

Japanese Journal of
**ORTHOPAEDIC
SPORTS
MEDICINE** 

日本整形外科スポーツ医学会

目 次

<特集：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の文献調査>

1. はじめに

医療法人泉整形外科病院 高原 政利 …… 1

<特集：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の文献調査>

2. 画像診断, 分類, 病理, および病因

A review for Osteochondritis Dissecans of the Humeral Capitellum :
Diagnosis, Classification, Pathology, and Etiology

医療法人泉整形外科病院 高原 政利ほか …… 3

<特集：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の文献調査>

3. 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の保存療法の成績とその限界

The Clinical Result and Limitation of Conservative Treatment of
Osteochondritis Dissecans of the Humeral Capitellum

聖マリアンナ医科大学整形外科 新井 猛ほか …… 17

<特集：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の文献調査>

4. 分類 (ICRS OCD 分類を中心に) と治療成績について

Investigation of Relevance with Gross Classification and Treatment Outcomes
in Osteochondritis Dissecans of the Humeral Capitellum

医療法人川崎病院整形外科 戸祭 正喜ほか …… 21

<特集：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の文献調査>

5. 術式による成績の検討：「病巣切除・搔爬形成術」と「病巣部再建術」

Investigation of the Actual Situation of Osteochondritis Dissecans of the
Humeral Capitellum in the Literature

— Assessment of the Surgical Results of “Abrasion Arthroplasty” and
“Reconstruction Procedure” —

大阪厚生年金病院整形外科 島田 幸造ほか …… 31

<特集：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の文献調査>

6. 上腕骨外顆楔状骨切り術, 骨軟骨片固定, 骨釘移植, mosaicplasty, 細胞移植の成績

Review of Results After Various Kinds of Arthroplasty for Osteochondritis
Dissecans of the Humeral Capitellum

信州大学医学部運動機能学講座 加藤 博之ほか …… 42

<特集：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の文献調査>

7. 少年野球肘に対する検診と予防
Screening and Prevention for Baseball Elbow in the Child and Adolescent Players
徳島大学運動機能外科学 松浦 哲也ほか …… 53
8. 14歳以下のジュニアテニス選手の身体特性
Physical Characteristic in Junior Tennis Players Under 14 Years-old
日本海総合病院酒田医療センター整形外科 原田 幹生ほか …… 61
9. 投球パフォーマンスの主観的評価の試み
—中学・高校生の野球選手における肘障害に関する検討—
The Development of the Subjective Assessment Tool of Throwing Performances :
Comparison Between with and Without Elbow Injuries in the Adolescent Baseball Players
山形大学医学部整形外科 丸山 真博ほか …… 69
10. 足関節捻挫経験者における足関節機能評価
Evaluation of Ankle Joint Function in Athletes with Previous Ankle Sprain
順天堂大学大学院医学研究科
スポーツ医学(整形外科)研究室 門屋 悠香ほか …… 74
11. 陸上長距離選手の大腿骨頸部疲労骨折
Femoral Neck Stress Fractures in Long-distance Runners
田岡病院整形外科 大西 純二 …… 79
12. シンスプリントに関する疫学的研究—11年間の診療データからの検討—
The Epidemiology of Medial Tibial Stress Syndrome
横浜市スポーツ医科学センター 小林 匠ほか …… 83
13. 膝屈筋腱を用いた解剖学的2重束前十字靭帯再建術において術前に採取腱の予測は可能か
Predictors for Hamstring Graft Size in Anatomical Double-bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction
済生会山形済生病院整形外科 鈴木 朱美ほか …… 89

14. 中学生・高校生野球投手における身体特性
—上下肢可動域の左右差に着目して—
Physical Characteristics of Adolescent Baseball Pitchers :
Pay Attention to the Bilateral Differences in Range of Motion of Upper and
Lower Extremities
京都府立医科大学附属病院リハビリテーション部 松井 知之ほか …… 93
15. ウエイトリフティングにより生じた舟状骨骨折の1例
A Case of Scaphoid Fracture in a Weight Lifter
今井整形外科医院 今井 大助ほか …… 98
16. 回内偏平足および knee-in を伴う膝痛症例の三次元動作解析
—内側アーチサポート型足底板の効果—
Three-dimensional Motion Analysis for Patient has Knee Pain Syndrome with
Pronator Flat Foot and Knee-in — Effect of Medial Arch Support —
函館整形外科クリニックリハビリテーション科 三好 徹ほか …… 102

はじめに

高原 政利 Masatoshi Takahara

上腕骨小頭離断性骨軟骨炎は少年期の野球肘の中で最も重篤な疾患です。若く有望な野球選手が変形性関節症になり、スポーツ活動の著しい制限を余儀なくされるばかりか、日常生活でも障害が残ることが少なくありません。

本疾患については、30年以上前からわが国において有意義な研究報告が行なわれており、さらに近年目覚ましい進歩が遂げられています。わが国の論文が英文誌面を賑わしており、世界をリードしているといっても過言ではありません。それらの成果が実り、今までの限界が超えられつつあります。しかし、まだまだ十分満足できるものではありません。沢山の治療方法があり、治療大系の転換期を迎えており、治療の選択や決定に戸惑うことも少なくありません。

一口に離断性骨軟骨炎といっても、病態はさまざまであり、それによって治療選択がまったく異なります。患者さんを前にしたときにいつも考えさせられることがあります。「すでに剝がれているのだろうか？」「保存療法では治るのだろうか？」「切除しても問題ないだろうか？」「元通りに野球をできるようにできるのだろうか？」「将来性を損なうことがないだろうか？」「関節面再建をせねばならないだろうか？」「発症から数年で変形性関節症になってしまうのを防げるだろうか？」「この患者さんに本当に相応しい治療は何なのだろうか？」本人と両親の希望を聞きながら、これらについて思考を巡らし、結論を導かねばなりません。その根拠となるのは、自らの経験と先人たちが残した経験の統合であ

ります。

上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に関するさまざまな疑問に答えるために、平成20年度の日本整形外科学会スポーツ委員会(担当理事：立入克敏先生、委員長：吉矢晋一先生)は『上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の文献調査』という研究を企画しました。単なる文献調査であり、ガイドライン作成というものではありません。関連分野で活発に研究を行なっている諸先生に委託し、必要最少人数で文献調査が行なわれました。およそ1年をかけて国内外の1,000を超える文献に目を通し、上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に関する文献調査の論文がテーマごとに6編完成しました。その総集編が平成22年度の日本整形外科学会スポーツ委員会(担当理事：別府諸兄先生、委員長：帖佐悦男先生)から委員会報告として日本整形外科学会誌に掲載されます。

第36回日本整形外科スポーツ医学会(会長：別府諸兄先生、会期：2010年9月10日～12日)にて上腕骨小頭離断性骨軟骨炎のシンポジウムが行なわれ、先の文献調査の一部が紹介されました。別府諸兄会長のご推薦により、『上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の文献調査』を特集として本誌に掲載することになりました。特集の6つの論文タイトルとその主筆者をご紹介します。

1. 画像診断、分類、病理、および病因(主筆：高原政利)
2. 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の保存療法の成績とその限界(主筆：新井 猛)

高原政利
〒981-3121 仙台市泉区上谷刈字丸山6-1
医療法人泉整形外科病院
TEL 022-373-7377

医療法人泉整形外科病院
Izumi Orthopaedic Hospital

3. 分類 (ICRS OCD分類を中心に) と治療成績について (主筆: 戸祭正喜)
4. 術式による成績の検討: 「病巣切除・搔爬形成術」と「病巣部再建術」 (主筆: 島田幸造)
5. 上腕骨外顆楔状骨切り術, 骨軟骨片固定, 骨釘移植, mosaicplasty, 細胞移植の成績 (主筆: 加藤博之)
6. 少年野球肘に対する検診と予防 (主筆: 松浦哲也)

それぞれの論文の主筆者が文献の調査から論文作成までを一手に担って, 膨大な労力と能力を提供し

てくださいました。この場をお借りして筆者の皆様
に深く感謝したいと存じます。本特集は、過去の患者さんと医師達ならびに筆者らの努力の結集です。引用しきれなかった価値ある論文も多々ありますが、本疾患のほぼすべてが網羅されていると思われ
ます。筆者自身にとっても大変勉強になりましたので、ぜひご一読をお勧めいたします。知識の整理と資料集として活用できると思います。また、さらなる疑問や問題点もあげられております。本特集が読者の皆様の診療や研究に貢献し、本患者さんの治療成果がさらに向上することを祈念しております。

特集：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の文献調査

画像診断, 分類, 病理, および病因

A review for Osteochondritis Dissecans of the Humeral Capitellum : Diagnosis, Classification, Pathology, and Etiology

高原 政利 ¹⁾	Masatoshi Takahara	戸祭 正喜 ²⁾	Masaki Tomatsuri
松浦 哲也 ³⁾	Tetsuya Matsuura	新井 猛 ⁴⁾	Takeshi Arai
加藤 博之 ⁵⁾	Hiroyuki Kato	島田 幸造 ⁶⁾	Kozo Shimada

● Key words

Osteochondritis dissecans : Elbow : Capitellum : Diagnosis : Etiology

● 要旨

少年野球選手における上腕骨小頭離断性骨軟骨炎(OCD)の頻度は1.7% から1.9%である。少年野球選手の肘関節内側障害は早期に発症し、続いて外側の小頭OCDが発症する。OCDの発症にはgrowth spurtや柔軟性低下が関与している可能性がある。肘関節45度屈曲位正面像や30度外旋斜位像が有用である。透亮型(期)、分離型(期)、遊離型(期)に大別される。透亮型は分離型に進展する。透亮型は早期病変であり、予後良好であるが、すでに非常に不安定になっていることがある。病期とともに病変部の損傷程度(安定/不安定)を評価し、治療を選択するべきである。単純X線像では過小評価になる傾向がある。MRIはOCDの不安定性の有無を明らかにする点で、現在最も優れた検査である。超音波検査がOCDの有用な補助診断になり、携帯用超音波診断機器を用いた野外検診が行なわれている。CTは骨片の性状や遊離体の存在部位、ならびに母床の骨硬化の有無を確認するのに有用である。International Cartilage Repair Society (ICRS)による関節鏡所見をもとにした分類は治療の選択に有用である。OCDの損傷・分離部位は早期では軟骨の深層であり、進行期では骨である。OCDの病因として、骨壊死、遺伝的素因、微小外傷などがあげられている。幼弱ブタでは骨軟骨移行部あるいは軟骨下骨の閉鎖型損傷を生じやすい。ウサギの骨端骨化未熟期における軟骨単独折損によりOCDが高率に発症する。臨床的にも実験的にも矛盾しないOCDの最初の損傷部位は、骨化する予定の軟骨深層あるいは骨軟骨移行部である。

高原政利
〒981-3121 仙台市泉区上谷刈字丸山6-1
医療法人泉整形外科病院
TEL 022-373-7377

- 1) 医療法人泉整形外科病院
Izumi Orthopaedic Hospital
- 2) 医療法人川崎病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Kawasaki Hospital
- 3) 徳島大学運動機能外科学
Department of Orthopedics, University of Tokushima
- 4) 聖マリアンナ医科大学整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, St. Marianna University School of Medicine
- 5) 信州大学医学部運動機能学講座
Department of Orthopaedic Surgery, Shinshu University School of Medicine
- 6) 大阪厚生年金病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Osaka Koseinenkin Hospital

はじめに

上腕骨小頭の離断性骨軟骨炎 (OCD) の画像, 診断, 分類, 病理, あるいは病因に関する邦文文献を医学中央雑誌にて検索した. 検索期間は1983年から2009年3月までとした. 1,174文献から, 会議録, 総説を除き, 102文献を渉猟した. また, 必要に応じて検索外の論文を加えた. 同様に Pub Medにて文献検索を行ない, 51文献を渉猟した. これら153文献から, 上腕骨小頭 OCDの頻度, 年齢, 身体的特徴, 画像診断, 分類, 病理, および病因についての記述を取捨選択し, 語句を変更し, できるだけ簡潔になるように整理した. 筆者が編集を行なったため, 原著と趣が異なる記述があることをご承知願いたい. 最後に問題点や不明点について述べた.

頻 度

少年野球選手における上腕骨小頭 OCDの頻度は1.7% から1.9%と報告されている^{1,2)}. 我慢すれば野球の継続は可能であるため, 医療機関の受診が遅れがちである³⁾. 全選手の画像診断を行なった大規模調査はなく, 潜在性を含めた OCDの発生頻度は依然として不明である.

年 齢

骨端線閉鎖前の OCD 18例の初診時年齢は平均11.6歳, 症状出現時の年齢は平均11.2歳であった⁴⁾. 初診時に骨端線が閉鎖していた88例(初診時の平均年齢15.9歳)では症状出現時の年齢は平均12.6歳であったが, 初診時年齢を13歳以下に限定すると症状出現時の年齢は平均11.4歳であった⁴⁾. 骨端線閉鎖後に初診した OCDも骨端線閉鎖前に発症し

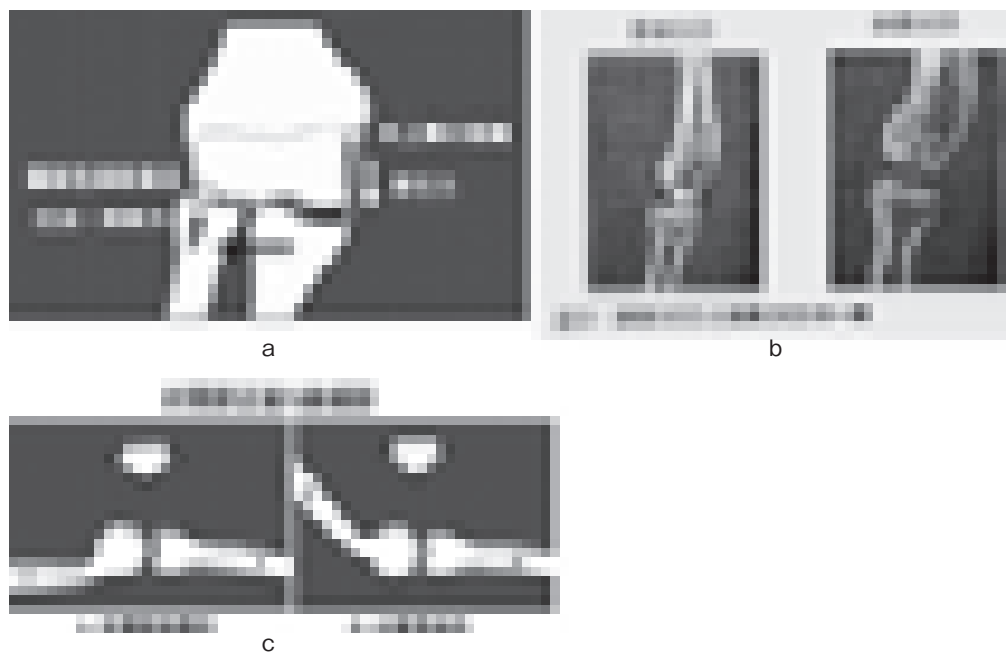


図1 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の発生部位と X線撮影法

- a. 投球による肘障害: 内側障害が発症し, 次に外側障害が発症する.
- b. 発生部位: 野球と体操の差
- c. 肘関節正面 X撮影: 肘関節伸展位と45度屈曲位では45度屈曲位の感度が高い.
(図1b; 室井聖史ほか: 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, 7: 46-50, 2008. より転載)

ていたと考えられる。

少年野球選手の肘関節内側障害は早期に発症(平均12.3歳)し, 続いて外側の小頭OCDが発症(平均13.2歳)する傾向があった⁵⁾。骨端線閉鎖前のOCDほぼすべてに内側上顆の異常を認めた⁶⁻⁹⁾。投球により, まず内側障害が発症し, 次に外側障害が発症すると考えられる^{6,8)}(図1a)。

身体的特徴

身長の間年成長7 cm以上のグループは他のグループと比べ有意に疼痛既往者が多かった¹⁰⁾。OCDの発症とgrowth spurtは関連性があると推測される。

OCDでは, 股関節内旋可動域と体幹前屈(指床間

距離)が有意に減少しており, 投球側における肩関節内旋と外転が低下していた¹¹⁾。OCDを含む投球障害肘では, 投球側の肩関節内旋が減少し, 内・外旋の可動範囲が減少していた。72%の例に体幹柔軟性の低下, 68%にハムストリングの柔軟性低下, 48%に大腿四頭筋の柔軟性低下を認めた¹²⁾。内側障害とOCDの発症は柔軟性低下が関与している可能性がある。

罹患部位

OCD病巣の中心は肘関節45°~60°屈曲位にあるものが18関節中8関節で最も多かった¹³⁾。少年野球選手の病巣中心は肘関節54±9.3°屈曲位にあったが, 器械体操選手では24±8.6°であった¹⁴⁾(図1b)。野球における投球動作では肘関節屈曲位で, 器械体操競技における上肢荷重では肘関節伸展位で上腕骨小頭と橈骨頭の外力が生じやすいためと考察されている¹⁴⁾。

正面像でのOCD病巣の拡がり, 小頭4分画のうち3分画にわたるものが20関節中13関節あり, 側面像で小頭の4分画のうち2分画にわたるものが18関節中10関節あった¹³⁾。Schenckら¹⁵⁾のヒト肘関節軟骨の生体力学研究では, 小頭外側の軟骨は内側より軟らかく, 橈骨頭中央より有意に軟らかかった。外反ストレスが加わると, 小頭外側と橈骨頭の軟骨の硬さの差のために, 小頭外側にひずみが増加し, OCDが生じやすくなると考えられる¹⁵⁾。

単純X線診断

三浪ら¹⁶⁾が単純X線像を透亮型, 分離型および遊離型に分け, それぞれの治療成績を報告した(図2a)。この分類が上腕骨小頭OCDの世界初の分類である。

通常の単純X線正面・側面撮影では感度は低く¹⁷⁾, 肘関節45度屈曲位正面像や30度外旋斜位像を用いることが提唱されている^{1,9)}(図1c)。岩瀬ら⁹⁾は, OCDの病期を透亮期, 分離期, 遊離期とし, 透亮期外側型, 透亮期中央型, 分離期前期型, 分離期後期型, 遊離期内側型, 遊離期外側型と分類した(図2b)。吉津ら¹⁸⁾は, 単純X線所見と手術所見より透亮型, 初期分離型, 晩期分離型, 遊離

