

## 超小型車載型 MRI によるフィールド野球肘検診と、 外側型野球肘病態解明の試み

筑波大学 岡本嘉一  
(共同研究者) 同 寺田康彦  
同 小川健  
同 川村卓

### Field Baseball Elbow Examination by Ultra-Small In-Vehicle MRI and Attempt to Elucidate The Pathology of Lateral Baseball Elbow Injury

by

Yoshikazu Okamoto, Takeshi Ogawa  
*Faculty of Medicine, University of Tsukuba*  
Yasuhiko Terada  
*Institute of Applied Physics, University of Tsukuba*  
Takashi Kawamura  
*Faculty of Health and Sport Sciences,  
University of Tsukuba*

#### ABSTRACT

Introduction: In Japanese youth baseball, the biggest problem is pitching abuse, that is, the elbow is considerably damaged by the baseball elbow. Therefore, we created an ultra-compact in-vehicle MRI and started field-type baseball elbow examination. The main purpose is to detect the outer baseball elbow at an early stage, and to elucidate the pathophysiology of the outer baseball elbow based on the results and the results of pitching motion analysis.

Method: Elbow joint MRI of 151 boy baseball players was taken in the baseball field.

Ultrasound and pitching videos were taken and motion analysis was performed.

Results: No significant results were observed because the number of subjects was still small, but MRI baseball elbow examination tended to detect the lateral baseball elbow at an early stage. It is difficult to mention whether there is a relationship between the pitching motion and the examination result.

Discussion and conclusion: The size and distribution stage of the initial image of OCD were slightly different from what was supposed to be the main cause of the outer baseball elbow. It is considered that the cause of the onset of the outer baseball elbow may be clarified in the future by conducting this examination with the same team every year.

## 要 旨

緒言：日本の少年野球では投球酷使，つまり野球肘にて肘を相当に傷めてしまうことが最も問題である。従って我々は超小型車載型MRIを制作し，フィールド型野球肘検診を開始した。主目的は外側型野球肘の早期発見にあり，その結果や投球動作解析結果をもとに外側型野球肘の病態解明を試みた。

方法：野球フィールドで151名の少年野球選手の肘関節MRIを撮影した。超音波および投球動画の撮影を行い，動作解析を行った。

結果：まだ被験者が少ないため有意な結果は認められなかったがMRI野球肘検診の方が外側型野球肘を早期に発見しやすい傾向が認められた。投球動作と肘障害に関してはまだ関連性の有無は言及しがたい。

考察と結語：初期像のサイズや分布，ステージなどは今までの外側型野球肘の主たる原因と想定していたものとはやや異なる結果であった。本検診を毎年同じチームで行うことで将来的に外側型野球肘の発症要因が明らかとなる可能性があると考えられる。

## 緒 言

野球は，本場米国ではNational past time（国民的娯楽）と呼ばれるほどの人気スポーツである。観客動員数やメディア露出などから考えると本邦においても現時点では第一の人気プロスポーツであると言っても過言ではない。

一方でそれを下支えするアマチュア野球界においては多くの問題がある。特に学童野球に関してはここ数年地盤沈下が顕著である。その原因はさまざまあるが，「野球漬け」に尽きると考える。具体的に筆者らの在住する地域での少年野球チームの年間試合数は100試合程度である。ピッチャーは簡単には育成できないのでひとチーム1-2名程度で回す。彼らは毎週末200球以上，場合によっては（トーナメントなど）連日（連投）行っている。当然肩肘の負担は相当大きい。特に日本の軟式野球においては肘の負担が多く，いわゆる野球肘が医学的には最も問題である<sup>1-4)</sup>。

そこで2000年代から全国的に野球肘検診が行われるようになってきた<sup>5-7)</sup>。

野球肘には，内側側と外側型の2種類ある。内側型は早期発見により完全に治癒するが，外側型（離断性骨軟骨炎：OCD）は未だ病態不明である。また内側型と異なり症状が乏しい～ほぼない事が

多く、発見時の多くは進行例であり、治癒に一年あるいはそれ以上、もしくは投球不能となるケースも珍しくない。したがって検診の主目的は外側型野球肘 (OCD) の早期発見にある。

しかしこの野球肘検診にも大きな問題がある。野球肘検診は屋外で行うため検査の中心は超音波検査である。超音波検査はレントゲンと異なり「音」で画像をつくるため、人体への悪影響がなく、特に医学の資格がない方でも使用できる。そのため医療素人の野球関係者が検診を行うことも珍しくない。超音波はそもそも技術と経験が高い医師が行っても、客観性の低い検査である。

