癒合が有意に多かった。

## 文 献

- 1) Cain EL Jr et al: Elbow injuries in throwing athletes: a current concepts review. Am J Sports Med, 31: 621-635, 2003.
- 2) 松浦哲也ほか: 小児のスポーツ障害 少年野球肘の実態. 日小整会誌, 18: 302-305, 2009.
- 3) 伊藤恵康: 肘関節外科の実際. 南江堂, 東京: 222-227, 2011.
- 4) 伊藤恵康: 肘関節のスポーツ障害. 日整会誌, 82: 45-58, 2008.
- 5) 鶴田敏幸ほか: 上腕骨内側上顆下端裂離損傷再発例の検討. 日肘関節会誌, 23: 362-365, 2016.
- 6) 難波二郎ほか: 高校野球投手における上腕骨内側上顆のX線学的検討. 日肘関節会誌, 10: 55-56, 2003.
- 7) 伊藤恵康ほか: スポーツ障害としての肘関節尺側側副靭帯損傷—10年間163例の治療経験. 整スポ会誌, 22: 210-216, 2002.
- 8) 古島弘三ほか: 成人野球選手の肘関節内側支持機構障害 内側上顆下端の遺残裂離骨片のUCL損傷への影響について. 整スポ会誌, 34: 148-152, 2014.

# 腓骨筋腱脱臼に破格筋を伴っていた 中学野球選手の一例

## Peroneal Tendon Dislocation Associated with Peroneus Quartus: a Case Report of Junior High School Baseball Player

小野 亮<sup>1)</sup> Akira Ono  
射場 浩介<sup>1)</sup> Kousuke Iba  
岡田 葉平<sup>1)</sup> Yohei Okada

渡邊 耕太<sup>2)</sup> Kota Watanabe  
寺本 篤史<sup>1)</sup> Atsushi Teramoto  
山下 敏彦<sup>1)</sup> Toshihiko Yamashita

### ● Key words

第4腓骨筋, 腓骨筋腱脱臼, スポーツ損傷  
Peroneus Quartus; Peroneal tendon dislocation; Sports injury

### ● 要旨

12歳, 野球部男性. 1年前に右足関節を捻挫し外果部痛が出現. 1ヵ月前にベースランニング中に再受傷し, 同部の礫音と疼痛が増強したため受診. 右外果後方に軽度の腫脹と圧痛, 腓骨筋腱の偏位を認めた. MRIで長・短腓骨筋腱の後方に筋組織と思われる構造物を認めたため破格筋を伴う腓骨筋腱脱臼と診断し, 破格筋切除および腱鞘形成術を施行した. 術後15週で競技に完全復帰し, 術後半年経過時も再発や症状はなかった. 腓骨筋部の破格筋は症状を出すことは稀であるが, 腱鞘内圧を高めることで疼痛や腓骨筋腱脱臼を生じる例が報告されている. このような病態では破格筋切除を伴う手術が確実な症状解消に有用であると考えられた.

### はじめに

腓骨外側部の破格筋は3~21.7%に存在すると報告されているが, 大多数は無症候性に経過する<sup>1)</sup>. しかし, 稀に外側部痛や後足部痛, 腓骨筋腱断裂, 腓骨筋腱脱臼などさまざまな臨床症状を引き起こす. 筆者らは, 腓骨筋の破格筋を伴う腓骨筋腱脱臼を生じたスポーツ選手の治療を経験したので報告する.

### 症 例

12歳, 野球部男性.

主訴: 右外果後方部痛, 腓骨筋腱脱臼感.

既往歴: 特記すべきことなし.

現病歴: 1年前に右足関節を捻挫し外果部の疼痛が出現. 以後時々痛みがあった. 1ヵ月前にベースランニ

ング中に右足関節捻挫を再受傷. 外果後方部の足関節運動に伴う礫音と疼痛が徐々に増強したため受診した.

身体所見: 右外果後方に軽度の腫脹と圧痛があり, 足関節底背屈で疼痛を伴う腓骨筋腱の偏位を認めた. 足関節不安定性は認めなかった.

画像所見: 単純X線像では異常所見なし. MR画像で長・短腓骨筋腱の後内側に筋組織と思われる構造物を認め, 踵骨外側まで連続していた(図1).

以上より, 破格筋を伴う腓骨筋腱脱臼と診断し, 手術治療を選択した.

手術所見: 外果後方の皮膚切開から腓骨筋支帯を縦切開し, 腓骨筋腱を展開した. 長・短腓骨筋の後深側に腓骨から踵骨外側に至る独立した筋成分を認め, 第4腓骨筋(peroneus quartus)と判断した(図2). 腓骨筋腱の変性所見は認めなかった. 破格筋切除およびDas De法<sup>2)</sup>による腱鞘形成術を施行した.

後療法: 術後はシーネ固定を3週間, その後は足関節

小野 亮  
〒060-8543 札幌市中央区南1条西16丁目291番地  
札幌医科大学医学部病院整形外科講座  
TEL 011-611-2111  
E-mail o.akira.sports@gmail.com

1) 札幌医科大学医学部病院整形外科講座  
Department of Orthopaedic Surgery, Sapporo Medical University School of Medicine  
2) 札幌医科大学保健医療学部理学療法第二講座  
Second Division of Physical Therapy, Sapporo Medical University School of Health Sciences

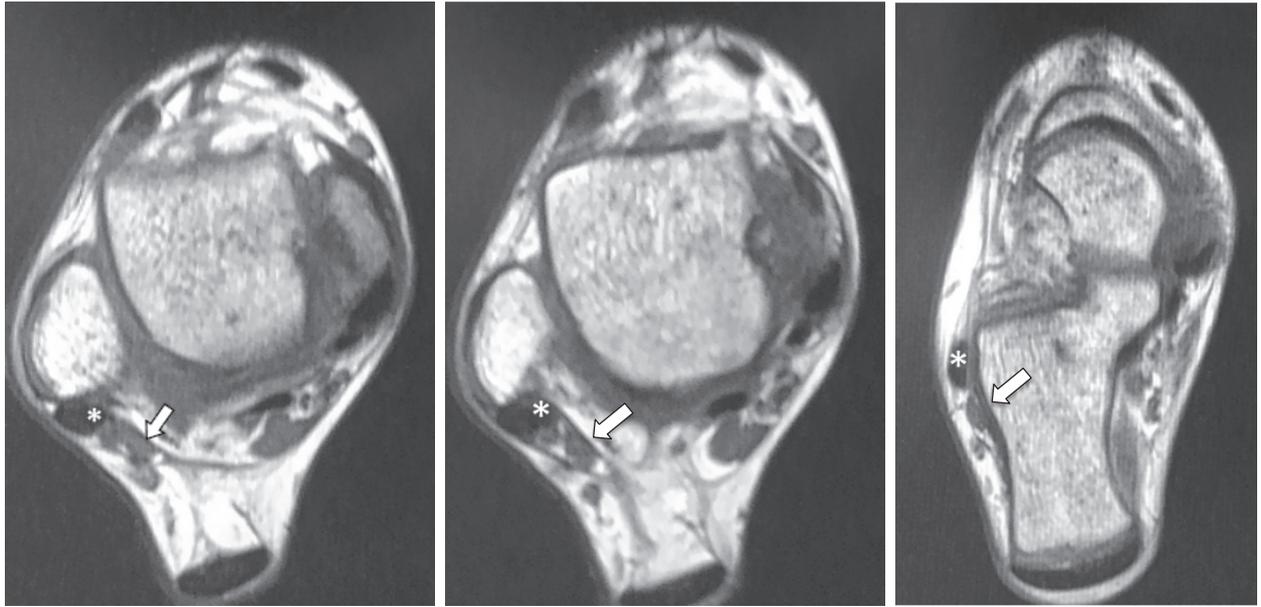


図1 MRI 水平断像 (T1WI)  
 長・短腓骨筋腱 (\*) の後方に等信号の構造物を認め、踵骨外側面まで連続していた (矢印).

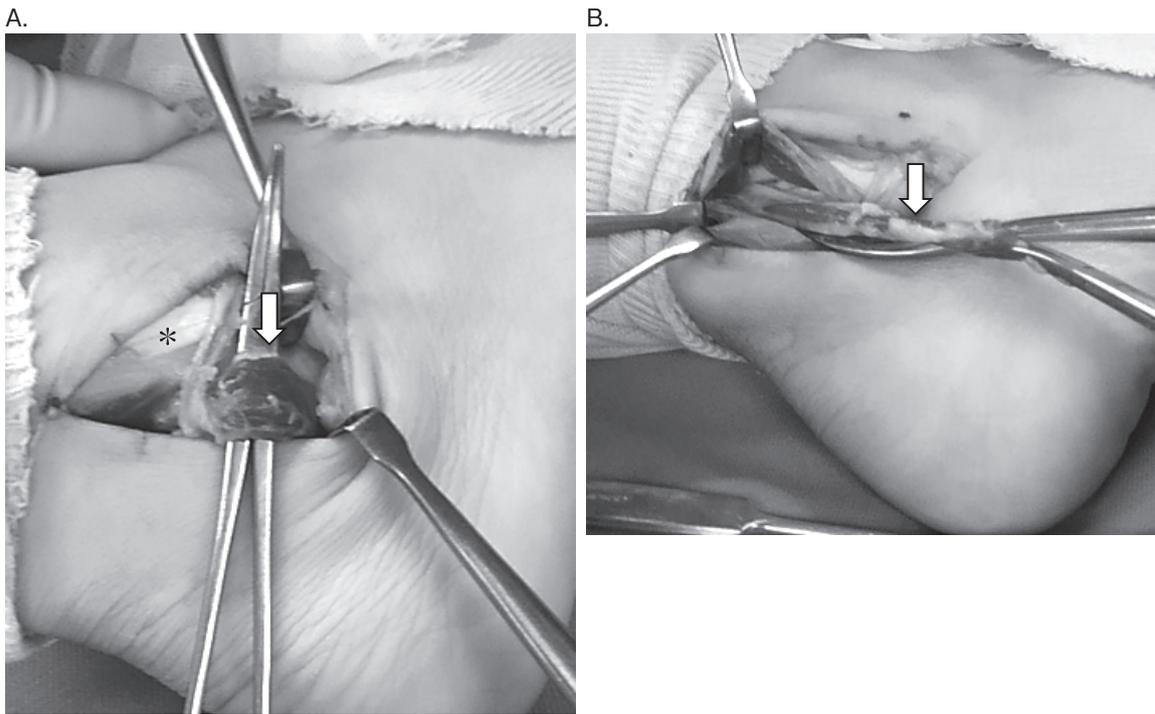


図2 術中写真  
 A: 長・短腓骨筋腱 (\*) の後深側に破格筋を認めた (矢印).  
 B: 破格筋 (矢印) を踵骨外側停止部から剥離し露出したところ.  
 C: 摘出した破格筋.

軟性装具を5週間装着とし、その後3週間はスポーツ時に装着とした。荷重は術後1週で開始し、疼痛に応じて全荷重へ移行した。可動域訓練は術後1週より他動運動から開始した。スポーツ復帰は7週よりジョギング、キャッチボール、トスバッティングを許可し、15週で競技に完全復帰した。術後半年現在、症状や再発なく、スポーツを制限なく行っている。

## 考 察

腓骨外側部の破格筋は屍体解剖の研究で3~21.7%に存在し、さまざまな解剖学的バリエーションが報告されている<sup>1)</sup>。そのうち、Ottoによって1816年に報告されたのがperoneus quartusで、腓骨遠位3分の1から起始し踵骨外側部に停止する<sup>1)</sup>。Peroneus quartusは腓骨筋の破格筋のなかで最多の63%を占めており<sup>1)</sup>、今回の症例の解剖学的特徴もこれと一致していた。腓骨外側部の破格筋については他にもperoneocalcaneal muscle, peroneus accessories, peroneus digit quintiなど様々な名称での報告がある。Sobelらはこれら全てをまとめてperoneus quartusとし、解剖学的研究を行った<sup>3)</sup>。現在は腓骨外側部の破格筋をperoneus quartusと呼ぶことが多いが、Ottoの定義とSobelの定義が混在している。本稿では以下の記述をSobelの定義に従った。

破格筋により腱鞘内の緊張が亢進することで、短腓骨筋の変性や断裂が起こる確率が約2倍上昇すると報告されている<sup>4)</sup>。また、足関節捻挫によっても腱鞘内で滑膜肥厚や炎症が生じやすく、足関節後側部痛を引き起こすことが指摘されている<sup>5)</sup>。

Peroneus quartusにより足部症状を呈した症例のまとまった論文はなく、症例報告が散見された。渉猟し得た限り本邦11例、海外17例の報告があり、全例最終的には手術が施行されていた(男性17名、女性10名、平均年齢は35.4歳(14~70歳))。臨床症状として多いのは外側部痛(57%)と腓骨筋腱脱臼感(32%)であり、ロッキングや不安定感なども報告されていた。発症契機は約60%が捻挫などの軽微な外傷で、約30%は誘因がなかった。

これら28例29足の発症から手術までの期間は平均22.1ヵ月(3ヵ月から9年)と長かった。破格筋の診断が遅れることで症状が長引く可能性があり、特にスポーツ選手では破格筋も念頭においた早期診断が必要である。診断にはMRIが有効で、近年はエコーも用いられている<sup>6)</sup>。なお、18%では診断がつかないまま手術を行っており、MRIによる陽性的中率は16.7%との報告もあった<sup>7)</sup>。

手術は破格筋を切除した症例が25例、切除しなかった症例が4例であった。破格筋を切除した症例では1例

のみ再手術となったが<sup>8)</sup>、他は経過良好であった。一方で、破格筋切除を行わなかった4例のうち2例は再手術となっていた<sup>9,10)</sup>。再手術症例ではいずれも破格筋に気づいておらず、他院で破格筋を切除され症状が改善した。

本症例では過去の報告と同様の臨床症状およびMR画像所見であった。腓骨筋腱の亜脱臼には破格筋が関与していると考え、これを切除した。破格筋は見逃されることがあり、その症状は長引くことも多く、破格筋を念頭においた早期診断が必要である。手術治療では破格筋を切除することが確実な症状解消に有用であると考えられた。

## 文 献

- 1) Kelikian AS: Sarrafian's anatomy of the foot and ankle. 3rd ed. Lippincott Williams&Wilkins, Philadelphia: 240-244, 2011.
- 2) Das De S et al: A repair operation for recurrent dislocation of peroneal tendons. J Bone Joint Surg Br, 67: 585-587, 1985.
- 3) Sobel M et al: Congenital variations of the peroneus quartus muscle: an anatomic study. Foot Ankle, 11: 81-89, 1990.
- 4) Sobel M et al: Longitudinal attrition of the peroneus brevis tendon in the fibular groove: an anatomic study. Foot Ankle, 11: 124-128, 1990.
- 5) Clarkson MJ et al: Clinical implications of novel variants of the fibularis (peroneus) quartus muscle inserting onto the cuboid bone: peroneocuboidus and peroneocalcaneocuboidus. J Foot Ankle Surg, 52: 118-121, 2013.
- 6) Yammine K: The accessory peroneal (fibular) muscles: peroneus quartus and peroneus digiti quinti. a systemic review and meta-analysis. Surg Radiol Anat, 37: 617-627, 2015.
- 7) Park HJ et al: Reliability of MRI findings of peroneal tendinopathy in patients with lateral chronic ankle instability. Clin Orthop Surg, 2: 237-243, 2010.
- 8) Chinzei N et al: Surgical management of the peroneus quartus muscle for bilateral ankle pain: a case report. J Am Podiatr Med Assoc, 105: 85-91, 2015.
- 9) 篠原靖司ほか: 腓骨筋の破格筋により足部症状を呈した1例. 整形外科, 63: 553-555, 2012.
- 10) 野口幸志ほか: 破格筋により生じた腓骨筋腱障害の1例. 日足の外科会誌, 34: 261-265, 2013.

# 膝蓋骨骨軟骨損傷を伴う骨端線閉鎖前の 外傷性膝蓋骨脱臼に対して骨溝を用いた 内側膝蓋大腿靭帯再建術および 骨軟骨接合術を行った 1 例

## Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction and Osteosynthesis for Traumatic Patellar Dislocation with Patellar Osteochondral Fracture with Open Physes: a Case Report

藤田 勝久<sup>1,2,3)</sup> Katsuhisa Fujita  
 藪内 康史<sup>3,5)</sup> Koji Yabuuchi

近藤 英司<sup>4)</sup> Eiji Kondo  
 岩崎 倫政<sup>1)</sup> Norimasa Iwasaki

### ● Key words

膝蓋骨脱臼, 内側膝蓋大腿靭帯再建術, 骨端線開存  
 Patellar dislocation; Medial patellofemoral ligament reconstruction; Open physes

### ● 要旨

症例は 15 歳男児。バスケットボール中に受傷した骨端線閉鎖前の膝蓋骨骨軟骨損傷を伴う外傷性膝蓋骨初回脱臼に対し、骨軟骨接合術および半腱様筋腱を用いた内側膝蓋大腿靭帯再建術を行った。手術は、膝関節鏡にて骨軟骨片を摘出後、関節切開し、骨軟骨片を吸収ピンとナイロン糸で固定した。内側膝蓋大腿靭帯再建は、大腿骨付着部に骨孔を作製せず、骨溝を作製後スーチャーアンカーを用いて移植腱の中央部を固定し、骨膜で被覆した。膝蓋骨側は、膝蓋骨に骨膜下トンネルを作製し、スーチャーアンカーを用いて 2 束の移植腱を膝屈曲角度 45 度で固定した。術後 28 ヶ月の最終経過観察時、右膝関節可動域は伸展 0 度、屈曲 140 度と制限はなく、Patella apprehension test は陰性であった。術後 28 ヶ月の単純 X 線および MRI 軸射像では膝蓋骨は整復され、内側関節面の骨軟骨片は癒合した。Lysholm score は 100 点、Kujala score は 81 点であった。本法は、骨端線閉鎖前の外傷性膝蓋骨脱臼に対して選択肢の一つとなる術式と考えられた。

### はじめに

膝蓋骨脱臼に対する治療は、保存療法および手術療法があり<sup>1)</sup>、手術療法では proximal realignment 法および distal realignment 法等がある<sup>2)</sup>。Proximal realignment

法には、内側膝蓋大腿靭帯 (MPFL) 再建術、外側解離術、内側縫縮術および内側広筋前進術等があり、distal realignment 法には Elmslie-Trillat 法、Blauth 法等の多くの脛骨粗面移動術が報告されている<sup>3)</sup>。膝蓋骨脱臼は骨端線閉鎖前に発生することが多く、その時期における手術方法に関しては未だ確立した方法はない。

藤田勝久  
 〒 065-0033 札幌市東区北 33 条東 14 丁目 3 番 1 号  
 札幌東徳洲会病院医局  
 TEL 011-722-1110 (代)  
 E-mail d-weapon@kd6.so-net.ne.jp

- 1) 北海道大学大学院医学研究院専門医学系部門機能再生医学分野整形外科教室  
 Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of Medicine and Graduate School of Medicine, Hokkaido University
- 2) 札幌東徳洲会病院整形外科  
 Department of Orthopaedic Surgery, Sapporo Higashi Tokushukai Hospital
- 3) 釧路ろうさい病院整形外科  
 Department of Orthopaedic Surgery, Kushiro Rosai Hospital
- 4) 北海道大学病院スポーツ医学診療センター  
 Center for Sports Medicine, Hokkaido University Hospital
- 5) 八木整形外科病院整形外科  
 Department of Orthopaedic Surgery, Yagi Orthopaedic Hospital

今回、著者らは、骨端線閉鎖前の膝蓋骨骨軟骨損傷を伴う外傷性膝蓋骨脱臼に対し、骨軟骨接合術および骨溝を用いた MPFL 再建術を行った 1 例を経験したので報告する。

### 症 例

15 歳、男児。バスケットボール部に所属している中学 2 年生。身長 160 cm、体重 45.0 kg、Body Mass Index 17.6 kg/m<sup>2</sup>。

主訴：右膝痛。

現病歴：バスケットボール中、ジャンプの片足着地時に右膝に疼痛が出現し受傷。他院救急外来を受診し、右膝蓋骨脱臼の診断にて徒手の整復後、関節穿刺にて血性関節液を約 100 ml 吸引された。軟性装具にて伸展位固定され、受傷 3 日後に当院紹介初診となった。

既往歴：膝蓋骨脱臼歴なし。

家族歴：家族に膝蓋骨脱臼の既往なし。

理学所見：右膝関節に腫脹、右膝蓋骨内側に圧痛を認めた。右膝関節の伸展は 0 度、疼痛のため 60 度以上の屈曲はできなかった。内外・前後の膝不安定性はなく、Patella apprehension test は右膝で陽性であった。Q-angle は 20 度、全身の関節弛緩性を示す Carter and Wilkinson 徴候<sup>4)</sup> は 1/5 であった。成長の段階を示す Tanner stage は stage 3 であった。

画像所見：単純 X 線正面像では骨端線は開存しており、膝蓋骨は外側に偏位していた (図 1)。単純 X 線側面像では、大腿骨滑車の低形成を示す crossing sign を認め、Dejour 分類は Grade A であった<sup>5)</sup>。Insall-Salvati

比は 1.16 であった。単純 X 線軸射像では、膝蓋骨は外側に亜脱臼しており、膝蓋骨内側関節面に骨欠損を認め、小骨片が大腿骨外側顆の外側に確認された。膝蓋骨の形態は、Wiberg 分類 type II であった。Congruence angle は 24 度、Tilting angle は 37 度および Lateral shift ratio は 50% であった。立位下肢全長単純 X 線正面像では、機能的大腿脛骨角 (Hip-Knee-Ankle Angle; HKA) は 1 度、解剖学的大腿脛骨角 (Femoro-Tibial Angle; FTA) は 172 度、下肢機能軸は内側起算で 51.6% と軽度外反位であった。

Computer Tomography (CT) の Axial 像では、大腿骨外側顆部に膝蓋骨内側関節面からの裂離骨片と思われる長径約 25 mm の骨片を認めた。The tibial-tuberosity to trochlear groove (TT-TG) distance は 21 mm であった (図 2)。

Magnetic Resonance Imaging (MRI) の Axial 像では、膝蓋骨内側関節面に T1 強調画像で低信号、T2 強調画像で高信号を伴う領域を認めた。大腿骨外側顆部には T2 強調画像で等信号を示す遊離骨片を認めた。MPFL 実質部の連続性は不明瞭であった (図 3)。

診断と治療：骨端線閉鎖前の膝蓋骨骨軟骨損傷を伴う外傷性膝蓋骨脱臼と診断した。初回の外傷性膝蓋骨脱臼であるが、膝蓋骨骨軟骨損傷を伴っていること、および大腿骨滑車低形成を認めるため手術療法を選択した。本症例では TT-TG distance が 20 mm 以上のため成長線閉鎖まで待機し、distal realignment も考慮したが、早期のスポーツ復帰を希望したため proximal realignment を行う方針とした。Tanner stage 3 の骨端線閉鎖前症例であるため、骨端線への影響が少ない MPFL 再建術

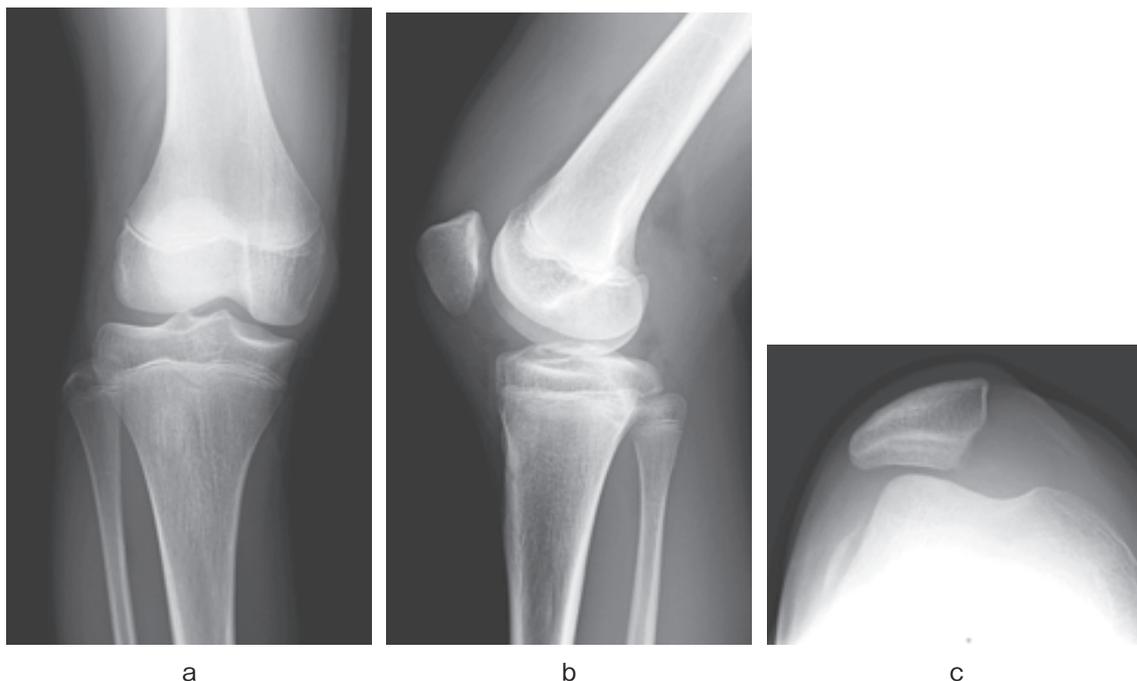


図 1 右膝単純 X 線像  
a：正面像，b：側面像，c：軸射像。

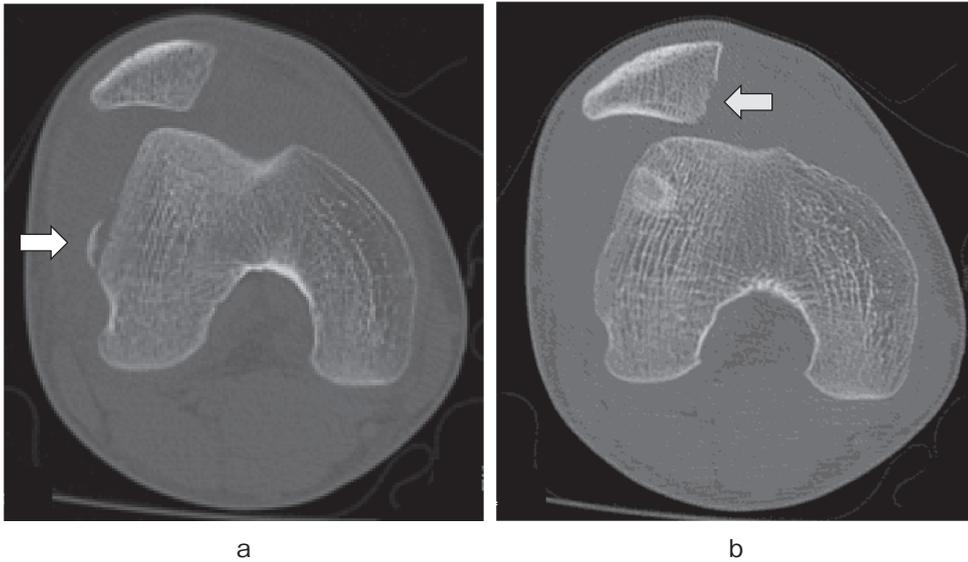


図2 右膝 CT Axial 像  
 a: 大腿骨外側顆部に裂離骨片を認めた (白矢印).  
 b: 膝蓋骨内側関節面に骨軟骨損傷を認めた (白矢印).