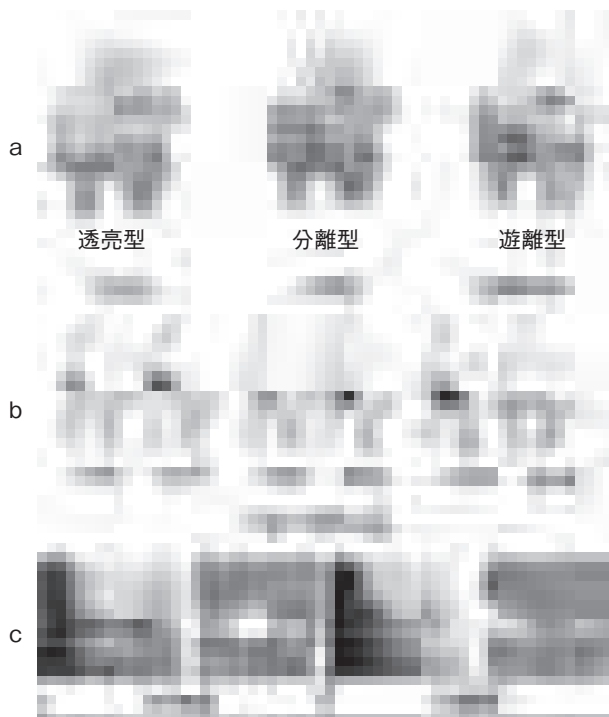


図2 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の分類

a. 三浪らのX線分類

b. 岩瀬らの病期分類

c. 戸祭らの肉眼分類

(a:三浪三千男ほか:肘関節に発生した離断性骨軟骨炎25例の検討。臨整外, 1979;14:805-810, 1979。b:岩瀬毅信ほか:上腕骨小頭骨軟骨障害。整形外科Mook. 54, 金原出版, 東京:26-44, 1988。c:戸祭正喜ほか:上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する自家骨軟骨柱移植術。日肘会誌, 10:33-34, 2003。より転載)

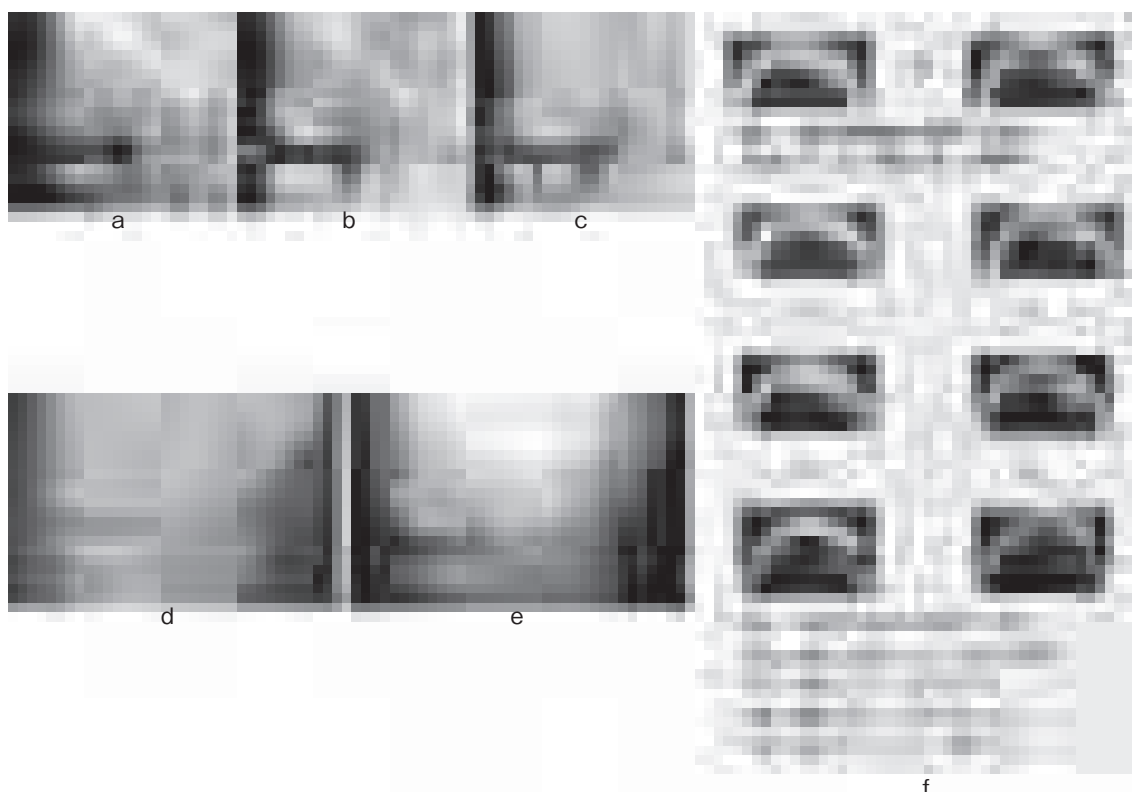


図3 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の自然経過

- a-c. 小頭外側からの修復
- d, e. 手術により不安定病変が確認された
- f. 時間による変化と損傷による変化

(高原政利ほか：肘関節骨軟骨損傷の診断 上腕骨小頭の離断性骨軟骨炎. 日肘会誌, 10: 29-30, 2003. より転載)

型と4型に分類したが³, 遊離型と晩期分離型が混在する症例を混合型として追加した. 予後との観点から, OCDの大きさや骨棘形成の評価は重要である¹⁹⁻²¹⁾. また, 外側型は中央型よりも手術成績が劣る傾向にある^{22, 23)} (図2c).

外側透亮型 (平均10.7歳) は有意に低年齢で, 全例初診時骨端線は開存していた²⁴⁾. 透亮型 OCDは小頭骨端線が閉鎖する前で, 外側上顆骨端核が出現する前に最も多かった²⁵⁾. また, 骨端線閉鎖前のOCDでは小頭外側から修復がみられた^{6, 9)}. したがって, OCDは骨端線閉鎖前の小頭外側から始まり, 小頭外側から修復される傾向にある (図3a-c). 透亮型は早期病変であり, 予後良好である⁹⁾. 透亮型は分離型に進展する^{9, 26)} (図3f). 透亮型における扁平部は新生骨によって修復されるが, この間に投球による繰り返す外力が加わると不安定な骨軟骨片が

形成される²⁷⁾. これが透亮型から分離型への変化である. 透亮型, 分離型, 遊離型の順で年齢が高くなる傾向があり, 病態はこの順で進行していくものと考えてよい^{3, 9)}.

単純X線では異常なしが透亮型であっても, 実際には軟骨片が遊離し, 手術を要することがある^{28, 29)}. すなわち, 早期であってもすでに非常に不安定 (図3d) になっていることがあるので, 病期以上に安定か不安定かの判断が非常に重要である^{26, 30)}. Takaharaらは, 106例の後ろ向き調査から, 安定型の条件として, 骨端線閉鎖前, 透亮型, 肘関節可動域制限20度未満の3つをあげ, 3条件を満たさない場合は不安定型とした⁴⁾. 病期とともに病変部の損傷程度 (安定/不安定) を評価し, 治療を選択すべきである⁴⁾ (図3f).

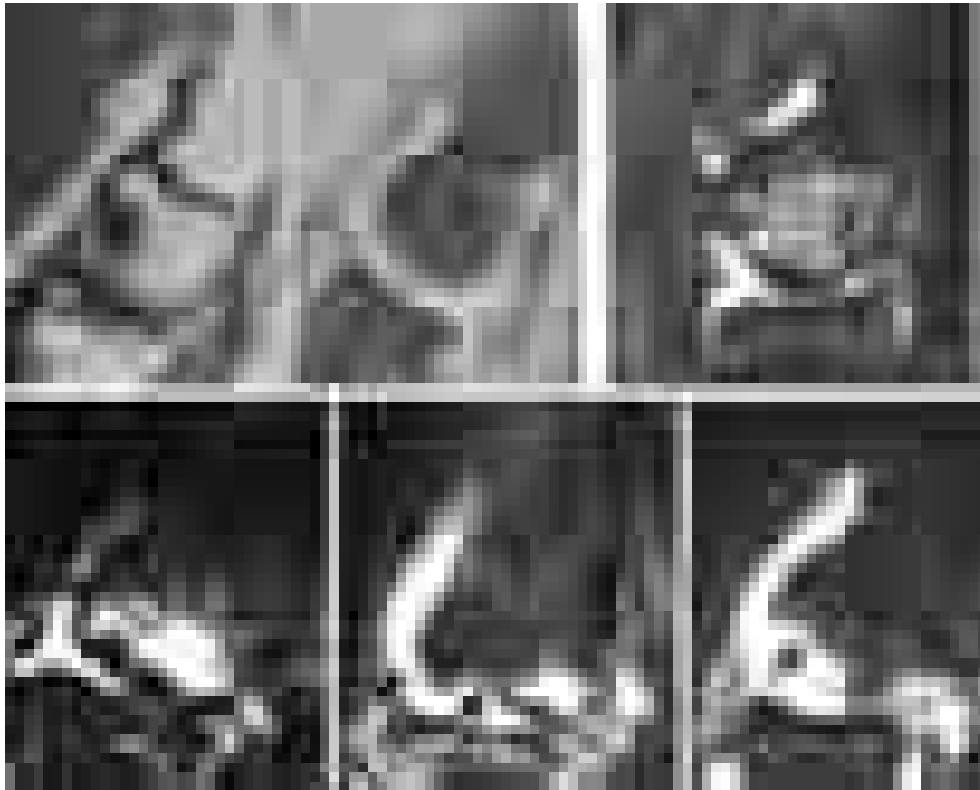


図4 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎のMRI

a, b. 安定型. T1強調画像(a)にて低信号を認めるが, T2強調画像にて高信号を認めない.

c-f. 不安定型. T2強調脂肪抑制画像にて高信号の介入を認める(矢印). *, 転位した骨軟骨片

(高原政利:【肘関節画像診断のコツ】上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の画像診断. Orthopaedics, 20: 19-24, 2007. より転載)

M R I

OCDのT1強調画像では小頭の遠位に低信号域がみられる。矢状断の脂肪抑制T2強調画像が不安定性の評価に最も有用であり、不安定性を示すT2所見は、関節軟骨を貫通する高信号(high-signal-intensity line through the articular cartilage)、骨軟骨片と母床との間の高信号の介入(high-signal-intensity interface)、ならびに関節面の局所的欠損(articular defect)である^{27, 31-33}(図4)。これらの高信号は関節液の介入を反映している。

MRIは病変部の剝離の鑑別に有用であり³⁴、治療方針の決定に有用である³⁵。MRIは単純X線で

はわからない軟骨病変も描出する²⁸。MRIはOCDの不安定性の有無を明らかにする点で、現在最も優れた検査である。

ほとんどのOCDは、MRの不安定所見を有するが、まれに不安定性所見のない例がある³⁶。春藤、高原らは、既往症のない少年野球選手の44名にMRIを行ない、3例にT1強調像にて明瞭な低信号を認めたが、T2では不安定性を示す所見を認めなかった^{37, 38}(図4a,b)。このMRIでの安定型OCDは投球禁止によって治癒した^{27, 39}。

超音波診断

Brunsらは、肘の遊離体と骨軟骨病変を超音波に

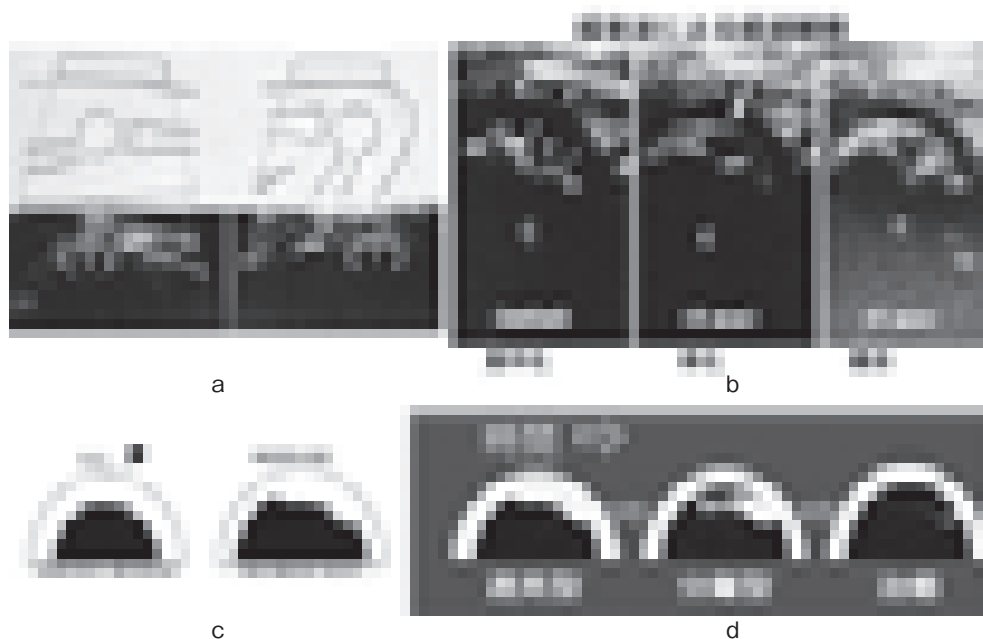


図5 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の超音波画像とシェーマ

- a. 腕橈関節の前方と後方の縦断撮影.
- b. 超音波による経過観察. 軟骨下骨の扁平部を被うように骨化がみられ, 癒合した (c: 上腕骨小頭).
- c. 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の初期病変のシェーマ: 軟骨深層あるいは骨軟骨移行部に損傷が生じたことが基になって現れた変化.
- d. bの超音波像のシェーマ.

(b: Takahara M, Ogino T, Takagi M, et al. Natural progression of osteochondritis dissecans of the humeral capitellum: initial observations. *Radiology* 2000; 216: 207-212, 2000, c: 高原政利: 肘離断性骨軟骨炎の診断と治療. *リウマチ科*, 32: 89-97, 2004. より転載)

て観察した⁴⁰⁾. 単純 X線像では異常がなく, 超音波にて初めて OCD の病変が確認されたという画期的な報告がある⁴¹⁾. 超音波検査の利点として, 軟骨下骨と関節軟骨の両者を同時に観察できること, 単純 X線像よりも詳細な断層画像が得られること, 骨性のみならず軟骨性の遊離体も検出可能であること, および肘関節屈伸運動中の観察が可能なことなどがあ^{42, 43)} (図5a).

Takaharaらは, 検診で発見された早期 OCD を超音波にて観察した³⁹⁾. OCD 早期の超音波像は軟骨下骨の扁平化であった. その後, 周辺の健常部から扁平部を被うように骨化がみられた. あたかも分離骨片が形成されたようにみえた (図5b). これらの変化は, 骨化する予定の軟骨深層あるいは骨軟骨移行部に損傷が生じたことが基になって現れた変化であると推察された³⁹⁾ (図5c, d).

透亮型では軟骨下骨の扁平化とその上層の軟骨の肥厚がみられる³⁹⁾. 分離型では骨片と母床との間に間隙があり, 骨が二重に描出される⁴²⁾. その間隙が大きく, 骨片が浮き上がっているようにみえる例が多い⁴²⁾. 軟骨下骨と軟骨層の局所的陥凹は, 骨軟骨欠損を示している²⁶⁾ (図6).

MRI や手術が行なわれた小頭 OCD 21 例において, 19 例で超音波による不安定性の評価は正しかったが, 2 例では誤っていた^{42, 43)}. また, 別の 2 例においては, 単純 X線評価では不安定性が見過ごされたが, 超音波検査で明らかとなった. 超音波検査が OCD の有用な補助診断になることが示された. 携帯用超音波診断機器を用いた野外検診にてその有用性が発揮されている^{2, 44)}.

CT 診断

CTは骨片の性状や遊離体の存在部位、ならびに母床の骨硬化の有無を確認するのに有用である⁴⁵⁾(図7)。関節内に嵌頓している遊離体を検出することがあるので、有用である⁴⁶⁾(図7e, f)。3次元再構成によって立体的に観察でき、手術の計画に役立つ。しかし、軟骨成分の多い遊離体は検出できないので注意を要する。

術中分類

International Cartilage Repair Society (ICRS) が関節鏡所見をもとに、OCDを4つに分類(図8)した⁴⁷⁾。原文と著者の訳を紹介する。ICRS OCD I : stable lesions with a continuous but softened area covered by intact cartilage ; 正常軟骨に被われた軟らかい部分があるが、連続性で安定した病変。ICRS OCD II : lesions with partial discontinuity that are stable when probed ; 部分的に不連続性があるが、プロービングでは安定した病変。ICRS OCD III : lesions with a complete discontinuity that are not yet dislocated (“dead in situ”) ; 完全に不連続だが、まだ転位していない病変。ICRS OCD IV : empty defects as well as defects with a dislocated fragment or a loose fragment within the bed ; 転位した骨軟骨片や遊離体がある骨軟骨欠損。

この分類は、OCDの病巣の不安定性の程度を示す分類であり、治療の選択に有用である。ほかにも、同様な関節鏡分類や肉眼分類^{48~51)}があるが、現在の発表や論文ではICRS OCD分類がよく用いられている。また、戸祭らは術中所見で外側辺縁の関節軟骨が欠損しているか、残存しているかで治療成績が異なり、対処法を変える必要があることを提唱している⁵²⁾(図2c)。

手術例における術前診断の一致率

術前診断と術中診断は86%で一致していた²³⁾。画像診断との病型一致率は単純レントゲンが62%、MRIが67%、関節造影が86%であった⁵³⁾。単純X

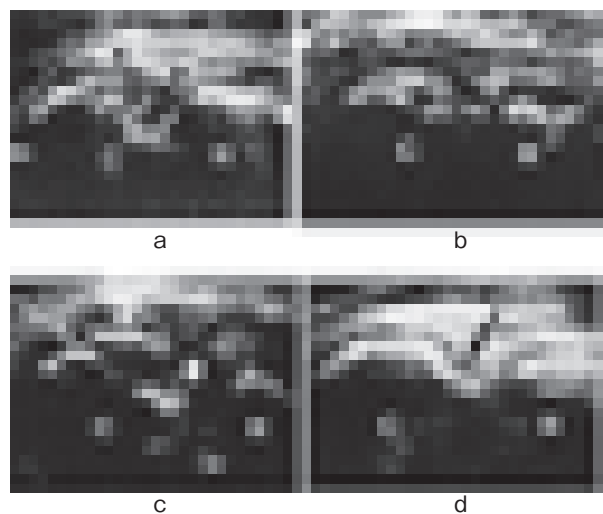


図6 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の超音波像

- 透亮型. 軟骨下骨の陥凹(矢印)を認めるが、関節軟骨面(矢頭)は正常である。
- 分離型. 軟骨下骨の一部に亀裂(矢印)を認めるが、関節軟骨面(矢頭)は正常である。
- 遊離型. 遊離した骨軟骨片(*)と母床との間に広い間隙(矢印)を認める。
- 骨軟骨欠損. 骨軟骨片遊離後の骨軟骨欠損(矢印)を認める。

