

上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の 病巣部位と投球時痛を生じる位相の関連性

Relationship between the lesion area in osteochondritis dissecans of the humeral capitellum and the painful phase of throwing

前田慎太郎*, 橋本和典*

キー・ワード : osteochondritis dissecans of the humeral capitellum, lesion area, pain
上腕骨小頭離断性骨軟骨炎, 病巣部位, 痛み

〔要旨〕 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎（以下小頭 OCD）の病巣部位と投球時肘外側部痛を生じる位相（Painful Phase：以下 PP）の関連性を調査した。小頭 OCD の青少年期野球選手 43 名を対象とし、MRI を用いて病巣部位（以下病巣角）を測定し PP 各群の病巣角を比較した。結果は、PP 各群の内訳は Late Cocking (LC) 群 11 名、Acceleration (Acc) 群 20 名、Deceleration (Dcl) 群 12 名であった。病巣角（平均値±標準偏差）は LC 群 $75.1 \pm 9.8^\circ$ 、Acc 群 $63.3 \pm 10.1^\circ$ 、Dcl 群 $51.4 \pm 11.4^\circ$ の順に大きく、いずれの群間にも有意差を認めた。PP 各相によって病巣部位に違いを認めたが、小頭 OCD の病巣部位の決定に関連する要因について本研究のみから明らかにすることは困難であった。

はじめに

上腕骨小頭離断性骨軟骨炎（以下小頭 OCD）は青少年期野球選手の約 2%（1.3~3.4%）に発生する¹⁻³⁾と言われており、野球肘外側部障害の中でも最も重篤な疾患の一つである。本疾患において、投球動作に伴う反復性のメカニカルストレスは主要な危険因子の一つと考えられている⁴⁻⁶⁾。一方、著者らは野球選手の小頭 OCD の病巣部位（前後位置）が個々の症例によって様々であることを経験した⁷⁾が、その要因については未だ不明な点が多い。

先行研究において室井ら⁸⁾は、野球選手と体操選手では病巣部位が異なる（順に $54.0 \pm 9.3^\circ$ 、 $24.0 \pm 8.6^\circ$ ）ことを報告し、その要因として競技特性の影響によって腕橈関節が外力を受ける肢位（肘関節屈曲角度）が異なることを挙げている。しかし、野球選手間での比較は行われておらず、野球選手の各症例によって病巣部位が異なる要因については十分検討されていない。

また、投球動作関連因子の一つである投球時の肘痛に関して、鈴川ら⁹⁾は小頭 OCD 罹患選手における投球時痛を生じる位相の特徴について調査し報告している。しかし、投球時痛を生じる位相と小頭 OCD の病巣部位の関連性を調べた報告は見当たらない。

そこで、本研究の目的は青少年期野球選手における小頭 OCD の病巣部位を、投球時肘外側部痛を生じる位相（Painful Phase：以下 PP）にて群分けし比較検討することにより、本疾患における病巣部位の決定に関連する要因をより明らかにすることとした。

対象と方法

対象は 2010 年から 2017 年に当院にて小頭 OCD と診断された青少年期野球選手 72 名のうち、MRI 撮影ならびに共通項目に基づく問診を施行でき、かつ投球動作中の肘外側部痛を有していた 43 名とした。なお、本研究における青少年期の定義は小学生、中学生、高校生とし、大学生以上は除外した。性別は全て男性であり、年齢は受診時 13.5 ± 2.3 歳（平均値±標準偏差）、発症時 12.8