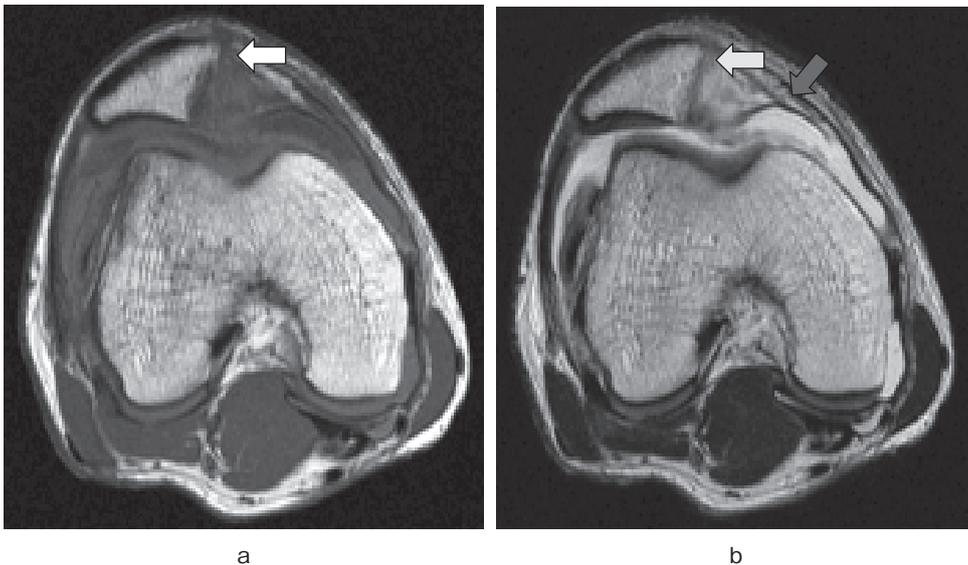


図3 右膝 MRI Axial 像  
 a: T1 強調像: 膝蓋骨内側関節面に低信号領域を認めた (白矢印).  
 b: T2 強調像: 膝蓋骨内側関節面に高信号領域を認めた (白矢印).  
 MPFL 実質は不明瞭であった (黒矢印).

および骨軟骨接合術を選択した。

手術方法: 受傷後 19 日に全身麻酔下に手術を行った。膝関節鏡では、滑膜炎があり、膝蓋骨は外側に偏位し、膝蓋骨内側関節面に骨軟骨欠損を認めた。大腿骨滑車部は、浅く低形成を認めたが、大腿骨滑車外側に明らかな損傷はなかった。大腿骨外側谷に骨軟骨片があり摘出した。骨軟骨片は、比較的正常的な軟骨を有し、長径 27 mm, 短径 20 mm, 厚さ 8 mm であった (図 4)。次に内側傍膝蓋アプローチで右膝関節を展開し、膝蓋骨内側関節面の骨軟骨損傷部を廓清後、骨軟骨片を  $\phi$  1.5 mm の吸収ピン (SUPER FIXSORB<sup>®</sup>, デビューシense,

米国) 3 本で固定し、関節軟骨は周囲と 5-0 ナイロン糸で縫合した (図 4)。

MPFL 再建は、Nomura らの方法<sup>6~8)</sup> に準じ大腿骨骨孔を作製しない方法を選択した。脛骨近位内側に横切開を加え、患側の半腱様筋腱を採取し、腱の近位および遠位に非吸収糸にて Baseball glove suture 後、2 重折りとして移植腱を作製した。大腿骨内側顆部の MPFL 大腿骨附着部を小切開にて展開後、大腿骨内側上顆と内転筋結節の間の Schöttle point<sup>9)</sup> をイメージ下に確認した。同部位の骨膜を皮質骨とともに約 10 mm 翻転し、軟骨下骨を露出し骨溝を作製した。 $\phi$  2.9 mm スーチャア

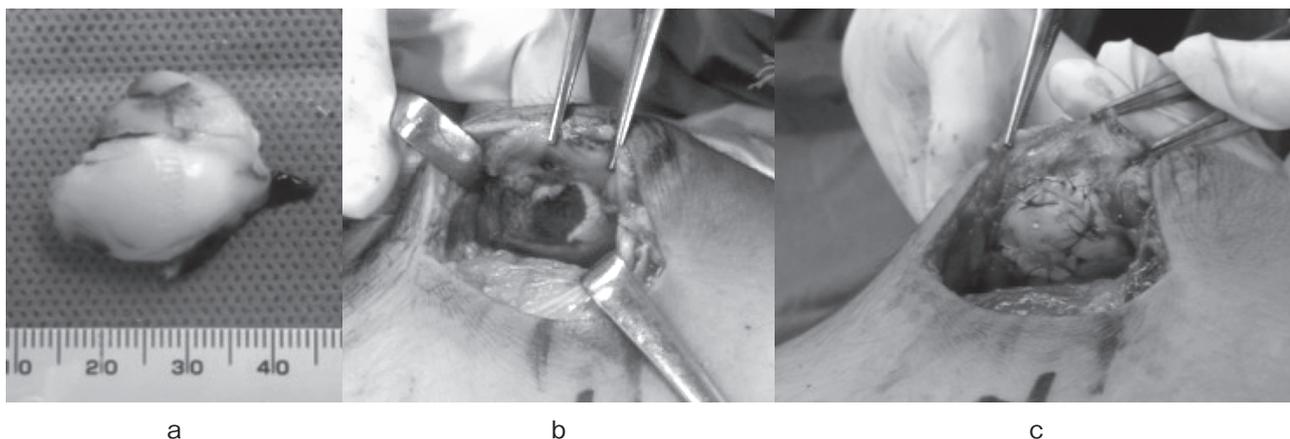


図4 術中所見  
 a: 摘出した膝蓋骨の骨軟骨片.  
 b: 膝蓋骨内側関節面に骨軟骨片の裂離を認めた.  
 c: 膝蓋骨骨軟骨片の整復固定.

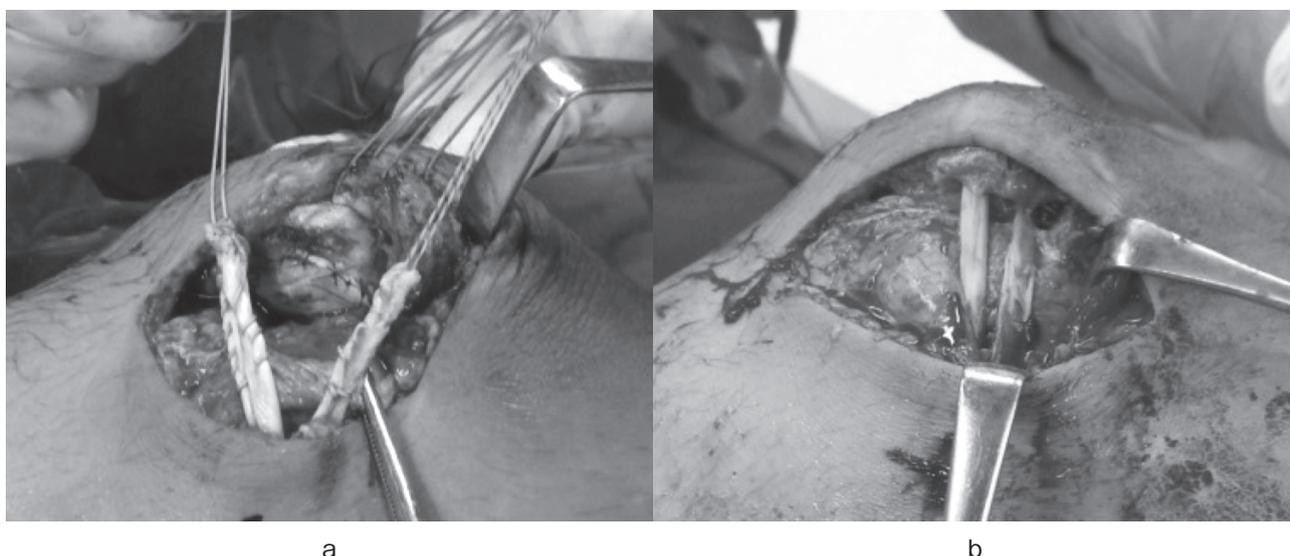


図5 術中所見  
 a: 移植腱 (半腱様筋腱): 膝蓋骨側固定前.  
 b: 移植腱 (半腱様筋腱): 膝蓋骨側固定後.

ンカー (Jugger Knot ソフトアンカーシステム<sup>®</sup>, ジンマーバイオメット, 米国) 2本を用いて2重折りの移植腱の中央部を固定し, 骨膜で被覆した. 膝蓋骨側は, 膝蓋骨近位の骨膜を剥離し, 骨膜下トンネルを作製した. 移植腱の2つの自由端を骨膜下トンネルに通し,  $\phi 1.5$  mm スーチャーアンカー (Jugger Knot ソフトアンカーシステム<sup>®</sup>) を各2本ずつ用いて膝蓋骨に膝屈曲角度45度で, 透視画像で整復位を確認後固定した (図5, 6).

後療法: 術後軟性装具を用いて外固定を行い, 術後2週より関節可動域訓練を開始した. 術後3週からの装具装着下伸展位にて全荷重歩行を許可した. 術後6カ月の時点で膝蓋骨骨片の癒合を単純X線で確認後スポーツ復帰を許可し, 術後10ヵ月でバスケットボール部に完全復帰した.

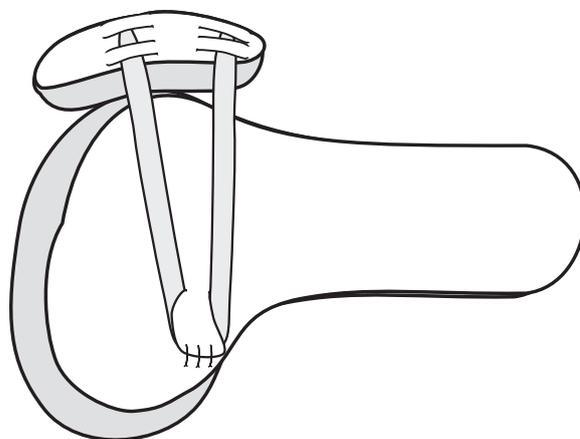


図6 半腱様筋腱を骨溝に固定する内側膝蓋大腿靭帯再建術のシェーマ

術後 28 ヶ月の最終経過観察時、右膝関節可動域は伸展 0 度、屈曲 140 度と制限はなく正座は可能で、Patella apprehension test は陰性であった。Lysholm score は 100 点、Kujala score は 81 点であった。単純 X 線像軸射像では膝蓋骨は整復位され、内側関節面の骨軟骨片は癒合した。大腿骨滑車外側面に一部透亮像を認めた。MRI Axial 像の T1, T2 強調画像では同部位はともに低信号域を呈していた。症状はないものの膝蓋骨脱臼時の mirror lesion と思われ、今後経過観察が必要と思われた。Congruence angle は 9 度、Tilting angle は 15 度、Lateral shift ratio は 9% と術前より改善していた (図 7, 8)。立位下肢全長単純 X 線正面像では、HKA は -1 度、FTA は 175 度、下肢機能軸は内側起算で 47% であり、左右差、脚長差はなかった (図 9)。

### 考 察

今回著者らは、骨端線閉鎖前の膝蓋骨軟骨損傷を伴う外傷性膝蓋骨脱臼に対し、骨軟骨接合術および半腱様筋腱を用いた MPFL 再建術を行い、良好な短期成績を得た。



図 7 術後 28 ヶ月経過時右膝単純 X 線軸射像

膝蓋骨脱臼は外傷性、反復性、習慣性、および恒久性脱臼に分類され、外傷性脱臼は保存治療が第一選択となる<sup>1, 10)</sup>。一方、保存加療後の再脱臼率は約 50% に認められるため、大腿骨滑車低形成および全身弛緩性を有する症例に対しては、初回脱臼に対しても手術治療を推奨する報告も存在する<sup>2, 5, 10, 11)</sup>。本症例では、膝蓋骨軟骨損傷を伴い、かつ Dejour 分類は Grade A であり大腿骨滑車低形成を有していたため手術療法を選択した。

初回膝蓋骨脱臼の 25~95% に膝蓋骨軟骨損傷が認められる<sup>5, 12, 13)</sup>。膝蓋骨軟骨損傷を伴う外傷性膝蓋骨脱臼は、骨片が小さい場合は摘出術が行われるが、軟骨を含む大きな骨軟骨片が遊離した場合は、骨接合術が適応となる<sup>14~17)</sup>。陳旧例の場合、膝蓋骨の母床は線維組織で被覆され、遊離骨片は関節内で肥大するため、しばしばその整復および接合に困難が生じる<sup>14~17)</sup>。本症例の場合は、受傷後 19 日で手術を行い、比較的容易に整復することが可能であった。骨接合法は、骨釘、吸収ピンなどが報告されているが<sup>14~17)</sup>、本症例ではポリ L 乳酸とハイドロキシアパタイトから作製された吸収ピンで固定を行い、さらにナイロン糸で周囲の軟骨との縫合を行った。

膝蓋骨脱臼に対する手術治療は、非常に多くの術式があり内側修復・縫縮術、外側解離術、内側広筋前進術、proximal および distal realignment 法等がある。外側解離術に関して Lattermann ら<sup>18)</sup> は、その中・長期成績が不良であることから初回膝蓋骨脱臼に対する適応はないと述べている<sup>11)</sup>。また近年の生体力学的研究により外側解離術は膝蓋大腿関節の内側不安定性を惹起することからその適応は限定的であると指摘されている<sup>19)</sup>。Vacariu ら<sup>20)</sup> は、内側広筋前進術と外側解離術の長期成績を報告し、その再脱臼率は 54% であり成績も不良であることを報告した。Matic ら<sup>21)</sup> は、systematic review で内側修復術の再脱臼率が 26.9% と MPFL 再建術の 6.6% に

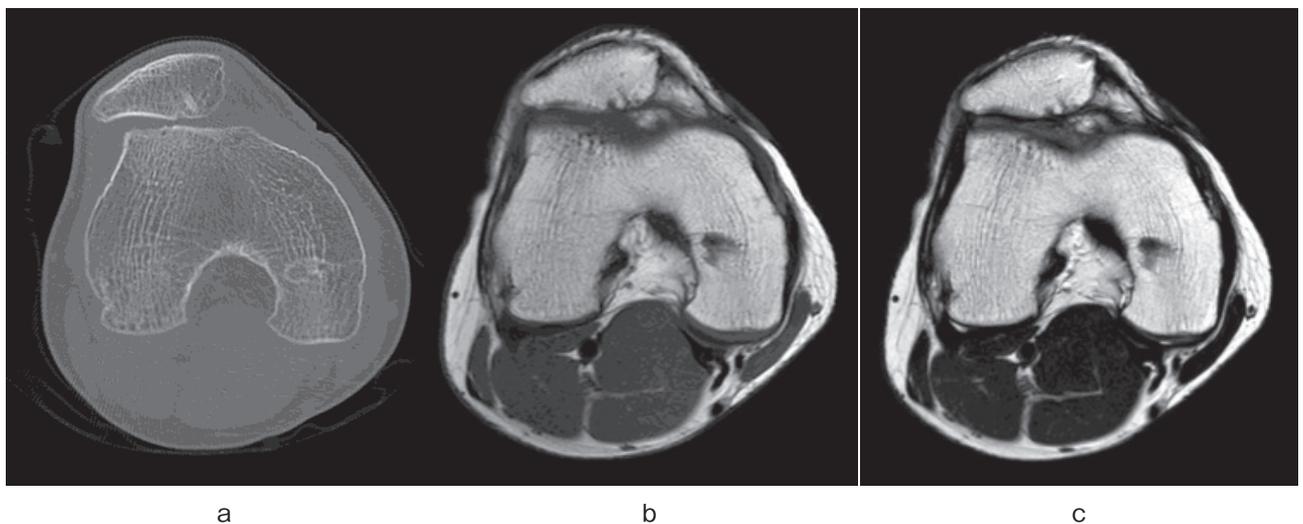


図 8 術後 28 ヶ月経過時右膝 Axial 像  
a : CT, b : MRI T1 強調像, c : MRI T2 強調像。



図9 立位下肢全長単純X線正面像

比べて有意に高いと報告した。Nwachukwuら<sup>2)</sup>は、成長期の膝蓋骨脱臼に対してはその成功率が高いことからMPFL再建を推奨している。一方、脛骨粗面移動術に代表されるdistal realignmentは、初回膝蓋骨脱臼には推奨されておらず、骨端線閉鎖後の症例でTT-TG distanceが15~20mm以上の症例が適応と報告されている<sup>11, 22, 23)</sup>。本症例は、TT-TG distanceが21mmであったが、骨端線を有し、Tanner stage 3であったためにproximal realignment法の中のMPFL再建を選択した。

近年、proximal realignment法ではMPFL再建術が注目され<sup>9~11, 24)</sup>、膝屈筋腱、大腿四頭筋腱、人工靱帯などのさまざまな移植腱を用いる多くの方法が報告されている。MPFLの大腿骨付着部は、通常大腿骨遠位骨端線の遠位に存在するが、非常に近接しており、Variationも多い<sup>5, 8, 10, 25)</sup>。そのため、骨端線閉鎖前のMPFL再建術に関しては議論が存在する<sup>2, 5, 10, 24, 26)</sup>。移植腱としては、自家腱、同種腱、人工靱帯が報告され、自家腱では半腱様筋腱、薄筋腱、大腿四頭筋腱、内転筋腱、前脛骨筋腱等がある。移植腱の膝蓋骨固定法に関しては、経

骨膜法、骨孔法がありsuture anchor, interference screw等が用いられている<sup>6~8, 11, 24, 27, 28)</sup>。本症例では、骨軟骨片を固定する必要があるため経骨膜法でsuture anchorを用いた。一方、移植腱の大腿骨固定法に関しては、内側側副靱帯(MCL)や内転筋結節に通す方法も報告されているが<sup>5, 24, 26~28)</sup>、非解剖学的再建である。解剖学的再建法としては、骨孔あるいは骨溝を作製し、suture anchor, interference screwおよび骨片で固定する方法が報告されている。Deieら<sup>26, 27)</sup>は、半腱様筋腱を用いてMCLにプリーを作製して再建し、良好な成績を報告した。Nomuraらは、人工靱帯を用いて骨溝を作製する方法を報告した。Systematic reviewでは、さまざまな固定法と術後成績の間に有意な相関は認められないが、MPFL再建は有意に主観的評価を改善し、再脱臼率を5%以下に低下させることが可能であると報告されている<sup>24)</sup>。本症例では、骨溝を作製し、suture anchorを用いて移植腱を固定した。本症例の限界として、長期成績が不明なことが挙げられるが、骨端線閉鎖前の外傷性膝蓋骨脱臼に対しては、骨溝を作製して半腱様筋腱を用いる本法は選択肢の一つとなる術式と考えられた。

## 結 語

骨端線閉鎖前の膝蓋骨軟骨損傷を伴う外傷性膝蓋骨脱臼に対し、骨軟骨接合術および半腱様筋腱を用いたMPFL再建術を行った1例を経験し、良好な短期成績を得た。

## 文 献

- 1) Zhang K et al: Comparison between surgical and nonsurgical treatment for primary patellar dislocations in adolescents: a systematic review and meta-analysis of comparative studies. *Orthop J Sports Med*, 8: 2325967120946446, 2020.
- 2) Nwachukwu BU et al: Surgical versus conservative management of acute patellar dislocation in children and adolescents: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 24: 760-767, 2016.
- 3) Longo UG et al: Treatment of primary acute patellar dislocation: systematic review and quantitative synthesis of the literature. *Clin J Sport Med*, 27: 511-523, 2017.
- 4) Carter C et al: Persistent joint laxity and congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Br*, 46: 40-45, 1964.
- 5) Colvin AC et al: Patellar instability: current concepts review. *J Bone Joint Surg Am*, 90: 2751-2762, 2008.

- 6) Nomura E et al: A mid-term follow-up of medial patellofemoral ligament reconstruction using an artificial ligament for recurrent patellar dislocation. *Knee*, 7: 211-215, 2000.
- 7) Nomura E et al: Surgical technique and rationale for medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation. *Arthroscopy*, 19: E47, 2003.
- 8) Nomura E et al: Hybrid medial patellofemoral ligament reconstruction using the semitendinous tendon for recurrent patellar dislocation: minimum 3 years' follow-up. *Arthroscopy*, 22: 787-793, 2006.
- 9) Schöttle PB et al: Radiographic landmarks for femoral tunnel placement in medial patellofemoral ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 35: 801-804, 2007.
- 10) Baer MR et al: Medial patellofemoral ligament reconstruction: patient selection and perspectives. *Orthop Res Rev*, 9: 83-91, 2017.
- 11) Vetrano M et al: I.S.Mu.L.T. first-time patellar dislocation guidelines. *Muscles Ligaments Tendons J*, 7: 1-10, 2017.
- 12) Nomura E et al: Chondral and osteochondral injuries associated with acute patellar dislocation. *Arthroscopy*, 19: 717-721, 2003.
- 13) Kita K et al: Patellofemoral chondral status after medial patellofemoral ligament reconstruction using second-look arthroscopy in patients with recurrent patellar dislocation. *J Orthop Sci*, 19: 925-932, 2014.
- 14) Bauer KL: Osteochondral injuries of the knee in pediatric patients. *J Knee Surg*, 31: 382-391, 2018.
- 15) Weber CD et al: Reconstruction of large osteochondral lesions in the knee: focus on fixation techniques. *Life (Basel)*, 11: 543, 2021.
- 16) Seeley MA et al: Osteochondral injury after acute patellar dislocation in children and adolescents. *J Pediatr Orthop*, 33: 511-518, 2013.
- 17) Cain EL et al: Treatment algorithm for osteochondral injuries of the knee. *Clin Sports Med*, 20: 321-342, 2001.
- 18) Lattermann C et al: Lateral retinacular release for anterior knee pain: a systematic review of the literature. *J Knee Surg*, 19: 278-284, 2006.
- 19) Merican AM et al: The effect on patellofemoral joint stability of selective cutting of lateral retinacular and capsular structures. *J Biomech*, 42: 291-296, 2009.
- 20) Vacariu A et al: High failure rate 10.8 years after vastus medialis transfer and lateral release (Green's quadricepsplasty) for recurrent dislocation of the patella. *Arch Orthop Trauma Surg*, 140: 1349-1357, 2020.
- 21) Matic GT et al: Return to activity after medial patellofemoral ligament repair or reconstruction. *Arthroscopy*, 30: 1018-1025, 2014.
- 22) Balcarek P et al: Anatomy of lateral patellar instability: trochlear dysplasia and tibial tubercle-trochlear groove distance is more pronounced in women who dislocate the patella. *Am J Sports Med*, 38: 2320-2327, 2010.
- 23) Koëter S, et al: A modified tibial tubercle osteotomy for patellar maltracking: results at two years. *J Bone Joint Surg Br*, 89: 180-185, 2007.
- 24) Shamrock AG et al: Medial patellofemoral ligament reconstruction in skeletally immature patients: a systematic review and meta-analysis. *Orthop J Sports Med*, 7: 2325967119855023, 2019.
- 25) Sidharthan S et al: Medial patellofemoral ligament reconstruction in skeletally immature patients. *JBJS Essent Surg Tech*, 10: e0110.1- e0110.3, 2020.
- 26) Deie M et al: Reconstruction of the medial patellofemoral ligament for the treatment of habitual or recurrent dislocation of the patella in children. *J Bone Joint Surg Br*, 85: 887-890, 2003.
- 27) Deie M et al: A long-term follow-up study after medial patellofemoral ligament reconstruction using the transferred semitendinosus tendon for patellar dislocation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 13: 522-528, 2005.
- 28) Wilkens OE et al: Recurrent patellofemoral instability rates after MPFL reconstruction techniques are in the range of instability rates after other soft tissue realignment techniques. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 28: 1919-1931, 2020.