(C : 上腕骨小頭, R : 橈骨頭)

(Takahara M et al : Sonographic Assessment of Osteochondritis Dissecans of the Humeral Capitellum. Am J Roentgenol, 174 : 411-415, 2000.より転載)

線像では過小評価になる傾向があり²⁹⁾、単純X線評価には限界があることを念頭に入れておかなければならない⁵⁴⁾。

X線透亮期10例の術中直視下所見では5例に明らかな不安定性を認めた⁵⁵⁾。X線診断と術中直視下所見は必ずしも一致しないこと、X線所見だけでは治療の選択が困難である。透亮期は必ずしも安定病変とはいえないことが明らかであった⁵⁵⁾。単純X線で骨端線閉鎖前の透亮型であっても病巣が極めて不安定になっている例があり、超音波、CT、MRIが有用である²⁹⁾。

鏡視による関節面の破壊度と単純X線像の病期診断は一致しない⁴⁸⁾。病巣の離断はX線像のどの病期にでも起こりうる⁴⁸⁾。関節鏡にて関節軟骨深層に及ぶ変性や剥離が認められた割合はX線透亮期の72%、分離型の64%、遊離型の67%であっ

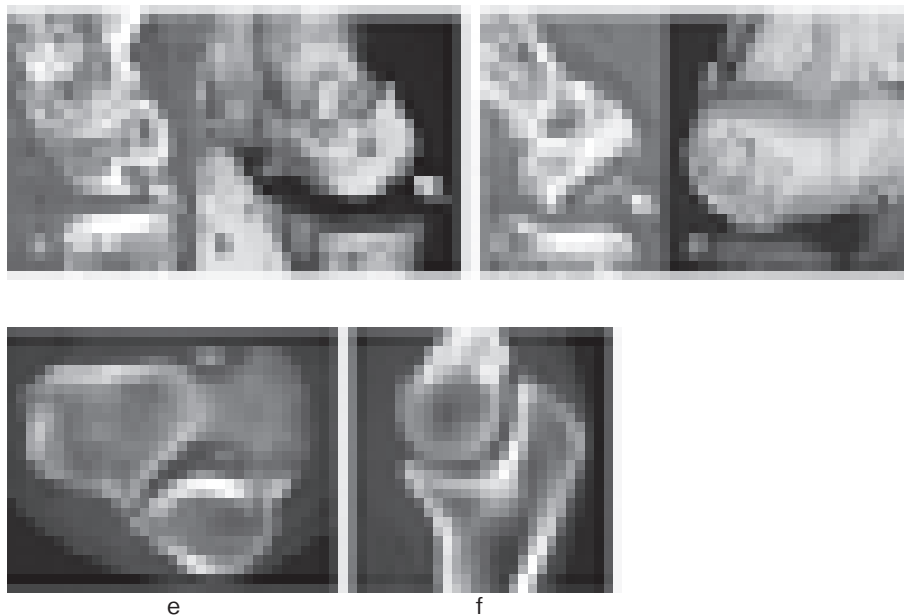


図7 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎のCT像

- a, b. 透亮型
- c, d. 分離型
- e, f. 関節内に嵌頓した遊離体

(a～d：高原政利：【肘関節画像診断のコツ】上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の画像診断. Orthopaedics, 20：19-24, 2007., e, f：高原政利ほか：診断や治療に難渋した上腕骨小頭離断性骨軟骨炎. 整形・災害外科, 49：1191-1199, 2006. より転載)



図8 離断性骨軟骨炎の International Cartilage Repair Society (ICRS) による関節鏡分類
(Brittberg M et al：Evaluation of cartilage injuries and repair. J Bone Joint Surg Am, 85-A Suppl 2：58-69, 2003. より転載)

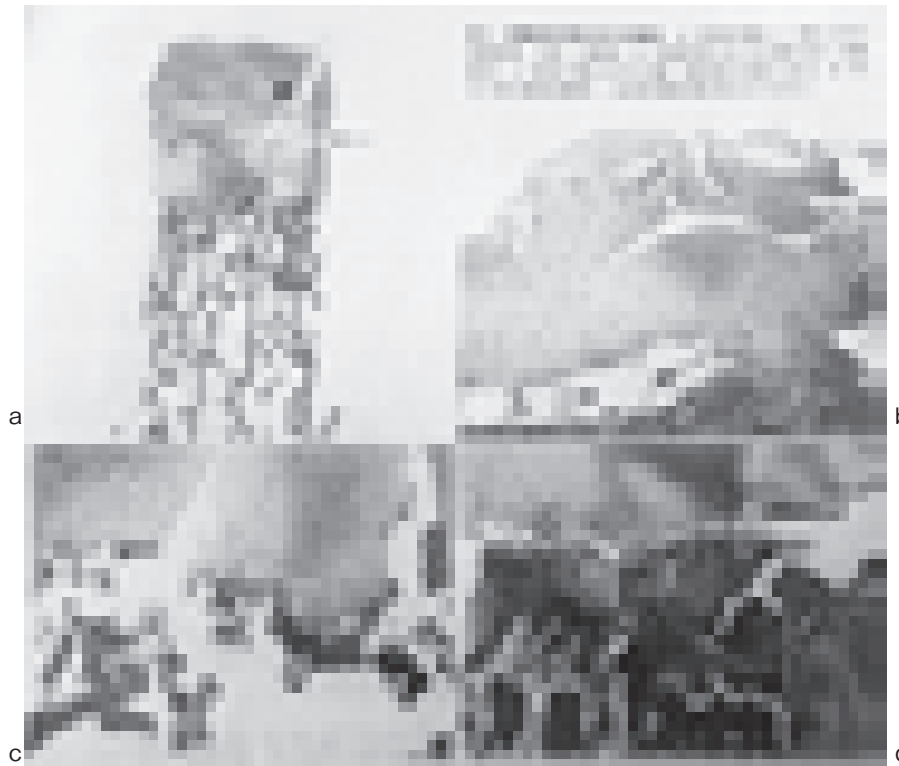


図9 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の病理組織

上段の初期病変では軟骨深層に亀裂があり，下段の進行した病変では軟骨下骨での骨折・分離が生じていた。

(楠美智巳ほか：【骨関節病変のエッセンス 非腫瘍性病変】関節遊離体の臨床病理 離断性骨軟骨炎を中心に。病理と臨床，27：275-282，2009.より転載)

た⁵⁶⁾。X線所見と関節鏡による関節軟骨変性の程度は相関していなかった。治療方針の決定と治療成績の予後を予測するには，関節鏡は不可欠な検査である⁵⁶⁾。関節面に埋没した遊離体は関節鏡のみでは見逃されるので，術前のCTとMRIは必須である²⁹⁾。

MRIと手術所見の整合性をみた研究は少ない。T2脂肪抑制にてfragmentと母床との間を評価し，type 1：介在組織がないもの，type 2：low intensity zoneをみとめるもの，type 3：low intensityとhigh intensityが混在するもの，type 4：high intensityとすると，このMR分類はICRS OCD分類とほぼ一致した⁵⁷⁾。

病 理

12歳の男子体操選手に上腕骨小頭の軟骨剥離が

みられた⁵⁸⁾。同様に，単純X線像にて透亮像を示す早期OCDで，遊離した病巣のほとんどは軟骨であり，骨を含まなかった^{28, 29)}。関節軟骨深層での離断は初期OCD病変部にとくに多くみられた⁵⁹⁾。遊離体が生じていない時期では軟骨深層での分離が主体であり，病期の進行したOCDでは軟骨下骨での骨折・分離が生じていた⁶⁰⁾(図9)。透亮期に発生した遊離体には骨が含まれていないことから(図9a, b)，骨よりも軟骨深層における損傷が先行している可能性が示唆された⁶⁰⁾。

肘OCDの手術で摘出した遊離体には血管と骨細胞を認め，壊死骨はなかった⁶¹⁾。軟骨下骨の虚血性骨壊死像は明らかではなかった(図9d)。

Barrieは，軟骨のみの遊離体では軟骨に肥厚がみられ，しばしば石灰化を伴うことに着目した⁶²⁾。何らかの原因で成長骨端の一部に骨化遅延が生じる

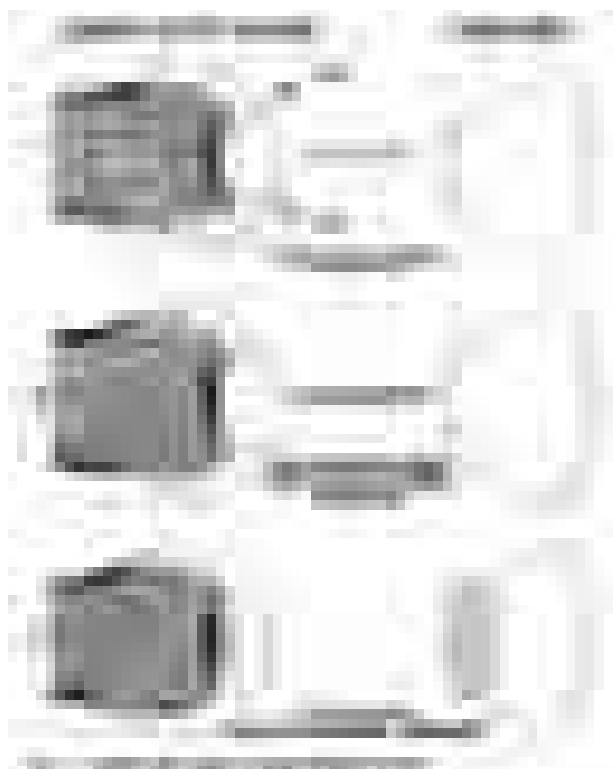


図10 離断性骨軟骨炎の遊離体とその由来
 上段：軟骨性遊離体とその由来
 中段：軟骨深層に石灰化のある遊離体とその由来
 下段：骨軟骨性遊離体とその由来
 (Barrie HJ : Hypothesis--a diagram of the form and origin of loose bodies in osteochondritis dissecans. J Rheumatol, 11 : 512-513, 1984. より転載)

と、軟骨下骨に局所的な扁平化や陥凹が現れる。肥厚した軟骨の深層には、周囲から遅れて石灰化と骨化が出現する⁶²⁾。このような骨化遅延部は損傷を受け易く、深層から離断すると考え、遊離体の形成と由来を図示した⁶³⁾(図10)。

これら多施設の病理所見の共通点は、OCDの損傷・分離部位は早期では軟骨の深層であり、進行期では骨であるという点である。OCDの病巣には骨壊死がみられないことから、肘では虚血性骨壊死は有意な病因ではなく、minor traumaが主因と考えられる⁶⁰⁾。

病 因

OCDの病因として、骨壊死、遺伝的素因、微小

外傷などがあげられている。

小頭骨端核の骨化進展期には骨端線を貫通する血行はなく、骨端核後方からの1ないし2本の血行で支配されている⁶⁴⁾。小頭骨端核の骨壊死性病変であるPanner病は、OCDよりも年齢が若く、骨端核全体に変化が現れ、予後良好であり、OCDとは区別されている。ペルテス病の治療終了後4年経過した12歳時に単純X線上OCDを疑わせる異常陰影が出現し、後に遊離体を形成したという報告がある⁶⁵⁾。ニワトリ膝関節の実験では、大腿骨内側顆部上方から金属筒を関節面に挿入し、骨組織に血流遮断部位を作成すると、早期に骨壊死が生じ、OCDと類似した軟骨塊が脱落していくのが観察された⁶⁶⁾。しかし、現在のところ上腕骨小頭OCDでは骨壊死との関係を積極的に示唆する臨床知見は得られていない。

OCDの両側肘関節罹患例、多関節両側罹患例、家族内発生例の報告が散見されている⁶⁷⁻⁷³⁾。体質的要因が基本にあり、そこに何らかの外傷要因が加わることでOCDが発症したものと考えられる⁶⁷⁾。

菊川らはブタの骨端の破断実験を行なった⁷⁴⁾。幼若ブタでは関節軟骨の引張強度が強いことが特徴であり、成熟ブタの2倍であった。幼若ブタでは骨軟骨移行部の剪断強度が最も弱く(図11a)、次に海綿骨の剪断強度が弱く、関節軟骨の引張強度は最も強かった。したがって、幼若ブタでは骨軟骨移行部あるいは軟骨下骨の閉鎖型損傷を生じやすいことが示唆された⁷⁴⁾。成長期のヒトも同様であるとする、剪断ストレスによって最も損傷を受けやすいのは軟骨の最深部である骨軟骨移行部である。投球による剪断ストレスによって、骨端線閉鎖前の小頭の骨軟骨移行部に最も損傷が生じやすいと考えられる。早期OCDは軟骨深層部の分離が主体(図9a,b)であるという臨床所見^{28, 29, 59, 60)}と一致している。

日高らは、家兎の骨端骨化未熟期に軟骨単独折損を作成し、経過を観察した⁷⁵⁾。折損部軟骨の骨化障害は必発であり、折損部より関節面にいたる骨化は著しく障害された(図11b)。骨化は非折損部を通して遅れて進行した(図11c)。弁状の骨化が完成してのち折損部の癒合が生じた。折損部の癒合が生じるまでは易離断性であった(図11d)。日高らは、骨端骨化未熟期における軟骨単独折損によりOCDが高率に発症することを実証した⁷⁵⁾。実験で行なわれた



図 11 離断性骨軟骨炎の実験的研究

a. 幼若ブタ骨端では骨軟骨移行部の剪断強度が最も弱い。

b-d. 幼若ウサギの骨端軟骨切損による離断性骨軟骨炎の発生。軟骨切損部の骨化障害 (b) が出現し、骨化は非折損部を通して遅れて進行した (c)。折損部の癒合が生じるまでは易離断性であった (d)。

(a: 菊川久夫ほか: 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, 8: 73-77, 1996. b~d: Hidaka S et al: Pathogenesis and treatment of osteochondritis disease -An experimental study on chondral and osteochondral fractures in adult and young rabbits. J Jpn Orthop, 57: 329-339, 1983. より転載)

軟骨損傷は、早期OCDの離断部は軟骨深層(図9a, b)であるという臨床所見^{28, 29, 59, 60)}と一致している。また、この実験結果は、OCD早期では軟骨下骨の扁平化がみられ、その扁平部は周りからの新生骨によって被われるという自然経過^{27, 39)}(図5b, d)と類似している。新生骨が癒合せずに不安定な骨軟骨片になるという仮説^{27, 39, 63)}(図3f)を証明しており、進行したOCDでは軟骨下骨での骨折・分離が生じていたこと⁶⁰⁾(図9c, d)を実証した。

問題点、不明点

OCDの最初の病変はいまだ不明である。微小外傷による損傷説が有力である。現在の知見から、OCDは骨端線閉鎖前に何らかの損傷が生じ、それ

が基になって発症すると推測される。その最初の損傷については依然として明らかではない。医師が知っているのは、その数日から数ヶ月以降、あるいは数年後の病変である。

本文にも述べた通り、実験的にも臨床的にも矛盾しない最初の損傷部位は、骨化する予定の軟骨深層あるいは骨軟骨移行部である(図5c)。合併する関節軟骨損傷の重症度によって、ICRS OCD IからIVまでの損傷型(図8)があり、不安定性の程度が異なる。微小外傷を繰り返し、ICRS OCD IからIVに進行する場合と、早期にIIIやIVになる場合がある。

OCD発症後の早期変化については、単純X線や超音波の観察結果があり、とくに後者では軟骨と骨の両者の変化がとらえられており大変興味深い。OCDの早期変化は軟骨下骨の扁平化であり、その

後に扁平部を被うように骨化がみられる(図5b, d). 前者が透亮像, 後者が分離像を呈する. 三浪らや岩瀬らの分類は命名がすばらしく, 病態の進行と損傷の程度を同時に表しており, 広く用いられている. しかし, これが単純 X線像の分類なのか, 実際の損傷の程度を示す分類なのか混乱がある. 多くの臨床家が警告しているように, 本疾患では早期にすでに遊離していることが少なくない. したがって, 透亮・分離などの病期とは別個に, 損傷の重症度, すなわち安定か不安定かを評価することが治療を選択するうえでより重要である(図3f). その基準になるのが ICRS-OCD 分類である. 術前診断がどこまで ICRS-OCD 分類に迫れるのか, 今後の展開に期待したい. 細分類のまま術前と術後の整合性を検証することは難しいので, 焦点を1点に, 例えば不安定か否かに焦点を絞って相関をみるのがよいと思われる.

治療を選択するうえで, OCD の病期, 部位, 大きさ, 不安定性の評価のほか, 疼痛, 骨年齢, 可動域, 骨棘形成, スポーツ能力と状況, さらに進路や希望を考慮する必要がある. さまざまな新しい治療法が開発され, あらゆる症例に最善の治療が行なえるようになってきたが, まだまだ限界がある. 本文献調査にあたり, OCD の邦文と英文を読んで, 30年前からわが国が世界の最先端にあり, 沢山の若い研究者に受け継がれていることを再認識した. 今後のさらなる発展に期待したい.

文 献

- 1) 柏口新二ほか:【肘のスポーツ障害の診断と治療】投球による肘障害の成因と病態. Orthopaedics, 11: 1-9, 1998.
- 2) 渡辺千聡:【外来診療に必要な超音波診断マニュアル】学童期野球肘における超音波検査の有用性. Orthopaedics, 19: 35-40, 2006.
- 3) 伊藤恵康:肘関節のスポーツ障害. 日整会誌, 82: 45-58, 2008.
- 4) Takahara M et al: Classification, treatment, and outcome of osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. J Bone Joint Surg Am, 89: 1205-1214, 2007.
- 5) 早川克彦:成長期野球肘の X線学的検討. 日肘会誌, 12: 79-80, 2005.
- 6) 高原政利ほか:【野球肘の診断と治療】成長期の上腕骨小頭離断性骨軟骨炎. 骨・関節・靭帯, 18: 985-990, 2005.
- 7) 柴田邦央ほか:小児野球肘の単純 X線像による検討. 中部整災誌, 46: 79-80, 2003.
- 8) 柴田邦央:若年者野球肘の単純 X線学的検討. 中部整災誌, 48: 97-98, 2005.
- 9) 岩瀬毅信ほか:上腕骨小頭骨軟骨障害. 整形外科 Mook. 54, 金原出版, 東京:26-44, 1988.
- 10) 岩瀬毅信:小児整形外科における最近の進歩 スポーツ障害の予防・診断・治療 少年野球肘について. 小児外科, 28: 703-710, 1996.
- 11) 松浦健司ほか:上腕骨小頭離断性骨軟骨炎を有する成長期野球選手の身体的特徴. 中部整災誌, 49: 981-982, 2006.
- 12) 岩堀裕介ほか:投球肘障害症例の身体特性と治療成績. 日肘会誌, 10: 63-64, 2003.
- 13) 前沢祥司ほか:肘関節上腕骨小頭部離断性骨軟骨炎の発生動態についての X線学的検討. 臨整外, 20: 1157-1163, 1985.
- 14) 室井聖史ほか: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, 7: 46-50, 2008.
- 15) Schenck RC Jr et al: A biomechanical analysis of articular cartilage of the human elbow and a potential relationship to osteochondritis dissecans. Clin Orthop Relat Res, 299: 305-312, 1994.
- 16) 三浪三千男ほか:肘関節に発生した離断性骨軟骨炎 25 例の検討. 臨整外, 14: 805-810, 1979.
- 17) Kijowski R et al: Radiography of the elbow for evaluation of patients with osteochondritis dissecans of the capitellum. Skeletal Radiol, 34: 266-271, 2005.
- 18) 吉津孝衛:【肘のスポーツ障害の診断と治療】肘離断性骨軟骨炎に対する外顆楔状骨切り術. Orthopaedics, 11: 29-41, 1998.
- 19) Takahara M et al: Long term outcome of osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. Clin Orthop, 363: 108-115, 1999.