* 医療法人和光 和光整形外科クリニック

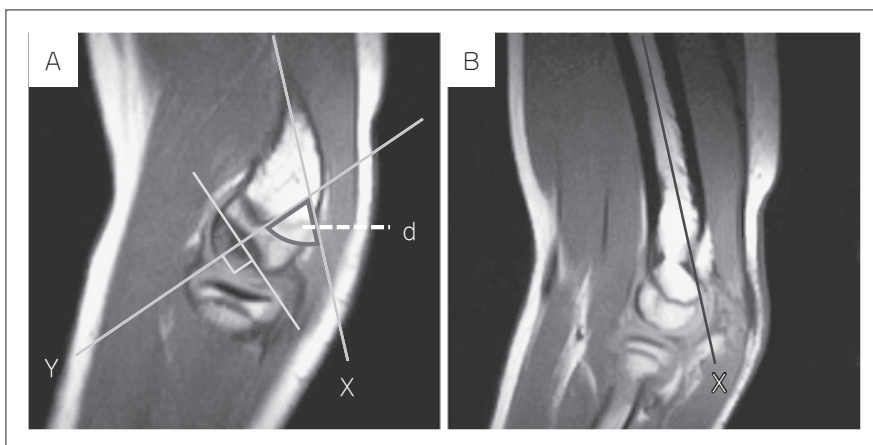


図1 MRIによる病巣角の測定方法
 線X：上腕骨長軸線（Bの上腕骨骨幹部中央を貫くスライスにて測定）
 線Y：病巣の前上縁と後下縁を結んだ線の垂線
 角度d：病巣角

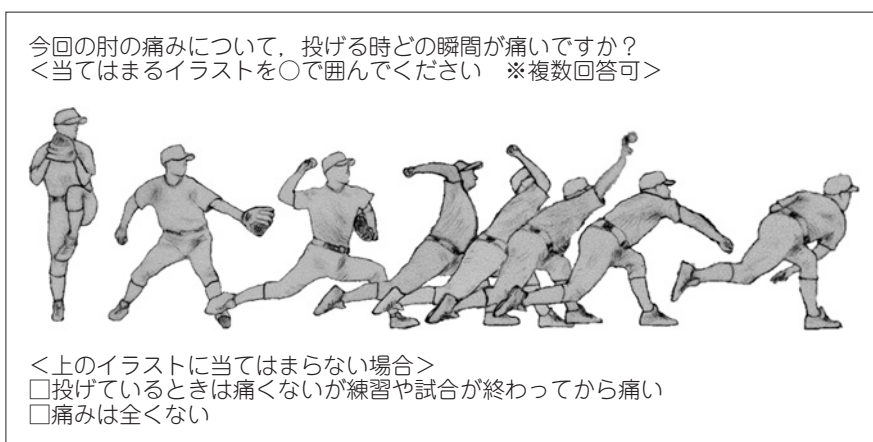


図2 PPの評価に用いた問診票

±2.7歳であった。ポジションの内訳は投手15名、内野手18名、捕手5名、外野手5名、使用球は軟式球21名、硬式球19名、ソフトボール3名（内野手1名と捕手2名でありソフトボール投手ではない）であった。岩瀬らのX線病期分類¹⁰⁾では透亮期外側型1名、中央型13名、分離期前期型11名、後期型9名、遊離期巢内型5名、巢外型4名であった。岩堀らのX線病巣分類¹¹⁾では外側型1名、中央型6名、広範囲型36名であった。

病巣部位は、MRIのT1強調矢状断像にて、上腕骨骨幹部中央を貫く上腕骨長軸線（図1.B）に対して病巣の前上縁と後下縁を結んだ線の垂線が成す角度（以下病巣角）（図1.A）を測定した。すなわち、病巣角が大きいほど病巣中心は小頭のより前方に位置することを意味する。なお、病巣角測

定に使用する矢状断像は、先に冠状断像にて病巣部中央付近を貫き、かつ病巣を最大に描出するスライスを選択し決定した。本研究における病巣の定義は、T1強調矢状断像における骨髓低信号もしくは軟骨下骨の連続性消失¹²⁾とした。また、病巣角の測定は2名の検者で行い、級内相関係数¹³⁾を用いて検者内信頼性ICC(1,1)、ならびに検者間信頼性ICC(2,1)についても検討した。

PPの評価には一連の投球動作が記載された問診票を用いた（図2）。複数回答があった場合は直接問診にて最も痛みの強かった位相を確認し、また、同程度の痛みが複数あった場合は最も早期の位相をPPとした。PPはステップ脚接地から肩最大外旋位（Maximum External Rotation：以下MER）までを表すLate Cocking(LC)群、肩MER

表 1 PP 各群の基本属性
いずれの項目にも有意差を認めなかった。

	LC 群 (n=11)	Acc 群 (n=20)	Dcl 群 (n=12)	p 値
受診時年齢 (歳)	13.9±1.6	13.5±1.3	14.3±1.4	0.33 ^a
発症時年齢 (歳)	13.7±1.6	13.1±1.2	13.5±1.0	0.38 ^a
ポジション (名)	投手	2	8	0.64 ^b
	内野手	6	9	
	捕手	2	1	
	外野手	1	2	
使用球 (名)	硬式球	5	8	0.85 ^b
	軟式球	5	10	
	ソフト	1	2	
X 線病期分類 (名)	透亮期外側型	1	0	0.64 ^b
	中央型	3	6	
	分離期前期型	2	5	
	後期型	3	5	
	遊離期巣内型	0	3	
	巣外型	2	1	
X 線病巣分類 (名)	外側型	1	0	0.05 ^b
	中央型	3	0	
	広範囲型	7	20	