そこで我々は0.2Tの実験用MRIを利用した野球肘検診を大学で開始し、6年間で学童野球選手の低磁場MRI画像解釈につき様々な知見の蓄積が得られた<sup>8-12)</sup>。しかし「大学に来ていただく」事は親御さんにとってハードルが高く、被験者数は伸び悩んだ。そこで我々は、本来は超巨大で巨額(数億円(5-10億))、重量は数トン(10トン前後)で常設型である医療用MRI機器を、「肘撮影だけに特化」する事で、超小型化(臨床装置の1/15程

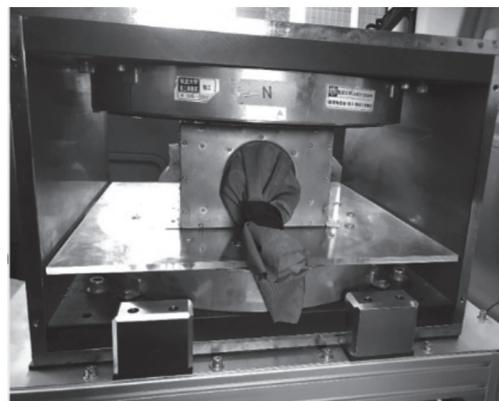


図1 筑波大学数理物質系制作の肘専用MRI検査装置  
0.2テスラ常電動磁石を使用しているため屋外への持ち運びが可能である。中央の円筒内に肘を挿入し肘のみ撮影可能である。重量は200kgである。サイズはおおむね臨床機の1/15程度である。

度)、軽量化(200kg)に成功した(図1)。これを車載すれば超音波検診のように野球練習フィールドでMRI野球肘検診が行えるのではないかと発想した。

結果2018年12月に初めて野球練習場で野球チームの練習中にMRI野球肘検診を行う事に成功した(図2, 3)<sup>13)</sup>。フィールド野球肘検診時には必ずベテランで専門の整形外科医師による伝統的な超



図2 (2枚組) 超小型車載型MRI検診車

上の写真はドアを開けて検診車内部の様子を写したもの。  
下の写真は検診準備中。検診車を防護ネットで取り囲んでいる様子で、ファールゾーンに駐車している。後方では野球少年がバッティング練習を行っている。



図3 (4組) 実際のフィールドMRI野球肘検診  
左上の写真は練習中に選手を呼んで、右肘MRI撮影をしている様子。  
右上の写真は実際にできたMRI画像を診断している様子(中央は筆者)  
下段は実際の超小型車載型MRIにて撮影された肘関節のMRI画像。左はT2\*強調冠状断像、右はT1強調画像矢状断。

音波OCD検診も行って結果の比較も行った。

しかしその後新型コロナウイルスの影響で1年半検診が行えなくなり、(2021年10月時点)前向きなOCD病態解明を行うに十分な検査数を確保できなかった。そこで本研究報告においては現在まで終了した12チームの超小型車載型MRIによるフィールド野球肘検診の結果を野球歴アンケートや投球動作解析結果などを加えて多角的に検討し、OCD病態解明に繋がらないか検討を加える研究を行った。

本研究目的は

1. 超小型車載型MRIフィールド野球肘検診の結果を示し、外側障害の特徴を検討する事
2. 「投球動作解析」と「MRI画像」(+超音波)で判断した正常、内側障害、OCDとの関連性を明らかにする事
3. MRI(+超音波)で判断した正常、内側障害、OCDの各選手の投球動作解析値の平均を計算し、3者の結果を比較し特徴を見出す事、を目的としたものである。

## 1. 研究方法

### 1. 1 被験者

被験者対象は2019年10月から2021年5月に超小型車載型MRI野球肘検診を受診した少年野球選手151名151肘である。被験者の平均年齢は $11.6 \pm 1.3$ 歳であった。そのうち男性149名、女性2名であった。

### 1. 2 野球肘MRI検診

対象チームの練習場に赴いてフィールドで超小型車載型MRI検査を行った。0.2T肘専用のMRIで利き肘の撮影を行った。

撮影方法は、T1強調画像矢状断、T2\*強調画像矢状断、T2\*強調画像冠状断像の撮影を行った。これら合計の撮影時間は4分30秒であった。

撮影は放射線医師の監視下で超小型MRI検診製作者チームが撮影を行った。画像の画像読影は放射線診断専門医師が1名でおこなった。

### 1. 3 超音波検査

野球肘診療を専門とする整形外科医師1名がOCDや内側障害の診断を行った。上述のように、伝統的な野球肘検診とMRI野球肘検診との精度の違いも研究目的で検討するため全例超音波検診も行った。