# 小中学野球選手における睡眠に関する検討 —肩肘痛や投球パフォーマンスとの関係—

## Sleep in Adolescent Baseball Players —Correlation of Sleep with Shoulder and Elbow Pain and Pitching Performance—

原田 幹生<sup>1,2)</sup> Mikio Harada  
佐々木淳也<sup>2)</sup> Junya Sasaki  
高木 理彰<sup>2)</sup> Michiaki Takagi

宇野 智洋<sup>2)</sup> Tomohiro Uno  
村 成幸<sup>3)</sup> Nariyuki Mura

### ● Key words

野球, 睡眠, 投球パフォーマンス  
Baseball; Sleep; Pitching performance

### ● 要旨

小中学野球選手の睡眠を調べ、肩肘痛や投球パフォーマンスとの関係を検討した。野球肘検診に参加した小中学野球選手 80 名を対象として、アンケートを用いて、投球時の肩肘痛、投球パフォーマンス (KJOC スコア)、および睡眠を調べた。肩肘痛を 41 名 (51%) に認め、KJOC スコアは平均 91 点 (38~100) であった。肩肘痛は、睡眠の質がとても良い選手 (29%) に比べ、それ以外の選手 (63%) で有意に多かった ( $p < 0.05$ )。睡眠において、就眠中の寒さ暑さ、睡眠時間が 7 時間以内、眠気による授業の支障、および起床時のすっきり感が KJOC スコアの低下と関連していた (いずれも  $p < 0.05$ )。適切な睡眠により、肩肘痛の予防や投球パフォーマンス低下の予防に繋がる可能性がある。

### はじめに

少年野球選手の睡眠に関する報告をみると、少年野球投手 396 名の離断性骨軟骨炎 (Osteochondritis dissecans of the capitellum; OCD) の頻度は、夜間睡眠時間が 8 時間未満群で 7.9%, 8 時間以上 10 時間未満群で 3.9%, および 10 時間以上群で 0% であり、3 群間に有意差はなかったと報告されている<sup>1)</sup>。また、少年野球選手 713 名の疼痛経験者は 474 名 (66.5%) であり、疼痛経験者の睡眠時間 (8.25 時間) は、疼痛のない選手 (8.72 時間) と比べ、有意に短かったと報告され<sup>2)</sup>、少年野球選手において睡眠と体の痛みとの関連がある可能

性がある。しかしながら、これら報告では睡眠時間について検討されているが、睡眠の質については調べられておらず、さらには、睡眠とパフォーマンスとの関連性についても調べられてない。本研究の目的は、小中学野球選手において睡眠を調べ、睡眠と肩肘痛や投球パフォーマンスの関係について検討することである。

### 対象と方法

シーズンオフの野球肘検診に参加した小・中学校の野球選手 80 名を対象とした。性別は男性が 79 名、女性が 1 名であった。小学生 35 名 (4 年: 1 名, 5 年: 13 名, 6 年: 21 名), 中学生 45 名 (1 年: 16 名, 2 年: 26 名,

原田幹生  
〒992-0045 米沢市中央 6 丁目 1 番 291 号  
三友堂病院整形外科  
TEL 0238-24-3700/FAX 0238-24-3709  
E-mail miharadae@yaho.co.jp

- 1) 三友堂病院整形外科  
Department of Orthopaedic Surgery, Sanyudo Hospital
- 2) 山形大学医学部整形外科学講座  
Department of Orthopaedic Surgery, Yamagata University Faculty of Medicine
- 3) 山形県立保健医療大学吉岡病院  
Yamagata Prefectural University of Health Sciences, Yoshioka Hospital

3年：3名)であり、年齢は平均12.4歳(9~15歳)であり、野球経験年数は平均4.4年(0.6~9.6年)であった。ポジションは、投手を経験した選手が51名(64%)であった。

アンケート調査では、シーズン中の投球時の肩肘痛、投球パフォーマンス、および睡眠について調べた。シーズン中の投球時の肩肘痛では、痛みなしを0点、最大の痛みを10点として11段階で定量的に評価した。投球パフォーマンスについては、Kerlan-Jobe Orthopaedic Clinic overhead athlete shoulder and elbow スコア(KJOCスコア)<sup>3)</sup>を用いて主観的評価を行った。肩肘の症状や機能(4項目)、指導者からの信頼感(1項目)、およびパフォーマンス(5項目)について、最悪の状態を0点、全く問題ない場合を10点とし自己評価を行った。10項目の総合値の平均をKJOCスコアとした(0点~100点)。睡眠では、ピッツバーグ睡眠質問表(The Pittsburgh Sleep Quality Index; PSQI)を参考にして<sup>4,5)</sup>、睡眠を調査した。過去1カ月の普通の1日について、ベッド(布団)に入る時間、ベッド(布団)に入ってから入眠時間、起床時間、および睡眠時間について、4~5段階(例：ベッドに入る時間：8時前、9時頃、10時頃、11時頃、12時以降)で調べた。また、睡眠障害の就眠中の1週間の頻度について、全くない、1週間に1回、1週間に2回、1週間に3回の4段階で、30分以内に入眠ができない、深夜や早朝に起きる、就眠中にトイレのために夜中に起きる、就眠中に気持ちよく呼吸できない、就眠中に咳やひどいびきをする、就眠中に寒すぎたり暑すぎたり感じる、就眠中に悪い夢をみる、および、就眠中に体の痛みを感じるなどについて調査した。さらに、起床時のすっきり感(すっきり、ほぼすっきり、どちらとも言えない、疲れあり)と睡眠の質(とても良い、良い、少し悪い、とても悪い)について4段階で調査した。また、日中の機能として、授業中に眠くなり支障をきたすについて、全くない、1週間に1回、1週間に2回、1週間に3回の4段階で1週間の頻度を調査した。

PSQIは、18項目から構成される自己記入式質問表で、総合点(0~21点)を算出するが、本研究では、小・中学生が理解できない、あるいは、関係のないPSQIの下記のような項目を削除した：「睡眠が困難であったか」「眠剤を使用しているか」「物事をやり遂げるのに必要な意欲を持続するうえでどのくらい問題があるか」。さらに、睡眠の質に関する項目として、「朝起きたときにスッキリしているか」を独自に追加した。したがって、本研究の睡眠アンケートは計15項目から構成され、総合点でなく個々の項目で評価した。

検討項目として、1)睡眠アンケートの各項目と睡眠の質との関係、2)肩肘痛と睡眠の関係、3)睡眠と投球パフォーマンスの関係について、統計学的に分析した。検討項目1)では、Pearsonの相関分析を用い、 $\pm 0.4 \sim$

$\pm 1.0$ 以上、 $p < 0.05$ を相関性ありとした。検討項目2)では、1点以上を肩肘痛ありとし、肩肘痛のある選手(肩肘痛あり群)と肩肘痛がない選手(肩肘痛なし群)の2群で、睡眠に関する各因子を比較した。検討項目3)では、4~5段階で評価した睡眠の各項目を2群に分け、KJOCスコアを比較した。これら2群の比較においては、Mann-Whitney *U*検定とFisher直接法を使用し、危険率5%未満を有意差ありとした。

## 結 果

シーズン中の投球時の肩肘痛は平均2.5点(0~10)であり、肩肘痛を有した選手は41名(51%)であった。KJOCスコアの総合点の平均は91点(38~100)であり、各項目においては、平均で、ウォームアップ88点、肩肘痛83点、肩肘の疲労感85点、肩肘の不安定感90点、指導者の信頼感96点、投球動作の変更93点、スピード・パワー92点、持久性95点、コントロール92点、および競技レベル96点であった。過去1カ月の普通の1日の睡眠の15項目の結果は表1の通りであった。

### 検討結果

#### 1) 睡眠アンケートの各項目と睡眠の質との関係

睡眠の質と有意な正の関連を認めたものは、就眠中の寒さ暑さ、眠気による授業の支障、および起床時のすっきり感であった。その他の項目は有意な関連は認めなかった(表1)。

#### 2) 肩肘痛と睡眠の関係

睡眠の質がとても良い選手(とても良い)の28名とそれ以外の選手(良い、少し悪い、とても悪い)の52名を比較すると、肩肘痛は、睡眠の質がとても良い選手(29%)に比べ、それ以外の選手(63%)で有意に多かった( $p < 0.05$ )(図1)。その他の睡眠の項目は肩肘痛と関連がなかった。

#### 3) 睡眠と投球パフォーマンスの関係

就眠中の寒さ暑さにおいて、KJOCスコアの総合点は、就眠中に寒すぎたり、暑すぎたりを感じない選手(93点)に比べ、1週間に1回以上感じる選手(83点)で有意に低かった( $p < 0.05$ )(表2)。同様に、KJOCスコアの総合点は、睡眠時間が7時間以内の選手、授業中の眠気で1週間に1回以上支障をきたす選手、および起床時のすっきり感のない選手で有意に低かった(いずれも $p < 0.05$ )(表2)。

## 考 察

スポーツ選手において、睡眠は、成長、疲労回復、および反応時間などの脳内の情報処理機能を維持するため

表1 睡眠アンケートの各項目と睡眠の質との関係

	評価						15. 睡眠の質	
		1	2	3	4	5	相関係数	p 値
1. ベッドに入る時間	5段階 名	8時 0	9時 22	10時 34	11時 21	12時 3	0.189	NS
2. 入眠時間	4段階 名	15分以内 51	16-30分 19	31-60分 10	60分 0		0.32	<0.01
3. 起床時間	5段階 名	5時 0	6時 43	7時 36	8時 1	9時 0	0.0934	NS
4. 睡眠時間	5段階 名	9時間 19	8時間 44	7時間 13	6時間 2	5時間 2	0.133	NS
5. 30分以内の入眠不可(週)	4段階 名	全くない 55	1回 14	2回 8	3回 3		0.392	<0.01
6. 深夜覚醒(週)	4段階 名	全くない 61	1回 11	2回 5	3回 3		0.169	NS
7. トイレで起きる(週)	4段階 名	全くない 73	1回 5	2回 0	3回 2		0.0546	NS
8. 呼吸できない(週)	4段階 名	全くない 77	1回 2	2回 0	3回 1		0.217	NS
9. 咳やいびき(週)	4段階 名	全くない 71	1回 1	2回 3	3回 5		0.165	NS
10. 寒い暑い(週)	4段階 名	全くない 68	1回 7	2回 5	3回 0		0.42	<0.01
11. 悪い夢(週)	4段階 名	全くない 65	1回 12	2回 2	3回 1		0.252	<0.05
12. 体の痛み(週)	4段階 名	全くない 77	1回 1	2回 0	3回 2		0.103	NS
13. 授業の支障(週)	4段階 名	全くない 59	1回 11	2回 8	3回 2		0.409	<0.01
14. 起床時のすっきり感	4段階 名	すっきり 18	ほぼすっきり 41	どちらでもない 14	疲労感 7		0.722	<0.001
15. 睡眠の質	4段階 名	とても良い 28	良い 42	少し悪い 10	とても悪い 0			

に重要である<sup>6)</sup>。睡眠障害は、疲労、気分障害、および免疫抑制など身体に悪影響を与え<sup>4)</sup>、体の痛みの原因となり<sup>7)</sup>、パフォーマンスの低下を招く<sup>6)</sup>。スポーツ選手において、睡眠、体の痛み、およびパフォーマンスには密接な関連がある。本研究の小中学野球選手の睡眠も肩肘痛や投球パフォーマンスと有意な関連性を認めた。本研究の結果から、小中学野球選手において、適切な睡眠をとることにより、肩肘痛の予防や投球パフォーマンス低下の予防に繋がる可能性が示された。

睡眠障害は、反応時間を遅くし、気分や認知機能に影響を与え、その結果、若年スポーツ選手の障害リスクを増加させると報告されている<sup>8)</sup>。さらに、高校の運動系クラブの生徒51名(平均年齢16歳)において、疲労の蓄積感の増加は、睡眠の深さと有意な関連を示したと報告している<sup>9)</sup>。本研究の成長期野球選手において、肩肘痛と睡眠の関係についてみると、肩肘痛は、睡眠の質がとても良くない選手に有意に多かった。睡眠の質がとても良くない選手では、睡眠の質が低下していたために、疲労が蓄積し、肩肘痛を生じた可能性がある。

睡眠障害は、反応時間、正確性、活力、潜在性最大筋力、および耐久性などのパフォーマンスを低下させると報告されている<sup>6)</sup>。本研究の成長期野球選手において、睡眠と投球パフォーマンスの関係についてみると、就眠中の寒さや暑さとKJOCスコアの総合点と有意な関連を認めた。さらに、就眠中の寒さ暑さは、睡眠の質と有意な関連を認め、就眠中の寒さ暑さのある選手の睡眠の質は低下していた。これら選手では、就眠中の寒さ暑さのために睡眠の質が低下した結果、疲労が蓄積し、投球パフォーマンスが低下している可能性があるかと推察された。このような選手では、就眠中の室温の調節を適切に行うことにより、睡眠の質が改善され、投球パフォーマンスを保つことができる可能性がある。

良質な睡眠とは、入眠潜時が短いこと、夜間睡眠中に中途覚醒がなく睡眠が安定していること、また睡眠から覚醒へスムーズに移行し、すっきりと目覚めることである。本研究の成長期野球選手において、起床時のすっきり感のない選手、あるいは、睡眠の質が悪い選手で、投球パフォーマンスが低下していた。さらに、起床時の

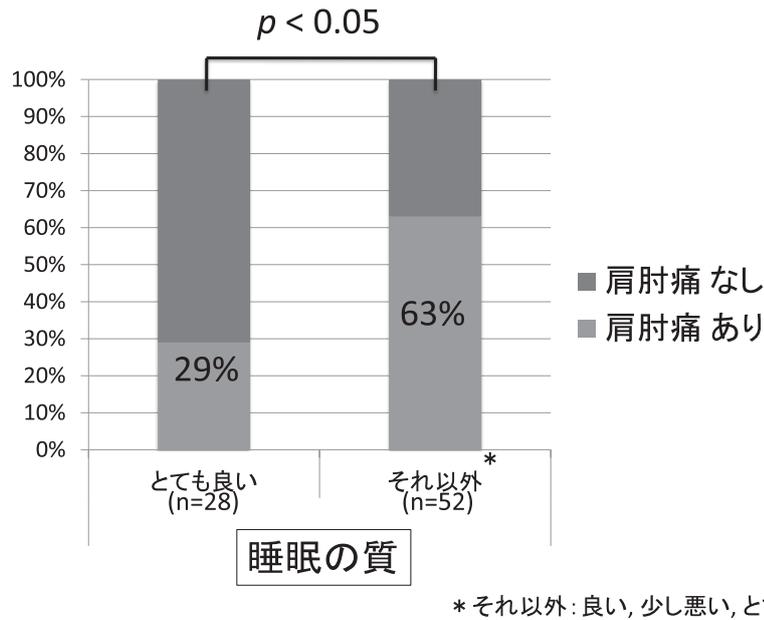


図1 肩肘痛と睡眠の関係  
睡眠の質がとても良い選手（とても良い）の28名とそれ以外の選手（良い、少し悪い、とても悪い）の52名を比較すると、肩肘痛は、睡眠の質がとても良い選手（29%）に比べ、それ以外の選手（63%）で有意に多かった（ $p < 0.05$ ）。

すっきり感は、睡眠の質と有意な関連を認め、起床時のすっきり感のない選手の睡眠の質は低下していた。同様に、眠気のために週1回以上授業に支障を有した選手でも、KJOCスコアの低下と有意な関連を認め、睡眠の質は低下していた。これらのことから、起床時のすっきり感のない選手や週1回以上授業に支障を有した選手では、睡眠の質が低下した結果、疲労が蓄積し、投球パフォーマンスが低下している可能性があると推察された。睡眠の質が低下した選手では、適切な睡眠をとるよう指示することにより、投球パフォーマンスが改善する可能性がある。

過去の報告をみると、少年野球選手において、疼痛経験者の睡眠時間（8.25時間）は、疼痛のない選手（8.72時間）と比べ、有意に短かったと報告されている<sup>2)</sup>。また、中高校生のスポーツ選手112名では、睡眠時間が8時間未満の選手のスポーツ障害の頻度は、8時間以上の選手に比べ、1.7倍高かったと報告されている<sup>7)</sup>。さらに、本研究において、睡眠時間と投球パフォーマンスの関係を見ると、KJOCスコアの総合点が、睡眠時間が8時間以上の選手に比べ、7時間以内の選手で有意に低かった。これらのことから、小中学野球選手の適切な睡眠時間は、最低8時間、可能なら9時間以上と推察された。

本研究の限界として、対象が小学生と中学生が混在しており、対象年齢が9歳～15歳とばらつきがあり、それに伴い、野球経験年数にも0.6年～9.6年とばらつきがあることがある。さらには、対象数が少な

いことも限界の一つとして挙げられ、今後は、対象年齢や野球経験年数を一致させた、対象数の多い研究が必要である。また、ピッツバーグ睡眠質問表（PSQI）は総合点を算出するが、本研究の睡眠アンケートでは、総合点で評価できなかったために、統計学的検討を各項目で行う必要があり、同検討がやや煩雑になったことや、さらに、睡眠に影響を与える因子について多変量解析ができなかったことも一つの限界と考えられた。

## 結 論

1. 小中学野球選手における睡眠を調べ、肩肘痛や投球パフォーマンスとの関係について検討した。
2. シーズン中の投球による肩肘痛を41名（51%）に認め、投球パフォーマンスのKJOCスコアは平均91点（38～100）であった。
3. 肩肘痛と睡眠の関係についてみると、肩肘痛は、睡眠がとても良い選手に比べ、そうでない選手で有意に多かった。
4. 睡眠において、就眠中の寒さ暑さ、睡眠時間が7時間以内、眠気による授業の支障、および起床時のすっきり感は、KJOCスコアの低下と有意な関連を認めた。
5. 睡眠は、肩肘痛や投球パフォーマンスの低下と有意な関連を認めた。適切な睡眠をとることにより、肩肘痛の予防や投球パフォーマンス低下の予防に繋がる可能性がある。

表2 睡眠と投球パフォーマンスの関係

		名	KJOC スコア*総合点	p 値
1. ベットに入る時間	10 時以降	58	91	NS
	9 時前	22	92	
2. 入眠時間	31 分以上	10	90	NS
	30 分以内	70	91	
3. 起床時間	8 時以降	37	93	NS
	7 時前	43	90	
4. 睡眠時間	7 時間以内	17	86	<0.05
	8 時間以上	63	92	
5. 30 分以内の入眠不可	週1 回以上	25	88	NS
	なし	55	92	
6. 深夜覚醒	週1 回以上	19	90	NS
	なし	61	91	
7. トイレで起きる	週1 回以上	7	87	NS
	なし	73	91	
8. 呼吸出来ない	週1 回以上	3	97	NS
	なし	77	91	
9. 咳やいびき	週1 回以上	9	90	NS
	なし	71	91	
10. 寒い暑い	週1 回以上	12	83	<0.05
	なし	68	92	
11. 悪い夢	週1 回以上	15	91	NS
	なし	65	91	
12. 体の痛み	週1 回以上	3	73	NS
	なし	77	92	
13. 授業の支障	週1 回以上	21	87	<0.05
	なし	59	93	
14. 起床時のすっきり感	なし	21	86	<0.05
	あり	59	93	
15. 睡眠の質	悪い	10	80	<0.05
	良い	70	92	

\*KJOC スコア：Kerlan-Jobe Orthopaedic Clinic overhead athlete shoulder and elbow スコア

## 文 献

- 1) 笠原政志ほか：夜間睡眠時間が小学生野球選手の上腕骨離断性骨軟骨炎発生に及ぼす影響の検討. 千葉スポーツ医研会誌, 15: 21-24, 2018.
- 2) 若江幸三良ほか：学童野球におけるスポーツ傷害アンケート. 整スポ会誌, 24: 337-342, 2004.
- 3) Domb BG et al: Clinical follow-up of professional baseball players undergoing ulnar collateral ligament reconstruction using the new Kerlan-Jobe Orthopaedic Clinic overhead athlete shoulder and elbow score (KJOC Score). Am J Sports Med, 38: 1558-1563, 2010.
- 4) Buysse DJ et al: The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. Psychiatry Res, 28: 193-213, 1989.
- 5) 土井由利子ほか：ピッツバーグ睡眠質問票日本語版の作成. 精神科治療, 13: 755-763, 1998.
- 6) Vitale KC et al: Sleep hygiene for optimizing recovery in athletes: review and recommendations. Int J Sports Med, 40: 535-543, 2019.
- 7) Milewski MD et al: Chronic lack of sleep is associated with increased sports injuries in adolescent athletes. J Pediatr Orthop, 34: 129-133, 2014.
- 8) Durmer JS et al: Neurocognitive consequences of sleep deprivation. Semin Neurol, 25: 117-129, 2005.
- 9) 黒川淳一ほか：飛騨御嶽高原高地トレーニング合宿における、質問紙（POMS）検査と起床時コンディションチェックとの関連. 臨スポーツ医, 19: 1360-1365, 2002.