^a 統計処理：一元配置分散分析

^b 統計処理： χ^2 検定

からボールリリース (Ball Release：以下 BR) までを表す Acceleration (Acc) 群, BR 直後を表す Deceleration (Dcl) 群の 3 群¹⁴⁾ に加え, 投げているときは痛くないが練習や試合が終わってから痛い After Pain 群, 痛みは全くない No Pain 群に分類された。本研究では, これらのうち投球動作中の疼痛を自覚している LC 群・Acc 群・Dcl 群の 3 群を分析の対象とし, 明らかな投球時痛を表出していない After Pain 群 (5 名) および No Pain 群 (5 名) は除外した。

統計学的検討は一元配置分散分析を行い, 多重比較検定として Scheffe 法を用いた。いずれも危険率 5% 未満を有意差ありとした。なお, 結果の年齢および病巣角は平均値±標準偏差にて示し, さらに病巣角は 95% 信頼区間 (以下 95%CI) も示した。

本研究を行うにあたり当院倫理審査委員会の承認を得た (承認番号 WOCEC2017002)。また, 対象および保護者には研究の趣旨を説明し署名にて同意を得た。

結 果

PP 各群の内訳は LC 群 11 名, Acc 群 20 名, Dcl 群 12 名であった。各群の年齢, ポジション, 使用

球, X 線病期分類および病巣分類は表 1 に示す。

PP 各群の病巣角は LC 群 75.1±9.8° (95%CI : 69.3~80.9), Acc 群 63.3±10.1° (95%CI : 58.9~67.7), Dcl 群 51.4±11.4° (95%CI : 44.9~57.9) であった。多重比較の結果, LC 群-Acc 群 ($p<0.05$, 95%CI : 3.9~19.7), LC 群-Dcl 群 ($p<0.01$, 95%CI : 14.0~33.4), Acc 群-Dcl 群 ($p<0.05$, 95%CI : 3.8~20.1) のいずれの群間においても有意差を認めた (図 3)。

病巣角測定の検者内および検者間信頼性は, ICC (1, 1) = 0.98 (great), ICC (2, 1) = 0.96 (great) でありいずれも高い信頼性を示した。

考 察

青少年期野球選手 43 名における小頭 OCD の病巣部位と PP の関連性を調査した。その結果, LC 群・Acc 群・Dcl 群のいずれの群間においても病巣角に有意差を認め, Acc 群 (約 63°) の位置に対して, LC 群 (約 75°) は上腕骨小頭のより前上方, Dcl 群 (約 51°) はより後下方に病巣中心が位置していた。したがって, PP の違い, すなわち投球動作中に疼痛を訴えるタイミングの違いによって小頭 OCD の病巣部位がそれぞれ異なることが明らかとなった。