- 20) 島田幸造ほか：スポーツによる肘離断性骨軟骨炎の治療. 臨床整形外科, 35 : 1217-1226, 2000.
- 21) 島田幸造ほか：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する関節鏡視下病巣搔爬形成術. 関節外科, 27 : 1048-1055, 2008.
- 22) 戸祭正喜ほか：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する自家骨軟骨柱移植術. 日肘会誌, 10 : 33-34, 2003.
- 23) 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. 日肘会誌, 13 : 67-68, 2006.
- 24) 辻 英樹ほか：初期肘離断性骨軟骨炎のX線像と治療経過. 日肘会誌, 13 : 71-72, 2006.
- 25) 松浦哲也ほか：上腕骨小頭障害の治療経過と小頭, 外側上顆骨端核との関連について. 臨床スポーツ医学, 14 : 447-451, 1997.
- 26) 高原政利ほか：肘関節骨軟骨損傷の診断 上腕骨小頭の離断性骨軟骨炎. 日本肘関節研究会雑誌, 10 : 29-30, 2003.
- 27) Takahara M et al : The Natural Progression of Osteochondritis Dissecans of the Humeral Capitellum. Radiology, 216 : 207-212, 2000.
- 28) 鈴木克憲ほか：MRIにて遊離体が明らかになった上腕骨離断性骨軟骨炎の2例. 日肘会誌, 12 : 87-88, 2005.
- 29) 高原政利ほか：診断や治療に難渋した上腕骨小頭離断性骨軟骨炎. 整形・災害外科, 49 : 1191-1199, 2006.
- 30) 高原政利：肘離断性骨軟骨炎の診断と治療. リウマチ科, 32 : 89-97, 2004.
- 31) Fritz RC et al : MR imaging of the elbow. Radiol Clin North Am, 35 : 117-144, 1997.
- 32) Murphy BJ : MR imaging of the elbow. Radiology, 184 : 525-529, 1992.
- 33) Kijowski R et al : MRI findings of osteochondritis dissecans of the capitellum with surgical correlation. Am J Roentgenol, 185 : 1453-1459, 2005.
- 34) 飛田正敏ほか：肘関節離断性骨軟骨炎におけるMRIの有用性. 日肘会誌, 7 : 1-2, 2000.
- 35) 岡村良久ほか：スポーツによる肘関節障害の診断・治療 スポーツによる肘関節障害のMRI診断. 臨整外, 35 : 1191-1197, 2000.
- 36) 近藤 真ほか：肘の外科の実際 よりよい治療成績のために 肘離断性骨軟骨炎 MRIを用いた早期診断. 整形・災害外科, 40 : 451-458, 1997.
- 37) 春藤基之ほか：肘離断性骨軟骨炎 MRIを用いた早期診断の試み. 北海道整災外誌, 36 : 57-62, 1992.
- 38) 高原政利ほか：肘関節外科 肘離断性骨軟骨炎の診断と病態. 別冊整形外, 26 : S235-S242, 1994.
- 39) Takahara M et al : Early detection of osteochondritis dissecans of the capitellum in young baseball players : report of three cases. J Bone and Joints Surg Am, 80 : 892-897, 1998.
- 40) Bruns J et al : Ultrasound imaging of the elbow joint. Loose joint bodies and osteochondrosis dissecans. Ultraschall Med, 14 : 58-62, 1993.
- 41) 三上 将ほか：超音波検査が有用であった肘離断性骨軟骨炎の1例. 臨整外, 28 : 1167-1170, 1993.
- 42) Takahara M et al : Sonographic Assessment of Osteochondritis Dissecans of the Humeral Capitellum. Am J Roentgenol, 174 : 411-415, 2000.
- 43) 高原政利ほか：スポーツによる肘関節障害の診断・治療 スポーツによる肘関節障害の診断. 臨整外, 35 : 1199-1207, 2000.
- 44) Harada M et al : Using sonography for the early detection of elbow injuries among young baseball players. Am J Roentgenol, 187 : 1436-1441, 2006.
- 45) 松浦哲也ほか：肘関節骨軟骨障害の病態診断における再構成CTの有用性. 整スポ会誌, 22 : 204-209, 2002.
- 46) 佐々木淳也ほか：遊離体による腕尺関節のロッキングの持続. 日肘会誌, 11 : 211-212, 2005.
- 47) Brittberg M et al : Evaluation of Cartilage Injuries and Repair. J Bone Joint Surg Am, 85 : 58-69, 2003.
- 48) 伊藤元一ほか：肘離断性骨軟骨炎の種々相. 関西関節鏡・膝研究会誌, 7 : 1-4, 1996.
- 49) 村田英明ほか：肘離断性骨軟骨炎に対する骨釘

- 移植術の適応と限界. 日本リウマチ・関節外科学会雑誌, 12 : 273-282, 1993.
- 50) Baumgarten TE et al : The arthroscopic classification and treatment of osteochondritis dissecans of the capitellum. *Am J Sports Med*, 26 : 520-523, 1998.
- 51) Mitsunaga MM et al : Osteochondritis dissecans of the capitellum. *J Trauma*, 22 : 53-55, 1982.
- 52) 戸祭正喜ほか : 肘離断性骨軟骨炎に対する治療経験. *スポーツ傷害*, 6 : 35-38, 2001.
- 53) 入江 徹ほか : 肘離断性骨軟骨炎における術前病型診断の検討. *日肘会誌*, 12 : 93-94, 2005.
- 54) 高原政利 : 【肘関節画像診断のコツ】上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の画像診断. *Orthopaedics*, 20 : 19-24, 2007.
- 55) 村上恒二ほか : スポーツによる肘関節障害の診断・治療 スポーツによる肘関節離断性骨軟骨炎の治療. *臨整外*, 35 : 1209-1215, 2000.
- 56) 貴島 稔ほか : 肘離断性骨軟骨炎に対する関節鏡検査の意義. *関節鏡*, 23 : 57-61, 1998.
- 57) 田野確郎ほか : 離断性骨軟骨炎に対する画像評価-軟骨対応MRIの有用性. *日肘会誌*, 11 : 195-196, 2004.
- 58) 中原信一ほか : 中学生体操選手に発症した肘関節軟骨剥離損傷の1例. *九州・山口スポーツ医・科研究会誌*, 18 : 25-29, 2006.
- 59) Kusumi T et al : Osteochondritis dissecans of the elbow : Histopathological assessment of the articular cartilage and subchondral bone with emphasis on their damage and repair. *Pathology International*, 56 : 604-612, 2006.
- 60) 楠美智巳ほか : 【骨関節病変のエッセンス 非腫瘍性病変】関節遊離体の臨床病理 離断性骨軟骨炎を中心に. *病理と臨床*, 27 : 275-282, 2009.
- 61) 佐竹寛史ほか : 関節内遊離体の組織像. *日肘会誌*, 13 : 57-58, 2006.
- 62) Barrie HJ : Osteochondritis dissecans 1887-1987. A centennial look at König's memorable phrase. *J Bone Joint Surg Br*, 69 : 693-695, 1987.
- 63) Barrie HJ : Hypothesis--a diagram of the form and origin of loose bodies in osteochondritis dissecans. *J Rheumatol*, 11 : 512-513, 1984.
- 64) Haraldsson S : On osteochondrosis deformans juvenilis capituli humeri including investigation of intra-osseous vasculature in distal humerus. *Acta Othop Scand*, 38 : S1-S232, 1959.
- 65) 中村雅洋ほか : ペルテス病に続発したOCDの1例. *整外と災外*, 56 : 9-11, 2007.
- 66) 田中和具ほか : 離断性骨軟骨炎の成因に関する実験的研究. *神戸大学医学部紀要*, 52 : 183-192, 1991.
- 67) 二宮宗重ほか : 両側に発症した上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の経験. *日肘会誌*, 13 : 55-56, 2006.
- 68) 松浦哲也ほか : 上腕骨小頭障害両側罹患例の検討. *日肘会誌*, 4 : 151-152, 1997.
- 69) Kenniston JA et al : Osteochondritis dissecans of the capitellum in fraternal twins : case report. *J Hand Surg Am*, 33 : 1380-1383, 2008.
- 70) Arnold CA et al : Bilateral knee and bilateral elbow osteochondritis dissecans. *Am J Orthop*, 32 : 237-240, 2003.
- 71) Bednarz PA et al : Bilateral osteochondritis dissecans of the knee and elbow. *Orthopedics*, 21 : 716-719, 1998.
- 72) Williamson LR et al : Bilateral osteochondritis dissecans of the elbow in a female pitcher. *J Fam Pract*, 43 : 489-493, 1996.
- 73) Paes RA : Familial osteochondritis dissecans. *Clin Radiol*, 40 : 501-504, 1989.
- 74) 菊川久夫ほか : 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. *東海大スポーツ医誌*, 8 : 73-77, 1996.
- 75) 日高滋紀ほか : 離断性骨軟骨炎の発生機序と治療に関する研究 成熟ならびに幼若家兎骨端骨軟骨および軟骨単独折損の実験的研究. *日整会誌*, 57 : 329-339, 1983.

特集：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の文献調査

上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の 保存療法の成績とその限界

The Clinical Result and Limitation of Conservative Treatment of Osteochondritis Dissecans of the Humeral Capitellum

新井 猛¹⁾ Takeshi Arai 別府 諸兄¹⁾ Moroe Beppu
 高原 政利²⁾ Masatoshi Takahara 加藤 博之³⁾ Hiroyuki Kato
 島田 幸造⁴⁾ Kozo Shimada 戸祭 正喜⁵⁾ Masaki Tomatsuri
 松浦 哲也⁶⁾ Tetsuya Matsuura

● Key words

Conservative treatment : Osteochondritis dissecans of humeral capitellum : Elbow joint

● 要旨

上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の保存療法について過去の文献的調査を行ない、その適応と限界について調査した。病期分類の透亮期ではまず保存療法を原則とする。とくに骨端線閉鎖前の透亮期では保存療法を厳密に行なえば治癒する。保存療法は投球禁止などの上肢への負荷禁止が基本であり、その投球禁止期間としては6ヵ月以上は要する。また関節軟骨面の修復には1年以上を要する。骨端線閉鎖後の分離前期例では関節鏡による関節軟骨面のICRS分類を行ない、骨軟骨片の安定性の評価により保存療法か手術的治療かを判断する必要がある。分離後期や遊離期ではもはや保存療法の適応はなく、何らかの手術治療を要する。

新井 猛
 〒216-8511 川崎市宮前区菅生2-16-1
 聖マリアンナ医科大学整形外科
 TEL 044-977-8111

- 1) 聖マリアンナ医科大学整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, St. Marianna University School of Medicine
- 2) 医療法人泉整形外科病院
Izumi Orthopaedic Hospital
- 3) 信州大学医学部運動機能学講座
Department of Orthopaedic Surgery, Shinshu University School of Medicine
- 4) 大阪厚生年金病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Osaka Koseinenkin Hospital
- 5) 医療法人川崎病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Kawasaki Hospital
- 6) 徳島大学運動機能外科学
Department of Orthopedics, University of Tokushima

はじめに

野球はわが国において非常にポピュラーなスポーツであり、リトルリーグなどで小児期から本格的プレイを行なうスポーツである。しかし、その小児期におけるスポーツ障害である野球肘（離断性骨軟骨炎）が広く一般の野球愛好家の親達やコーチ、監督などに知られているとはいえないのが現状であると思われる。実際に臨床の現場ではスポーツ活動時のみの肘関節痛など、症状をきたしても日常生活上の支障がなければ医療機関受診によりスポーツ活動の中止を余儀なくされることを懸念し医療機関受診を躊躇するあまり受診時には病状の進行をきたしていたり、受診そのものを受け入れない考えをもっていることを耳にすることもしばしばである。肘離断性骨軟骨炎は早期発見、早期診断で保存療法を施行すれば完治も十分可能であることに異論はないものと思われる。この稿ではその保存療法の適応とその成績や限界について文献的な検証を行なうものとする。

文献上の保存療法の適応やその限界について

保存療法のみにしぼった文献は手術成績を報告する文献より圧倒的に少ないようであるが、手術的治療の治療成績の報告でも手術に至るまでに保存療法を施行した記載のある文献も検討した。以下に文献上の保存療法の適応や限界について記載されたものについて要約を行ない記述する。

保存療法の限界に関する論文では岡¹⁾が透亮型のI型8例、分離型のII型17例、遊離型のIII型12例のうち10例について、平均7年の追跡期間で1年以上の保存療法でも治癒せず手術に移行したのが9例であり、保存療法には限界があることが報告がされている。しかし、保存療法の方法や保存療法施行例の病期分類の詳細については記述されていなかったため詳細については不明点が多い。

高原²⁾はレ線像で上腕骨小頭の扁平化をI型、偏位のない骨軟骨片の存在がII型、やや偏位のある骨軟骨片の存在がIII型、明らかに偏位した骨軟骨片の存在がIV型と分類し、早期例のI型の7例、II型の9例、平均12.5歳の合計16例の6ヵ月以上の自然

経過について報告している。全例野球選手で保存療法は投球の禁止と腕相撲などの上肢負荷の禁止を示す。観察期間は平均3年であった。I型はII型より年齢が若く骨端線開存が5例であり新生骨片が癒合したのも5例であった。II型では骨端線開存が1例のみで、骨軟骨片の癒合はみられなかったとしており、離断性骨軟骨炎の初期病変は軟骨下骨の扁平化で扁平部の修復中に投球などの繰り返す外力で骨軟骨片が不安定となり癒合を阻害するとしている。したがって保存療法は厳密な投球動作の禁止など上肢への負荷がないことが重要と思われる。

亀山³⁾は3ヵ月以上の保存療法例について調査。内訳は透亮期7例、分離初期4例、分離後期3例の14例であった。初診後2年以上の経過観察を行ないスポーツ復帰状況について報告しており、透亮期では7例中完全復帰3例、レベルダウン4例、分離初期で完全復帰3例、レベルダウン1例、分離後期3例で後に手術を施行したのは2例で完全復帰1例、レベルダウン1例、種目変更1例と報告している。したがって骨端線閉鎖前の透亮期や分離前期までの保存療法例は投球禁止を厳密に行なうことにより治癒する可能性が十分あるとしている。

松浦⁴⁾は治療方針として初期、進行期では保存療法、終末期では手術的治療を原則にしている。さらに保存療法の実際は投球、重量物挙上の禁止でADL上の制限はとくにしていない。治療成績は初期の90%、進行期の50%に修復がみられたとしている。

西中⁵⁾はX線分類を岩瀬分類に規定し分離前期1例、遊離期（巢内）2例に運動療法を主体とした保存療法を施行し、分離前期の1例と遊離（巢内）1例は完全修復が得られ、遊離（巢内）1例が一部不整像残存としている。保存療法の実際は投球禁止以外に肩、肩甲帯、下肢、体幹の機能不全の評価を施行し肘負担の原因を究明、改善を図ることが重要としている。

平地⁶⁾は透亮期、分離初期の症例については保存療法を原則としている。

藤井⁷⁾は岩瀬らのX線分類で透亮期4例、分離前期2例、分離後期4例、遊離期1例の合計11例に保存療法を施行し、6ヵ月以上の経過観察での病期分類の変化について報告している。それによると透

亮期と分離前期まではX線像で修復がみられるが、分離後期、遊離期の症例ではX線像での修復は必ずしも得られなかったとしている。したがって分離後期と遊離期では保存療法の適応はないとしている。またスポーツの復帰について保存療法11例中8例で平均4ヵ月での復帰が可能であり、3例はドロップアウトとなったと報告している。

辻ら⁸⁾は岩瀬のX線分類を用いて外側透亮型3例、中心透亮型5例と分離前期の7例の合計15例に6ヵ月間の投球禁止とした保存療法を施行した症例についての調査報告をしている。それによると7例は手術に至らず保存療法で、8例は保存療法が奏効せず手術に至った。詳細についてみると外側透亮型の3例は治癒し、平均年齢が10歳で全例が骨端線開存例であった。中心透亮型5例中2例は骨端線開存例で治癒し、3例は骨端線閉鎖例で内2例が病巣分離のため手術に至った。分離前期の7例は骨端線開存が2例で内1例は変形癒合で残りの6例は癒合得られず手術に至っていたとしており、骨端線の開存例は修復能が高く保存療法が有効であるとしている。また分離前期の症例は骨端線開存の有無に関わらず関節鏡による軟骨面の評価と何らかの手術が必要としている。

山口ら⁹⁾は岩瀬らの分類で透亮期や分離前期までは保存療法を基本としており、透亮期17例、分離前期2例、分離後期4例、遊離期5例の計28例の保存療法例について報告している。それによると透亮期と分離前期19例中修復像は16例87%で、分離後期と遊離期9例中修復像は2例22%にとどまっていた。修復された症例は骨端線開存群では平均2.3ヵ月に修復像を認め、骨端線閉鎖群では平均5.6ヵ月であったとし保存療法継続の目安を6ヵ月とも言及している。分離後期、遊離期の保存療法無効率は78%で初診時に分離後期、遊離期は手術治療をすすめるとしている。

高原ら¹⁰⁾は上腕骨小頭骨端線閉鎖前の透亮期のみ保存療法で治癒するとしている。また修復には1～2年を要する。具体的保存療法の内容は投球禁止と肘負荷の禁止であるが打撃は許可するとしている。