# 内側半月板後根断裂の疫学的特徴

## Epidemiological Features of the Medial Meniscus Posterior Root Tears

釜付 祐輔<sup>1,2)</sup> Yusuke Kamatsuki  
 宮澤 慎一<sup>2)</sup> Shinichi Miyazawa  
 金高 圭甫<sup>2)</sup> Keisuke Kintaka

古松 毅之<sup>2)</sup> Takayuki Furumatsu  
 平中 孝明<sup>2)</sup> Takaaki Hiranaka  
 尾崎 敏文<sup>2)</sup> Toshifumi Ozaki

### ● Key words

Medial meniscus posterior root tear; Painful popping; Body mass index

### ● 要旨

内側半月板後根断裂 (medial meniscus posterior root tear; MMPRT) に対して pullout 修復術を施行した 237 膝 (平均 65 歳, 女性 81.2%) を対象に疫学的特徴について検討した。患者数は男女ともに 60 歳代をピークとし, 年齢上昇に伴い女性の占める割合は上昇した。Body mass index (BMI) ごとの患者数は, 女性は 20~25 kg/m<sup>2</sup>, 男性は 25~30 kg/m<sup>2</sup> をピークとし, BMI 上昇に伴い女性の占める割合は減少した。また, MMPRT 発症年齢と BMI は負の相関を認めた。さらに, painful popping event は全体の 78.9% で認め, MM 後根部分断裂では完全断裂と比較して有意に発生頻度が低かった。これらの特徴を理解し, 早期診断・治療につなげていくことが重要である。

### はじめに

内側半月板 (medial meniscus; MM) 後根断裂 (MM posterior root tear; MMPRT) は, 中高年期の女性に多く, 段差の踏み外しなど主に日常生活の軽微な外傷を契機に発症する<sup>1,2)</sup>。放置すると急速な関節症性変化の進行や膝特発性骨壊死 (spontaneous osteonecrosis of the knee; SONK) または膝軟骨下脆弱性骨折 (subchondral insufficiency fracture of the knee; SIFK) の発症につながり, 変形性膝関節症に対する人工膝関節置換術において 78.2% の症例に MMPRT が存在するとも報告される<sup>3)</sup>。手術治療として, 過去には鏡視下半月板部分切除が行われたが, 現在は鏡視下 pullout 修復術が行われるようになってきた。MMPRT に対する pullout 修復術と保存治療・鏡視下半月板部分切除との長期成績を比較した研究で, 最終経過観察時の関節温存率が pullout 修復術で最も高い結果となり, 十分な関節温存効果が示された<sup>4,5)</sup>。しかし, 術後臨床成績は改善するものの術後の内側半月板逸脱残存や関節症性変化進行など改善すべき課題は依然存在する<sup>6)</sup>。

診断には, 発症時に突発的な膝後内側部痛を認める

painful popping event の聴取<sup>7)</sup> が有用であり, MRI で giraffe neck sign<sup>8)</sup> や ghost sign<sup>9)</sup> などの特徴的なサインを認めれば診断精度は向上する<sup>8)</sup>。しかし, 診察室において MMPRT に特異的な診察所見は乏しく, 疑われぬまま見過ごされることも少なくない。実際に, ヒアルロン酸注入療法や鎮痛薬で数ヶ月間経過観察され, SONK (SIFK) の発症後に初めて専門医受診となる症例も散見される。Hwang らは MMPRT 患者と他の MM 断裂患者とを比較した研究において, MMPRT リスク因子として加齢, 女性, 高 body mass index (BMI), Kellgren-Lawrence (K-L) 分類高 grade, 下肢内反アライメント, 低いスポーツ活動レベルを報告した<sup>10)</sup> が, 狩猟し得る範囲で MMPRT 患者のみの特徴をまとめた報告は少ない。本研究の目的は, MMPRT 患者の疫学的特徴を調査することである。

### 対象と方法

当施設にて 2018 年 1 月から 2020 年 11 月までに MMPRT に対して pullout 修復術を施行した 247 膝のうち, 前十字靭帯不全 3 膝, 後十字靭帯不全 2 膝およびデータ欠損 5 膝を除いた 237 膝を対象とし, 後向きに検

討した。手術適応は、原則として術前全下肢立位レントゲンで femorotibial angle (FTA) 180° 未満、Rosenberg 像で Kellgren-Lawrence 分類<sup>11)</sup> grade 2 以下を満たす症例とした。術式・後療法は、過去の報告に準じて行った<sup>12~14)</sup>。Painful popping event は、初診時に注意深く問診し受傷状況・肢位・日時を聴取した。患者情報は、カルテ、手術記録から抜粋した。MMPRT type は LaPrade 分類<sup>15)</sup> を、SONK stage は腰野分類<sup>16)</sup> を用いた。レントゲン計測方法は、過去の報告に従った<sup>17, 18)</sup>。統計学的解析において、2 群間比較には  $\chi^2$  検定、Mann-Whitney U 検定を、相関評価には Spearman 順位相関係数検定を用い、*p* 値が 0.05 未満の場合を有意差ありとした。

### 結 果

患者背景を表 1 に示す。女性は全体の 81.2% (190 膝) を占めた。手術時平均年齢は、65±8 歳、受傷から手術までの待機期間は 69±53 日 (6~310 日) といずれも受傷から 1 年以内に pullout 修復術を受けていた。SONK (SIFK) 合併例は全体の 4.6% (11 膝) であった。男女間では身長、体重、BMI を除いて各項目に有意差を認めなかった。年齢ごとの患者数は、男女ともに 60 歳代をピークとし、年齢が上昇するにつれて女性の占める割合は上昇した (図 1a)。BMI ごとの患者数は、女性は 20~25 kg/m<sup>2</sup>、男性は 25~30 kg/m<sup>2</sup> をピークとし、BMI が上昇するにつれて女性の占める割合は減少した (図 1b)。また、MMPRT 発症年齢 (手術時年齢) と BMI は有意な負の相関を認めた (図 2)。一方、painful popping event は 78.9% (187 膝) に認め (表 2)、受傷時の状況は男女間で同様の傾向を示し、段差・斜面の下り、立ち上がり・上り、歩行の上位 3 つで全体の 78.7% を占めた (図 3)。MM 後根部分断裂 (type 1) は、完全断裂 (type 2-4) と比較し painful popping 陽性率が有意に低かった (表 2; *p*<0.001)。

### 考 察

本研究で最も重要なことは、MMPRT 患者において BMI と MMPRT 発症年齢が有意な負の相関を示したこと、MM 後根部分断裂では完全断裂と比較して painful popping event を伴う頻度が有意に低いことである。

MM 逸脱や MMPRT 発症に、meniscotibial ligament (MTL) の異常・破綻の関与が報告された<sup>19, 20)</sup>。また、超音波により半月板逸脱量を評価した研究で、逸脱量は加齢・BMI・荷重量に有意に相関することが示された<sup>21)</sup>。したがって、中高年期以降に多い MMPRT の背景に加齢が関与していることは間違いないが、BMI の高い症例では身長に対する荷重量が相対的に増加するため MMPRT 発症の前段階となる MTL の異常・破綻が比較的若年のうちに生じやすいと考えられる。このように BMI により MMPRT が発症しやすい環境が整う時期が異なることが、本研究で BMI と MMPRT 発症時期に負の相関を認めた要因と推測される。なお、本研究では受傷から手術までの待機日数はいずれも 1 年未満であり、手術時年齢を MMPRT 発症年齢とした。

また、本研究では女性が全患者の 81.2% を占めた。諸家らの報告<sup>4, 5, 22~24)</sup> も同様で、MMPRT 患者のうち女性が 64.0~90.9% と多くを占めるが、女性が多い理由は明らかとなっていない。本研究において平均 BMI は男性より女性の方が低い一方で、一般的に女性では男性と比較して関節弛緩性が高く筋力が弱い<sup>25)</sup>。したがって、女性において上述の MTL の異常・破綻がより生じやすく、MMPRT が女性に発症しやすい一因になっている可能性が考えられる。

本研究において、MMPRT 部分断裂で有意に painful popping event の発生率が低かった。MMPRT 診断における painful popping event は高い特異度を示す一方で感度が低く<sup>7)</sup>、本研究結果はその感度の低さの一因である可能性が考えられる。それゆえ、MMPRT 発症に対して患者自身の無自覚または医療者の見過ごしにつながりうるため、40 歳以上で膝関節痛・水腫が持続する患

表 1 患者背景

	全症例 (n=237)	男性 (n=47)	女性 (n=190)	<i>p</i> 値
患側 (右:左)	111:126	18:29	93:97	0.30
年齢 (歳)	65±8	63±9	65±8	0.08
身長 (m)	1.57±0.09	1.68±0.07	1.54±0.06	<0.001*
体重 (kg)	63±13	78±14	59±10	<0.001*
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	25.6±4.2	27.5±4.0	25.1±4.1	0.001*
受傷~手術 (日)	69±53	69±52	68±53	0.93
MMPRT type (1/2/3/4)	17/195/1/24	1/41/1/4	16/154/0/20	0.09
SONK stage (0/1/2/3)	226/9/1/1	46/0/1/0	180/9/0/1	0.09
Kellgren-Lawrence grade (0/1/2/3)	0/85/149/3	0/19/28/0	0/66/121/3	0.59
Femorotibial angle (°)	177.4±1.6	177.3±1.5	177.3±1.7	0.80
Tibial posterior slope (°)	9.0±2.6	9.3±2.6	9.0±2.6	0.62

データは、症例数または平均±標準偏差で表記。男女間で比較。\**p*<0.05

MMPRT, medial meniscus posterior root tear; SONK, spontaneous osteonecrosis of the knee

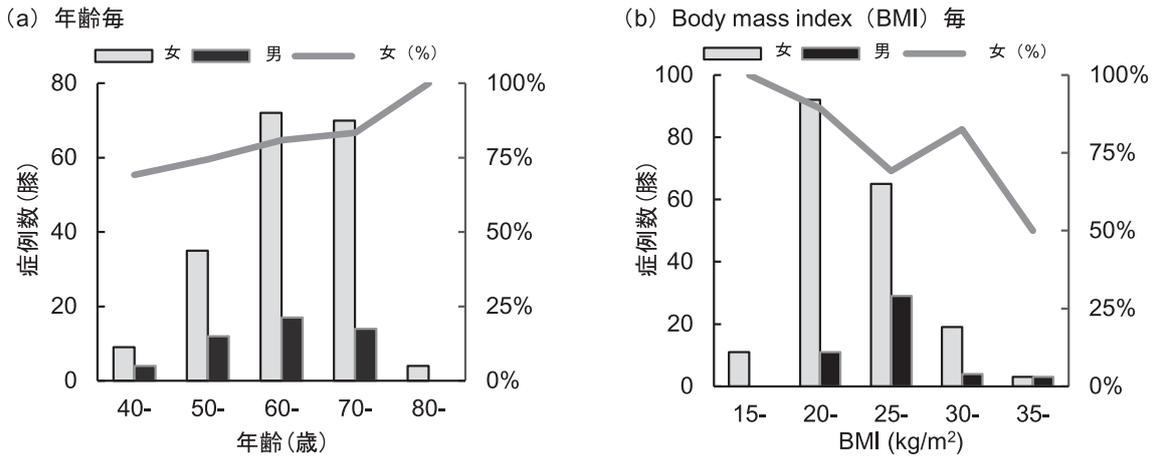


図1 男女別の内側半月板後根断裂患者分布

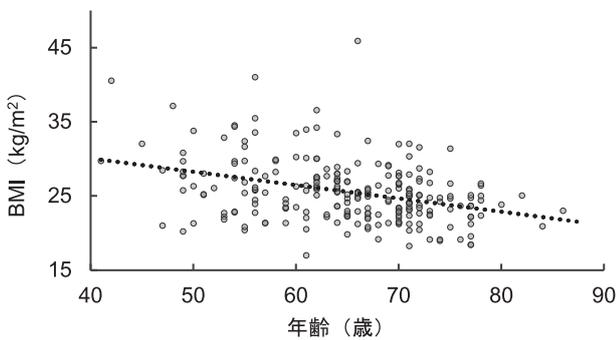


図2 内側半月板後根断裂発症年齢と body mass index (BMI) との相関関係 (n=237)  
丸: 各症例, 点線: 回帰直線  $y = -0.18x + 37.278$  ( $\rho = -0.36, p < 0.001$ ).

者においてはいたずらに保存治療で経過観察するべきではなく、早期にMRIによる精査を検討すべきである。

受傷状況は、過去の報告<sup>1)</sup>と同様に下り動作中(33.8%)が最も多く、次いで立ち上がり・上り(23.2%)、歩行(21.7%)と続き、歩行関連で全体の78.7%を占めた。一方、しゃがみ動作など膝深屈曲に伴う受傷は5.8%であった。膝屈曲30°以降では、主にMM後角・後根が後方への剪断荷重を受ける<sup>26)</sup>。屍体膝を用いた歩行シミュレーション分析で、MM後方部分は立脚初期段階でピーク荷重を分散することが示され

表2 Painful popping event の割合

	Popping(+)	Popping(-)	陽性率 (%)
部分断裂 (type 1)	7	9*	43.8
完全断裂 (type 2-4)	180	21	89.2

\* $p < 0.001$

た<sup>27)</sup>。したがって、膝の secondary stabilizer として堤防のように機能するMM後根は、日常生活の中で定期的かつ繰り返し荷重負荷に曝され、階段昇降・歩行中の踏み込みや踏み外し、つまずきなどで患肢を接地した際に通常より強い負荷を受けることでMMPRTが発症すると推測される。受傷機転解明のためには、今後さらなる研究が必要である。

本研究にはいくつかの limitation が存在する。第一に、pullout 修復術を施行したMMPRT患者のみを対象とした選択バイアスが存在するため、全患者に本研究結果を適用できない可能性がある。本研究ではpainful popping eventを78.9% (187膝)に認め、66.2% (157膝)が受傷後90日以内に、81.0% (192膝)が受傷後180日以内に手術加療を施行されており急性発症症例が主である。第二に、対象が日本人のみであり、他の人種・民族など生活様式の異なる患者で同様の結果が得られるか不明な点が挙げられる。

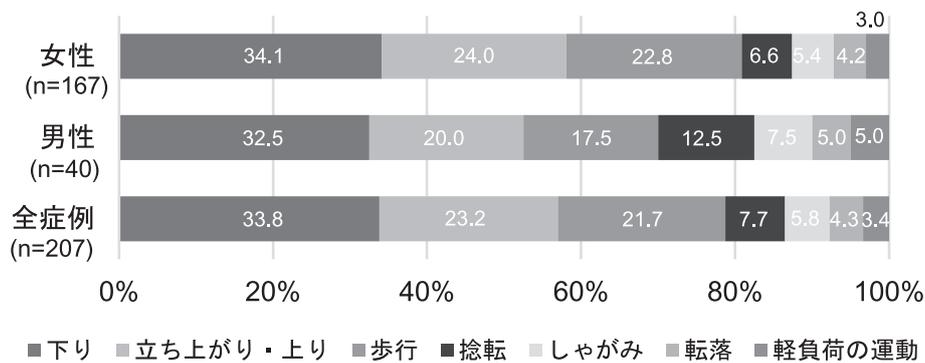


図3 受傷状況

## ま と め

MMPRT pullout 修復術を受けた患者のうち 81.2%が女性で 60 歳代が最も多く, MMPRT 発症年齢と BMI は負の相関を認めた。さらに, painful popping event は全体の 87.3%で認め, MM 後根部分断裂では完全断裂と比較して有意に painful popping event を認める割合が低かった。これらの特徴を理解し, MMPRT の早期診断・治療につなげていくことが重要である。

## 文 献

- 1) Furumatsu T et al: Injury patterns of medial meniscus posterior root tears. *Orthop Traumatol Surg Res*, 105: 107-111, 2019.
- 2) Lee DW et al: Medial meniscus posterior root tear: a comprehensive review. *Knee Surg Relat Res*, 26: 125-134, 2014.
- 3) Choi ES et al: Clinical evaluation of the root tear of the posterior horn of the medial meniscus in total knee arthroplasty for osteoarthritis. *Knee Surg Relat Res*, 27: 90-94, 2015.
- 4) Bernard CD et al: Medial meniscus posterior root tear treatment: a matched cohort comparison of nonoperative management, partial meniscectomy, and repair. *Am J Sports Med*, 48: 128-132, 2020.
- 5) Chung KS et al: Root repair versus partial meniscectomy for medial meniscus posterior root tears: comparison of long-term survivorship and clinical outcomes at minimum 10-year follow-up. *Am J Sports Med*, 48: 1937-1944, 2020.
- 6) Chung KS et al: A meta-analysis of clinical and radiographic outcomes of posterior horn medial meniscus root repairs. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 24: 1455-1468, 2016.
- 7) Bae JH et al: Predictive value of painful popping for a posterior root tear of the medial meniscus in middle-aged to older Asian patients. *Arthroscopy*, 29: 545-549, 2013.
- 8) Furumatsu T et al: A giraffe neck sign of the medial meniscus: A characteristic finding of the medial meniscus posterior root tear on magnetic resonance imaging. *J Orthop Sci*, 22: 731-736, 2017.
- 9) Harper KW et al: Radial meniscal tears: significance, incidence, and MR appearance. *AJR Am J Roentgenol*, 185: 1429-1434, 2005.
- 10) Hwang BY et al: Risk factors for medial meniscus posterior root tear. *Am J Sports Med*, 40: 1606-1610, 2012.
- 11) Kellgren JH et al: Radiological assessment of osteoarthrosis. *Ann Rheum Dis*, 16: 494-502, 1957.
- 12) Okazaki Y et al: A novel suture technique to reduce the meniscus extrusion in the pullout repair for medial meniscus posterior root tears. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 29: 1805-1809, 2019.
- 13) Okazaki Y et al: Description of a surgical technique of medial meniscus root repair: a fixation technique with two simple stitches under an expected initial tension. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 29: 705-709, 2019.
- 14) Kodama Y et al: Pullout repair of a medial meniscus posterior root tear using a FasT-Fix<sup>®</sup> all-inside suture technique. *Orthop Traumatol Surg Res*, 102: 951-954, 2016.
- 15) LaPrade CM et al: Meniscal root tears: a classification system based on tear morphology. *Am J Sports Med*, 43: 363-369, 2015.
- 16) Koshino T: The treatment of spontaneous osteonecrosis of the knee by high tibial osteotomy with and without bone-grafting or drilling of the lesion. *J Bone Joint Surg Am*, 64: 47-58, 1982.
- 17) Hiranaka T et al: Steep medial tibial slope and prolonged delay to surgery are associated with bilateral medial meniscus posterior root tear. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 29: 1052-1057, 2021.
- 18) Kamatsuki Y et al: Placement of an anatomic tibial tunnel significantly improves the medial meniscus posterior extrusion at 90° of knee flexion following medial meniscus posterior root pullout repair. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 29: 1025-1034, 2021.
- 19) Krych AJ et al: Investigating the chronology of meniscus root tears: do medial meniscus posterior root tears cause extrusion or the other way around? *Orthop J Sports Med*, 8: 2325967120961368, 2020.
- 20) Krych AJ et al: Isolated meniscus extrusion associated with meniscotibial ligament abnormality. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 28: 3599-3605, 2020.
- 21) Achtnich A et al: Medial meniscus extrusion increases with age and BMI and is depending on different loading conditions. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 26: 2282-2288, 2018.
- 22) Brophy RH et al: Outcomes of arthroscopic posterior medial meniscus root repair: association with body mass index. *J Am Acad Orthop Surg*, 27: 104-111, 2019.

- 23) Kim C et al: Progression of radiographic osteoarthritis after partial meniscectomy in degenerative medial meniscal posterior root tears was greater in varus-than in neutral-aligned knees: a minimum 5-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 28: 3443-3449, 2020.
- 24) Lee BS et al: Partial meniscectomy for degenerative medial meniscal root tears shows favorable outcomes in well-aligned, nonarthritic knees. *Am J Sports Med*, 47: 606-611, 2019.
- 25) Rozzi SL et al: Knee joint laxity and neuromuscular characteristics of male and female soccer and basketball players. *Am J Sports Med*, 27: 312-319, 1999.
- 26) Walker PS et al: Function of the medial meniscus in force transmission and stability. *J Biomech*, 48: 1383-1388, 2015.
- 27) Wang H et al: Dynamic contact stress patterns on the tibial plateaus during simulated gait: a novel application of normalized cross correlation. *J Biomech*, 47: 568-574, 2014.

# 発育期サッカー選手における股関節周囲筋の柔軟性低下と有痛性腰椎分離症との関連性について

## Relationship between Decreased Hip Muscle Flexibility and Symptomatic Lumbar Spondylolysis in Early or Middle Adolescent Soccer Players

大嶺 俊充<sup>1,3,4)</sup> Toshimitsu Ohmine      瀧上 順誠<sup>2)</sup> Junsei Takigami  
 藤原 和喜<sup>1)</sup> Kazuki Fujiwara      山口 真耶<sup>1)</sup> Maya Yamaguchi  
 矢部 和樹<sup>1,4)</sup> Kazuki Yabe      勝田 紘史<sup>2)</sup> Hiroshi Katsuda

### ● Key words

腰椎分離症, 成長期サッカー選手, 股関節周囲筋の柔軟性

### ● 要旨

本研究の目的は、有痛性腰椎分離症を持つ発育期サッカー選手と調査時に腰痛のない発育期サッカー選手を利き足、非利き足別で股関節周囲筋の柔軟性を比較し、有痛性腰椎分離症に関連する筋を明らかにすること。対象は、有痛性腰椎分離症サッカー選手49名と調査時に腰痛のないサッカー選手42名とした。調査項目は属性、分離椎弓高位と片側か両側か、利き足・非利き足の股関節周囲筋（ハムストリングス、大腿四頭筋、腸腰筋）の柔軟性とした。各筋の柔軟性は、当院独自の方法で評価し、ロジスティック回帰分析を用い、有痛性腰椎分離症に関連する股関節周囲筋を分析した。非利き足の腸腰筋の柔軟性低下が、最も有痛性腰椎分離症に関連していた。

### はじめに

発育期のスポーツ活動は腰部障害の危険因子<sup>1)</sup>として考えられており、その中でもサッカーは腰部障害の発生リスクが高い<sup>2)</sup>。また、腰痛のあるサッカー選手の48%に腰椎分離症があった<sup>3)</sup>との報告もある。したがって、発育期サッカー選手は、有痛性腰椎分離症発生リスクが高いと考えられる。

腰椎分離症の発生メカニズムは、スポーツ動作による過剰な腰椎伸展回旋動作の反復が椎弓突起間部に負荷をかけるため<sup>4,5)</sup>とされている。サッカーにおいては、さまざまなキック動作時のバックスイングで起こる腰椎伸展回旋の反復が一つの原因であると考えられる<sup>6)</sup>。さら

に股関節周囲筋（ハムストリングス<sup>7)</sup>、大腿四頭筋<sup>8)</sup>、腸腰筋<sup>9)</sup>）の柔軟性低下がある場合は、キック動作の際、代償的に過剰な腰椎伸展回旋動作が起こることで、腰椎分離症発生リスクが高まると考えられている。

一方、サッカー選手は、利き足、非利き足の両側を使用したキック動作を繰り返すが、熟練の選手でも利き足、非利き足でのキック動作のキネマティクスに違いがあると報告されている<sup>10)</sup>。したがって、サッカー選手の腰椎分離症発生原因を身体機能の面から考えるうえで、利き足、非利き足を分けて検討する必要がある。

これらのことより本研究の目的は、有痛性腰椎分離症をもつ発育期サッカー選手と調査時点で腰痛のないサッカー選手の股関節周囲筋の柔軟性を利き足、非利き足別で比較し、発育期サッカー選手において有痛性腰椎分離

大嶺俊充  
〒583-0875 羽曳野市檜山100-1  
運動器ケアしまだ病院リハビリテーション課  
TEL 072-953-1001

1) 運動器ケアしまだ病院リハビリテーション課  
Department of Rehabilitation, Shimada Hospital  
2) 運動器ケアしまだ病院整形外科  
Department of Orthopedics Surgery, Shimada Hospital  
3) 関西福祉科学大学保健医療学部リハビリテーション学科理学療法専攻  
Division of Physical Therapy, Department of Rehabilitation Sciences, Faculty of Allied Health Sciences, Kansai University of Welfare Sciences  
4) 大阪府立大学総合リハビリテーション学研究科  
Department of Physical Therapy, Faculty of Comprehensive Rehabilitation, Osaka Prefecture University

症と股関節周囲筋の柔軟性の関連性を明らかにすることである。

### 症例と方法

対象は、腰痛を主訴に2016年9月～2019年9月に当院を受診した17歳以下のスポーツ選手のうち、レントゲン、CT、MRIを使用した画像診断により、腰椎分離症と診断された選手は283名で、そのうちサッカー選手49名（男性：14.3±2.3歳）を有痛性分離群とした。一方、メディカルチェックを行った中学生サッカーチーム（2チーム）に所属する選手44名のうち、腰痛があるもの、過去に腰椎分離症と診断を受けたことのあるもの2名を除外した42名（男性：13.5±1.1歳）をコントロール群とした。調査項目は、基本情報として年齢、身長、体重、競技年数、利き足・非利き足（自己申告によるもの）とした。なお利き足はボールをける際によく使用する足を利き足と定義した<sup>11)</sup>。また、有痛性分離群に関しては、分離椎弓の高位と片側もしくは両側かについても調査した。次に股関節周囲筋の柔軟性は、ハムストリングの指標としてStraight Leg Raise test (SLR)、大腿四頭筋の指標としてHeel Hip Distance (HHD)、腸腰筋

の指標としてThomas test 変法 (Thomas-t) を利き足、非利き足別で計測した。評価方法は先行研究を参考に、各指標とも1～3点で評価した<sup>12, 13)</sup>。SLRは他動で計測し、91°以上を3点、71°～90°を2点、70°以下を1点とした。HHDは他動で計測し、踵と臀部が接地する場合を3点、踵と臀部の距離が0 cm～5 cm未満の場合を2点、踵と臀部の距離が5 cm以上空くものは1点とした。Thomas-tは、対象者自身に検査側と反対側の膝を大腿が腹部に接触するまで抱きかかえてもらい、検査側下肢を治療台の端から自然下垂させて股関節の伸展角度を計測する。股関節伸展角度が0°より大きければ3点、股関節伸展角度が0°であれば2点、股関節伸展角度が0°未満であれば1点とした（図1）。統計処理は、基本情報については、対応のないt検定、 $\chi^2$ 検定を使用し、股関節柔軟性については、Mann-Whitney U testを使用し有痛性分離群とコントロール群を利き足、非利き足別で比較した。その後、有意差のあった項目と、調整因子として競技年数を独立変数とし、有痛性分離群かコントロール群かを従属変数としたロジスティック回帰分析を実施した。なお有意水準は5%とした。