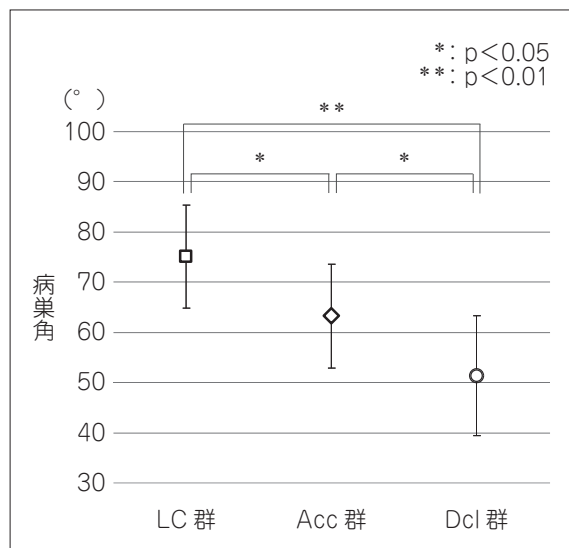


図3 PP各群の病巣角
いずれの群間にも有意差を認めた。

本研究における3群(3つの位相)の運動学的特徴について、投球動作中の肘関節屈曲角度の推移は、少年期投手においてLC期(MER直前)では $87 \pm 12^{\circ 15)}$ 、Acc期では $81 \pm 11^{\circ}$ から $39 \pm 10^{\circ 16)}$ 、Dcl期では $39 \pm 10^{\circ}$ よりも小さい¹⁶⁾と報告されている。また生体力学的特徴について、投球動作時、腕橈関節に対してLC期には圧迫ストレス¹⁷⁾、Acc期には前方剪断ストレス¹⁷⁾・圧迫ストレス¹⁸⁾、Dcl期には圧迫ストレス¹⁷⁾がそれぞれ強く加わると報告されている。これらより、投球動作時には各位相ごとに特有の肘関節運動およびメカニカルストレスがあることがわかる。

本研究の結果より、病巣角の平均値はLC群約 75° 、Acc群約 63° 、Dcl群約 51° であった。室井ら⁸⁾は、野球選手は投球動作時の肘屈曲位での外反ストレス、体操選手は上肢荷重に伴う肘伸展位での圧迫ストレスによって、異なる肘関節屈曲角度にて腕橈関節へ繰り返し外力が加わったことが両者の病巣部位の違いをもたらした要因であると述べている。また近年、Kajiyamaら¹⁹⁾は室井らと同方法の研究をより大きいサンプルサイズにて実施し、病巣角は体操選手($28.0 \pm 10.7^{\circ}$)よりも野球選手($57.6 \pm 10.7^{\circ}$)が有意に大きかったと報告している。さらに彼らは、病巣部位の決定には腕橈関節に最も強い圧迫ストレスが加わった際の肘関節屈曲角度が大きく関与している可能性が高いと述べ、改めて外力の繰り返しによる持続的な微小外傷⁴⁻⁶⁾が小頭OCDの主な発生要因の一つである可

能性が高いと結論付けている。また、Bakerら²⁰⁾も欧米の諸家の報告を基に同様の見解を述べている。これらの根拠に基づくと、本研究におけるLC群はAcc群よりも肘関節屈曲位で、Dcl群はAcc群よりも肘関節伸展位で腕橈関節に繰り返し強いメカニカルストレスを受けた結果、小頭OCD発生に至った可能性が考えられる。

ここで、本研究の結果からは、異なる2つの因果推論が生じることを考えておかねばならない。1つ目の因果推論Aは、「投球動作の繰り返しによりある特定の部位にメカニカルストレスが加わった結果、そこが病巣部位となり疼痛を生じる」、すなわち「メカニカルストレスが先」という理論である。先に述べた室井ら⁸⁾、Kajiyamaら¹⁹⁾の報告はこれを支持する根拠となっている。

一方、2つ目の因果推論Bは、「何らかの理由で病巣部位が先に決定し、そこに疼痛が生じ、その結果、その後の投球動作時には同部位にメカニカルストレスが加わるたびに痛む」、すなわち「病巣部位の決定が先」という理論である。この因果推論Bの根拠について、小頭OCDの発生要因には血行障害²¹⁾、遺伝^{22,23)}、内分泌異常²⁴⁾などの様々な内的要因や、受動喫煙²³⁾のような環境要因の関与が報告されていることが挙げられる。そして、仮にこれらが単独できっかけとなった場合、小頭OCDの病巣部位が先に決定し、結果的に投球動作を行った際にも痛むと考えられる。したがって、この理論に基づくと、発症前の投球動作によるメカニカルストレスの強度や量とは関係なく他の要因によって病巣部位はランダムに決定し、一旦病巣ができた後はその部位にメカニカルストレス(たとえ軽微であっても)が加わるたびに痛むという構図が考えられる。

あらゆるスポーツの中で小頭OCDの発生率は野球が約90%と圧倒的に高い^{23,25)}ことから、投球動作の繰り返しや投球過多によるメカニカルストレスが本疾患発生に関与していることは否めない。よって筆者らは、本研究の結果より、小頭OCDの病巣部位の決定には因果推論Aのメカニズムが関与している可能性が高いと考える。しかしながら、本研究は後ろ向き研究であるため、2つの因果推論のどちらが正しいのかを証明することは困難である。またその他にも、本研究では検討していない病巣サイズ(例:前後径)の違いによってPP各群の病巣角に違いが生じた可能性も考えら