欧米の文献ではStubbsら¹¹⁾は関節軟骨が正常に残っていたり、病変部での軟骨面の不安定性がなければ保存療法が適応としている。装具や理学療法を

3ヵ月施行し症状消失後プレイを再開させている。さらに治療上最も重要なのはあくまでも病変部軟骨片の安定性で早期診断、早期治療が功を奏するとしている。Papandreaら¹²⁾は病期で早期の時期で骨軟骨片が病巣部に留まり安定であれば安静とスポーツ活動の中止で骨癒合を得られるとしている。さらに骨軟骨片のゆるみや剥離があれば関節障害や腕橈関節の変性や変形につながるとしている。ただし、16歳以下OCD患者は変性にまで至ることは少ないとしている。ゆえに再建術やサルベージ手術は腕橈関節に骨軟骨骨折によりはがれた骨軟骨片がありゆるみを伴っていたり、骨化した場合のみとしている。Bradleyら¹³⁾は治療法のガイドラインとして単純レ線は正常でMRI T1 low, T2は正常のType1Aについては少なくとも6ヵ月のスポーツ禁止による保存療法で症状消失まで競技復帰は禁止している。また単純レ線で上腕骨小頭の透亮像で軽度の平坦化、骨硬化もしくはこれらの組み合わせをType 1Bとしている。この1BではMRI評価で骨軟骨片が安定化していれば3週間の外固定を施行。競技復帰は最低でも6ヵ月禁止して症状が軽快しない例を関節鏡にて手術を決定するとしている。Takaharaら¹⁴⁾は病変部の骨軟骨片の安定性を重視し、骨端線開存例で可動域制限がなく、単純レ線分類では上腕骨小頭の扁平化であるI型に相当し、ICRS分類ではgrade Iに相当する症例でのみ投球禁止による肘関節の安静加療が奏効するとしており、不安定な症例には手術的治療を要するとしている。

不明点・問題点

保存療法の適応に関してであるが、病期分類の透亮期では保存療法が適応であることは共通した意見である。また、分離前期については骨端線開存例では保存療法が奏効すると考えてよいと思われる。分離後期や遊離期については骨端線の有無に関わらず保存療法には限界があり、何らかの手術的治療が必要であると思われる。分離前期においても成績不良例の報告が存在するようであるが、骨端線閉鎖例に多い傾向がある。したがって分離前期の症例では骨端線の開存例では保存療法、骨端線閉鎖例では何らかの手術的治療と治療法選択の目安としてもよいと

考える。また、病期分類はあくまでも単純 X 線上での分類であり、実際には骨軟骨片の不安定性も関わっている。したがって、骨軟骨片の不安定性の評価に MRI, 超音波, 関節鏡などの所見を十分に吟味する必要もあると考える。病変部の安定性, 不安定性についての評価は関節鏡による評価が今後は重視され、さらにその評価方法としては ICRS による分類が重視されてくるものと思われる。

保存療法の実際についてであるが、投球禁止を指示するという報告が多い。しかし、実際にどの程度投球禁止が守れているのか不明であり疑問である。投球禁止を指示しているにも関わらず守れていなかったとすれば治療成績に影響することは間違いないであろう。また、あくまでも投球動作のみの禁止だけでよいのか、あるいは投球動作に伴う肘への負担を軽減させるための何らかの理学的治療は必要なのかという点については議論されることが少なく、結論が出ていない。したがって今後はこの点についての研究や多くの報告がなされることが期待される。投球禁止を主体とした保存療法の期間についてであるが、文献上修復が得られるまで1年以上を要すると思われる。保存療法施行6ヵ月の時点で骨軟骨片の評価を行ない、骨軟骨片の修復が得られていなければ、手術的治療法の選択を行なうとよいであろう。

ま と め

単純 X 線病期分類(岩瀬らの分類)を基準として透亮期については保存療法を施行。分離前期については骨端線開存例では保存療法を1年以上施行し、骨軟骨片の再評価を施行し検討する。分離前期の骨端線閉鎖例では骨軟骨片の安定性の評価を施行し保存療法か手術療法を選択。分離後期, 遊離期には保存療法の適応はなしとする。保存療法の具体的方法としては投球禁止を6ヵ月以上厳密に行なうが、修復には1年以上を要する。

文 献

- 1) 岡 義範：肘離断性骨軟骨炎の治療，特に重度骨軟骨欠損例について．日肘会誌，4：153-154, 1997.
- 2) 高原政利ほか：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の自然経過．日肘会誌，8：121-122, 2001.
- 3) 亀山 泰ほか：肘離断性骨軟骨炎の保存療法の予後．中部整災誌，45：367-368, 2002.
- 4) 松浦哲也ほか：少年野球選手の肘関節骨軟骨障害の現状．日肘会誌，10：27-28, 2003.
- 5) 西中直也ほか：当院における離断性骨軟骨炎の治療成績．日肘会誌，11：189-190, 2004.
- 6) 平地一彦：外側野球肘の診断と治療—離断性骨軟骨炎—．MB Orthop, 16：27-34, 2003.
- 7) 藤井基晴ほか：肘離断性骨軟骨炎症例の治療成績．日肘会誌，13：65-66, 2006.
- 8) 辻 英樹ほか：初期肘離断性骨軟骨炎の X 線像と治療経過．日肘会誌，13：71-72, 2006.
- 9) 山口 健ほか：保存療法を行った上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に経時的变化．日肘会誌，14：1-3, 2007.
- 10) 高原政利ほか：野球肘の保存療法と予防．MB Orthop, 21：37-43, 2008.
- 11) Stubbs MJ et al：Osteochondritis dissecans of the elbow. Arthroscopic Surgery for Athletic Elbow and Wrist Injuries, 20：1-9, 2001.
- 12) Papandrea R et al：Posttraumatic reconstruction of the elbow in the pediatric patient. Clin Orthop Relat Res, 370：115-126, 2000.
- 13) Bradley JP et al：Osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. Clin Sports Med, 20：565-589, 2001.
- 14) Takahara M et al：Classification, treatment, and outcome of osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. J Bone Joint Surg Am, 89：1205-1214, 2007.

特集：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の文献調査

分類 (ICRS OCD 分類を中心に) と治療成績について

Investigation of Relevance with Gross Classification and Treatment Outcomes in Osteochondritis Dissecans of the Humeral Capitellum

戸祭 正喜 ¹⁾	Masaki Tomatsuri	松浦 哲也 ²⁾	Tetsuya Matsuura
新井 猛 ³⁾	Takeshi Arai	加藤 博之 ⁴⁾	Hiroyuki Kato
島田 幸造 ⁵⁾	Kozo Shimada	高原 政利 ⁶⁾	Masatoshi Takahara

● Key words

上腕骨小頭, 離断性骨軟骨炎, 肉眼的分類

Humeral capitellum : Osteochondritis dissecans : Gross classification

● 要旨

1983年以降2009年3月31日までに発表された論文のうち、上腕骨小頭離断性骨軟骨炎を検索語として医学中央雑誌およびPubMedを用いて抽出された文献を鑑み、病巣の術中における肉眼的所見と治療成績との関連について検討を行なった。中央型の症例においては、ICRS OCD分類のStage IIIまたはIVであっても、術式の選択に関わらず、良好な治療成績が得られていた。一方、上腕骨小頭の外側壁の欠損を伴う外側型の症例の多くが成績不良例となっていた。このように病巣の大きさや位置によって治療成績が左右されることがわかってきたが、術中の肉眼所見による分類を統一できれば、治療成績との関連性をより明確にできるのではないかと考えられた。

戸祭正喜
〒652-0042 神戸市兵庫区東山町3-3-1
医療法人川崎病院整形外科
TEL 078-511-3131

- 1) 医療法人川崎病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Kawasaki Hospital
- 2) 徳島大学運動機能外科学
Department of Orthopedics, University of Tokushima
- 3) 聖マリアンナ医科大学整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, St. Marianna University School of Medicine
- 4) 信州大学医学部運動機能学講座
Department of Orthopaedic Surgery, Shinsyu University School of Medicine
- 5) 大阪厚生年金病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Osaka Koseinenkin Hospital
- 6) 医療法人泉整形外科病院
Izumi Orthopaedic Hospital

はじめに

大歳ら¹⁾は、術前に行なった肘関節単純 X 線像による上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の病期分類では、透亮期であった13例のうち、実際は病巣が剝離し不安定であった症例や、すでに病巣が遊離している症例が12例存在し、単純 X 線像のみでの病期診断には限界があることを示唆した。岩堀ら²⁾は、手術療法を行なった42例43肘(全例男児・平均13.7歳)の成績を検討し、術前診断と術中診断との一致率は86%であった。近藤ら³⁾は、経過観察中にMRI画像所見で改善傾向を呈していたとしても、病期が進行していることもあり得るとしている。

このように術前の画像所見と病巣の術中における肉眼的所見は必ずしも一致しないことがあるので、術式の選択については、術中における鏡視下もしくは肉眼的所見で決定している医療施設が比較的多い^{1, 2, 4-15)}。

離断性骨軟骨炎における肉眼所見の病期分類としては、International Cartilage Research Society (ICRS)



図1 文献4より引用

(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。日肘会誌, 13: 63-64, 2006より引用)

による関節鏡分類を用いられることが多く、この分類では、Stage I はとくに所見のないもの、Stage II は軟骨に亀裂があるが、病変部は安定しているもの、Stage III は骨片が部分的に剝がれたもの、Stage IV は骨片が完全に離れて遊離しているもの、とされている。

さらに、上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の場合は、大腿骨顆部と比べると上腕骨小頭の表面積が小さいため、病巣の位置が治療成績に影響すると考えられており、最近では、病巣部が中央に限定されている中央型と、病巣部が外側辺縁にまで達し、上腕骨小頭外側骨皮質の欠損および破壊を伴う外側型の2群に大別される⁴⁾(図1)。

本稿の目的は、1983年以降2009年3月31日までに発表された論文のうち、上腕骨小頭離断性骨軟骨炎を検索語として医学中央雑誌およびPubMedを用いて抽出された文献を鑑み、病巣の術中における肉眼的所見と治療成績との関連について検討を行なうことである。

肉眼的分類と治療成績について

1. ICRS OCD 分類の Stage I または II の症例

戸祭ら⁴⁾は、ICRS OCD 分類の Stage I または II に相当する6症例に対して骨釘を用いた離断骨軟骨片の整復固定術を行ない、全例で良好な骨癒合が得られ、スポーツ完全復帰を果たしていた。伊坪ら⁵⁾も、上腕骨小頭の軟骨表面に連続性があれば、骨釘移植術の適応としており、術後1年以上経過観察が可能であった3例においては、良好な骨修復が得られ、スポーツに完全復帰していた。また、Kiyoshigeら¹⁶⁾はICRS OCD 分類の Stage II に相当する7例に対して上腕骨外顆を楔状に骨切りして腕橈関節の除圧を図る吉津法を行ない、半年以内に全例で骨性修復を得ていた。この報告では、術後7~12年の経過観察を行ない、投球時痛が残存した1例を除けば、残りの6例は、スポーツ活動に完全に復帰していた。関節可動域も伸展で平均3.5°屈曲で平均8.5°の改善を認めていたが、全例でスポーツ活動の障害にはなっていなかったが、橈骨頭の横径肥大を認めていた。

このほかにも、ICRS OCD 分類の Stage II に相当する症例に対しては、ドリリングや骨釘もしくは金属材料(ステープル・ワイヤー・スクリュー)を用

いた離断骨軟骨片の整復固定術などの過去に多数の報告^{2, 5-8, 13, 14, 17-21)}がなされているが、どの術式でも比較的良好な結果が得られており、術者が慣れ親しんだ術式を選択して治療をすることで十分対応できるものと思われた。

2. ICRS OCD 分類の Stage III もしくは IV の症例

すでに病巣内から逸脱し、遊離体となっている ICRS OCD 分類の Stage IV に相当する症例に対しては、その骨片を再度元の位置に整復固定することを賛同する術者は少ない²²⁾。一方、ICRS OCD 分類の Stage III に相当する症例に対しては、離断骨軟骨片を再度、接合すべきか、摘出すべきかの判断法はいまだ確立されてはいない。

Takeda ら¹⁵⁾は術中所見で深い亀裂や部分的な剝離を認めた病巣が不安定な 11 症例に対して病巣部の搔爬と海面骨移植を行なった後に離断骨片をプリアウトワイヤーで締結固定する方法を行ない、術後平均 9 週間で投球復帰が可能となり、10 例 (91%) が元のスポーツレベルまで完全に復帰していたが、X 線像では、全例で骨癒合を得ていたものの、3 例で関節面の不整が残存していた。また、Harada ら¹⁹⁾は、術前の肘関節可動域が屈曲 125° 伸展 25° と制限を認めた症例の術中所見で 2 個の小さな巣外遊離体を認めたので摘出したが、病巣内にある離断骨軟骨片は連続性を保っていたので、病巣部外側から、搔爬骨移植を行なった後にダイナミックステーブルを用いて離断骨軟骨片を固定する方法を行なったところ、骨癒合は得られたものの、疼痛は残存し、スポーツ活動への完全復帰は困難であった。

このように、ICRS OCD 分類の Stage III に相当する症例においては、骨接合を試みても、十分な骨性修復が得られず、治療成績が不良となる症例も少なからず存在する。

ICRS OCD 分類の Stage III もしくは IV の症例のうち、骨接合が困難と判断された症例に対しては、過去に遊離体の摘出と病巣搔爬術が行なわれてきたが、10 年以上の長期成績では、約半数の症例が疼痛や可動域制限といった肘関節の症状によって日常生活での支障をきたしていたとの報告²³⁾もあり、最近では、病巣部を何らかの形で充填する方法をとるべきであると考えられ、自家骨軟骨柱移植術 (モザイク

プラスティ) ^{1, 2, 6-8, 10-12, 24, 25)}、肋軟骨移植術^{8, 11, 26, 27)}あるいは骨髓間葉系細胞移植を用いた軟骨修復術²⁸⁾などの報告がなされ、比較的安定した治療結果が得られるようになってきている (表 1, 2)。

病巣の位置と治療成績について

戸祭ら⁴⁾は、骨釘を用いた離断骨軟骨片の整復固定術を行なった 10 例のうち、ICRS OCD 分類の Stage III または IV に相当する 4 例は、すべて外側型であり、このうち 3 例は骨癒合が完成せず、運動時痛が残存した 2 例に対して追加手術を要していた。この結果から、外側型で ICRS OCD 分類の Stage III または IV に相当する症例においては離断骨軟骨片の骨性成分が少ないことが多く、骨接合することは困難であると考察した。渡辺ら¹⁸⁾も PLLA ピン固定を用いた離断骨軟骨片の整復固定術を行ない、上腕骨小頭中央に病巣が限局する症例では固定性がよく癒合が得られやすいが、病巣が小頭外側にかかる例では固定性が不十分であり、他の術式を検討する必要があると考察している。

三原ら⁸⁾は、術後 X 線像で関節症性変化がみられ予後不良と判定した 4 症例のうちの 3 例は遊離骨片の除去後に病巣部をドリリングした症例であり、全例術後野球への早期復帰が可能で、除痛も得られたが、時間の経過 (術後平均観察期間 55.0 ヶ月 : 48~63 ヶ月) とともに徐々に関節症性変化が進行していた。これら 4 例とも広範囲型で外側壁の remodeling が不十分であったことが原因の 1 つではないかと考察している。

このように外側型の症例に対しては、摘出・病巣搔爬のみでは関節不安定性が増強することが危惧され、さらに関節症性変化をきたす可能性が高くなることが予想されるため、離断骨軟骨片の摘出と病巣搔爬を行なった後には、骨釘や自家骨軟骨柱を用いて病巣を充填する必要があるが、上腕骨小頭としての機能を再建するには、いかにして橈骨頭の支えを再構築できるかが良好な成績を得るための鍵になると考えられている⁴⁾。

戸祭ら¹⁰⁾は、自家骨軟骨柱移植術を行なった 22 例において、中央型と外側型の症例に分けて検討してみると、平均肘関節可動域は、中央型 (6 例) の症

表1 文献24より引用
TABLE 4

Patient Descriptions and Results After Osteochondral Mosaicplasty for Capitellar Osteochondritis Dissecans

Patient Number	Age, y	Baseball Position	Classification of Lesions ^a	Size of Lesion, mm	Location of Lesion	Follow-up, mo	Clinical Score ^b	Return to Baseball	Postoperative MRI Score ^c
1	14	Pitcher	IV	10×10	Anterolateral	38	140/200	Yes	3
2	16	Fielder	IV	9×9	Anterocentral	27	150/200	No	1
3	14	Pitcher	IV	8×12	Anterolateral	20	135/190	Yes	3
4	14	Fielder	IV	20×15	Anterocentral	42	95/175	No	3
5	15	Pitcher	IV	7×7	Anterocentral	15	155/180	Yes	3
6	11	Catcher	III	20×15	Anterocentral	18	120/145	Yes	4
7	13	Fielder	III	15×10	Anterocentral	15	130/185	Yes	3
8	14	Pitcher	III	18×8	Anterolateral	14	150/190	Yes	3

^aInternational Cartilage Repair Society classification of osteochondritis dissecans lesions¹⁶ (Table 1).

^bClinical rating system by Timmerman and Andrews³² (Table 2) (preoperative/postoperative) maximum 200 points.

^cScoring system of Roberts et al²⁶ (Table 3), maximum of 4 points.

(Iwasaki N et al : Autologous osteochondral mosaicplasty for capitellar osteochondritis dissecans in teenaged patients. Am J Sports Med, 34 : 1233-1239, 2006.)

表2 文献25より引用

TABLE 2. Summary of Results

Patient	Age at Surgery (years)	Size of Chondral Defect (mm)	Size and Quantity of Grafts (mm)	Followup (months)	Clinical (JOA) Score (points) *	Return to Former Sports Activity	Radiocapitellar Congruity (radiographs) (%) *
1	17	15×14	6×4	18	81/73/78 †	Yes, but low level	28/37/37
2	13	15×12	8×2	18	81/100/100	Yes	23/59/65
3	14	20×25	7×4, 8×1	18	73/91/91	Yes	38/57/57
4	16	15×12	8×3	30	91/100/81	Yes, but retired	52/63/58
5	15	18×12	8×2, 5×1	45	76/100/100	Yes	26/62/78
6	14	15×17	8×4	18	74/96/96	Yes	26/55/66
7	12	13×17	8×2, 7×1	30	86/95/100	Yes	42/68/71
8	14	17×17	8×2	36	83/96/96	Yes	40/50/64
9	13	13×8	8×2	24	78/95/100	Yes	36/71/74
10	14	15×10	7×2, 6×1	18	83/96/96	Yes	46/68/72
Average	14.3	15.6×14.4	7.5×3.1	25.5	80.6/94.2/93.8		35.7/59.0/64.2

* Preoperative/1 year/followup ; † after revision surgery.