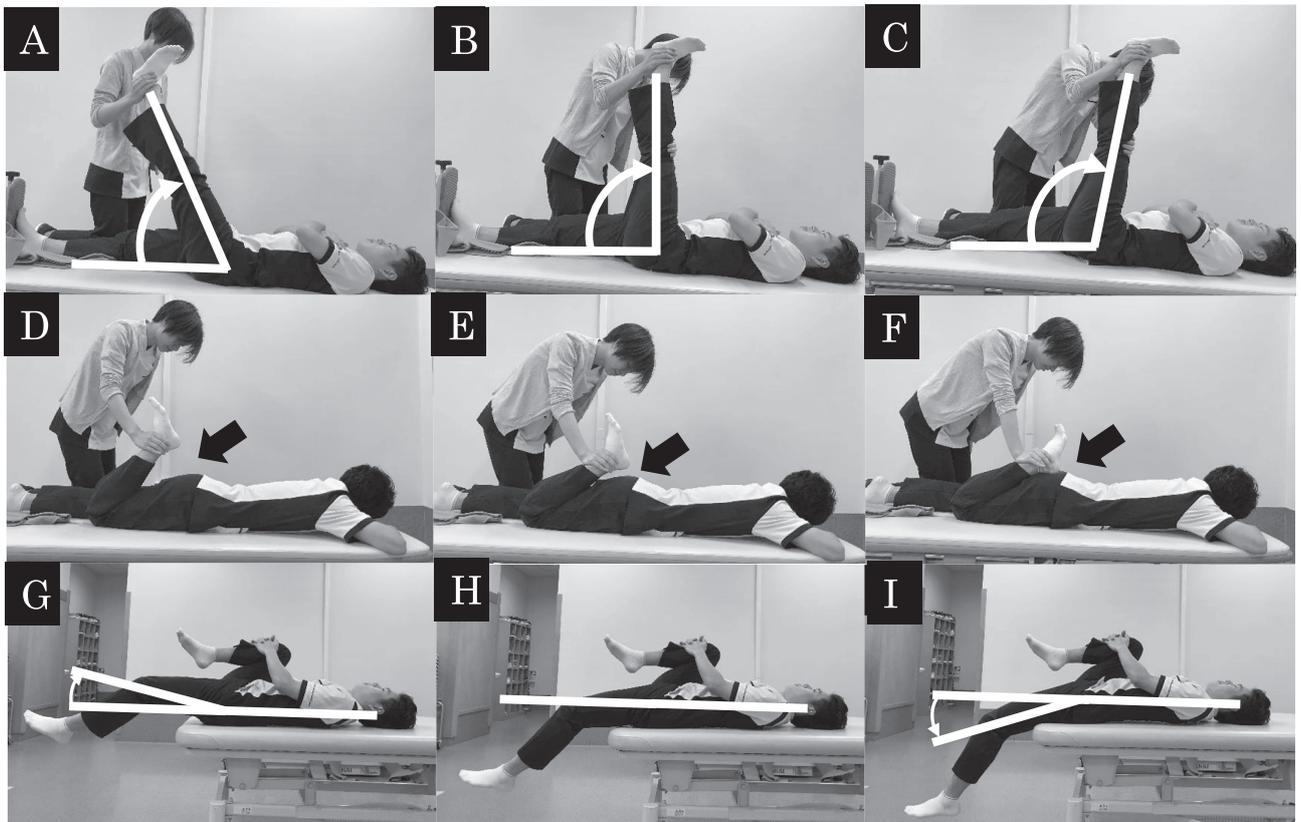


図1 股関節周囲筋評価基準

A: Straight Leg Raise test (SLR) 70°以下；1点。 B: SLR 71～90°；2点。 C: SLR 91°以上；3点。 D: Heel Hip Distance (HHD) 5 cm以上；1点。 E: HHD 0～5 cm；2点。 F: HHD 0 cm；3点。 G: Thomas test 変法 (Thomas-t) 股関節屈曲位；1点。 H: Thomas-t 股関節屈曲伸展中間位；2点。 I: Thomas-t 股関節伸展位；3点。

## 結 果

有痛性分離群とコントロール群の属性と股関節周囲筋の柔軟性の結果を表1, 表2に示す。有痛性分離群とコントロール群における、股関節周囲筋の柔軟性の比較で有意差があったものは、利き足, 非利き足の Thomas-t で、有痛性分離群の方が有意に低い値を示した。その後のロジスティック回帰分析の結果、非利き足の Thomas-t のみが有痛性分離症に関連する因子として抽出された (表3)。

## 考 察

本研究結果から、発育期サッカー選手において、股関節周囲筋の中でも、非利き足の腸腰筋の柔軟性の低下が、有痛性腰椎分離症に最も関連していることが明らかとなった。

腰椎分離症のあるサッカー選手の43%は、最初に疼痛が発症した動作が速いキック動作<sup>9)</sup>、つまりインステップキック動作であると報告されている。インステップキック動作時に腸腰筋の柔軟性が低下することで、バックスイング時の股関節伸展角度が低下<sup>14)</sup>し、代償的に過剰な腰椎伸展回旋が起こる<sup>8)</sup>。その結果、椎弓突起間部へのストレスが増すことで、腰椎分離症の発生に繋がった可能性が考えられる。つまり、腸腰筋の柔軟性低下は発育期サッカー選手の有痛性腰椎分離症の発生に関連する可能性がある。

さらに本研究結果から、利き足の腸腰筋柔軟性低下よりも、非利き足の腸腰筋柔軟性低下がより発育期腰椎分離症の発生に関連する可能性がある。現代サッカーにおいて、利き足, 非利き足の両側でキックができることが求められ、少年期から両側でのキック動作が指導され繰り返し練習される。また試合中の使用頻度を分析した報告でも、非利き足の使用頻度は利き足に比較すると低いものの、一定の割合で使用されていることが分かる<sup>15)</sup>。

表1 Demographic Data

	有痛性分離群 (n=49)	コントロール群 (n=42)	p-value
性別	男性	男性	
年齢 (歳)	14.3±2.3 (10~17)	13.5±1.1 (12~15)	0.01
身長 (cm)	163.7±12.8 (135~180)	161.5±10.4 (142~183)	0.38
体重 (kg)	52.9±12.4 (29~73)	49.6±12.1 (31~74)	0.21
競技年数 (年)	7.4±2.9 (2~11)	6.2±2.1 (1~13)	0.02
利き足側 (右足/左足)	47/2	35/7	0.08
分離腰椎高位			
L3	3	unknown	
L4	15	unknown	
L5	38	unknown	
片側分離	23	unknown	
両側分離	33	unknown	
多椎間分離 (人)	6	unknown	

表2 股関節周囲筋の柔軟性比較

	有痛性分離群 (n=49)				コントロール群 (n=42)				p-value
	1点 (人)	2点 (人)	3点 (人)	中央値 (範囲)	1点 (人)	2点 (人)	3点 (人)	中央値 (範囲)	
SLR D leg	19	30	0	2 (1~2)	12	30	0	2 (1~2)	0.31
SLR ND leg	20	29	0	2 (1~2)	12	30	0	2 (1~2)	0.23
HHD D leg	12	9	28	3 (1~3)	13	12	17	2 (1~3)	0.17
HHD ND leg	12	9	28	3 (1~3)	14	9	19	2 (1~3)	0.25
Thomas-t D leg	24	16	9	2 (1~3)	6	19	17	2 (1~3)	<0.01
Thomas-t ND leg	29	13	7	1 (1~3)	7	18	17	2 (1~3)	<0.01

SLR: Stright Leg Raise test  
 HHD: Hip Heel Distance  
 Thomas-t: Thomas test 変法  
 D leg: 利き足, ND leg: 非利き足

表3 有痛性腰椎分離症に関連する要因

	オッズ比	95% CI	p-value
Thomas-t ND leg	2.68	1.03~6.95	0.04
Thomas-t D leg	1.24	0.48~3.26	0.66
競技年数	0.9	0.70~1.02	0.09

Thomas-t: Thomas test 変法  
 D leg: 利き足, ND leg: 非利き足

これらのことから、発育期サッカー選手においても利き足だけでなく、非利き足のキック動作が繰り返行われる。

次に利き足、非利き足でのインステップキック動作のキネマティクスを比較した研究では、レベルの高い選手でも、利き足と非利き足のキネマティクスは異なると報告されている。具体的には、非利き足のインステップキックの方が利き足に比較してバックスイング時の股関節伸展角度が小さくなるとされている<sup>10)</sup>。一方、インステップキック動作において強く速いボールを蹴るためには、キックスピードが重要であり、スピードを速くするためにはバックスイング時の股関節伸展角度の増大<sup>16)</sup>と腰椎の回旋角度の増大<sup>17)</sup>が重要であると報告されている。これらのことから、利き足と比較して非利き足でのインステップキック動作では、キックスピードを速くするために、腰椎の回旋を大きくすることで股関節伸展角度の小ささを補っていた可能性が考えられる。さらに腸腰筋の柔軟性の低下が加わることで、非利き足のインステップキック動作は利き足のインステップキック動作よりも過剰な腰椎伸展回旋が発生した可能性があると考えられる。

本研究の限界は、横断研究であり前向き観察研究ではないため、非利き足の腸腰筋の柔軟性低下が腰椎分離症発生のリスクファクターであるとは言えないこと、コントロール群は画像検索をしていないため、コントロール群の中に無症候性の腰椎分離症選手がいないことを否定できないこと、腰椎分離症を有さない腰痛選手の群がないため、今回の結果が腰痛によるものか、腰椎分離症によるものかまでは言及できないこと、有痛性分離症群とコントロール群間に年齢、競技年数の差があるため、結果に影響を及ぼした可能性があること、体幹筋力などの他の身体機能が検討されていないこと、が挙げられる。

## 結 語

有痛性腰椎分離症を持つ発育期サッカー選手と調査時に腰痛のない発育期サッカー選手の股関節周囲筋の柔軟性を利き足、非利き足別で調査し、有痛性腰椎分離症に関連する股関節周囲筋の柔軟性を検討した。その結果、非利き足の腸腰筋の柔軟性低下が発育期サッカー選手の有痛性腰椎分離症に最も関連することが示唆された。

## 文 献

- 1) Schmidt CP et al: Prevalence of low back pain in adolescent athletes—an epidemiological investigation. *Int J Sports Med*, 35: 684-689, 2014.
- 2) Bejjani I et al: Low back pain in a cohort of 622 Tunisian schoolchildren and adolescents: an epidemiological study. *Eur Spine J*, 14: 331-336, 2005.

- 3) Selhorst M et al: Prevalence of spondylolysis in symptomatic adolescent athletes: an assessment of sport risk in nonelite athletes. *Clin J Sport Med*, 29: 421-425, 2019.
- 4) 越川亮ほか：ヒト腰椎変形量の推移よりみた脊椎分離の成因に関する力学的研究. *体力科学*, 28: 56-72, 1979.
- 5) Sakamaki T et al: Normal and spondylolytic pediatric spine movements with reference to instantaneous axis of rotation. *Spine*, 27: 141-145, 2002.
- 6) 酒巻忠範ほか：発育期初期（疲労骨折性）腰椎分離症. 西良浩一（編集）. 極めるアスリートの腰痛. 文光堂, 東京: 34-51, 2018.
- 7) Sato M et al: Active stretching for lower extremity muscle tightness in pediatric patients with lumbar spondylolysis. *J Med Invest*, 64: 136-139, 2017.
- 8) Iwaki K et al: Physical features of pediatric patients with lumbar spondylolysis and effectiveness of rehabilitation. *J Med Invest*, 65: 177-183, 2018.
- 9) El Rassi G et al: Lumbar spondylolysis in pediatric and adolescent soccer players. *Am J Sports Med*, 33: 1688-1693, 2005.
- 10) Sinclair J et al: Three-dimensional kinematic differences between the preferred and non-preferred limbs during maximal instep soccer kicking. *J Sports Sci*, 32: 1914-1923, 2014.
- 11) Ford R et al: Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Med Sci Sports Exerc*, 35: 1745-1750, 2003.
- 12) 大嶺俊充ほか：成長期スポーツ選手における腰椎分離症症例の治療前身体機能の特徴. *整スポ会誌*, 39: 51-56, 2019.
- 13) 大嶺俊充ほか：初期腰椎分離症骨癒合後の再発率と再発例の特徴. *整スポ会誌*, 41: 39-43, 2021.
- 14) Tojima M et al: Changes in lumbopelvic rhythm during trunk extension in adolescent soccer players. *Gait Posture*, 52: 72-75, 2017.
- 15) 井上和徳ほか：サッカープレイヤーの非利き足のトレーニングに関する実践的研究—中学1年生のキックについて—. 仙台大学大学院スポーツ科学研究科研究論文集, 1: 41-48, 2000.
- 16) Akbulut T et al: Effects of an eight-week proprioceptive neuromuscular facilitation stretching program on kicking speed and range of motion in young male soccer players. *J Strength Cond Res*, 29: 3412-3423, 2015.
- 17) Naito K et al: Multijoint kinetic chain analysis of knee extension during the soccer instep kick. *Hum Mov Sci*, 29: 259-276, 2010.

# 野球選手の小頭離断性骨軟骨炎治療に関する全国調査

## A Nationwide Survey on Osteochondritis Dissecans of the Capitellum: Treatment for Baseball Players

木田 圭重 <sup>1)</sup>	Yoshikazu Kida	富田 一誠 <sup>2)</sup>	Kazunari Tomita
岩目 敏幸 <sup>3)</sup>	Toshiyuki Iwame	宇野 智洋 <sup>4)</sup>	Tomohiro Uno
轉法輪 光 <sup>5)</sup>	Ko Temporin	可知 芳則 <sup>6)</sup>	Yoshinori Kachi

### ● Key words

小頭離断性骨軟骨炎, 全国調査, 野球肘

### ● 要旨

目的：小頭離断性骨軟骨炎（小頭 OCD）に対する本邦での治療の実態を明らかにすることを本研究の目的とした。

方法：「野球に携わる医師のネットワーク」の医師を対象に選択式のオンライン調査を行った。

結果：回答率は 52.7%（69/131 名）、500 例の手術症例について回答を得た。初期例に対しては「投球禁止、部分修復以上を目指す、リハビリテーション介入を行う」が、手術適応は「進行期以上で、特に遊離体が存在する場合」とする意見の一致率が高かった。術式は骨軟骨移植（膝）、病巣搔爬の順に多かった。骨軟骨移植術は ICRS-Ⅲ、Ⅳが主な対象で、特に ICRS-Ⅲで割合が高かった。

結論：現在の小頭 OCD に対する保存療法と手術療法の実態の一端が明らかとなった。

### はじめに

小頭離断性骨軟骨炎（小頭 OCD）は代表的な成長期のスポーツ障害であり、野球が盛んな本邦では小頭 OCD に罹患する患者の多くは野球少年で、青少年期の野球選手の 2~3% に発生するとされている<sup>1, 2)</sup>。小頭 OCD の治療について、本邦ではこれまで多数の良好な保存療法と手術療法の治療成績が報告されている<sup>3~11)</sup>。しかし、実際に全国的にどのような治療選択のもと小頭

OCD の治療が行われているかという観点から調査が行われたことはなく、保存療法の方針や手術適応に関するコンセンサスの有無については不明である。そこで、本研究の目的を現在の日本における小頭 OCD 治療の実態を明らかにすることを目的とした。

### 対象および方法

「野球に携わる医師のネットワーク」の医師 131 名（36 都道府県）を対象にオンライン方式で調査を行っ

木田圭重  
〒 602-8566 京都市上京区河原町通広小路上の梶井町 465  
京都府立医科大学大学院医学研究科  
運動器機能再生外科学（整形外科学教室）  
TEL 075-251-5549  
E-mail kida@koto.kpu-m.ac.jp

- 1) 京都府立医科大学大学院医学研究科運動器機能再生外科学（整形外科学教室）  
Department of Orthopaedics, Graduate School of Medical Science, Kyoto Prefectural University of Medicine
- 2) 國學院大學人間開発学部健康体育学科  
Kokugakuin University, Faculty of Human Development, Department of Health and Physical Education
- 3) 高松市立みんなの病院整形外科  
Department of Orthopedics, Takamatsu Municipal Hospital
- 4) 山形大学医学部整形外科学講座  
Department of Orthopaedic Surgery, Yamagata University Faculty of Medicine
- 5) 地域医療機能推進機構大阪病院整形外科  
Department of Orthopaedic Surgery, JCHO Osaka Hospital
- 6) 高島中央総合病院整形外科  
Department of Orthopedics, Takashimadaira Chuo General Hospital

た。質問形式は選択式で、調査項目は、i) 回答者の背景 (医師としての経験年数, 専門領域, 年間の小頭OCDの手術症例数, 勤務先医療機関の種類, 野球肘検診への関与), ii) 初期の小頭OCDに対する保存治療方針 (投球管理の方法, 投球再開の基準, リハビリテーション/コンディショニング介入の有無), iii) 症例シナリオ (5症例) による治療方針選択 (図1), iv) 2018年1月から2019年12月までの手術症例に関する詳細 (年齢, ボールの種類, 守備位置, International Cartilage Research Society (ICRS) 分類, 術式, 診断の契機: 病院受診または野球肘検診) であった。

## 結 果

### i) 回答者の背景

回答率は52.7% (69/131名)。医師としての経験年数は平均21.7年で「21~30年」(39.1%)が最多で、次いで「11~20年」(37.7%), 「31年以上」(15.9%)であった。専門領域は重複回答可で「スポーツ整形外科」(84.1%)が最多, 次いで「肩関節外科」(56.5%), 「肘関節外科」(53.6%)であった。年間の小頭OCD手術症例数は「0~4例」(37.6%), 「5~9例」(36.2%), 「10~14例」(11.6%), 「15~19例」・「20例以上」(いずれも7.2%)の順であった。勤務先医療機関の種類は「私立病院」(34.8%), 「大学病院」(27.5%), 「公的病院」(13.0%), 「診療所」(17.4%)であった。野球肘検診には88%の医師が関与していた。

### ii) 初期小頭OCDに対する保存療法の方針

投球管理の方法は「投球禁止」(87%), 投球制限の方

法は「守備位置変更」(38%), 投球再開の基準は「病巣の完全修復あるいは修復停止」(45%), 打撃の可否は「制限なし」(52%), リハビリテーション/コンディショニング介入は「実施する」(96%)が最多の回答であった。

### iii) 症例シナリオによる治療方針選択

手術療法の選択率は症例①0%, 症例②48%, 症例③91%, 症例④91%, 症例⑤97%であった (表1)。

### iv) 2018~2019年の手術症例

登録症例は500例で、診断の契機は病院受診が88.5%, 野球肘検診が11.5%であった。手術時年齢は13.9歳 (10~23歳), ボールの種類は硬式51%, 軟式49%, 守備位置は投手37%, 捕手14%, 内野手37%, 外野手12%であった。ICRS分類はIが6例 (1.2%), IIが48例 (9.6%), IIIが206例 (41.2%), IVが227例 (45.4%)で, 13例 (2.6%)が不明であった。

最も多い術式は関節面再建術で, 内訳は骨軟骨移植術 (膝) (54.8%), 骨軟骨移植術 (肋骨) (4.9%), 骨軟骨移植術と固定術のハイブリッド型 (4.7%), 肘筋柄付骨移植術 (1.2%) の順でICRS-IIIの77%, ICRS-IVの59%に関節面再建術が施行されていた。搔爬・遊離体摘出術は29.6%, 固定術は2.7%, 骨切術は1.0%であった (図2)。

## 考 察

日本野球協議会の協力のもと2017年に野球障害予防懇話会が発足した。本会の「野球に携わる医師ネットワーク」には日本における野球肘診療のスペシャリスト

症例①	症例②	症例③	症例④	症例⑤
10歳, 投手 肘痛なし 可動域制限なし 検診で指摘	12歳, 投手 肘痛なし 軽度の伸展制限 6か月の保存療法後	13歳, 投手 肘痛あり 著明な可動域制限 肘頭窩に遊離体	14歳, 捕手 肘痛あり 軽度の可動域制限	15歳, 投手 肘痛あり 著明な可動域制限 肘頭窩に遊離体

図1 症例シナリオの5症例

病期・年齢・病巣の大きさと部位の異なる5症例について提示し, 保存療法および手術療法について選択式でアンケート調査を行った。

表 1 症例シナリオ (5 症例) についての回答

症例	手術	最多の回答	2 番目に多い回答
①	Yes (0%)	完全修復/修復停止まで 投球禁止 (62.3%)	部分修復まで 投球禁止 (30.4%)
②	Yes (48%)	鏡視下搔爬・遊離体摘出 (24.6%)	完全修復/修復停止まで 投球禁止 (20.3%)
③	Yes (91%)	鏡視下搔爬・遊離体摘出 (39.1%)*	骨軟骨移植術 (39.1%)*
④	Yes (91%)	骨軟骨移植術 (膝) (71.0%)	骨軟骨移植術 (肋骨) (8.7%)
⑤	Yes (97%)	鏡視下搔爬・遊離体摘出 (40.6%)	骨軟骨移植術 (膝) (36.2%)

\*③については 1, 2 番目の回答率が同じ

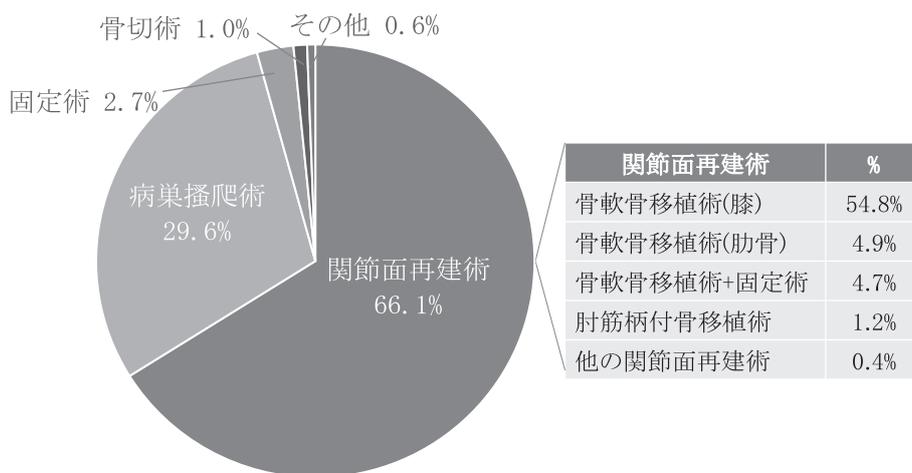


図 2 小頭 OCD の術式選択についての回答の内訳  
関節面再建術の中でも骨軟骨移植術 (膝) が最も多く、次いで病巣搔爬術が多かった。

やオピニオンリーダーが多く参加している。今回の調査でも、88%の医師が野球肘検診に関与されており、日常より現場で野球選手を診察している医師から回答を得られたのではないかと考えている。

初期小頭 OCD に対する治療は「投球禁止」「リハビリテーション/コンディショニング介入」は 8 割を超えるコンセンサスが得られていた。打撃や投球制限方法、投球許可時期については、コンセンサスが得られているとは言えなかった。小頭 OCD の保存療法に関しては完全修復あるいは修復停止まで投球中止を継続する方法<sup>12)</sup>が広く受け入れられている一方で、局所安静は急性期のみとして肩甲胸郭関節機能改善を中心としたリハビリテーション介入の併用で早期スポーツ復帰を目指す積極的保存療法<sup>13)</sup>など、それぞれに利点を有する複数の治療方針が報告されており、保存療法に関するさらなるエビデンスの構築が必要と考えられた。

症例シナリオでは、病期や年齢、病巣サイズや病巣の位置を変えて代表症例を設定した。初期小頭 OCD に対しては投球禁止をし、部分修復以上を目指す方針が、9 割以上のコンセンサスを得られていた。手術適応に関しても、進行期以上で、特に遊離体が存在する有症状の場

合には手術適応とする意見が 9 割以上を占めた。一方で、術式選択については 8 割以上の一致はみられず、議論の余地が残る結果であった。

実際の術式は骨軟骨移植 (膝) が最多で、次いで病巣搔爬が多く、固定術、肘筋柄付骨移植術<sup>4)</sup>、骨切術が続いた。骨軟骨移植術は ICRS-III、IV が主な対象で、特に ICRS-III で割合が増えていた。

診断の契機として野球肘検診で発見された小頭 OCD は 11.5%にとどまった。野球肘検診の普及率が低い可能性がある一方、野球肘検診で発見された小頭 OCD が手術に至っていない可能性も考えられる。今後、野球肘検診後の治療成績に関する調査や、保存療法の実態についての調査を検討する必要があると考える。

本研究の限界は、回答率 (52.7%) が低いこと、回答者の選択バイアス、病巣の詳細情報や術後成績が不明、大規模疾患登録システムによる調査ではない、回答方法が選択式などの点が挙げられる。本邦では小頭 OCD に対して豊富な研究実績が存在し<sup>3~14)</sup>、多くの選択肢の中からそれぞれの医師が患者の状態に応じて最良と考える治療が選択されている。それぞれの治療に利点と欠点があるため、本研究で最も多かった回答が必ずしも個別の

患者にとって最適な選択とは限らず、今回の結果の解釈には注意が必要である。

また、投球数制限に関する全国的な議論により、2020年より投球数制限のルール化が進んだ。本研究の結果は、投球制限が本格的に始まる前段階での小頭 OCD 治療の実態調査としても、今後の野球肘研究の重要な基礎情報になると考える。

## 結 語

野球選手の小頭 OCD の治療に関する全国調査を行った。初期症例に対する保存療法の方針や進行期・終末期の手術適応には一定のコンセンサスが得られていた。手術術式については骨軟骨移植術および鏡視下病巣搔爬の割合が高かった。日本における小頭 OCD 治療の現状の一端が明らかとなり、本研究の結果はわが国の野球肘研究の重要な基礎情報となると考える。

## 謝 辞

本研究の実施にあたり多大なご協力およびご助言を賜りました東京明日佳病院の渡邊幹彦先生、船橋整形外科病院の星加昭太先生、日本野球協会の加古明美様、清水菜奈美様、ならびに関係者の皆様、そして、アンケートにご回答いただきました先生方に深謝いたします。

## 文 献

- 1) Matsuura T et al: Prevalence of osteochondritis dissecans of the capitellum in young baseball players: Results based on ultrasonographic findings. *Orthop J Sports Med*, 2: 2325967114545298, 2014.
- 2) Kida Y et al: Prevalence and clinical characteristics of osteochondritis dissecans of the humeral capitellum among adolescent baseball players. *Am J Sports Med*, 42: 1963-1971, 2014.
- 3) 岩堀裕介ほか：上腕骨小頭部離断性骨軟骨炎の手術療法 関節鏡の役割と治療成績. *日肘関節会誌*, 13: 67-68, 2006.
- 4) 戸祭正喜ほか：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎症例に対する骨釘移植術. *日肘関節会誌*, 13: 63-64, 2006.
- 5) 光井康博ほか：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する保存療法 LIPUS 使用との比較. *日肘関節会誌*, 22: 26-29, 2015.
- 6) 山崎哲也ほか：上腕骨小頭骨軟骨障害に対する関節鏡視下手術. *関節鏡*, 31: 95-99, 2006.
- 7) Matsuura T et al: Comparison of clinical and radiographic outcomes between central and lateral lesions after osteochondral autograft transplantation for osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. *Am J Sports Med*, 45: 3331-3339, 2017.
- 8) Takahara M et al: Classification, treatment, and outcome of osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. *J Bone Joint Surg Am*, 89: 1205-1214, 2007.
- 9) Ueda Y et al: Arthroscopic fragment resection for capitellar osteochondritis dissecans in adolescent athletes: 5- to 12-year follow-up. *Orthop J Sports Med*, 5: 2325967117744537, 2017.
- 10) Shimada K et al: Anconeus muscle-pedicle bone graft with periosteal coverage for osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. *Orthop J Sports Med*, 5: 2325967117727531, 2017.
- 11) Uno T et al: Qualitative and quantitative assessments of radiographic healing of osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. *JSES Int*, 5: 554-560, 2021.
- 12) Matsuura T et al: Conservative treatment for osteochondrosis of the humeral capitellum. *Am J Sports Med*, 36: 868-872, 2008.
- 13) 立原久義ほか：少年期上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する積極的保存療法の効果 手術併用例における術前画像変化. *日肘関節会誌*, 19: 87-90, 2012.
- 14) 高原政利ほか：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の文献調査. *整スポ会誌*, 31: 1-60, 2011.