これらMRIと超音波の検診でOCDありと判断された場合、2次検診としてレントゲン、CT、病院の高磁場装置を用いた医療用MRI検査による確定診断を行った。

### 1. 4 アンケート

選手の属性を知る為のアンケート検査を行った。アンケートにて身長、体重、ポジション、肘の故障の既往、経験年数等の回答を得た。

### 1. 5 投球動作解析

動画撮影した32名の選手の投球動作解析を行った。ハイスピードカメラを用いてほぼ真側面から選手の投球フォームを撮影し、専用の解析ソフトにて次の5つの項目を各選手で計測した。検討項目は特に重要とされている5項目、具体的には「肩関節外転角度」「肩関節最大外旋角度」「踏み込み脚膝屈曲角度」「踏み込み脚足関節角度」「踏み込み股関節角度」の5つであった。

### 1. 6 比較検討

1. MRIと超音波によるOCD判断の一致率、2次検診によるOCD真の陽性率、OCD陽性例の病期分類、OCD病変の最大径について検討した。
2. 投球動作解析にて計算した主要5要素、アンケート結果、MRIと超音波画像で判断した正常、内側障害(内側上顆異常、内側側副靭帯異常)、OCDとの相関係数を計算し、検討した。
3. MRIと超音波で診断した正常、内側障害、OCDと診断された選手の各々の投球動作5要素

の平均値を算出した。

## 2. 結果

1. OCD陽性例は全部で7症例あった(図4)。そのうちMRIで6症例、超音波で4症例を診断しえた。MRIと超音波検査のOCD判定一致率は97.4%であった。

MRI検査のみ陽性であった例が2例、超音波のみ陽性が1例、超音波では確証を得ずMRIでは明らかに陽性であったものが1例あった。真の陽性率は両検査ともに100%であった。

陽性例の病期・病変占拠部位・病変の最大径は、MRI・超音波ともに陽性であった4例の病期は透亮期1例、遊離期3例、部位は中央型2例、外側型2例、最大径の平均は11.3mmであった。対してMRIのみ陽性であった3例の病期は透亮期3例、部位は中央型3例、最大径の平均は4.2mmであった。

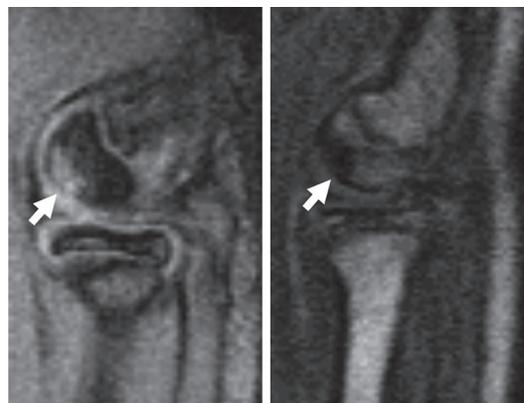


図4 検診で発見されたOCDの画像  
左は T2\*強調画像、右は T1強調画像である。矢印部位に OCD が描出されている。

2. 投球動作解析にて計算した5要素と、アンケート結果、MRI画像+超音波で判断した正常、内側障害、OCDとの関連性を相関係数で検討した。これらの項目をすべて測定していたものが34名で、検査結果(34名)は正常10名、内側障害22、OCD 2であった。アンケート結

表 1

	肩関節外転角度	肩関節最大外旋角度	踏み込み脚膝角度	踏み込み脚足関節角度	踏み込み股関節角度
正常	100.2	113.8	55.1	114.7	59.5
内側障害	93.4	111.1	56.8	115.3	64.5
OCD	89.6	99.5	61.7	112.6	63.4

果と投球動作解析まで全てデータがそろっていた被験者が20名おり、それらの結果の相関係数を計算した。

身長、体重、投手・捕手経験、試合出場試合数と内側障害との間に0.6の有意相関が認められたが、OCDとの有意相関は見られなかった。肩関節外転角度、肩関節最大外旋角度、踏み込み脚膝角度と肘内側障害と内側障害との関連性に関しては相関係数が0.4と高くはないが相関がみられた。OCDとの関連性は認めなかった。