(Shimada K et al : Reconstruction with an osteochondral autograft for advanced osteochondritis dissecans of the elbow. Clin Orthop Relat Res, 437 : 140-147, 2005.)

例では、術前伸展-8°から屈曲123°であったのが、術後伸展2.5°から屈曲128°に、外側型(16例)の症例では、術前伸展-18°から屈曲125°であったのが、術後伸展-9°から屈曲133°となっており、術前および最終の肘関節伸展可動域では中央型の症例と外側型の症例の間に有意差を認めたが、可動域改善の程度には有意差は認められなかった。完全復帰率においては中央型の症例は4例(66.7%)であったのに対

し、外側型の症例は5例(31.3%)であり、中央型の症例に比べて劣っていた(表3)。

大歳ら¹⁾は、中央型のうち病巣部の横径が小頭径の60%未満の場合を中央局限型60%以上の場合を中央広範囲型とし、外側型のうち小頭外側骨皮質の破壊を伴う場合を外側壁破壊型とし、外側骨皮質が残存している場合を外側壁温存型とさらに細かく分類して、自家骨軟骨柱移植術を行なった46例の治

表3 文献10より引用

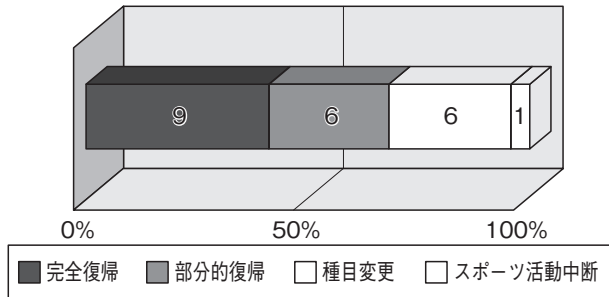


図2 最終調査時のスポーツ能力

表1 X線像と術中所見

X線像位置	術中所見			
	亀裂	剝離	欠損	
中央型	2	1	2 1	6
外側型		3	8 5	16
	2	4	16	22

表2 結果

	術前肘関節可動域		投球開始 (月)	最終肘関節可動域		完全復帰
	伸展	屈曲		伸展	屈曲	
22例	-15°	125°	8.4ヵ月	-6°	132°	9例(40.9%)
中央型：6例	-8°	123°	8.5ヵ月	2.5°	128°	4例(66.7%)
外側型：16例	-18°	125°	8.4ヵ月	-9°	133°	5例(31.3%)

(戸祭正喜ほか：骨軟骨欠損部に自家骨軟骨柱移植を行なった上腕骨小頭離断性骨軟骨炎症例の治療成績. 日肘会誌, 14: 25-28, 2007.)

療成績を検討している。その結果では、術前の伸展可動域制限は、可動域制限は病巣が広範囲で外側であるほど高度で、病巣が小さく中央部であるほど軽度であるとし、中央広範囲型や外側壁破壊型では、病巣が広範囲で外側に位置しているために腕頭関節の適合性が悪い状態で、円滑な関節運動の制限が生じることから術前から高率に関節症性変化が認められ、術後も進行しやすいのに対して、中央限局型では、病巣が中央部で小さいために術前に関節症性変化をきたしにくく、術後も進行しにくいと考察した。さらに、橈骨頭肥大率は、術前での評価で中央限局型以外の症例では、健側と比較して患側で有意に高値であり、外側型は、中央型と比較して有意に高値であった。術後は、中央型、外側型ともに橈骨頭肥大が有意に進行しており、その変化は術後も進行していた(表4)。

松浦ら⁶⁾は、骨軟骨柱移植術を行なった肘離断性骨軟骨炎21例の治療成績について検討し、病巣の部位は中央型であった12例においては、疼痛評価点(30点満点)が術前16.7点から術後30点に改善し、可動域は、術前屈曲131°伸展-3°が術後屈曲135°伸展0°とわずかな改善であったが、全例が元の競技(野球)レベルに復帰していた。一方、外側

型であった9例は疼痛が術前11.1点から術後25.1点に改善したが、可動域は術前屈曲129°伸展-12°から術後屈曲128°伸展-10°と改善を認めず、スポーツへの完全復帰は6例のみで、2例がレベルダウンし、1例は復帰できなかった。外側型であった9例のうち4例は、術前に橈骨頭の中枢移動や亜脱臼を認めており、レベルダウンの2例は亜脱臼が高度で術後可動域制限、疼痛が残存していた。復帰不可例は、術後に亜脱臼が進行し、骨軟骨柱軟骨の吸収像と関節症変化の進行をきたしていた(表5)。

山崎ら¹²⁾は、病巣の直径が10mm以上の症例に対して自家骨軟骨柱移植術を施行し、遊離体切除および病巣搔爬後の欠損部が、上腕骨小頭の外側壁を含む外側型26例のうち19例(73.1%)が、外側壁を含まない中央型19例のうち16例(84.2%)が完全復帰(全野球活動の再開が可能)していた。復帰率からみると外側型がやや劣るも有意差はなく、術前の肘関節可動域は、両型間で屈曲・伸展ともに優位差はみられなかったが、術後は、屈曲が外側型で平均133.5°±10.9°、中央型で139.7°±4.3°伸展が外側型で平均-8.1°±11.8°、中央型で-1.3°±6.6°でともに外側型が悪かった。

これらの報告をまとめると、中央型の症例に比べ

表4 文献1より引用

表2 術前後の肘関節可動域の変化

	伸展			屈曲		
	術前	術後	p値	術前	術後	p値
総合	-15.9±17.4	-4.8±13.6	<0.001*	127.8± 8.3	132.7±7.5	<0.001*
中央型	-9.7±20.8	-0.6±11.3	0.22	128.4± 9.1	132.9±7.1	0.14
限局型	-5.7±15.7*	-6.4± 9.9	0.91	130.0± 6.5	132.9±8.1	0.41
広範囲型	-12.5±24.2	3.5±10.8	0.11	127.3±10.8	133.0±6.7	0.19
外側型	-19.6±14.2	-7.7±14.5	<0.001*	127.4± 7.8	132.5±7.9	<0.001*
外側壁温存型	-18.1±16.6	-6.0±16.6	0.004*	128.1± 7.6	133.0±8.2	0.005*
外側壁破壊型	-22.0± 9.6	-10.6±10.4	0.02*	126.4± 8.4	131.7±7.9	0.047*

* p < 0.05

表3 病巣部の修復状態

	優	良	可	不可
総合	17	18	9	1
中央型	9	6	2	1
限局型	3	3	1	1
広範囲型	6	3	1	0
外側型	8	12	7	0
外側壁温存型	5	7	4	0
外側壁破壊型	3	5	3	0

表4-1 肘関節全体の関節症性変化—骨棘形成による評価—
(OA grade 3以上の占める割合で検討)

	術前	術後	p値
総合	13.6%	65.9%	<0.001*
中央型	11.1%	61.1%	0.002*
限局型	0.0%*	37.5%	0.1
広範囲型	20.0%	80.0%	0.011*
外側型	15.4%	69.2%	<0.001*
外側壁温存型	6.3%	62.5%	0.001*
外側壁破壊型	30.0%	80.0%	0.034*

* p < 0.05

表4-2 腕橈関節の関節症性変化
—橈骨頭肥大率を用いた評価—

	術前	術後	p値
総合	1.76±0.18	1.90±0.17	<0.001*
中央型	1.69±0.16	1.81±0.14	<0.001*
限局型	1.64±0.14	1.74±0.15	0.042*
広範囲型	1.73±0.17*	1.87±0.10	0.009*
外側型	1.81±0.18	1.96±0.17	<0.001*
外側壁温存型	1.80±0.17*	1.95±0.13	<0.001*
外側壁破壊型	1.81±0.19*	1.96±0.17	0.012*
健側	1.57±0.16		

* p < 0.05

(大歳憲一ほか：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する自家骨軟骨柱移植術。日肘会誌，14：29-33，2007。)

表5 文献6より引用

症例	年齢	亜脱臼の 程度(術前)	欠損範囲 mm	peg size mm(本)	可動域		復帰
					術前	術後	
1.	13	中等度	15×18	6.5(3)	125/-10	130/- 5	完全復帰
2.	14	高度	16×12	6.5(1), 4.5(2)	110/-25	115/-20	レベルダウン
3.	12	高度	14×23	6.5(2), 8.5(1)	130/-15	115/-20	レベルダウン
4.	12	軽度	12×20	6.5(3)	135/-15	120/-25	至らず

図2. 術前に橈骨頭の亜脱臼を認めた症例の成績

(松浦健司ほか：肘離断性骨軟骨炎に対する骨軟骨柱移植術の治療成績。日肘会誌，13：69-70，2006。)

表6 病巣の位置による自家骨軟骨柱移植術の成績比較

報告者	発表年	病巣の位置	症例数	術前屈曲可動域	術前伸展可動域	術後屈曲可動域	術後伸展可動域	臨床成績
松浦	2006	中央型	9	131	-3	135	0	疼痛評価点(30点満点)が術前16.7点から術後30点に改善 全例もとの競技(野球)レベルに復帰した(100%)
		外側型	12	129	-12	128	-10	疼痛が術前11.1点から術後25.1点に改善した スポーツへの完全復帰は6例(67%)
大蔵	2007	中央型	18 (中央限局8)	128.4±9.1	-9.7±20.8	132.9±7.1	-0.6±11.3	術前に関節症性変化をきたしにくく、術後も進行しにくい
		外側型	28 (外側壁破壊11)	127.4±7.8	-19.6±14.2	132.5±7.9	-7.7±14.5	術前から関節症性変化をきたしやすく、術後も進行しやすい
戸祭	2007	中央型	6	123	-8	128	2.5	完全復帰 4例(66.7%)
		外側型	16	125	-18	133	-9	完全復帰 5例(31.3%)
山崎	2008	中央型	19	128.5±11.3	-16.2±15.0	139.7±4.3	-1.3±6.6	完全復帰 16例(84.2%)
		外側型	26			133.5±10.9	-8.1±11.8	完全復帰 19例(73.1%)

て外側型の症例は、術前の関節可動域制限は強く、術後の可動域の改善や完全復帰率は劣っていた(表6)。

腕橈関節は肘関節の secondary stabilizer として機能しており、長軸方向に加わる力の約60%を担っていることから、病巣部位により関節症性変化の程度が異なる原因として、腕橈関節における橈骨頭の支持性が関与している可能性があり、外側型、とくに外側壁の破壊を伴う症例では、腕橈関節外側部の適合性不良に伴う橈骨頭の支持性低下により、微小な関節動揺性が生じて、その結果として関節全体に及ぶ関節症性変化が惹起されると考えられている¹⁾。

岩堀ら²⁾は、病巣の状態に応じて手術法を選択して治療を行ない完全復帰率87.8%と報告したが、術後上腕骨小頭の修復が不十分であった6例(14%)は、すべて病巣が広範囲で上腕骨小頭外側骨皮質の欠損を伴う症例であった。このうち、関節症性変化を術前に有する場合や内反肘変形、橈骨頭の前方亜脱臼を伴う症例が3例含まれていた。

このように外側型では、中央型に比べると手術時にすでに橈骨頭の肥大や亜脱臼を認める症例がしばしばみられる。橈骨頭の亜脱臼は、上腕骨小頭病巣の softening から橈骨頭の肥大化を招き、さらに外側壁の支えがなく肘不安定性があれば橈骨頭の転位・亜脱臼に進行するものと考えられており⁶⁾、外側

型で、橈骨頭の前方亜脱臼を代表する腕橈関節の不適合がすでに存在する症例に対しては、自家骨軟骨柱移植術でも良好な成績は得られにくく^{6,10)}、関節面の再建を試みる前に、腕橈関節の適合性の改善を図る方法をとるべきであると考えられている²⁹⁾。

Shimadaら²⁵⁾は、自家骨軟骨柱移植術を行なった10例において、外側型の2例においては良好な結果が得られず、軟骨柱を関節面に対してできるだけ直行するように挿入しようとしたが、病巣が上腕骨小頭の外側辺縁にあるため、骨軟骨柱の固定性に問題が生じたことがその原因ではないかと考察した。

このように骨軟骨柱を複数移植する方法では、外側縁の形成が困難であるといった問題点があるが、これを解決すべき方法として、一塊の硝子軟骨で骨軟骨欠損を修復する肋骨軟骨移植術がある。この方法では、大きな病巣を有し、上腕骨小頭外側骨皮質の欠損および破壊を伴う外側型の症例でも関節形成が容易にでき、移植骨片の固定性が十分に得られるといった利点がある^{11,26)}。

佐藤²⁶⁾は、肋骨軟骨移植術においては、病巣の位置(小頭中央あるいは外側)と獲得可動域との間にも有意な関係はみられなかったとし、自家骨軟骨柱移植術と異なり、肋骨軟骨移植術は、病巣の位置に関わらず安定した成績が得られている^{11,26,27)}。

表7 文献9より引用

表1 症例(病巣の部位, 大きさ, 橈骨頭骨端線の未閉鎖, 閉鎖で分類)

部位	中央型		外側型	
大きさ	small, moderate	large		small, moderate
橈骨頭骨端線	45例	1例	12例	48例
閉鎖	41例	1例 ○	8例○○ ●○○○○○	44例
未閉鎖	4例 ●○○○	0例	4例 ●●●●	4例 ●○○○

○変化なし

●橈骨頭肥大化・変形進行

●橈骨頭肥大化・変形→関節症

(三宅潤一ほか：肘関節離断性骨軟骨炎に対する鏡視下病巣切除術の成績. 臨整外, 44:303-308, 2009.)

一方, 病巣が中央部に限局している症例では, 関節面の不整は存在するものの, 腕橈関節全体の適合性それ自体は悪くなく, 橈骨頭の支持性は保たれ, 肘関節の動揺性は認められないために良好な結果が得られやすいと考えられている¹⁾. ICRS OCD分類のStage IIIまたはIVに相当する中央型の症例においては, 戸祭ら⁴⁾は, 離断骨軟骨片を摘出した後に行える骨欠損部には, 必ずしも自家骨軟骨柱移植を行なう必要はなく, 骨釘を充填する方法でも良好な結果を得ることができるとしているが, 器械体操の選手のように腕橈関節への過負荷が加わることが予想される症例に対しては自家骨軟骨柱移植術で対処すべきであり, 症例に応じて使い分けてもよいとしている.

病巣の大きさと治療成績について

三宅ら⁹⁾の鏡視下病巣切除術を行なった106例の成績では, TakaharaのX線による分類²³⁾で病巣の大きさがsmallおよびmoderateの症例においては術後3ヵ月で全例, 一旦スポーツ復帰を果たし, 橈骨頭骨端線未閉鎖であった2例にのみ橈骨頭肥大化と変形の進行を認めはしたが, 比較的良好な結果を得ていた.

一方, 病巣largeの症例は13例のうち12例が外側型であり, 橈骨頭の骨端線が閉鎖していた9例(中央型の1例を含む)はスポーツ復帰が可能で, 1例に若干の橈骨頭の肥大化と変形の進行をみたのみであったのに対し, 病巣largeで橈骨頭骨端線未閉

鎖の4例は全例に早期から橈骨頭の肥大化と変形が進行し, そのうち2例は若年者でありながら橈骨頭の切除を余儀なくされ, 1例はスポーツ復帰が果たせず, 成績は不良であった. この結果から, 病巣largeで外側型の橈骨頭骨端線未閉鎖症例に対しては, 鏡視下病巣切除術の適応はないと考えるべきとしている(表7).

島田ら¹¹⁾は, 主に長径が15mmを超える大きな関節面欠損をきたした19例に対して, 膝関節または肋骨から採取した自家骨軟骨柱移植を行ない, JOAスコアで術前平均79.9点が術後3~6ヵ月時で89.3点, 術後1年時で93.2点, 最終経過観察時(平均25.3ヵ月)94.0点と大半は良好な結果を得ていた.

佐藤²⁶⁾は, 病巣搔爬後の軟骨欠損の大きさが, 小さい症例で7×10mm程度(上腕骨小頭関節面の約30%)から, 最大で22×16mm(同, 約80%)の22症例に対して, 肋骨軟骨移植術を行なっている. X線像にて術後5週間までに全例移植片の癒合を得ており, 一旦は全力投球が可能となっていた. 野球を行なっていた20例のうち一線から退いていた4例を除く16例のうちの4例は, 主に投手・捕手から全力投球の頻度が少ない他のポジション(ファースト, セカンド)へ変更していた. 関節可動域は平均で術前伸展-36°, 屈曲105°(arc:69°)が術後伸展-12°, 屈曲135°(arc:123°)と向上し, 屈曲は飛躍的に大きく改善し, 伸展は軽度制限が残る傾向があった. 肋骨軟骨1本で病巣を充填するには, その大きさに限界があり, 15×16mm以上の欠損例に対しては, 2ヵ所から肋骨軟骨を採取し, 設置方

法を工夫することで、肋骨肋軟骨移植術においては、軟骨欠損の大きさと術後の獲得可動域との間に明らかな関係は見出せず、大きな骨欠損に対しても良好な結果を得ていた。

病巣が大きな場合には、膝を donor site にすると将来的に機能障害をきたした時の問題点が大きくなることが危惧されるため、さほど影響が少ないと考えられている肋骨肋軟骨移植術が選択される傾向にある。

不明点・問題点

中央型の症例においては、ICRS OCD分類の Stage III または IV であっても、術式の選択に関わらず、良好な治療成績が得られていた。一方、上腕骨小頭の外側壁の欠損を伴う外側型の症例の場合は、術後も外側支柱再建が十分でないために、腕橈関節の不適合が残存した症例の多くが成績不良例となっていた。また、術前から内反肘変形や橈骨頭前方亜脱臼を合併し、すでに腕橈関節の不適合に由来する関節症性変化が認められる症例の成績も芳しくなかった。

このように病巣の大きさや位置によって治療成績が左右されることがわかってきたが、術中の肉眼所見による分類を統一できれば、治療成績との関連性をより明確にできるのではないかと考えられた。

外側型の症例については、とくに離断骨軟骨片の整復固定術の治療成績は安定していないことから、ICRS OCD分類の Stage II であっても、欠損部を正常な軟骨組織で被覆できること、採取された膝関節に現在まで問題がないこと、関節面の再建のみならず、外側壁の再建ができること、などの理由から骨軟骨柱移植術を選択することが多くなってきているとの報告^{6, 12)}もあり、離断骨軟骨片の整復固定術を選択することが少なくなっていく傾向がみられる。しかしながら、骨軟骨柱採取部の長期的な経過観察結果がまだ出しておらず、できれば、本来そこにあるべき上腕骨小頭の関節軟骨を利用できるのが、最もよい選択肢であることはいままでの間で、離断骨軟骨片の整復固定術の適応と成績を安定させるためにも、術中に肉眼所見で分離骨軟骨片の性状を正確に判断する方法を確立する必要があると思われた。

文 献

- 1) 大歳憲一ほか：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する自家骨軟骨柱移植術. 日肘会誌, 14 : 29-33, 2007.
- 2) 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. 日肘会誌, 13 : 67-68, 2006.
- 3) 近藤 真ほか：良好な経過をたどりながら観血的治療を要した肘離断性骨軟骨炎の2例. 日肘会誌, 13 : 53-54, 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. 日肘会誌, 13 : 63-64, 2006.
- 5) 伊坪敏郎ほか：肘離断性骨軟骨炎に対する骨釘移植術治療成績. 日肘会誌, 14 : 11-14, 2007.
- 6) 松浦健司ほか：肘離断性骨軟骨炎に対する骨軟骨柱移植術の治療成績. 日肘会誌, 13 : 69-70, 2006.
- 7) 鶴田敏幸ほか：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する治療成績. 日手の外科会誌, 24 : 1097-1102, 2008.
- 8) 三原研一ほか：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する手術療法. 日肘会誌, 14 : 15-18, 2007.
- 9) 三宅潤一ほか：肘関節離断性骨軟骨炎に対する鏡視下病巣切除術の成績. 臨整外, 44 : 303-308, 2009.
- 10) 戸祭正喜ほか：骨軟骨欠損部に自家骨軟骨柱移植を行なった上腕骨小頭離断性骨軟骨炎症例の治療成績. 日肘会誌, 14 : 25-28, 2007.
- 11) 島田幸造ほか：離断性骨軟骨炎による肘の関節面欠損に対する自家骨軟骨柱移植術. 別冊整形外, 54 : 101-107, 2008.
- 12) 山崎哲也ほか：離断性骨軟骨炎に対する自家骨軟骨柱移植術の治療成績. 別冊整形外, 54 : 91-96, 2008.
- 13) Byrd JW et al : Arthroscopic surgery for isolated capitellar osteochondritis dissecans in adolescent baseball players : minimum three-year follow-up. Am J Sports Med, 30 : 474-478, 2002.