# Characteristics and Risk Factors of Badminton Injuries/Pain in Japanese University Badminton Players

Xiao Zhou  
Xiaoxuan Liu

Kazuhiro Imai

## ● Key words

Shoulder injury/pain; Risk factors; Badminton players

## ● Abstract

**Purposes:** To investigate characteristics of badminton injuries/pain, and then to assess injuries/pain risk factors in Japanese university badminton players using medical check-up.

**Materials and Methods:** A questionnaire survey and physical fitness tests of medical check-up were used. 51 university badminton players (25 males and 26 females) were involved in the study. Traumatic injuries, gradual-onset injuries, and pain were assessed and categorized.

**Results:** In total, 280 injuries and pain were reported consisting of 29 traumatic injuries, 46 gradual-onset injuries, and 205 pain. Injury incidence rate was 2.14 per 1,000 athlete-hours of exposures. Shoulder was the most common site of pain. Players with present shoulder pain showed significantly greater straight leg raising angle and weak balance ability compared with pain free players.

**Conclusion:** Among university badminton players, badminton-associated pain was common, and shoulder was the most common site of pain. Greater straight leg raising angle and weak balance ability might result in shoulder pain.

## Introduction

Badminton is a popular racket sport played by more than 330 million people worldwide. According to the Nippon Badminton Association's member data of 2019, there are 303,743 registered badminton players, consisting of 23,228 (7.7%) elementary school-aged players, 86,915 (25.2%) junior high school-aged players, 116,992 (38.5%) high school-aged players, 7,167 (2.4%) university players and 69,381 (26.2%) other players in Japan<sup>1)</sup>. Badminton requires players to perform repetitive overhead motion with upper limbs rotation, trunk rotation, lunge motions, side stepping,

jumps, running and quick directional changes<sup>2)</sup> while retrieving a shuttlecock with stroking techniques. Due to these characteristics of badminton, injuries frequently occur. In badminton players aged 12–55 years, 74% of injuries are gradual-onset injuries, and 26% are traumatic injuries. Injury rates vary from 0.9 to 5.1 injuries per 1,000 athlete-hours of exposures<sup>3,4)</sup>.

Pain is the main manifestation of injuries and thus generally managed equally as injury. Nevertheless, only two previous studies of badminton-related pain were found. One study revealed that among badminton players aged 14–18 years, 27.6% complained about shoulder pain and 35.4% complained about lower back pain<sup>5)</sup>. Another study of overhead players including badmin-

Kazuhiro Imai  
3-8-1, Komaba, Meguro-ku, Tokyo 153-8902, Japan  
Department of Life Sciences, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo  
TEL 03-5454-6133/Fax 03-5454-4317  
E-mail imaik-ort@umin.ac.jp

Department of Life Sciences, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo

ton players aged 6–15 years revealed that pain was most common in foot (17.9%), followed by knee (14.7%) and shoulder/elbow (9.5%)<sup>6)</sup>. In badminton players, shoulder was reported to be the most common injury site of upper limbs<sup>2, 3)</sup>. More than one-third of badminton players with shoulder pain continued to play, which might increase the risk of shoulder injuries<sup>7)</sup>. Some studies have used range of motion (ROM), sit-and-reach test and straight leg raising (SLR) angle to study shoulder injuries in overhead motion players<sup>7–9)</sup>, but studies in badminton players using medical check-up to assess risk factors for shoulder injury/pain are scarce.

The purposes of this study were to describe the characteristics of badminton injuries/pain, to assess the injury incidence, and then to assess risk factors for badminton injuries/pain using medical check-up in Japanese university badminton players.

## Materials and Methods

From August 2018 to March 2019, 52 university badminton players (26 males and 26 females) who participated in the national tournament of Japan were investigated. This study was approved by Ethical Committee of the Graduate School of Arts and Sciences, the University of Tokyo, Japan (Notification Number 602–2 July 26, 2018). All the design complied with the declaration of Helsinki. Informed consent forms written by all the participants have been obtained.

Data was collected by a self-reported questionnaire and physical fitness tests of medical check-up from all the 52 participants. The questionnaire asked for information including gender, age, height, weight, body mass index (BMI, calculated by height and weight), badminton experience, training hours of per day, training days of per week, warm-up, and injury/pain histories related to badminton in the past one year. We used training hours per day and training days per week to collect training volumes, and training hour (playing exposure hour) was defined as time (without warm-up and cool-down time) of badminton skills or physical condition training under supervision of the coach. Injuries/pain were recorded in regard to anatomical sites. The anatomical sites were presented using a picture showing body parts consisting of shoulder, elbow, hand, lower back, thigh, knee, leg, Achilles tendon, ankle, and foot. All the injuries/pain were specifically reported regarding type of injury/pain (traumatic injury, gradual-onset injury, pain), cause and mecha-

nism of injury/pain, and current pain status. Participants were also asked to answer this question “Do you have any shoulder pain now?”.

Based on the previous studies<sup>7, 8, 10)</sup>, the physical fitness tests of medical check-up were operated to examine handgrip strength, heel buttock distance (HBD), straight leg raising (SLR) angle, balance ability and shoulder and trunk ROM. A digital hand dynamometer (N-FORCE, Wakayama, Japan) was used to measure handgrip strength. Measuring capacity of the digital hand dynamometer is 0–90.0 kg with sensitivity of 0.1 kg.

An orthopedic surgeon with more than 20 years of experience, and a sports medicine doctoral student performed the physical fitness tests of medical check-up. Firstly, the participant stood on a yoga mat and hand grip strengths on both sides were measured with the digital hand dynamometer. Next, muscles tightness of lower limbs was evaluated by HBD (quadriceps femoris flexibility evaluation) and SLR (hamstrings flexibility evaluation). The participant lied prone on the mat and kept the pelvis flat to the ground. The examiner slowly flexed the participant’s knee to the maximum the heel could approach the buttock. The distance between the heel and the buttock was measured and recorded as HBD. Then, with the participant in supine position on the mat, the examiner slowly raised the participant’s leg with knee extended. The examiner kept raising the participant’s leg until the participant could not continue because of pain or tightness in the posterior leg (hamstrings). The examiner measured the angle of start–stop point and recorded it as SLR angle.

The time of balance on one leg (balance ability) was measured by single leg stance. When the test started, participants crossed arms over chest, then stood with one leg as long as they could while lifting another leg with hip flexion of 90° and eyes closed. The test stopped if anyone of the following scenarios happened: (1) open eyes, (2) move the stance leg, (3) the lifted leg touch the stance leg or the yoga mat. Participants were allowed at most 3 trials on each leg and the longest time of each leg was selected and recorded as balance time.

In shoulder ROM evaluation, internal rotation (IR) and external rotation (ER) in both sides of shoulders were measured. The participant was in supine position on a standard examining table, with straight legs, 90 degrees shoulder joint abduction, and 90 degrees elbow joint flexion. The examiner stabilized the scapula and

placed forearm in neutral position, then pushed the forearm anteriorly (IR) and posteriorly (ER) while rotating the humerus to produce maximum passive IR and ER. The second examiner measured the angles of IR and ER at the point of tightness in which no more glenohumeral motion would happen without movement of the scapular.

Finally, trunk flexion, extension and rotation were measured. The participant stood in an upright position with knees extended, progressively bent forward/backward the trunk with chin up and chest out as far as possible. The angle between the vertical line and the trunk bending forward stop-point was measured and recorded as trunk flexion. The angle between the vertical line and the trunk bending backward stop-point was measured and recorded as trunk extension. Then, the participant was asked to sit on the yoga mat with crossed legs, keep the trunk in an erect upright posture, and cross arms in front of chest. The participant was then instructed to rotate to the right/left as far as possible. The examiner measured the angles of start-stop point.

An injury was defined as any physical complaint sustained during badminton match or training causing one or more of the three judgement criteria as follows: (1) have to stop the current badminton match or training immediately, (2) cannot presence in subsequent badminton match or training, and (3) require medical attention with time loss. Injuries were categorized into traumatic injuries which has acute onset, and gradual-onset injuries defined by chronic physical complaint without acute and traumatic injuries. Pain was defined as any physical painful complaint or discomfort with sustained badminton capacity. After excluding lacking data (n=1), 51 participants of 25 males and 26 females were included in this study.

Distributions of injuries/pain associated with badminton and injury incidence rate were described. The

injury incidence rate of badminton injuries was calculated as per 1,000 athlete-hours of exposures, with 95% confidence interval (CI) using Poisson distribution. The injury incidence rate of per 1,000 athlete-hours of exposures is calculated as follows:

$$\text{Injury rate per 1,000 athlete-hours of exposures} = \left[ \frac{\sum (\text{No. of injuries})}{\sum \{(\text{No. of participants}) \times (\text{hours of training})\}} \right] \times 1,000.$$

We used Shapiro-Wilk test to examine normality of basic parameters. Independent-samples *t*-test, pair-samples *t*-test, Mann-Whitney *U*-test and Wilcoxon's rank-sum test were used for data analysis. Comparisons of the prevalence of injuries between male and female badminton players were analyzed using Fisher's exact test. A *p* value less than 0.05 was considered statistically significant.

A prior statistical power analysis was performed to calculate the sample size by referring to the incidence of present shoulder pain reported among world-class badminton players. We therefore require at least 25 badminton players to satisfy our requirements of having a 90% power of demonstrating a difference between badminton players with present shoulder pain and those without that is significant at the 5% level, if the true preference incidence for present shoulder pain is as high as 20%<sup>7)</sup>.

## Results

Data on characteristics of the participants are shown in Table 1. Overall, 35086.67 training hours (male: 16606.67 hours; female: 18480.00 hours) of exposures were recorded. All the participants have also been divided into two groups by gender. There were significant differences in height (male vs female: 171.0 ± 5.4 cm vs 159.9 ± 4.4 cm, *p*<0.001) and weight (male vs female: 64.7 ± 6.1 kg vs 55.7 ± 5.3 kg, *p*<0.001) between male and female badminton players. No differ-

Table 1 Characteristics of surveyed university badminton players

Demographics	Total (n=51)	Male (n=25)	Female (n=26)	<i>p</i> -value
Age (year)	19.76 ± 1.19	19.92 ± 1.12	19.62 ± 1.27	>0.05
Height (cm)	165.34 ± 7.44	171.04 ± 5.35	159.85 ± 4.42	<0.001
Weight (kg)	60.15 ± 7.24	64.74 ± 6.11	55.73 ± 5.27	<0.001
BMI	21.95 ± 1.59	22.12 ± 1.63	21.79 ± 1.56	>0.05
Experience (year)	11.16 ± 2.57	10.56 ± 3.04	11.73 ± 1.91	>0.05
Hours/day	3.31 ± 0.49	3.19 ± 0.39	3.42 ± 0.56	>0.05
Days/week	5.22 ± 0.60	5.20 ± 0.75	5.23 ± 0.43	>0.05
Total hours/week	17.20 ± 2.76	16.61 ± 3.08	17.77 ± 2.34	>0.05
Total Hours	35086.67	16606.67	18480.00	

Values are mean ± standard deviation. BMI: body mass index  
*p*-value: differences between male group and female group

ences of age, BMI, badminton experience, training hours of per day, training days of per week and training hours of per week were found between male and female badminton players.

Among all the 51 participants, 45 participants (20 males and 25 females) experienced badminton injuries, and 7 male and 22 female players experienced traumatic injuries. In total, 280 injuries and pain were reported consisting of 29 traumatic injuries, 46 gradual-onset injuries, and 205 pain (Figure 1). Male badminton players sustained 7 traumatic injuries, 24 gradual-onset injuries, and 109 pain while female badminton players sustained 22 traumatic injuries, 22 gradual-onset injuries, and 96 pain. The overall injury incidence rate per 1,000 athlete hours of exposures was 2.14 (95% CI: 1.65-2.62). Injury incidence rate per 1,000 athlete hours of exposures for all the participants broken down by gender was 1.87 (95% CI: 1.21-2.52) in male badminton players, and 2.38 (95% CI: 1.68-3.08) in female badminton players. In addition, injury incidence rates per 1,000 athlete hours of exposures for traumatic injuries and gradual-onset injuries were 0.83 (95% CI: 0.53-1.12) and 1.31 (95% CI: 0.93-1.69), respectively. Injury incidence rate per 1,000 athlete hours of exposures for traumatic injuries was 0.42 (95% CI: 0.11-0.73) in male badminton players versus 1.19 (95% CI: 0.69-1.69) in female badminton players. The odds ratio (OR) for traumatic injuries of the comparisons of female players versus male players was 10.56 (95% CI:

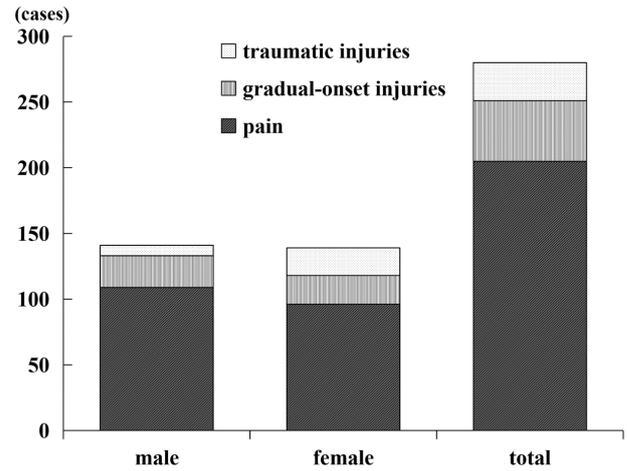


Figure 1 The number of traumatic injuries, gradual-onset injuries, and pain incidence in the university badminton players.

2.89-38.50,  $p < 0.001$ ) (Figure 2).

The distribution of anatomic injury/pain sites of the participants broken down by gender is shown in Figure 3 and Table 2. In male badminton players, the most frequent injuries/pain sites were localized in lower back (14.3%), followed by foot (12.9%), knee (12.8%), shoulder (12.1%) and ankle (12.1%). In female badminton players, the most frequent injuries/pain sites were localized in ankle (18.6%), followed by lower back (17.9%), knee (12.9%), shoulder (12.1%) and thigh (10.7%). Overall, the most frequent site of pain was localized in shoulder (28 cases) among all the participants. Injury incidence rate per 1,000 athlete

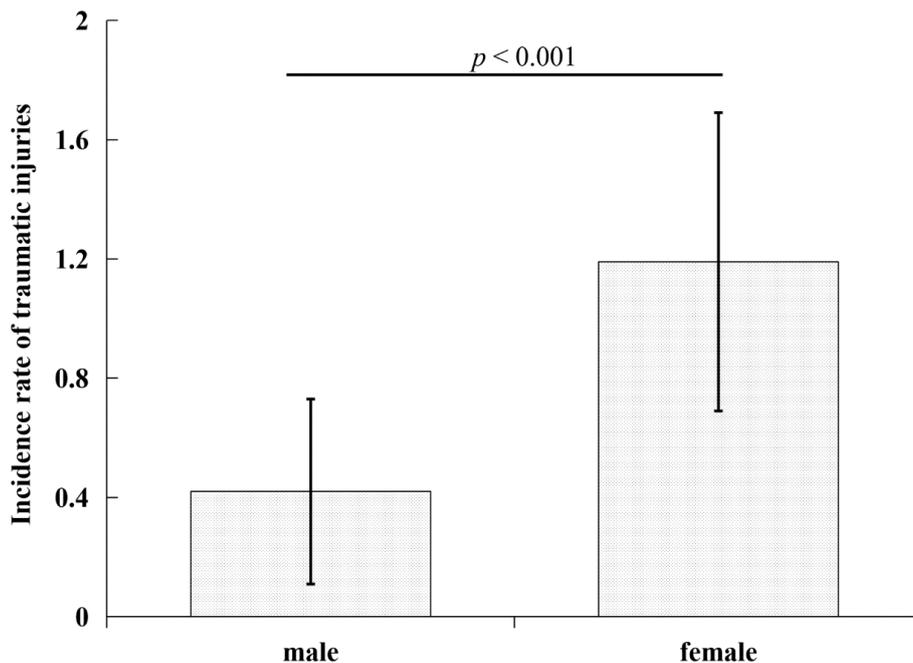


Figure 2 The injury incidence rates per 1,000 athlete-hours of exposures for traumatic injuries in the university badminton players. The error bars represent 95% confidence intervals for the Poisson distribution.

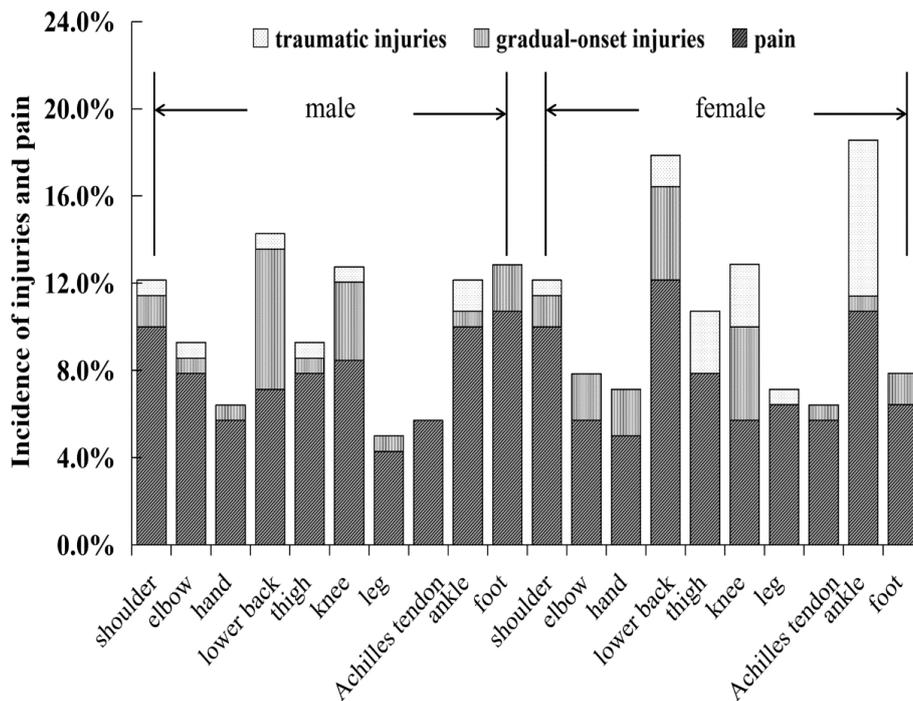


Figure 3 The distribution of traumatic injuries, gradual-onset injuries, and pain in the university badminton players broken down by gender.

Table 2 Distribution and injury incidence of injuries and pain related to badminton

Body sites	Total		Male (n=25)			Female (n=26)		
	N (%)	Injury rate	N (%)	Injury rate	Pain (%)	N (%)	Injury rate	Pain (%)
Shoulder	6 (8.0)	0.17 (0.03-0.31)	3 (9.7)	0.18 (0.00-0.39)	14 (12.8)	3 (6.8)	0.16 (0.00-0.35)	14 (14.6)
Elbow	5 (6.7)	0.14 (0.02-0.26)	2 (6.5)	0.12 (0.00-0.29)	11 (10.1)	3 (6.8)	0.16 (0.00-0.35)	8 (8.3)
Hand	5 (6.7)	0.14 (0.02-0.26)	1 (3.1)	0.06 (0.00-0.18)	8 (7.3)	4 (9.1)	0.22 (0.00-0.43)	7 (7.3)
Lower back	15 (20.0)	0.43 (0.21-0.65)	10 (32.3)	0.60 (0.23-0.98)	10 (9.2)	5 (11.4)	0.27 (0.03-0.51)	17 (17.7)
Thigh	6 (8.0)	0.17 (0.03-0.31)	2 (6.5)	0.12 (0.00-0.29)	11 (10.1)	4 (9.1)	0.22 (0.00-0.43)	11 (11.5)
Knee	16 (21.3)	0.46 (0.23-0.69)	6 (19.4)	0.36 (0.07-0.65)	12 (11.0)	10 (22.7)	0.54 (0.21-0.88)	8 (8.3)
Leg	2 (2.7)	0.06 (0.00-0.14)	1 (3.1)	0.06 (0.00-0.18)	6 (5.5)	1 (2.3)	0.05 (0.00-0.16)	9 (9.4)
Achilles tendon	1 (1.2)	0.03 (0.00-0.08)	0 (0.0)	0.00 (0.00-0.00)	8 (7.3)	1 (2.3)	0.05 (0.00-0.16)	8 (8.3)
Ankle	14 (18.7)	0.40 (0.19-0.61)	3 (9.7)	0.18 (0.00-0.39)	14 (12.8)	11 (25.0)	0.60 (0.24-0.95)	5 (5.2)
Foot	5 (6.7)	0.14 (0.02-0.26)	3 (9.7)	0.18 (0.00-0.39)	15 (13.9)	2 (4.5)	0.11 (0.00-0.26)	9 (9.4)

hours of exposures for shoulder injuries was 0.17 (95% CI: 0.03-0.31).

Regarding present shoulder pain status, the participants who only had present shoulder pain were assigned into the present shoulder pain group, and the participants who did not have any present shoulder pain were assigned into the pain free group. Table 3 shows data on handgrip strength, HBD, SLR, balance ability, shoulder ROM and trunk ROM between the two groups. Comparing to the pain free group, significant differences of SLR angle between both sides (dominant: 90.7° vs 82.4°,  $p < 0.05$ ; nondominant: 89.6° vs 81.4°,  $p < 0.05$ ) were detected in the present shoulder pain group. The present shoulder pain group showed significantly weaker balance ability on the nondominant side than the pain free group (25.6 seconds vs 45.9 seconds,

$p < 0.05$ ).

## Discussion

In this study, we investigated epidemiology of injuries/pain associated with badminton and assessed physical fitness in Japanese national tournament level university badminton players using medical check-up and questionnaire. The vital findings were as follows: (1) regardless of gender, badminton injuries/pain frequently occurred in lower limbs, lower back, and shoulder. Compared with male university badminton players, female university badminton players were more susceptible to traumatic injuries, (2) greater SLR angle and weak balance ability might be risk factors for badminton injuries in university badminton players.

Table 3 Comparisons of physical fitness variables between present shoulder pain group and pain free group

Variables	Present shoulder pain (n=16)		Pain free (n=35)	
	dominant	nondominant	dominant	nondominant
Handgrip strength (kg)	40.0±8.7 <sup>††</sup>	33.9±8.5	36.8±9.9 <sup>††</sup>	31.1±8.4
HBD (cm)	2.3±4.2	2.6±5.1	1.4±3.0	1.3±3.0
SLR (°)	90.7±14.3*	89.6±17.7*	82.4±11.6	81.4±11.6
Balance (s)	53.9±48.3 <sup>†</sup>	26.5±26.7*	43.3±30.1	45.9±37.3
IR (°)	81.3±19.5 <sup>††</sup>	88.6±13.8	75.8±12.5 <sup>††</sup>	88.2±13.2
ER (°)	117.5±12.5	113.4±12.5	116.1±7.9 <sup>††</sup>	110.7±8.2
Trunk rotation (°)	67.9±10.3	69.6±7.0	73.5±10.6	72.1±8.3
Trunk flexion (°)		94.6±15.3		92.2±14.4
Trunk extension (°)		39.6±11.3		36.2±5.9

Values are mean ± standard deviation

HBD: heel buttock distance, SLR: single leg raising

\**p* value <0.05 between present shoulder pain group and pain free group

<sup>†</sup>*p* value <0.05 between dominant side and nondominant side

<sup>††</sup>*p* value <0.01 between dominant side and nondominant side

Past study in Japanese badminton players which included university players aged 19–22 years reported that injury incidence rate per 1,000 training hours of exposures of female badminton players (5.1 injuries per 1,000 hours) was significantly greater than male badminton players (2.5 injuries per 1,000 hours). Gradual-onset injuries occurred about 3 times more frequently than traumatic injuries<sup>4)</sup>. In this study of Japanese university badminton players at 18–22 years of age, the injury incidence rate per 1,000 training hours of exposures in female players (2.38 injuries per 1,000 hours) was slightly higher than male players (1.87 injuries per 1,000 hours) without significant differences, which is not in line with the previous study. Unbalanced number of male (50 players) and female players (7 players) of the previous study might explain the discrepancy between the present study and the previous study. Gradual-onset injuries (46 cases) were more than traumatic injuries (29 cases) in this study, which is in line with the previous study. Moreover, we found that female players were more likely to suffer traumatic injuries than male players, which might indicate that female gender is a risk factor of badminton traumatic injuries.