れる。

以上より、本研究の結論として、小頭 OCD 罹患選手の訴える PP 各相によって病巣部位に違いを認めたと、病巣部位の決定に関連する要因については本研究のみから明らかにすることは困難であった。また本研究より、小頭 OCD の発生(病巣形成)には2つの因果推論 A・B、すなわち外的要因と内的要因が複雑に絡み合っている可能性が考えられ、今後のさらなる研究による解明が求められる。

本研究の限界は、疼痛の感じ方や表現に個人差があること、実際の投球場面での問診ではないこと、病巣角の検討が矢状断のみであること、病巣サイズを検討していないことが挙げられる。また、肘外側部痛の全てが小頭 OCD 由来でない可能性があり、病巣部位と PP の因果関係の証明が不十分であることも挙げられる。今後は、小頭 OCD 発症前の投球動作を測定した選手を前向きに追跡し、発症後の PP と発症前の投球動作との関連を分析する方法によりさらなる研究を行っていく必要がある。

結 語

1. 小頭 OCD の青少年期野球選手 43 名の病巣部位(病巣角)を測定し、投球時肘外側部痛を生じる位相 (PP) により 3 つの群に分けて比較検討した。

2. 病巣角は LC 群, Acc 群, Del 群の順に大きく、いずれの群間にも有意差を認めた。

3. PP 各相によって病巣部位に違いを認めたと、小頭 OCD の病巣部位の決定に関連する要因について本研究のみから明らかにすることは困難であった。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

文 献

- 1) Harada, M, Takahara, M, Sasaki, J, Mura, N, Ito, T, Ogino, T. Using Sonography for the Early Detection of Elbow Injuries among Young Baseball Players. *American Journal of Roentgenology*. 2006; 187: 1436-1441.
- 2) Matsuura, T, Suzue, N, Iwame, T, Nishio, S, Sairyu, K. Prevalence of Osteochondritis Dissecans of the

Capitellum in Young Baseball Players Results Based on Ultrasonographic Findings. *Orthopaedic journal of sports medicine*. 2014 ; 2 : 2325967114545298.

- 3) Kida, Y, Morihara, T, Kotoura, Y, Hojo, T, Tachiiri, H, Sukenari, T, Iwata, Y, Furukawa, R, Oda, R, Arai, Y, Fujiwara, H, Kubo, T. Prevalence and Clinical Characteristics of Osteochondritis Dissecans of the Humeral Capitellum among Adolescent Baseball Players. *The American Journal of Sports Medicine*. 2014; 42: 1963-1971.
- 4) Brown, R, Blazina, ME, Kerlan, RK, Carter, VS, Jobe, FW, Joanne, CG. Osteochondritis of the capitellum. *The Journal of Sports Medicine*. 1974; 2: 27-46.
- 5) 菊川久夫, 戸松泰介, 中村 豊. スポーツによる骨軟骨障害発生に関する実験的研究: 関節端組織のせん断損傷に対する成熟度の影響. *東海大学スポーツ医科学雑誌*. 1996; 8: 73-77.
- 6) Momma, D, Iwasaki, N, Oizumi, N, Nakatsuchi, H, Funakoshi, T, Kamishima, T, Tadano, S, Minami, A. Long-term stress distribution patterns across the elbow joint in baseball players assessed by computed tomography osteoabsorptiometry. *The American Journal of Sports Medicine*. 2011; 39: 336-341.
- 7) 前田慎太郎, 濱田和明, 和泉昌宏, 田中一学, 渡邊帆貴, 佐藤誠亮, 橋本和典. 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の病巣部位に関する調査—野球のポジションによる比較検討—. *理学療法の臨床と研究*. 2017; 26: 53-57.
- 8) 室井聖史, 岡田 亨, 菅谷啓之. 競技特性からみた肘関節離断性骨軟骨炎—野球と器械体操競技の病巣部位の比較—. *専門リハビリテーション*. 2008; 7: 46-50.
- 9) 鈴川仁人, 坂田 淳. 野球肘の機能解剖学的病態把握と理学療法—肘離断性骨軟骨炎—. *理学療法*. 2012; 29: 1217-1226.
- 10) 岩瀬毅信, 井形高明. 上腕骨小頭骨軟骨障害. *整形外科 MOOK*. 1988; 54: 26-44.
- 11) 岩堀裕介, 加藤 真, 大須賀友晃, 佐藤啓二. 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—. *日本肘関節学会雑誌*. 2006; 13: 67-68.
- 12) 岡村良久, 井上貞宏. スポーツ医学における MR