- 14) Baumgarten TE et al : The arthroscopic classification and treatment of osteochondritis dissecans of the capitellum. *Am J Sports Med*, 26 : 520-523, 1998.
- 15) Takeda H et al : A surgical treatment for unstable osteochondritis dissecans lesions of the humeral capitellum in adolescent baseball players. *Am J Sports Med*, 30 : 713-717, 2002.
- 16) Kiyoshige Y et al : Closed-Wedge osteotomy for osteochondritis dissecans of the capitellum. A 7-to 12-year follow-up. *Am J Sports Med*, 28 : 534-537, 2000.
- 17) Bojanić I et al : Arthroscopy and microfracture technique in the treatment of osteochondritis dissecans of the humeral capitellum : report of three adolescent gymnasts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 14 : 491-496, 2006.
- 18) 渡辺千聡ほか : 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対するポリ-L-乳酸 (PLLA) ピンの使用経験と問題点. *日肘会誌*, 14 : 4-6, 2007.
- 19) Harada M et al : Fragment fixation with a bone graft and dynamic staples for osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. *J Shoulder Elbow Surg*, 11 : 368-372, 2002.
- 20) Oka Y et al : Bone-peg grafting for osteochondritis dissecans of the elbow. *Int Orthop*, 23 : 53-57, 1999.
- 21) Nobuta S et al : Clinical outcome of fragment fixation for osteochondritis dissecans of the elbow. *Ups J Med Sci*, 113 : 201-208, 2008.
- 22) Bradley JP et al : Osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. Diagnosis and treatment. *Clin Sports Med*, 20 : 565-590, 2001.
- 23) Takahara M et al : Long term outcome of osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. *Clin Orthop Relat Res*, 363 : 108-115, 1999.
- 24) Iwasaki N et al : Autologous osteochondral mosaicplasty for capitellar osteochondritis dissecans in teenaged patients. *Am J Sports Med*, 34 : 1233-1239, 2006.
- 25) Shimada K et al : Reconstruction with an osteochondral autograft for advanced osteochondritis dissecans of the elbow. *Clin Orthop Relat Res*, 437 : 140-147, 2005.
- 26) 佐藤和毅 : 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する肋骨肋軟骨移植術. *別冊整形外*, 54 : 113-117, 2008.
- 27) Oka Y et al : Treatment of severe osteochondritis dissecans of the elbow using osteochondral grafts from a rib. *J Bone Joint Surg Br*, 83 : 738-773, 2001.
- 28) Iwasaki N et al : Osteochondritis dissecans involving the trochlea of the humerus treated with transplantation of tissue-engineered cartilage : A case report. *J Shoulder Elbow Surg*, 17 : 22-25, 2008.
- 29) 戸祭正喜ほか : 腕橈関節の除圧を目的とする尺骨矯正骨切り術を行なった上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の1例. *日肘会誌*, 11 : 187-188, 2004.

特集：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の文献調査

術式による成績の検討：「病巣切除・ 搔爬形成術」と「病巣部再建術」

Investigation of the Actual Situation of Osteochondritis Dissecans of the
Humeral Capitellum in the Literature

—Assessment of the Surgical Results of “Abrasion Arthroplasty” and
“Reconstruction Procedure”—

島田 幸造¹⁾ Kozo Shimada 高原 政利²⁾ Masatoshi Takahara
戸祭 正喜³⁾ Masaki Tomatsuri 松浦 哲也⁴⁾ Tetsuya Matsuura
新井 猛⁵⁾ Takeshi Arai 加藤 博之⁶⁾ Hiroyuki Kato

● Key words

離断性骨軟骨炎, 小頭, 文献

Osteochondritis dissecans : Capitellum : Literature

● 要旨

上腕骨小頭離断性骨軟骨炎は、進行すると関節面が脱落・欠損し、遊離体のロッキングや変形性関節症に至るなど障害が大きい。これに対する手術術式は多種多彩であり、その治療方針を決めるにあたってその成績を比較検討することには意義がある。1980年代までのcase control studyなどから、病態の「進行度」「位置」「大きさ」などが予後に関与することを念頭に、術式の成績比較を試みた。2009年3月までに発表された手術治療に関する和文、英文の文献を渉猟し、本稿では、病巣を切除搔爬する「病巣切除・搔爬形成術」と、そのうえで骨移植や骨軟骨移植などによって関節面を再建する「病巣再建術」とに絞り、その成績を表に抽出した。

島田幸造
〒553-0003 大阪市福島区福島4-2-78
大阪厚生年金病院整形外科部長(災害外科担当)
TEL 06-6441-5451/FAX 06-6445-8900
E-mail k-shimada@okn.gr.jp

- 1) 大阪厚生年金病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Osaka Koseinenkin Hospital
- 2) 医療法人泉整形外科病院
Izumi Orthopaedic Hospital
- 3) 医療法人川崎病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Kawasaki Hospital
- 4) 徳島大学医学部運動機能外科学
Department of Orthopedics, University of Tokushima
- 5) 聖マリアンナ医科大学整形外科学
Department of Orthopedics, St. Marianna University School of Medicine
- 6) 信州大学医学部運動機能学講座
Department of Orthopaedic Surgery, Shinshu University School of Medicine

はじめに

肘関節の離断性骨軟骨炎 (Osteochondritis Dissecans, 以下 OCD と略す) は若年アスリートに多くみられる骨軟骨障害である。上肢機能の要である肘関節における OCD の治療は損傷された関節面を修復しスポーツ復帰させることだけでなく、不可逆的な変形性肘関節症に進行しないよう予防することが重要となる。数々の治療法の妥当性を検証するために、従来の文献を渉猟し成績の比較検討を行なうことには意義がある。

本調査の目的

本調査では、肘 (主に上腕骨小頭) OCD の外科的治療法の文献調査を行なった。OCD の初期病巣については保存療法で修復が期待できるが、病状や病期によっては自然修復が期待できず外科的治療の意義が大きいことがわかってきた¹⁻⁶⁾。病巣を骨移植^{2, 7-13)} や骨切りによる除圧¹⁴⁾ などで修復する試みは、成功した場合の結果は良好である。それについては別項で述べられるのでここでは割愛するが、実際には病状が進行した症例が治療対象となることも多い。本調査の目的は、これまで最も広く行なわれ

てきたと思われる「病巣切除・搔爬形成術」と、最近盛んに行なわれている「病巣部再建術」の治療成績について、2009年3月までに発表され医学中央雑誌およびPubMedにて検索し得た文献からそのデータを抽出し比較検討を試みることである。

対象と検討方法

2009年3月末の時点でのPubMedおよび医学中央雑誌による検索において、肘関節または上腕骨小頭のOCDに対して、病巣切除や切除したうえで搔爬形成術を行なったとする論文^{1, 3, 5, 7, 15-26)} と、病巣再建を行なったとする論文^{2, 27-52)} を渉猟し調査した。原則として複数症例の case series を引用したが、新しい術式の最初のレポートと思われるものについては、文献としての意義もあると考え紹介した。各文献における成績評価として、

- 1) 疼痛を主とした患者の自覚症状
- 2) 関節可動域、とくに肘屈伸を主とした機能的予後
- 3) スポーツ復帰状況
- 4) 画像所見として関節症進行の程度および長期予後
- 5) その他の問題点

に関してデータを読み取り、論文間の比較を行なった。



図1 OCDに対するICRS分類

(Brittberg M, Winalski CS. Evaluation of cartilage injuries and repair. J Bone Joint Surg Am. 2003; 85-A Suppl 2: 58-69より承諾を得て記載)

なお、複数の治療法をまとめて論じたために1つの手術法による成績を抽出できない論文は除外した。また、成績評価に関しては過去と現在とでは尺度が異なることを考慮し、個々の論文の発表年を明示し、各論文の成績評価の意義と問題点を付記した。病変の「進行度」、「位置」、「大きさ」などが治療成績に關与することを考慮し¹⁻⁷⁾、渉猟した文献からはこれらのデータを可能な限り抽出した。進行度に関しては論文中の記載を優先しつつ ICRS 分類⁵³⁾ (図1) や Baumgarten の鏡視分類¹⁸⁾、X線画像による三浪の分類¹⁾ (図2) およびそれを病態にあてはめた岩瀬の分類²⁾ など、比較的広く用いられている分類法の記載を用い、明確な記載がなくても記述から推測できるものについては著者自身が上記分類の主に ICRS 分類に当てはめた。

結 果 (表1)

2009年3月末の時点で渉猟し得た範囲では肘(上腕骨小頭)OCDに対する外科的治療を述べた論文で Randomized-Controlled Trial や Controlled Clinical Trial といった比較研究の論文は少なく、106例の患者の予後を追った Takahara らの level II study⁷⁾ や Mayo Clinic での10年以上に及ぶ治療経過を追跡した Woodward ら¹⁵⁾、Mitsunaga ら¹⁶⁾ の報告といった case control study (level III) を除けば、大半は症例報告や Case Series といった後ろ向き研究 (level IV) であった。

それらの論文より、①関節鏡導入以前の単一施設における複数の治療法の成績、②関節鏡導入以後の病巣切除・搔爬形成術の成績、③新しい関節面再建

術(骨軟骨移植など)の成績、について論文の発表年順にサマライズした(表1)。

1. 関節鏡以前(1980年代まで)

1980年代までの論文では、手術法としては病巣・遊離体の切除が主であった。三浪ら¹⁾は、初期病巣(透亮期)であれば保存療法でほとんど治癒するが、進行すると(一部の分離期や遊離期)改善せず、それを外科的に切除した成績は保存療法の良好例に劣るとし、岩瀬ら²⁾も同様の理由から若年スポーツ選手に対する検診の重要性を提起した。進行した病巣に対する外科的治療の報告はそれを直視下に切除・搔爬し、骨髄刺激法(abrasion, drilling, micro fracture など)により軟骨面修復を期待したものが多かった。症例数をまとめて Woodward ら¹⁵⁾ および Mitsunaga ら¹⁶⁾ が報告しており、いずれも追跡調査時に痛みは少なく日常生活も問題なく送れており経過は概ね良好であった。保存療法より遊離体を切除した群のほうが疼痛は少なく、ドリリングなどを加えたものが最も良好であった。また術前に上腕骨小頭との連続性を有する病変(いわゆる分離期)と離れてしまった病変(いわゆる遊離期)とで成績に差はなく、病期の進行度によらず切除+ドリリングを最も勧めていた。

Takahara ら^{5,7)}は上腕骨小頭OCDの長期経過例での疼痛や機能予後、変形性関節症進行について保存療法例と手術症例間の予後比較を行ない、ある程度病期が進行したものでは手術療法が有意に予後を改善するとした。また手術の成績に関して、病巣切除では病巣の大きい例ほど術後変性が進行して機能予後が悪いことを示し、大きな病巣では接合術や再建術など修復を試みたほうが成績は良好であった。



図2 三浪による肘OCDのX線画像分類

(「三浪三千男ほか：肘関節に発生した離断性骨軟骨炎25例の検討。臨整外，14：805-810，1979」より許諾を得て転載)

表1 文献全体のサマライズ

文献	著者	発表年	症例数	対象年齢	病態(病期, 大きさ, 部位)	経過観察	臨床成績
1) 保存例も含めた自然経過							
15	Woodward	1975	42 (うち手術30)	2/3カ9-15歳	明確な記載無し	2-34年, 平均12年	保存例で成績不良, 外科的切除+ curettage and trimming of the crater が最も成績良好.
1	三浪	1979	25 (うち手術8)	初診時年齢 11-19歳 平均13.4歳	透過型11例と分離型6例計17例は保存療法, 遊離型と分離型の一部計8例を手術	保存: 6ヵ月-10年, 平均4年. 手術: 6ヵ月-9年, 平均3年8ヵ月.	初期病巣に対して行った保存療法が, 重症病巣に対して行った手術例よりも予後良好.
16	Mitsunaga	1982	66 (うち手術42)	平均17.4歳	Type 1 (ICRS I,II): 24, Type 2 (ICRS III,IV): 37, 不明: 5	平均13.6年	保存例で成績不良, 外科的切除+ curettage and trimming of the crater が最も成績良好.
3	Bauer	1992	32 (うち手術23)	14-57, 平均20歳	手術時16歳以下の若年者8, 16歳以上の年長者23(両側1)	11-35年, 平均23年	若年者の2/8で有症状, 年長者の11/23で有症状
5	Takahara	1999	53 (うち手術39)	10-34, 平均16.6歳	初期病変19/45, 進行した病変26/45, 術前OA変化14例	3-25年, 平均12.6年	保存例で Good 7%, Fair 43%, Poor 50% に対し, 外科的切除例で Good 26%, Fair 28%, Poor 46%
7	Takahara	2007	106 (うち手術70)	平均17.3歳	病巣切除55: Grade I: 4, II: 5, III: 42, 病巣修復・再建15 Grade I: 2, II: 10, III: 3	0.5年以上, 平均9.6年	骨端線未閉鎖の安静例では保存療法奏効, 骨端線閉鎖後は症状残存し, 手術群の方が良好, 手術では, 大きな病巣では修復術の方が切除術より良好
2) 病巣搔爬±関節面形成							
2-1) 直視下病巣搔爬±関節面形成							
2	岩瀬	1993	101	記載なし	終末期例: 101	6ヵ月-6年4ヵ月, 平均1年8ヵ月	疼痛消失88.1%
2-2) 関節鏡下もしくは関節鏡アシストの元, 病巣搔爬±関節面形成							
17	Jackson	1989	7人8肘 10手術	11-18, 平均14.7歳	記載無し	7ヵ月-7年, 平均2.9年	2/10小頭に圧痛, 6/10肘に catching を自覚, 手術で症状は改善しても, 体操への復帰は1/7人のみ.
18	Baumgarten	1998	17	10-17, 平均13.8歳	G2: 1, G3: 3, G4: 5, G5: 8	24-75ヵ月, 平均48ヵ月	2例で再手術, 最終観察時に, 1例で服薬を要する, 3例で ADL に問題ない痛みが残存
19	Ruch	1998	12	11-17, 平均14.5歳	ASMI II 5, III 7, 病変の大きさ: 0.75-4.2cm, 平均2.5cm	2.2-5.9年, 平均3.2年	自覚症状(疼痛): 術前6.9/10→1.8/10に改善
20	Byrd	2002	10	11-16, 平均13.8歳	G1: 2, G2: 1, G3: 0, G4: 2, G5: 5	3-6年, 平均3.9年	8人は臨床的に良好
21	後藤	2003	21	11-17, 平均14歳	G3: 4, G4: 3, G5: 14	平均3.8年	JOA 74.7→95.1
22	Rahusen	2006	15	16-49, 平均28歳	G3: 6, G4: 5, G5: 4	18-59ヵ月, 平均45ヵ月	3ヵ月でほぼ全例, 元の活動に復帰. MAESS 術前65.5→90.8, 疼痛は有意に改善.
23	Brownlow	2006	29	11-49, 平均22歳	病期, 大きさ, 部位に関する記載無し	7-149ヵ月, 平均77ヵ月	12/29痛み無し, 他は少し痛みあり, Excellent 9/18
24	高原	2006	13	12-23, 平均17歳	遊離期	1-20ヵ月, 平均7ヵ月	疼痛消失7, 軽度残存6
25	松浦	2006	97	11-19, 平均14.1歳	遊離期	0.5-10年, 平均2.9年	疼痛消失88.6%, 元のスポーツ復帰90.7%
26	三宅	2009	106	12-18, 平均14.6歳	分離期52, 遊離期54	3-46ヵ月, 平均7.2ヵ月	3ヵ月でほぼ全例, 一旦はスポーツ復帰
3) 再建術							
3-1) 骨移植							
28	太田	1998	6	11-25, 平均14.8歳	遊離期6	平均4.8年	種々の手術術式の中の一部として報告, 遊離体切除単独よりは骨釘を移植したものの成績が良好
29	村上	2000	15	11-18, 平均14.2歳	透亮期3, 分離期7, 遊離期5	平均4.2年	種々の手術術式の中の一部として報告, 術前の重症度に較べると, 術後は著明に改善
30	戸祭	2006	6	12-17, 平均13.8歳	剝離欠損型, 中央部	平均15.1ヵ月	全例疼痛消失し, 元のレベルにスポーツ復帰
3-2) 骨膜つき有茎骨移植							
31	島田	2003	2	15歳, 14歳	巣内遊離体2, 10×12mm, 12×14mm	44ヵ月, 6ヵ月	JOA 85→95, 76→95, どちらもスポーツ復帰
3-3-a) 膝よりの自家骨軟骨移植(33以下は, いわゆるモザイクプラスチック)							
34	柴田	1999	1	32歳	巣内遊離体20×35mmの病変に, 内顆骨軟骨ブロック移植	1年2ヵ月	運動時痛は消失
35/36	中川/ Nakagawa	1999/ 2001	1	13歳	遊離体, 関節面欠損20×20mmに, 径6mm×3本移植	35ヵ月	疼痛, 可動域改善し, スポーツに復帰
37/38	島田/Shimada	2000/ 2005	10	12-17, 平均14.3歳	分離期以上の進行例, 病巣径平均 15.6×14.4mmに対して, 平均7.5mm×3.1本移植	18-45ヵ月, 平均25.5ヵ月	疼痛, 可動域改善し, JOA 80.6→93.8, 1例で遊離体再発
39	Yamamoto	2006	18	10-16, 平均13.6歳	分離期9, 遊離期9, MRI(Nelson) 分類 Grade3: 9, Grade4: 9	24-63ヵ月, 平均45ヵ月	自覚症状: 75.0→95.6(Grade3), 65.6→88.9(Grade4) 他覚症状: 88.3→88.3(Grade3), 72.8→88.3(Grade4) 1例で遊離体再発
40	Iwasaki	2006	8	11-16, 平均14歳	ICRS III: 3, IV: 5, 病巣の大きさ 0.5~3.0cm ² , 平均1.5cm ²	14-42ヵ月, 平均24ヵ月	臨床成績134→183に改善(Timmerman), 優6, 良1, 可1
41/42	戸祭	2004/ 2007	22	12-20, 平均14.8歳	亀裂(ICRS II): 2, 剝離(III): 4, 欠損(IV): 16/中央型: 6, 外側型: 16	6-25ヵ月, 平均13.8ヵ月	症状改善し, 多くがスポーツ復帰, 1例で関節症変化進行し, 再手術
43	大蔵	2007	46	11-17, 平均13.6歳	ICRS II: 3, III: 26, IV: 17, 病巣の位置: 中央型18, 外側型28	12-65ヵ月, 平均23.5ヵ月	術後症状改善し, レ線で77.8%が良好に修復, 外側壁破壊型で可動域が悪く, 修復もやや劣っていた.
44	山崎	2008	45	12-17, 平均14.0歳	ICRS II: 4, III: 26, IV: 15, 病巣の位置: 中央型19, 外側型26	12-28ヵ月, 平均13.5ヵ月	疼痛なく完全復帰30例は内側型外側型に無関係で比較的良好的成績, 可動域は軽度外側型で劣る.
45	Ansah	2007	7	15-21, 平均17歳	MRI GradeIIIまたはIV, 病巣径9-11mmに対して各1本	42-83ヵ月, 平均59.3ヵ月	臨床成績76.3→97.6(Broberg & Morrey)
32/33	岡/Oka	1997/ 2001	1	18歳	遊離体と分離期病巣の混在, 小頭の2/3におよぶ	7年8ヵ月	疼痛を時に自覚する程度で, 仕事やレクリエーションスポーツは制限なく可能
47/48	Sato/佐藤	2003/ 2008	22	12-25, 平均15歳	関節面欠損例, 7×10mm(小頭30%) ~22×16mm(80%)	6-80ヵ月, 平均23ヵ月	疼痛ほぼ消失, 可動域改善して3ヵ月以降徐々にスポーツ復帰させ, 6ヵ月で全力投球
50	西中	2008	7	11-15歳, 平均12.9歳	分離後期1, 遊離期6, 中央型3, 広範囲型4	9-30ヵ月, 平均17ヵ月	JOA スポーツスコア52.3→93.5点に改善
2-4) その他の再建術							
51	Sato M	2004	1	14歳	ICRS IV, 10×18mm	24ヵ月	日常生活に問題ないレベルに改善
52	Iwasaki	2008	1	34歳	ICRS III, 15×25mm	28ヵ月	臨床成績30→100(Mayo score)