Regarding injury sites, there are some controversies among previous studies. In lower limbs, some study reported that ankle was the most common injury site<sup>11,12)</sup> while other studies reported that knee was the most common injury site<sup>2)</sup>. In upper limbs, shoulder<sup>2,3)</sup> was reported to be the most common injury site in some studies while another study reported elbow<sup>11)</sup>. In addition, trunk injuries were recognized as the second most common in badminton players aged 13–16 years<sup>13)</sup> while others reported that the injury incidence of trunk

much lower<sup>2,3,12)</sup>.

In this study, the most frequent injured site was the knee (16 cases; traumatic injuries 31.3%, gradual-onset injuries 68.7%). Lower back was the second most frequent site (15 cases), ankle was the third most frequent site (14 cases) and shoulder came the fourth (6 cases).

In regard to pain associated with badminton, in this study, 54.9% of all the participants experienced shoulder pain, and 52.9% experienced lower back pain which were more than previous studies of badminton aged 14–18 years (shoulder pain: 27.6%, lower back pain: 35.4%)<sup>5)</sup>. In addition, we found that shoulder pain was the most frequent (28 cases, 13.7%) of all the pain cases. Lower back pain came the second (27 cases), followed by foot pain (24 cases), and thigh pain (22 cases). These findings are different from the previous study which reported that foot was the most frequent pain site, knee pain ranked the second and shoulder/elbow came the third in badminton players aged 6–15 years<sup>6)</sup>.

Pain is the pre-stage and one of the main symptoms of injury. The longer pain persists, the more opportunity it has in transforming into a chronic form that may disturb functional ability<sup>14)</sup>. Therefore, in this study, we focused on the most common pain site, which is the shoulder. To identify risk factors of badminton injuries, we used several methods of medical check-up including handgrip strength, HBD, SLR, single leg stance and shoulder and trunk ROM, to examine differences in physical fitness between the participants with present shoulder pain and those without. Greater SLR angle, which shows extra hamstrings flexibility, and weak balance ability have been found that

might produce shoulder pain.

Badminton forehand overhead stroke motion, referred to as a kinetic chain, is similar to a full throwing motion which requires multi-limb coordination and balance ability to perform body core mass shift, trunk rotation and upper limb rotation simultaneously. The complex mechanics of the overhead motion could generate tensile stress on the shoulder through dissipating excess momentum<sup>15)</sup>. Deficits in kinetic chain, *i.e.*, improper trunk rotation sequences could alter stress in shoulder joint and ultimately result in shoulder injury and pain<sup>16)</sup>.

Additionally, the hamstring muscles cross and act upon pelvis joint and knee joint that semimembranosus muscle and semitendinosus muscle help in hip rotation as well as knee bend and inward rotation. When the hamstring muscles become tighter, hip movements are restricted<sup>17)</sup>. Decline in the flexibility of the hamstring muscles and restricted in the hip rotation, resulting in abnormal kinetic chain, has been revealed to be associated with shoulder pain<sup>8,10)</sup>. Thus, we speculated that when the hamstring muscles become weaker, hip compensations are increased leading to disturbance in the kinetic chain which affects the energy transfer from lower limbs to upper limbs. The malfunctioned kinetic chain creates an intermittent load that has to be compensated for by shoulder movement which causes present shoulder pain. Balance ability is a crucial factor in the process of maintaining the body's center of gravity. Balance control is fundamental to the execution of smooth and coordinated neuromuscular action that involves displacement of body segments or the entire body<sup>18)</sup>. Weaker balance ability is the result of abnormal kinetic chain. Improper coordination of the abnormal kinetic chain causes improper overhead techniques. The improper overhead techniques which are risk factors for injuries alter the load in the shoulder joint<sup>16)</sup> or result in upper limbs deviation. Based on these assumptions, we speculated that extra hamstrings flexibility and weak balance ability might result in shoulder pain in badminton players who need perform repetitive overhead movements.

Our result might indicate that injury prevention should focus on improving and maintaining physical fitness, such as strengthening hamstring muscles and balance ability by neuromuscular training programs. So far, no such studies on badminton injury prevention measures have been found. Such neuromuscular training programs have been reported to be effective in enhancing physical fitness and reducing shoulder injury

in other sports players. The 10-week plyometric trainings on balance improved the static balance ability of handball players<sup>19)</sup>. Regarding hamstring muscles training, a Nordic method of FIFA 11+ program was effective in improving hamstrings tightness and reducing hamstrings injuries in previous studies of baseball<sup>20)</sup>. In the future, the studies are needed to investigate the effectiveness of training programs in enhancing and maintaining physical fitness of hamstring muscles and balance ability to reduce and prevent badminton injuries.

This study has some limitations. First, this study is a retrospective study with a self-reported questionnaire, thus more prone to recall bias. Second, injury severity (minor, moderate, severe) and time to return to badminton play have not been investigated. Third, extra hamstrings flexibility might result in shoulder pain, however, the threshold range of SLR angle has not been studied. Moreover, the range of SLR angle of badminton players with different age and gender might be different, future studies of hamstrings flexibility in female and male badminton players broken down by age are needed. Finally, although significant differences in SLR and time of single leg stance were found between the two groups, the significant differences might also be caused by the residual effects of a history of badminton injuries. The result of interventional study of training programs in enhancing physical fitness of hamstring muscles and balance ability might clarify this question.

## Conclusion

This study provided an insight into badminton injuries/pain, and risk factors of badminton injuries/pain in Japanese national tournament level university badminton players. Around 90% of the university badminton players aged 18-22 years suffered from at least one badminton injuries, mostly involving lower limbs and lower back. Female university badminton players were more susceptible to traumatic injuries. Pain associated with badminton was common, and shoulder was the most common pain site. We found that extra hamstrings flexibility and weak balance ability might produce shoulder pain in the university badminton players. These findings have the potential to help target the most at-risk region, and to help improve and maintain targeted physical fitness for injury/pain free badminton participation.

## Acknowledgements

We gratefully express our appreciation to the university badminton players of Senshu University and Waseda University for that collaborated with us on data collection.

## References

- 1) Nippon Badminton Association: <https://www.badminton.or.jp/nba/regist.html>
- 2) Shariff AH et al: Musculoskeletal injuries among Malaysian badminton players. *Singapore Med J*, 50: 1095-1097, 2009.
- 3) Jørgensen U et al: Epidemiology of badminton injuries. *Int J Sports Med*, 8: 379-382, 1987.
- 4) Miyake E et al: A prospective epidemiological study of injuries in Japanese national tournament-level badminton players from junior high school to university. *Asian J Sports Med*, 7: e29637, 2016.
- 5) Badminton World Federation (BWF) : [https://development.bwfbadminton.com/wp-content/uploads/2016/09/Final\\_Petrinovic-et-al.\\_School-of-Kinesiology-University-of-Zagreb.pdf](https://development.bwfbadminton.com/wp-content/uploads/2016/09/Final_Petrinovic-et-al._School-of-Kinesiology-University-of-Zagreb.pdf).
- 6) Sekiguchi T et al: Coexistence of trunk or lower extremity pain with elbow and/or shoulder pain among young overhead athletes: a cross-sectional study. *Tohoku J Exp Med*, 243: 173-178, 2017.
- 7) Fahlström M et al: Shoulder pain—a common problem in world-class badminton players. *Scand J Med Sci Sports*, 16: 168-173, 2006.
- 8) Endo Y et al: Correlation of shoulder and elbow injuries with muscle tightness, core stability, and balance by longitudinal measurements in junior high school baseball players. *J Phys Ther Sci*, 26: 689-693, 2014.
- 9) Zhou X et al: Survey of epidemiology and mechanisms of badminton injury using medical check-up and questionnaire of school age badminton players. *Int J Sport Health Sci*, 14: 146-151, 2020.
- 10) Sekiguchi T et al: Restriction in the hip internal rotation of the stride leg is associated with elbow and shoulder pain in elite young baseball players. *J Shoulder Elbow Surg*, 29: 139-145, 2020.
- 11) Hensley LD et al: A survey of badminton injuries. *Br J Sports Med*, 13: 156-160, 1979.
- 12) Krøner K et al: Badminton injuries. *Br J Sports Med*, 24: 169-172, 1990.
- 13) Goh SL et al: Badminton injuries in youth competitive players. *J Sports Med Phys Fitness*, 53: 65-70, 2013.
- 14) Igolnikov I et al: Sport-Related injury and pain classification. In: Brian H. ed. *Handbook of clinical neurology*. Elsevier Press, Amsterdam: 158: 423-430, 2018.
- 15) Zhou X et al: Teaching method using task analysis to boost motor skill and badminton forehand overhead clear skill learning. *Int J Sports Sci Med*, 3: 47-53, 2019.
- 16) Oyama S et al: Improper trunk rotation sequence is associated with increased maximal shoulder external rotation angle and shoulder joint force in high school baseball pitchers. *Am J Sports Med*, 42: 2089-2094, 2014.
- 17) Palastanga N et al: *Anatomy and human movement: structure and function*. Edinburgh: Churchill Livingstone: 225-228, 2012.
- 18) Brachman A et al: Balance training programs in athletes—a systematic review. *J Hum Kinet*, 58: 45-64, 2017.
- 19) Karadenizli ZI: The effects of plyometric education trainings on balance and some psychomotor characteristics of school handball team. *Univers J Educ Res*, 4: 2292-2299, 2016.
- 20) Seagrave III RA et al: Preventive effects of eccentric training on acute hamstring muscle injury in professional baseball. *Orthop J Sports Med*, 2: 2325967114535351, 2014.

# Conservative Treatment of Lumbar Spondylolysis in Young Athletes Early Athletic Rehabilitation Focusing on Core Training did not Exert an Effect on Bone Healing Especially in Early Stage, which the Defects were Still Incomplete Separation

若年アスリートにおける腰椎分離症の保存療法

初期（不完全分離）は、体幹トレーニングを中心としたアスレチックリハビリテーションを早期に開始しても骨癒合率は低下しない

家里 典幸<sup>1)</sup> Noriyuki Iesato      神谷 智昭<sup>1)</sup> Tomoaki Kamiya  
寺本 篤史<sup>1)</sup> Atsushi Teramoto      渡邊 耕太<sup>2)</sup> Kota Watanabe  
射場 浩介<sup>1)</sup> Kousuke Iba      山下 敏彦<sup>1)</sup> Toshihiko Yamashita

## ● Key words

腰椎分離症, アスレチックリハビリテーション, 骨癒合率  
Spondylolysis; Athletic rehabilitation; Bony healing rate

## ● Abstract

Purpose: We thought that early athletic rehabilitation focusing on core training does not exert an effect on bone healing for lumbar spondylolysis. This study aimed to investigate the bony healing rate and the period for our conservative treatment.

Subjects and Methods: We examined young athletes (age ≤ 18 years), who visited one institution between April 2013 and March 2016, with the chief complaint of lumbar pain, and who were diagnosed with lumbar spondylolysis.

Results: A total of 97 young athletes with lumbar spondylolysis that included 132 pars interarticularis were enrolled. The bony healing rate and the healing period was 93.1% and 3.3 months in early stage, and 56.7% and 5.4 months in progressive stage, respectively.

Conclusions: Especially in the early stage which the defects were still incomplete separation, early athletic rehabilitation focusing on core training did not exert an effect on bone healing.

家里典幸  
〒060-8543 札幌市中央区南1条西16丁目  
札幌医科大学医学部整形外科学講座  
TEL 011-611-2111  
E-mail niesato@sapmed.ac.jp  
Noriyuki Iesato  
S1 W16, Sapporo, Hokkaido 060-8543, Japan  
Department of Orthopaedic Surgery, Sapporo Medical University School of Medicine  
TEL +81-11-611-2111/FAX +81-11-641-6026

1) 札幌医科大学医学部整形外科学講座  
Department of Orthopaedic Surgery, Sapporo Medical University School of Medicine  
2) 札幌医科大学保健医療学部理学療法学第二講座  
Department of Physical Therapy, Sapporo Medical University School of Health Sciences

## Introduction

Lumbar spondylolysis results from a stress fracture that occurs as a result of repeated load placement on the lumbar pars interarticularis owing to sporting or similar activities during the growth phase<sup>1-3</sup>. If lumbar spondylolysis is diagnosed early and is in the early or progressive stage, patients can attain bony healing for conservative treatment<sup>4-8</sup>. However, to attain bony healing, sporting activities should be discontinued for 3-6 months, which poses a challenge for athletes that could result in decreased performance and loss of a regular position. Thus, the young athletes typically want to restart exercising as soon as possible, and to demonstrate sufficient performance right after the return to the sports, and to prevent any recurrence. However, the extent to which exercise can be allowed, and how quickly the patient can return to sports without exerting a harmful impact on bony healing remain unclear. This study aimed to investigate the bony healing rate and the healing period for conservative treatment of lumbar spondylolysis and the impact of athletic rehabilitation on bony healing.

## Materials and Methods

In this study, we examined young athlete (elementary school children to adolescents, age  $\leq 18$  years), who visited the Sports Medical Center in Obihiro Kyokai Hospital (Obihiro city, Hokkaido, Japan), between April 2013 and March 2016, with the chief complaint of low back pain, and who were diagnosed with lumbar spondylolysis. The study cohort only comprised patients with single-level spondylolysis. We excluded patients with multi-level spondylolysis which affected two or more vertebral arches.

To diagnose lumbar spondylolysis, all patients with the chief complaint of lumbar pain lasting more than 2 weeks, and severe back pain that made it difficult to continue sports at the initial examination underwent lumbar radiographic imaging (standing position, four directions: frontal, lateral, anteflexion, and retroflexion) and lumbar computed tomography (CT) (Toshiba, Aquillion, slice thickness 2 mm). For lumbar CT, we recreated sagittal and oblique axial images along the vertebral arches and evaluated the presence or absence of the pars defect. To ensure that we did not miss the defect, we paid attention to the defect occurring from the ventral side of the lamina<sup>7</sup>. We per-

formed additional lumbar magnetic resonance imaging (MRI) (Toshiba, Vantage Titan 3T) on patients in whom the pars defect was revealed on a lumbar radiograph or CT, and even if the pars defect was absent on lumbar CT imaging, we performed lumbar MR imaging on patients with spinous process tenderness or lumbar extension pain. We evaluated the presence or absence of bone marrow edema at the pedicle presenting as hypointense signals on T1-weighted images, and hyperintense signals on T2-weighted images, and T2 fat-suppressed images. Bone marrow edema at the pedicle can be regarded as a stress reaction on the lamina; therefore, its presence indicates early onset spondylolysis<sup>8</sup>. We used these images to diagnose and classify the stage of lumbar spondylolysis based on a modification of the categorizations used by Fujii and Sairyo<sup>5, 6, 9</sup>. We performed staging of each pars defect as follows: Among the pars defects exhibiting bone marrow edema in the adjacent vertebral pedicle, the defect limited to the ventral side of the vertebral arch and bony continuity on the dorsal side (incomplete separation) in CT sagittal images were considered in the early stage, and the defect extended to the dorsal side of the vertebral arch (complete separation) were considered in the progressive stage. Among the pars defects without bone marrow edema in the pedicle, the defects were confirmed that the separation has reached the dorsal side of the vertebral arch (complete separation) and checked whether the edge of the separation has sclerosed or rounded in CT sagittal images. In CT images, not sclerosed or sharp margin of the edges were considered in the progressive stage and sclerosed or rounded margin of the edge were considered in the terminal stages (Figure 1).

We implemented athletic rehabilitation directly after diagnosis to facilitate early return to sports, prevent decreased performance after returning to sports, and prevent any recurrence. Specifically, our method comprised the following steps: (1) temporarily discontinuing participation in sports and implementation of athletic rehabilitation focusing on core training; (2) using a soft night orthosis for sports as a soft trunk corset (night orthosis for sports: MAXBELT S3 [Nippon Sigmax Co., Ltd., Tokyo, Japan] ; (3) engaging in light exercise, such as jogging, when the spinous process tenderness in the abdominal position and lumbar extension pain disappeared; and (4) allowing patients to return to sports upon confirming bone formation on CT, even if complete bony healing was not observed (Figure 2). The orthosis was removed once patients could

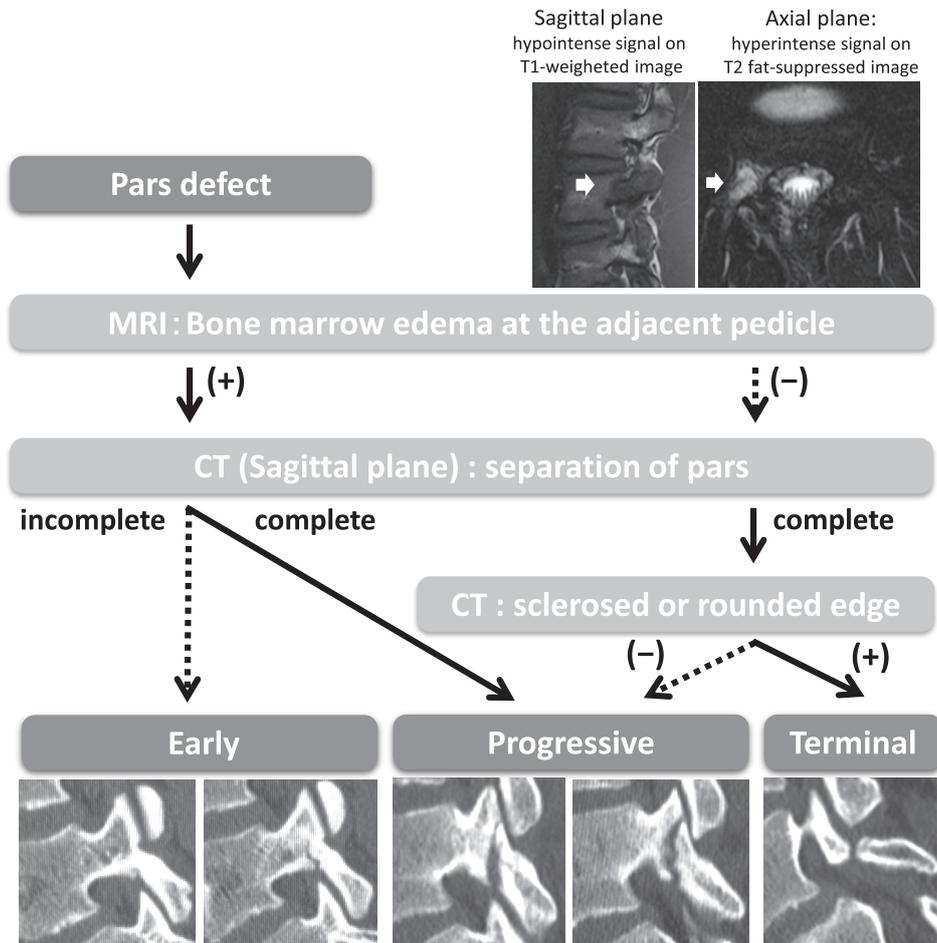


Figure 1 X-P, CT and MRI stage classification for spondylolysis

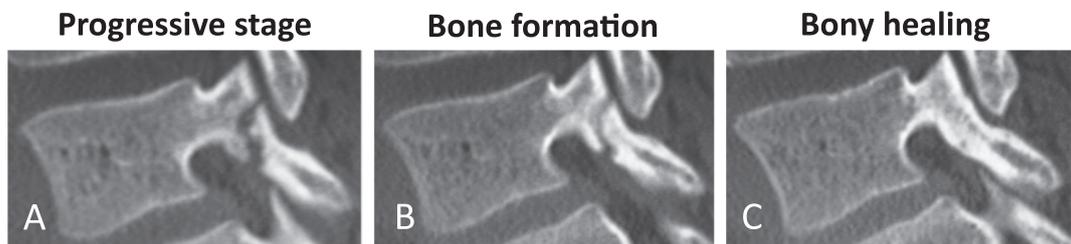


Figure 2 Bony healing process for the pars of spondylolysis on CT sagittal imaging. (A) The pars defect extended to the dorsal side of the vertebral arch (complete separation) and the edge is not sclerosed, so considered in progressive stage. (B) Bone formation is confirmed at the pars defect. It occurs from the dorsal side to ventral side of the vertebral arch, which in the opposite direction of the developing separation. (C) Bony healing is confirmed at the pars defect.

engage in sports at the maximum intensity with no low back pain.

The order of athletic rehabilitation was as follows: (1) increasing thoracic and hip mobility by stretching; (2) activating deep trunk muscles with abdominal draw-in; (3) implementing core stabilization exercises, such as abdominal curls, bird-dogs, side-bridges, and back-bridges, to stabilize the spinal column, and promote segment movement of the spine with the

cat-camel exercise<sup>10-14</sup>.

We used lumbar CT to evaluate bony healing and performed imaging on only the affected vertebrae once every 1-2 months, with by follow-up monitoring until bony healing was achieved or pseudarthrosis was exhibited. Because bony healing of the most ventral side of the vertebral arch is typically delayed, we considered bony healing to have occurred if at least 75% of the vertebral arch had attained bony healing.

Table 1 Characteristics of 97 Patients, 132 vertebral arches

		Number (Patient)	Percentage
· School	Elementary	14	14.4%
	Junior high	55	56.7%
	High	28	28.9%
· Sex	Male	72	74.2%
	Female	25	25.8%
· Separation site	Unilateral	49	50.5%
	Bilateral	48	49.5%
· Separation site level	L2	2	2.1%
	L3	4	4.1%
	L4	26	26.8%
	L5	65	67.0%
· Stage classification	Number (Vertebral arches)		
	Early	102	77.3%
	Progressive	30	22.7%

We implemented treatment that aimed for bony healing in the early and progressive stage, and pain management in the terminal stage. Regarding the patients in the terminal stage, athletic rehabilitation was implemented, and a return to sports was allowed once the patient's pain disappeared. We investigated the outcomes of conservative treatment (the bony healing rate and bony healing period) in patients with lumbar spondylolysis in the early and progressive stage with regards to school year, sex, separation site (unilateral or bilateral), separation site level (L2 and L3, L4, or L5), and stage classification (early, progressive).

Statistical Analysis was performed with IBM SPSS Statistics ver. 24.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA). The Fisher's exact test and Student's t-test were used for comparison between the two groups, and one-way ANOVA and Tukey-Kramer method were used for comparison between the three groups, and p values of <0.05 were considered statistically significant.

This study was approved by the Ethics Committee of the Obihiro Kyokai Hospital (Obihiro city, Hokkaido, Japan). The approval number is "Obi-Kyokai 2015-16".

## Results

In this study, 107 patients who were younger than 18 years (72 males and 25 females) were diagnosed with single-level lumbar spondylolysis, which were in the early or progressive stage. Of these, we implemented athletic rehabilitation with follow-up monitoring in 97 patients (mean age  $14.2 \pm 2$  years), including 132 vertebral arches. The follow-up rate was 90.7%, and the mean follow-up period was  $189.3 \pm 93.2$  days. Regarding separation sites, 49 patients showed unilateral

and 48 showed bilateral. For separation site level, 2 patients showed L2, 4 showed L3, 26 showed L4, and 65 showed L5. A total of 102 vertebral arches were classified as early, and 30 were classified as progressive (Table 1).

The bony healing rate was 62.5% in elementary school students, 89.7% in junior high school students, and 85.4% in high school students. The bony healing rate was significantly lower in elementary school students compared to junior high school students ( $P < 0.05$ ). The bony healing rate was 84.0% in males and 87.5% in females, exhibiting no significant difference between the sexes. The bony healing rate was 93.9% for unilateral separation and 79.5% for bilateral separation. The bony healing rate was significantly higher in unilateral compared to bilateral separation ( $P < 0.05$ ). Regarding the separation site level, the bony healing rate was 85.7% in L2 and L3, 92.5% in L4, and 81.2% in L5, demonstrating no significant difference between the groups. The bony healing rate was 93.1% in the early stage, and 56.7% in the progressive stage. Thus, the bony healing rate was significantly higher in the early compared to the progressive stage ( $P < 0.01$ ; Table 2).