- 動作解析を行えた32名の正常(19)、内側障害(11)、OCD(2)のそれぞれで、投球動作主要5項目の平均は下記にまとめて示す。これらに有意差はなくとくに3者で特徴は認められなかった。

### 3. 考 察

車載型小型MRIは0.2テスラという超低磁場永久磁石を使って自作したものである。実際医療現場では現在1.5テスラないしは3テスラのMRIが主流であり、このように超低磁場を使ったMRI装置による医療検査は現在世界で行われていない。臨床で使用されているMRIはすべての病気に対応するため全身撮影する必要があり、超高額、超重量装置の設置型機器である。従って野球肘検診に用いる事は非現実的であった。

一方永久磁石は医療現場のMRIと異なり電流を常時流す必要がないため常時設置の必要がなく、収納や持ち運びが可能である。また野球肘検診に関しては肘しか撮影する必要がないため、肘に特化して機械を超小型化することが理論上可能

であった。そこで2018年から超小型車載型MRIの開発をはじめ永久磁石をつかって装置を200kg程度にまで、サイズを1/15程度まで小型化することに成功しMRIが車載可能となった<sup>13)</sup>。更に移動して、野球練習場にて、フィールド野球肘検診(特に外側型の早期発見を主眼とする)を行うことを実現できた。過去MRIを使った屋外で野球肘検診を行った報告はなくこれは世界初の事である。

一方伝統的な超音波を使った検診とどの程度、精度の違いがあるか?を比較するために常にMRIフィールド野球肘検診に専門の整形外科医師の超音波検査も加えて検診を行って比較検討した。

今回の結果OCDは透亮期、遊離期、分離期と病変が進行していく事から考えると、MRIのみで診断された症例はかなり早期にOCDが発見されている傾向があった。また病変サイズもMRIのみで診断された症例では5mm以下という非常に早期といえるサイズであった。外側型野球肘は早期発見が早まるほどその治癒率は高まるため、非常に有益な検診結果であった。またOCDの症例自体が少なく、有意差もないが、超小型車載型MRIによる外側型野球肘検診は、従来型の超音波のみの検診と比較し、より感度が高いことが示唆された。

本研究の演題となっている、「外側型野球肘病態解明」ということに関しても重大な発見があった。一般にOCDは投球動作によって外側の関節裂隙が何度も衝突することにより上腕骨小頭の末梢血管がダメージを受け、それによって骨梗塞のような状況となるのが発症誘因ではないかと言われている<sup>14)</sup>。

ところが今回のMRIでの超早期病変は必ずしも典型的なOCDとは異なり、かなり外側辺縁すなわち、骨同士が衝突しない部位にも存在していた例があり、決して衝突による血流障害のみがOCDを起こす最初の原因ではない可能性が示唆された。

投球動作解析に関しては正常の選手、内側障害選手、OCD選手のうち、アンケートで身長、体重、投手捕手経験、出場試合数と0.6の有意相関が認められたが、これは相当数の文献でも述べられていることであり、既にコンセンサスと言える。

一方肩関節外転角度、肩関節最大外旋角度、踏み込み脚膝角度と肘内側障害との関連性に関しては相関係数が0.4と高くはないが相関がみられた。

更に正常、内側障害、OCDの5項目の平均値では3群で有意差が認められず、これも現時点では解釈が難しく更なる症例の蓄積が待たれる。

#### 4. 総括・まとめ

今回超小型車載型MRIによる外側型野球肘検診は、従来型の超音波のみの検診と比較し、よりも感度が高いことが示唆される結果であった。またOCD発症要因について、必ずしも上腕骨小頭の血流障害のみが原因ではないことも示唆された。本研究で明らかとなったこの二点も世界初の報告である。

今後コロナ禍が徐々に収束して行くにつれ検診の回数が増え、上記仮説を統計学的有意差をもって示すことが可能となると考えている。動作解析に関しては、まだ症例数が不足であり、有効な検討項目となりうるかどうか今後も未知数である。

本研究（検診車検診）は、比較的背景の類似した、MRIの大量データ（ビッグデータ）が得られる方法としての活用も期待しており、例えばそれらを用いて、投球動作をスマホ撮影し、投球動作を解析してMRI所見をAI解析で推測し、肘内部の様子を想定する、といったアプリを開発する将