- 画像の応用 4. 肘関節 b. 離断性骨軟骨炎. 臨床スポーツ医学. 2000; 32: 197-202.
- 13) 今井 樹, 潮見泰蔵. 理学療法研究における“評価の信頼性”の検査法. 理学療法科学. 2004; 19: 261-265.
- 14) DiGiovine, NM, Jobe, FW, Pink, M, Perry, J. An electromyographic analysis of the upper extremity in pitching. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 1992; 1: 15-25.
- 15) Sabick, MB, Torry, MR, Lawton, RL, Hawkins, RJ. Valgus torque in youth baseball pitchers: a biomechanical study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2004; 13: 349-355.
- 16) Nissen, CW, Westwell, M, Ounpuu, S, Patel, M, Tate, JP, Pierz, K, Bicos, J. Adolescent baseball pitching technique: a detailed three-dimensional biomechanical analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2007; 39: 1347-1357.
- 17) Fleisig, GS, Andrews, JR, Dillman, CJ, Escamilla, RF. Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. *The American Journal of Sports Medicine*. 1995; 23: 233-239.
- 18) Werner, SL, Fleisig, GS, Dillman, CJ, Andrews, JR. Biomechanics of the elbow during baseball pitching. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1993; 17: 274-278.
- 19) Kajiyama, S, Muroi, S, Sugaya, H, Takahashi, N, Matsuki, K, Kawai, N, Osaki, M. Osteochondritis Dissecans of the Humeral Capitellum in Young Athletes: Comparison Between Baseball Players and Gymnasts. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2017; 5: 2325967117692513.
- 20) Baker, III CL, Romeo, AA, Baker, Jr CL. Osteochondritis dissecans of the capitellum. *The American Journal of Sports Medicine*. 2010; 38: 1917-1928.
- 21) Haraldsson, S. On Osteochondrosis Deformans Juvenilis Capituli Humeri Including Investigation of Intra-Osseous Vasculature in Distal Humerus. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 1959; 30: 5-232.
- 22) Stougaard, J. The Hereditary Factor in Osteochondritis Dissecans. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 1961; British volume 43: 256-258.
- 23) 鶴田敏幸, 峯 博子. 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の予後因子. *整形外科と災害外科*. 2014; 63: 472-478.
- 24) Paatsama, S, Rokkanen, P, Jussila, J. Etiological Factors in Osteochondritis Dissecans. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 1975; 46: 906-918.
- 25) Takahara, M, Mur, N, Sasaki, J, Harada, M, Ogino, T. Classification, Treatment, and Outcome of Osteochondritis Dissecans of the Humeral Capitellum. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2007; 89: 1205-1214.

(受付：2018年6月1日，受理：2018年11月20日)

Relationship between the lesion area in osteochondritis dissecans of the humeral capitellum and the painful phase of throwing

Maeda, S. *, Hashimoto, K. *

* Wako Orthopedic Clinic

Key words: osteochondritis dissecans of the humeral capitellum, lesion area, pain

[Abstract] This study was intended to clarify the relationship between the lesion area in osteochondritis dissecans (OCD) of the humeral capitellum and the painful phase of throwing. Forty-three adolescent baseball players aged 11 to 17 years who were diagnosed with OCD were included. Diagnostic information regarding the pain that was felt on the outside of the elbow during the throwing motion was obtained, and participants were classified into three groups. Sagittal MRI images were used to compare the lesion inclination angle, located between the axis of the humerus and the line perpendicular to a line connecting the lesion area from end to end, in each group. The lesion inclination angle was $75.1 \pm 9.8^\circ$ in the late cocking phase (LC) group (n=11), $63.3 \pm 10.1^\circ$ in the acceleration phase (Acc) group (n=20), and $51.4 \pm 11.4^\circ$ in the deceleration phase (Dcl) group (n=12). We found statistically significant differences between the LC and Acc ($p < 0.05$), LC and Dcl ($p < 0.01$), and Acc and Dcl ($p < 0.05$) groups. Although there is a significant relationship between the lesion area in OCD and the painful phase of throwing, it was difficult to establish a clear factor based only on this study, which determined the lesion area of OCD in baseball players.