Overall, the bony healing period was  $112.7 \pm 53.7$  days in this study. The bony healing period was  $145.0 \pm 51.4$  days in elementary school students,  $113.7 \pm 62.8$  days in junior high school students, and  $100.6 \pm 32.5$  days in high school students. Thus, the period until the occurrence of bony healing was significantly longer in elementary school students than in high school students ( $P < 0.05$ ). The bony healing period was  $115.6 \pm 56.9$  days for males and  $103.6 \pm 41.5$  days for females, revealing no significant difference. The bony healing

Table 2 The outcomes of conservative treatment (the bony healing rate and period)

		Bony union rate	Numbar (union/Total)	Bony healing period (mean ± SD)
· School	Elementary	62.5%	(10/16)	145.0 ± 51.4
	Junior high	89.7%	(61/68)	113.7 ± 62.8
	High	85.4%	(41/48)	100.6 ± 32.5
· Sex	Male	84.0%	(84/100)	115.6 ± 56.9
	Female	87.5%	(28/32)	103.6 ± 41.5
· Separation site	Unilateral	93.9%	(46/49)	107.0 ± 47.4
	Bilateral	79.5%	(66/83)	116.1 ± 58.0
· Separation site level	L2,3	85.7%	(6/7)	101.1 ± 39.6
	L4	92.5%	(37/40)	99.4 ± 36.2
	L5	81.2%	(69/85)	119.9 ± 60.2
· Stage classification	Early	93.1%	(95/102)	98.6 ± 34.2
	Progressive	56.7%	(17/30)	160.7 ± 76.5
· Total		84.8%	(112/132)	112.7 ± 53.7

SD, standard deviation, \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ .

period was  $107.0 \pm 47.4$  days in unilateral separation and  $116.1 \pm 58.0$  in bilateral separation, indicating no significant difference. The bony healing period according to separation site level was  $101.1 \pm 39.6$  days for L2 and L3,  $99.4 \pm 36.2$  days for L4, and  $119.9 \pm 60.2$  days for L5 revealing no significant difference. The bony healing period by stage classification was  $98.6 \pm 34.2$  days (3.3 months) in the early stage, and  $160.7 \pm 76.5$  days (5.4 months) in the progressive stage. Thus, the bony healing period was significantly shorter in early stage compared to progressive stage ( $P < 0.01$ ; Table 2).

### Discussion

Bony healing can be attained in patients with lumbar spondylolysis by discontinuing sports and implementing fixation with a trunk corset if detected early after onset. However, concerns have been raised as to whether early athletic rehabilitation decreases the bony healing rate or prolongs the bone healing period; therefore, we investigated the treatment results in this study. In the early and the progressive stage, the bony healing rate in this study was 93.1% and 56.7%, and the bone healing period was 3.3 and 5.4 months, respectively. Sairyo et al. reported a healing rate of 82%–94% and a healing period of 3.2 months in early stage, and a healing rate of 60%–64% and healing period of 5.4 months in the progressive stage<sup>6, 8)</sup>, which are consistent with the results of our study and no prolonged bone union period was observed with early athletic re-

habilitation. Especially in the early stage, which the defects were still incomplete separation, the bony healing rate was more than 90% and the healing period was within 3.5 months, which suggests that early athletic rehabilitation focusing on core training does not exert an effect on bone healing.

The extent to which exercise can be allowed without adversely affecting the bony healing rate during the discontinuation period of sports remains unclear. Treatment at our hospital is characterized by initiating athletic rehabilitation that focuses on core training after diagnosis. Panjabi defined the range of motion in which appropriate load was applied to joint components such as bones, capsules, and ligaments as the neutral zone, and the range of motion in which excessive load was applied to joint components as the elastic zone<sup>15)</sup>. Facet joints movement beyond the elastic zone will be considered to promote separation of the pars, and it is important to exercise within the neutral zone in order to achieve bony healing. It is considered that the core training is within the neutral zone without excessive bending or twisting of the spine, so we considered no exert an effect on bony healing. In addition, since lumbar spondylolysis comprises stress fractures, aiming for bony healing and preventing recurrence warrants improvement that considers the burden being placed on the separation site. Reportedly, specific training for muscles around the spinal column (deep abdominal muscles and lumbar multifidus) was effective to reduce chronic lumbar pain in adult patients with lumbar

spondylolysis, because stabilization of the spinal column reduced the burden on the separation site<sup>14)</sup>. Thus, we thought that reducing the burden on the separation site with specific training of the muscles around the spinal column could also be effective in young patients with early phase spondylolysis, which is why we incorporated it into the athletic rehabilitation for our study population. Considering that our outcomes for the bony healing rate and bony healing period aligned with those of previous studies, it suggests that athletic rehabilitation that focuses on core training does not exert an effect on bony healing.

There is no consensus regarding the initiation time for re-engagement in sports. Patients with lower limb stress fractures are recommended to gradually increase activity after several weeks of rest and following the improvement of symptoms<sup>16, 17)</sup>. We speculated that the same might be true for patients with spondylolysis; therefore, we allowed light exercise, such as jogging, once the spinous process tenderness in the abdominal position and lumbar extension pain disappeared. In the typical healing process for stress fractures, bone formation occurs after bone resorption, resulting in bone remodeling<sup>18)</sup>. We considered it unlikely that pseudoarthrosis would develop if healing progressed from the bone resorption period to the bone formation period. We therefore allowed our patients to return to sports once bone formation was confirmed on CT images. Consequently, we observed no progression to pseudoarthrosis in any of the patients that exhibited bone formation.

The trunk corset that we used in this study was a soft night orthosis for sports. Hard corsets are recommended because Sairyo et al. reported that the bony healing rate increased by changing from a soft to a hard corset. They found that the hard corset inhibited extension and rotation of the lumbar vertebrae more than the soft corset<sup>6)</sup>. In our opinion, to stabilize the trunk, it is more essential to provide the power of internal fixation that is accompanied by the increased abdominal pressure over the power of external fixation that is provided with a corset. We consider the first stage of treatment is that to attain spinal stability by increase the abdominal pressure with draw-in and activate of deep trunk muscles. Hence, we used a soft corset to obtain support by increasing the abdominal pressure. Another advantage of a soft corset is that it can be fitted during athletic rehabilitation and when restarting sports. However, in this study, the bony healing rates by each parameter was lower the patients in

elementary school, with bilateral separations, and in the progressive stage. It has been reported that it is difficult to obtain bony healing in bilateral separations and in the progressive stage<sup>5)</sup>. Early diagnosis is important because complete separation makes bone union difficult. Elementary school children do not have sufficient core trunk muscle strength, and often find it difficult to maintain in the neutral zone of the spine during exercises. For elementary school children who do not have sufficient core trunk muscle strength, care should be taken as the core training may promote separation of the pars. Thus, stable fixation with a hard corset could be an option for these patients.

This study has some limitations. First, we included no control group. Between April 2009 and March 2013, we stopped exercising after the diagnosis, and resumed from light exercise after the back pain disappeared. Among 49 young athletes with lumbar spondylolysis that included 52 pars interarticularis, the bony healing rate was 90.7% in early stage, and 44.4% in progressive stage. Although it was not possible to make a simple comparison due to different some backgrounds, the bony healing rate in this study did not show a clear decrease compared to the result before introduction of early athletic rehabilitation. So, it would appear that athletic rehabilitation that focuses on core training does not exert an effect on bony healing. Second, we did not investigate recurrence rates. The average follow-up period was 189.3 days (6.3 months), but there may be cases of recurrence after that. Through athletic rehabilitation, we identify the factors that cause repeated load on the lumbar spine, modify the usage of the body during exercise, and reduce the mechanical load on the lumbar spine. We also expect that the recurrence rate will decrease, but further follow-up and investigation are required in the future.

## Conclusion

In conclusion, the bony healing rate in our patients with lumbar spondylolysis was 93.1% in early stage, and 56.7% in progressive stage, and the bony healing period was 98.6 and 160.7 days, respectively. These results corroborate with previous studies and imply that early athletic rehabilitation focusing on core training did not exert an effect on bone healing especially in early stage which the defects were still incomplete separation.

## References

- 1) Wiltse LL et al: Fatigue fracture: the basic lesion is intrinsic spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg Am*, 57: 17-22, 1975.
- 2) Farfan HF et al: The mechanical etiology of spondylolysis and spondylolisthesis. *Clin Orthop Relat Res*, 117: 40-55, 1976.
- 3) Fredrickson BE et al: The natural history of spondylolysis and spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg Am*, 66: 699-707, 1984.
- 4) Klein G et al: Nonoperative treatment of spondylolysis and grade I spondylolisthesis in children and young adults: a meta-analysis of observational studies. *J Pediatr Orthop*, 29: 146-156, 2009.
- 5) Fujii K et al: Union of defects in the pars interarticularis of the lumbar spine in children and adolescents. The radiological outcome after conservative treatment. *J Bone Joint Surg Br*, 86: 225-231, 2004.
- 6) Sairyo K et al: Conservative treatment for pediatric lumbar spondylolysis to achieve bone healing using a hard brace: what type and how long?: Clinical article. *J Neurosurg Spine*, 16: 610-614, 2012.
- 7) Terai T et al: Spondylolysis originates in the ventral aspect of the pars interarticularis: a clinical and biomechanical study. *J Bone Joint Surg Br*, 92: 1123-1127, 2010.
- 8) Sairyo K et al: MRI signal changes of the pedicle as an indicator for early diagnosis of spondylolysis in children and adolescents: a clinical and biomechanical study. *Spine*, 31: 206-211, 2006.
- 9) Iesato N et al: Prevalence of multiple-level spondylolysis and the bone union rates among growth-stage children with lower back pain. *Spine Surg Relat Res*, 5: 292-297, 2021.
- 10) Hodges PW et al: Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther*, 77: 132-144, 1997.
- 11) Kavcic N et al: Determining the stabilizing role of individual torso muscles during rehabilitation exercises. *Spine*, 29: 1254-1265, 2004.
- 12) McGill SM: Low back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exerc Sport Sci Rev*, 29: 26-31, 2001.
- 13) Brown SH et al: Effects of abdominal muscle coactivation on the externally preloaded trunk: variations in motor control and its effect on spine stability. *Spine*, 31: E387-E393, 2006.
- 14) O'Sullivan PB et al: Evaluation of specific stabilizing exercise in the treatment of chronic low back pain with radiologic diagnosis of spondylolysis or spondylolisthesis. *Spine*, 22: 2959-2967, 1997.
- 15) Panjabi MM: Clinical spinal instability and low back pain. *J Electromyogr Kinesiol*, 13: 371-379, 2003.
- 16) Kaeding CC et al: Management and return to play of stress fractures. *Clin J Sport Med*, 15: 442-447, 2005.
- 17) Patel DS et al: Stress fractures: diagnosis, treatment, and prevention. *Am Fam Physician*, 83: 39-46, 2011.
- 18) Mori S et al: Increased intracortical remodeling following fatigue damage. *Bone*, 14: 103-109, 1993.

# 初診時すでに間隙を伴う偽関節となっていた 第5腰椎分離症の骨形態学的な特徴

## Bone Morphological Features of 5th Lumbar Spondylolysis with Pseudarthrotic Bone Cleft at the First Visit

辰村 正紀<sup>1)</sup> Masaki Tatsumura 蒲田 久典<sup>2)</sup> Hisanori Gamada  
浅井 玲央<sup>2)</sup> Reo Asai 鈴木 秀典<sup>2)</sup> Hidefumi Suzuki  
平野 篤<sup>1)</sup> Atsushi Hirano 山崎 正志<sup>2)</sup> Masashi Yamazaki

### ● Key words

腰椎分離症, 偽関節, 形態学的特徴

### ● 要旨

目的: 初診時すでに両側性の偽関節を呈していた第5腰椎分離症の形態学的特徴を調査すること。

方法: 初診時に両側性の偽関節化した第5腰椎分離症を有する18歳以下の52症例(男性35例, 女性17例)を対象とした。調査項目は椎間板変性, 骨性終板不整, 椎体前方すべり, 他高位分離症, 仙骨翼疲労骨折, 潜在性二分脊椎の合併の有無とした。

結論: 初診時に偽関節を呈していたL5分離症には, 半数近くでL5/S椎間板変性およびL5前方すべりおよび潜在性二分脊椎の合併を認め, 2割程度にL5/Sの骨性終板不整および他高位分離の合併を認めた。他高位分離や仙骨翼疲労骨折を見落とさないように注意が必要である。

### はじめに

これまで本院では発育期の腰部疾患に関連した報告を行ってきた。腰椎分離症の主症状は腰痛であるが発生しても自覚症状が軽度の場合は来院しないため, 初診時の腰椎分離症例の38%が偽関節であったという報告もある<sup>1)</sup>。今回は当初から偽関節であった症例に着目し, 初診時すでに両側性の偽関節を呈していた第5腰椎分離症の形態学的特徴を調査した。

### 方 法

対象は2014年4月から2018年12月までに当院で加療した腰痛を主訴に本院受診した高校生以下の症例のう

ち, 初診時ですでに両側性の大きな間隙を伴う偽関節を呈していた第5腰椎分離症を有する52症例(平均年齢15.1歳(11~18歳), 男性35例, 女性17例)を対象とした。全例初診時まで偽関節の診断がついていなかった症例であった。調査項目は椎間板変性の有無, 骨性終板の不整の有無, 椎体前方すべりの有無, 他高位の分離症の有無, 仙骨翼疲労骨折の合併の有無, 潜在性二分脊椎(SBO)の有無を調査した(表1)。椎間板変性はMRIでL5/Sのみを評価しPfirrmann分類<sup>2)</sup>2度以上を変性ありとした(図1a-c)。骨性終板の不整はCT矢状断および冠状断でSchmorl結節(図1d), 隅角解離(図1e), 隅角欠損(図1f)をL5/Sに絞って評価した。椎体前方すべりはL5の前方すべりに関して単純X線中間位もしくは前屈位で評価しMeyerding分類<sup>3)</sup>1度(図1g)および2度(図1h)をすべりありとした(表2)。

辰村正紀

〒310-0015 水戸市宮町3-2-7

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

TEL 029-231-2371

E-mail tatsumura@md.tsukuba.ac.jp

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

Department of Orthopaedic Surgery and Sports Medicine, University of Tsukuba Hospital Mito Clinical Education and Training Center / Mito Kyodo General Hospital

2) 筑波大学医学医療系整形外科

Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of Medicine, University of Tsukuba

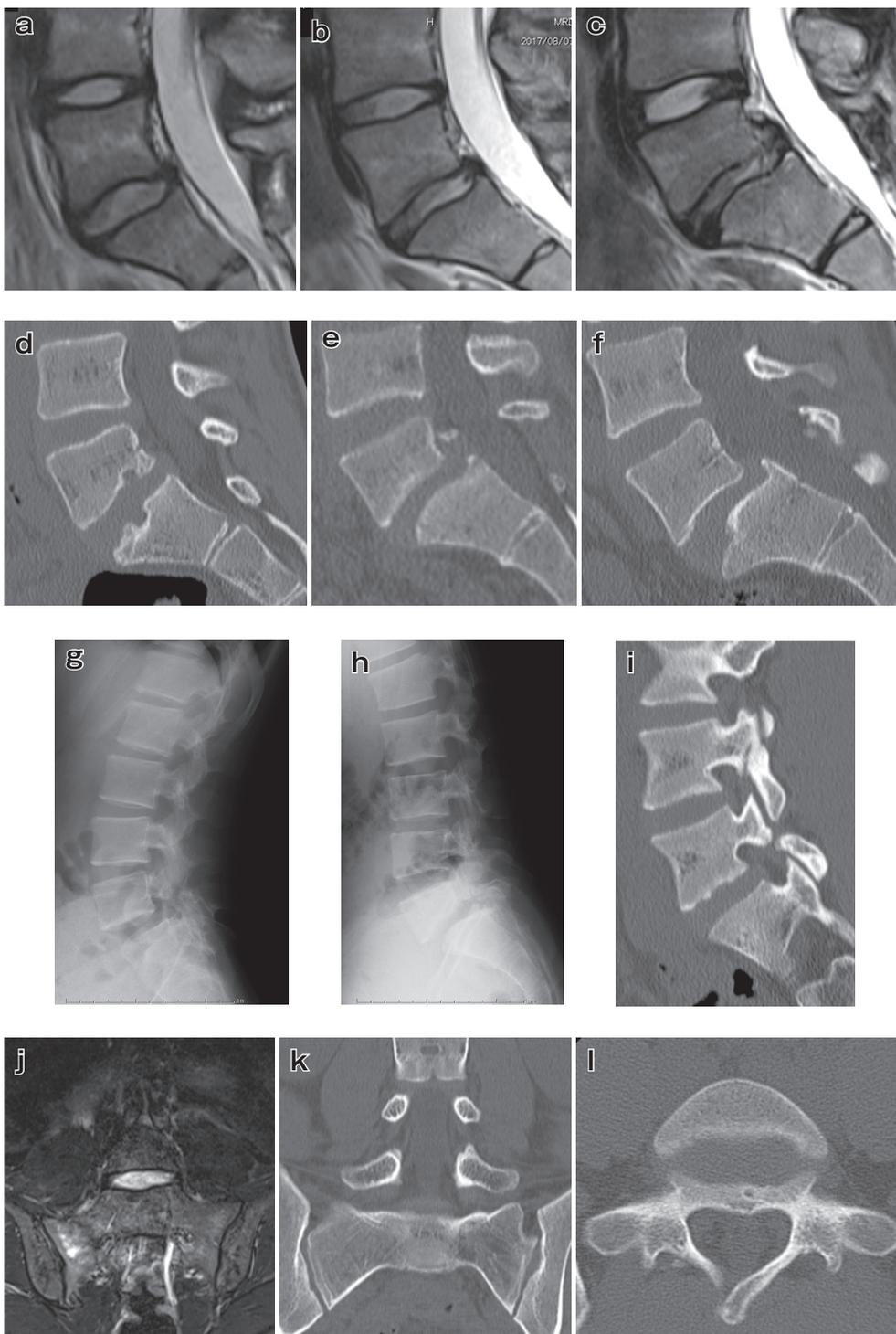


図 1 a : 椎間板変性 (Pfirsman 分類 2 度) は 12 椎間で椎間板変性のうち 52%であった。  
 b : 椎間板変性 (Pfirsman 分類 3 度) は 7 椎間で椎間板変性のうち 30%であった。  
 c : 椎間板変性 (Pfirsman 分類 5 度) は 4 椎間で椎間板変性のうち 17%であった。  
 d : Schmorl 結節は 4 椎間で骨性終板変性のうち 44%であった。  
 e : 隅角分離は 3 椎間で骨性終板変性のうち 33%であった。  
 f : 隅角欠損は 2 椎間で骨性終板変性のうち 22%であった。  
 g : Meyerding 分類 1 度は 19 例ですべり症例の 83%であった。  
 h : Meyerding 分類 2 度は 4 例ですべり症例の 17%であった。  
 i : L4 と L5 の合併例。本研究では他高位の分離は 10 例で全体の 19%であった。  
 j, k : 仙骨翼疲労骨折は 3 例で全体の 5.8%であった。MRI では右仙骨翼に骨髄浮腫を認めるが (j), CT では仙骨翼の骨折線を認めない (k)。  
 l : 潜在性二分脊椎 (SBO) は 28 例で全体の 54%を占めた。

表 1 本研究の症例内訳

平均年齢	15.1 歳 (11~18 歳)
男女比	男性 35 : 女性 17
椎間板変性 (L5/S)	23 例 (44%)
骨性終板の不整 (L5/S)	9 例 (17%)
椎体前方すべり	23 例 (44%)
他高位の分離合併	10 例 (19%)
仙骨翼疲労骨折合併	3 例 (5.8%)
潜在性二分脊椎合併	28 例 (54%)

表 2a 椎間板変性 (L5/S) 内訳

Pfirrmann 分類	椎間数 (%)
2 度	12 椎間 (52%)
3 度	7 椎間 (30%)
5 度	4 椎間 (17%)
合計	23 椎間

表 2b 骨性終板不整 (L5/S) 内訳

骨性終板の種類	椎間数 (%)
Schmorl	4 椎間 (44%)
隅角解離	3 椎間 (33%)
隅角欠損	2 椎間 (22%)
合計	9 椎間

表 2c Meyerding 分類内訳

Meyerding 分類	椎間数 (%)
1 度	19 椎間 (83%)
2 度	4 椎間 (17%)
合計	23 椎間

さらに他高位の分離症 (図 1i) もしくは仙骨翼疲労骨折 (図 1j, k) の有無を CT もしくは MRI で評価した。SBO は CT で腰椎もしくは仙椎のいずれか椎弓正中に間隙があるものと定義した (図 1l)。

## 結 果

L5/S に椎間板変性を合併したのは 23 例 (44%) であった。うち 6 例 (12%) が複数椎間の罹患を認めた。L5/S の変性の内訳は、椎間板高減少を伴う Pfirrmann 分類 5 度は 4 椎間 (17%)、3 度が 7 椎間 (30%)、2 度が 12 椎間 (52%) であった。

骨性終板の不整を合併したのは 9 例 (17%) であった。その内訳は 4 例が Schmorl 結節 (44%)、3 例が隅角解離 (33%)、2 例が隅角欠損 (22%) であった。

椎体前方すべりを合併したのは 23 例 (44%) であった。その内訳は Meyerding 分類 1 度が 19 例 (83%)、2 度が 4 例 (17%) であった。

他高位の分離症を合併したのは 10 例 (19%)、仙骨翼疲労骨折を合併したのは 3 例 (5.8%) だった。SBO の合併は 28 例 (54%) だった。

## 考 察

腰椎分離症が偽関節となった場合には、滑膜炎による炎症<sup>4)</sup>が問題となるだけでなく、力学的な伝達経路が変化するため二次的に変性が促進されることが問題となる。

まず第 5 腰椎分離症が偽関節化すると L5/S 間の椎間板に応力が集中するため、L5/S の椎間板変性や骨性終板の不整を合併する頻度が高くなる<sup>5)</sup>。椎間板変性は 10 代前半から発生するようになるため<sup>6)</sup>、思春期でも特発性にみられることがある。ただし特発性の椎間板高が減じる高位は L4/5 が多くとされているが<sup>7)</sup>、本研究では椎間板高が減じていたものは L5/S のみであることから L5 分離の偽関節化の影響が大きいと考える。

また椎体すべりに関しては、骨年齢が Cartilaginous Stage より若い未発達な症例に生じることが多いとされている<sup>8)</sup>。一方で成人期以降にもすべりが進行するという報告もある<sup>9)</sup>。本研究では 4 例に初診時の腰椎すべりを認めた。変性すべりの頻度は 50 歳代から増加するとされており<sup>10)</sup>、思春期の腰椎すべり症の多くは分離症の偽関節が原因で生じたものと考えられる。本研究では半数近くがすべりを呈しており、うち 4 例の Meyerding 分類 2 度と進行を認めた。

他高位の分離症や仙骨翼疲労骨折など偽関節以外に病変を認めた症例が 25% を占めた。これらの症例は偽関節ではなく他の要因で生じた腰痛が受診のきっかけとなり、偽関節化した第 5 腰椎分離症の発見に至った。腰痛を MRI のみで評価をすると偽関節化した L5 分離を見逃すことがある。CT のみの評価では偽関節部のみが描出され、他高位に新規に発生した分離を見逃すこともある。MRI と CT の両者を用いて、新規に発生した分離と偽関節化した分離の両者を見落とすことなく診断することが重要である。

SBO の合併は 28 例と多かった。SBO を合併すると分離症の癒合率が低くなるという報告もあり<sup>11)</sup>、SBO 保有者が偽関節に至るリスクが高く、結果的に分離症と SBO の合併は多くなると推測する。

## 結 語

初診時すでに両側性の偽関節を呈していた第 5 腰椎分離症には、半数近くで L5/S 椎間板変性および L5 前方すべりおよび潜在性二分脊椎の合併を認め、2 割程度に L5/S の骨性終板不整および他高位分離の合併を認めた。他高位分離や仙骨翼疲労骨折を見落とさないように注意が必要である。

## 文 献

- 1) Tatsumura M et al: Prevalence of curable and pseudoarthrosis stages of adolescent lumbar spondylolysis. *J Rural Med*, 13: 105-109, 2018.
- 2) Pfirrmann CW et al: Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine*, 26: 1873-1878, 2001.
- 3) Meyerding HW: Spondylolisthesis. *Surg Gynecol Obstet*, 54: 371-377, 1932.
- 4) Sairyo K et al: Painful lumbar spondylolysis among pediatric sports players: a pilot MRI study. *Arch Orthop Trauma Surg*, 131: 1485-1489, 2011.
- 5) Gervais J et al: MRI signal distribution within the intervertebral disc as a biomarker of adolescent idiopathic scoliosis and spondylolisthesis. *BMC Musculoskelet Disord*, 13: 239, 2012.
- 6) Miller JA et al: Lumbar disc degeneration: correlation with age, sex, and spine level in 600 autopsy specimens. *Spine*, 13: 173-178, 1988.
- 7) Videman T et al: Magnetic resonance imaging findings and their relationships in the thoracic and lumbar spine. Insights into the etiopathogenesis of spinal degeneration. *Spine*, 20: 928-935, 1995.
- 8) Sairyo K et al: Development of spondylolytic olisthesis in adolescents. *Spine J*, 1: 171-175, 2001.
- 9) Floman Y: Progression of lumbosacral isthmic spondylolisthesis in adults. *Spine*, 25: 342-347, 2000.
- 10) Wang YXJ et al: Lumbar degenerative spondylolisthesis epidemiology: a systematic review with a focus on gender-specific and age-specific prevalence. *J Orthop Translat*, 11: 39-52, 2017.
- 11) 石本立ほか：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. *日臨スポーツ医会誌*, 26: 442-450, 2018.