来展望も考えている。

#### 謝 辞

本論文を作成する機会を頂いた公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団には心より御礼申し上げます。また超小型MRI制作に携わっていただいた筑波大学数理物質系寺田研究室の皆様にも心より御礼申し上げます。更に検診時にサポートしてくださった寺田研究室の皆様、投球動作解析にご協力いただいた丸山将史様、石崎亮治様にも心より御礼を申し上げます。

#### 文 献

- 1) Kida Y., Morihara T., Kotoura Y. et al., Prevalence and clinical characteristics of osteochondritis dissecans of humeral capitellum among adolescent baseball players., *Am. J. Sports Med.*, 42:1963-71 (2014)
- 2) The Japanese Orthopaedic Association. 2016. [https://www.joa.or.jp/media/comment/pdf/2016\\_survey\\_childrensbaseball.pdf](https://www.joa.or.jp/media/comment/pdf/2016_survey_childrensbaseball.pdf). Accessed 17 June (2016)
- 3) Otoshi K., Kikuchi S., Kato K. et al., Age-specific prevalence and clinical characteristics of humeral medial epicondyle apophysitis and osteochondritis dissecans: ultrasonographic assessment of 4249 players., *Orthop. J. Sports Med.*, 5:2323967117707703 (2017)
- 4) Matsuura T., Suzue N., Iwame T., Arisawa K., Fukuta S., Sairyo K., Epidemiology of shoulder and elbow pain in youth baseball players., *Phys. Sportsmed.*, 44:97-100 (2016)
- 5) Matsuura T., Suzue N., Kashiwaguchi S., Arisawa K., Yasui N., Elbow injuries in youth baseball players without prior elbow pain: a 1-year prospective study., *Orthop. J. Sports Med.*, 1:2325967113509948 (2013)
- 6) Matsuura T., Suzue N., Iwame T., Nishino S., Sairyo K., Prevalence of osteochondritis dissecans of the capitellum in young baseball players: results based on ultrasonographic findings., *Orthop. J. Sports Med.*, 2:2325967114545298 (2014)
- 7) Harada M., Takahara M., Mura N., Sasaki J., Ito T., Ogino T., Risk factors for elbow pain injuries among young baseball players., *J. Shoulder Elb. Surg.*,

- 19:502-7(2010)
- 8) Yoshizawa T., Okamoto Y., Makihara T., Tanaka K., Ogawa T., Yamazaki M., Investigation of site and frequency of asymptomatic injury in medial structures of the elbow in adolescent baseball players using dedicated magnetic resonance imaging., *Jpn. J. Radiol.*, Mar;39 (3) :261-266 (2021)
- 9) Makihara T., Okamoto Y., Yoshizawa T., Tanaka K., Ogawa T., Minami M., Yamazaki M., Change in MRI findings of medial collateral ligament injury in adolescent baseball players with no clinical symptoms over time., *Skeletal. Radiol.*, Dec;48 (12) :1925-1932(2019)
- 10) Yoshizawa T., Okamoto Y., Tanaka K., Makihara T., Tonoe T., Minami M., Yamazaki M., Normal imaging laterality on magnetic resonance imaging of the medial epicondyle of the elbow on the dominant side of adolescent male baseball players., *Skeletal. Radiol.*, Sep;47 (9) :1237-1244(2018)
- 11) Tanaka K., Okamoto Y., Makihara T., Maehara K., Yoshizawa T., Minami M., Yamazaki M., Clinical interpretation of asymptomatic medial collateral ligament injury observed on magnetic resonance imaging in adolescent baseball players., *Jpn. J. Radiol.*, Jun;35 (6) :319-326(2017)
- 12) Okamoto Y., Maehara K., Kanahori T., Hiyama T., Kawamura T., Minami M., Incidence of elbow injuries in adolescent baseball players: screening by a low field magnetic resonance imaging system specialized for small joints., *Jpn. J. Radiol.*, Apr;34 (4) :300-6(2016)
- 13) Mayu Nakagomi, Michiru Kajiwara, Jumpei Matsuzaki, Katsumasa Tanabe, Sodai Hoshiai, Yoshikazu Okamoto, Yasuhiko Terada, 3Development of a small car-mounted magnetic resonance imaging system for human elbows using a 0.2 T permanent magnet., *J. Magn. Reson.*, Jul;304:1-6(2019)
- 14) Matsuura T., Iwame T., Iwase J., Sairyō K., Osteochondritis Dissecans of the Capitellum :Review of the Literature., *J. Med. Invest.*, 67 (3.4) :217-221(2020)