術前平均屈曲/伸展	術後平均屈曲/伸展	画像所見, 関節症変化	スポーツ復帰	コメント
記載無し	記載無し	記載無し	記載無し	外科的切除+ curettage の長期経過が日常生活には問題ないことから, 治療はこれで良い, とした論文.
保存群: 平均伸展制限5, 屈曲制限12.1	手術群: 平均伸展制限15, 屈曲制限19.5			
記載無し	記載無し	記載無し	記載無し	「軽度の疼痛あり」を含め, 日常生活に問題ないことで経過良好と判定.
最終観察時に, 10度以上の伸展制限7/31, 屈曲制限3/31, 回内外制限4/31		若年者の2/8で関節症変化, 年長者の17/23で関節症変化.	スポーツ復帰を勧めない.	遊離骨片の再接合は意義が少なく, drillingやcurettageの効果については不明.
記載無し	記載無し	術前既にOAの症例: 64%病変進行, 病巣がlargeの症例: 100%病変進行.	完全スポーツ復帰: 保存例0%, 手術例51%.	長期経過の変性進行について言及. 病巣径の大きさと夜ごとの関係を明らかにした.
切除: 123.3/-15.7 修復: 127.0/-18.7	切除: 126.7/-10.0 修復: 133.7/-6.7	切除術の7例で再遊離, 4例でOA進行修復術の1例で再遊離, OA進行なし.	半数が競技レベルに復帰. 復帰とレントゲン変化に相関無し. 大病変で病巣切除は復帰困難.	骨端線閉鎖前は自然修復する率が高い. 閉鎖した症例では手術すべきで, 小頭径の50%以下の病巣切除は良好, 70%以上の大きい病巣は修復・再建すべき.
記載無し	記載無し	85.9%は病巣の広がりや, 病期の進行(OA変化など)を認めた.	スポーツへの復帰: 野球59.4%, 種目変更19.8%.	終末期例が対象であり, 術後スポーツを続けると変性が進み, 疼痛も再発する傾向があった.
記載無し	対健側比: 屈曲-2度/伸展-9度	3肘完全修復, 4肘不整残存	10% (1/10)	従来言われたよりも2倍程度, 女性体操選手では症状が残存し, スポーツ復帰率も決して良くない.
対健側比: 屈曲-12度/伸展-19度	対健側比: 屈曲-6度/伸展-5度	上腕骨小頭に扁平化8/17, 明らかなOA無し.	13/17	鏡視所見による病態分類を提唱.
133/-23	138/-11	橈骨頭肥大8/12	3/12(競技レベル)	「外側楔状骨片のある症例で成績不良」と結論. これは外側骨皮質に及ぶ病変に相当?
対健側比: 屈曲-11度/伸展-18度	記載無し	2例でOA進行, 特に外側型の成績が不良.	4/10, 進行度, 程度とスポーツ復帰はパラレルでない.	臨床的には良好でも, 関節症進行例はあった. 外側型で成績不良.
121/-13	138/-3	67%に小頭扁平化, 不整像.	67%	病巣の大きなもので成績不良.
145/141	-3/-4	記載無し	80%で元のスポーツレベルに復帰.	良好な結果であったが, 全例もとのスポーツレベルに復帰できるわけではない.
	対健側比: 屈曲-5度/伸展-10度	小頭の扁平化12/18, 変性6/18, loose body5/18.	81%で元のスポーツレベルに復帰.	ラグビー(やや年長者), 体操など.
126/-9.2	135/-2.3	関節症に関する記載無し	完全復帰7/13	切除のみで関節面形成は施行せず, OA変化を認めた症例で復帰困難.
記載無し	記載無し	元来の小頭の扁平化と橈骨頭肥大が残存, 明らかな関節症進行無し	野球への復帰90.7%, スポーツ種目変更8.2%, スポーツ断念1.1%	若年者の大病変では保存療法によって病巣の縮小を待ち, 小さくなって残った病巣を処置.
132/-8	136/-4	橈骨頭骨端線未閉鎖例の外側広範囲型で変性進行.	57/66(一部はレベルダウン)	術後早期にスポーツ復帰の時点でフォローを終了し, その後の経過は不明.
123/-9	130/-4	遊離体単独よりは関節症変化が軽微?	本法単独による成績の記載無し.	初期例の骨釘移植(修復術)は良好. 欠損関節面への骨釘移植単独の評価の記載無し.
125/-16	131/-11	1例は良好に修復, 6例は半分程度修復, 8例は変形・不整が残存.	多くがスポーツ復帰. 本法単独の成績については記載無し.	初期例の骨釘移植(修復術)は良好. 欠損関節面への骨釘移植単独の評価の記載無し.
126.7/-24.2	132.0/-5.0	母床部の陥凹が消失または減少	6/6元のレベルに復帰	症例の年齢および追跡期間は, 同時に述べられている病巣固定10例とを併せたデータ.
135/0, 135/-25	2例とも屈伸可動域は135度以上	骨の改変あり, MRIでは軽度不整. セカンドルックで軟骨面にはfibrillation.	2/2完全復帰	骨膜の軟骨化生に期待するも, 完全な修復には至らず
135/-20	140/-10	不明, 関節面の不整は残存.	記載無し	大腿骨内顆部非荷重面より15×10×16mmの骨軟骨ブロックを採取可能. 採取部の問題については記載無し
95/-25	116/8(抜釘+骨棘切除後)	術前より関節症. 術後進行無し.	スポーツ(野球, 柔道)復帰.	外顆楔状骨切りを併用. 術後10ヶ月で抜釘と同時に骨棘切除も加えた上での成績
記載無し(124/-14)	記載無し(134/-6)	腕腕関節の適合性が改善, 1例OA進行, 1例遊離体再発.	6-12ヶ月から投球開始し, 9/10(full 8/10)が復帰.	外側骨皮質に及ぶ病変でアプローチ, 骨軟骨柱の固定に工夫が必要. できるだけ小頭中心に向けて移植
123/-9	130/-4	遊離期(MRI GradeIV)で15mm以上の大病変で不整残存.	6ヶ月から投球開始し, 16/18(full 14/18)が復帰.	大きさについては記載がないが, 骨軟骨柱1本のみ移植したものが12例, 複数移植が6例で, Grade4の大きな病変で不整残存し, 1例で遊離体再発.
125/-16	131/-11	変性の進行無し.	6-12ヶ月から投球開始し, 6/8が復帰	骨軟骨柱5本1例, 3本3例, 2本4例.
125/-15	132/-6	1例で進行あり再手術.	15/22がスポーツ復帰(うち, 9/22が完全復帰).	外側型でも骨軟骨柱を橈骨関節面に垂直に立てるよう留意すれば, 成績は良好.
127.8/-15.9	132.7/-4.8	中央限局型を除いて, 術後関節症変化は進行した.	競技レベルへの復帰93.6%	4ヶ月からキャッチボール, 10ヶ月で完全復帰
128.5/-16.2	136.0/-5.4	関節症の記載無し	全例スポーツ復帰(野球への完全復帰35/45).	屈伸とも, 中央型よりも外側型の方が良好.
対健側: 屈曲-12.9度/伸展-4.7度	対健側: 屈曲0度/伸展0度	変性の進行無し, 術後MRIで移植骨の血流再開し, 関節面の適合良好.	競技レベル(5例)とレクリエーションレベル(2例)全例復帰.	
120/-6	138/0	関節症性変化進行せず.	ゴルフ/野球等をレクリエーションとして.	最終観察時の画像が提示されていない.
105/-36	135/-12	記載無し, 明らかな進行無し	4例(学校を卒業)以外の14/18は全例野球などスポーツに復帰.	外側壁に及ぶ大きな病変でも対処可能.
115/-14	123/-5	記載無し, 明らかな進行無し	6/7が完全復帰.	外側壁に及ぶ大きな病変でも対処可能.
135/-15	140/-5	24ヶ月時のMRIでは, 関節面適合は良好だが, 全体に高輝度として残る.	記載無し	術後2年のセカンドルックで良好な関節面を認めるも, MRIではまだ高輝度領域として残存.
90/-30	130/-5	24ヶ月時のMRIでは, 関節面適合は良好.	記載無し	術後2年のセカンドルックで良好な関節面. 滑車にできた欠損に対する培養軟骨移植例は, 他にない.

この報告以後、手術成績には病巣部の大きさが重要な意味をもつことがわかった。また、スポーツ復帰率に関しては他の社会的要素も関わるため、必ずしも病巣の修復や変性の程度と相関しなかった⁷⁾。

2. 関節鏡以後(1980年代以降)の、主に病巣切除・搔爬形成術(図3)

1980年代後半からは肘関節鏡による手術が行なわれるようになり、かつての「遊離体や不安定病巣の切除・搔爬形成術」が小侵襲下に行なえるようになった。その利点を生かし早期リハビリを行なって機能回復と競技復帰をめざすという考えが広まり、その成績に関する論文が多く発表された。

Jacksonらは9例の女性体操選手の関節鏡視下または鏡視後関節切開による切除形成術の平均追跡期間2.9年の治療成績を報告している。疼痛は軽減するものの競技復帰を果たしたのは1人で、その他の8人は術後も何らかの症状を残しており、これらハイレベルの体操選手では競技復帰が難しかった¹⁷⁾。Baugmartenの17例の術後平均4年の成績では、約半数の上腕骨小頭に扁平化を認めたものの大半がスポーツ復帰を果たしていた¹⁸⁾。彼は関節鏡所見による肘OCDの分類を導入し、この分類はICRS分類とともに以後しばしば引用されている。その後も多くの関節鏡を用いた病巣の切除・搔爬形成術は報告され、それらは概ね良好な成績であった¹⁹⁻²⁶⁾。多くの報告は、術前ICRS II(病変部の亀裂が骨に及ぶが安定)、ICRS III(病巣が不安定だがその場に留まる)、ICRS IV(完全に遊離化)、あるいは三浪の

分離期、岩瀬の分離前期以上を手術の対象とし、術後臨床成績は概ね良好であった。ただしレントゲン像上、約2/3で小頭の扁平化や橈骨頭の肥大を認めており、遊離体の残存や関節症性変化の進行も一部に認められた。成績は外側型の病変^{17, 18)}や、大きな病変¹⁹⁾、すでに関節症をきたしている例²²⁾でよくない傾向があった。松浦らは、大きな病巣でも若年者では保存療法である程度修復するため、まずは保存療法を行ない病巣が小さくなった後にこの手術を行なうことで予後が良好となることを示した²⁵⁾。また三宅らは経過観察期間は短期ながら分離期以上の106例の関節鏡視下切除・形成術の結果、術後3ヵ月に可動域の改善とともにほぼ全例スポーツ復帰を果たしたことを報告し、手術の時点で橈骨頭骨端線未閉鎖の症例における外側広範囲型が成績不良因子であるとした²⁶⁾。

「病巣切除・搔爬形成術」は比較的古くから試みられてきた方法であり、病状の進行した症例では保存療法に勝る。近年関節鏡の導入に伴い小侵襲下にこれが可能となってさらにスポーツ復帰を含む術後成績が向上し、世界的には鏡視下病巣切除・搔爬形成術が現時点での標準術式となっている。その成績を文献からまとめると、

- 1) 疼痛は消失ないし軽減する
- 2) 可動域は屈曲が5～15°、伸展が10～15°改善する
- 3) 短期的にはスポーツ復帰(25～100%)を含めて概ね良好である
- 4) 搔爬後の関節面は基本的には線維軟骨組織に

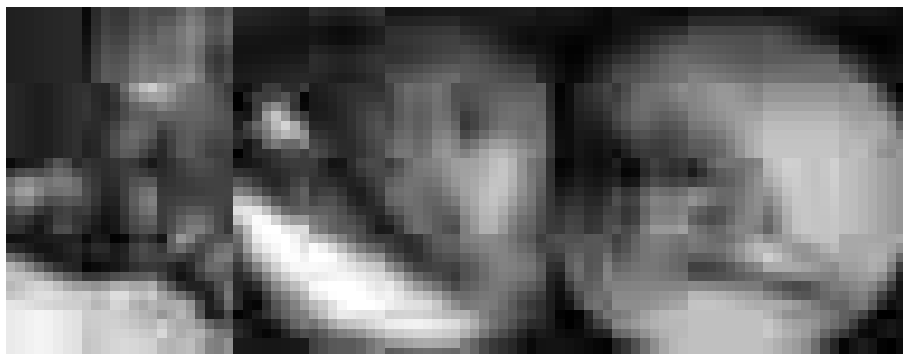


図3 関節鏡視下搔爬ドリリング

(「島田幸造ほか：肘関節のスポーツ障害に対する関節鏡視下手術。MB Orthop, 11 : 71-81, 1998」より許諾を得て転載)

置き換わり，中長期的には外側広範型などの大きな重症病変や成長途上の症例において，変形性関節症をきたす可能性がある

5) 肘以外に障害を及ぼすことはなく，関節鏡により小侵襲手術が可能となった
というものであった。

3. 関節面再建術の試み (1990年代以降)

1) 骨釘移植

すでに病巣が遊離して関節面が欠損しているOCD症例に対して，欠損部に骨釘を移植し表面の軟骨化生を期待する骨移植再建法が紹介されているが，本法だけの詳細な成績を述べた論文は少ない。関節症の進行はある程度予防できるものの修復術には劣るという結果であった²⁷⁻³⁰⁾。ただし，病巣が上腕骨小頭に限局した中央型では軟骨欠損部に対する骨釘移植のみでも成績は良好でスポーツ復帰したという戸祭らの報告は³⁰⁾，病態によっては骨釘のみでもかなりの修復が得られる可能性を示唆して興味深い。またその変法として，骨釘の血流を維持する有茎骨移植²⁾や，さらにこれを骨膜で覆って行なう方法³¹⁾があったが，現時点でその報告数は限られており成績を明らかににはできなかった。

2) 円筒状複数自家骨軟骨柱移植，いわゆる mosaicplasty (図4)

主に骨接合による修復が困難と思われる ICRS III 以上の症例に対して，膝関節非荷重面からの複数個自家骨軟骨柱による関節面再建，いわゆる mosaicplasty⁵⁴⁻⁵⁶⁾が肘に応用されたのは90年代後半からで，Nakagawaら^{35, 36)}が吉津法¹⁴⁾を併用した本法を報告し，島田らが本法単独による再建術を報告した³⁷⁾。その良好な成績はさらに英文での case seriesとして日本より発信された³⁸⁻⁴⁰⁾。

Shimadaら³⁸⁾は病巣径が平均 15.6×14.4 mm, Iwasakiらは平均面積が 1.5cm^2 ⁴⁰⁾と，それまで関節鏡視下病巣切除・形成では成績が不良といわれた比較的大きな病巣に対して半年から1年程度で8割前後をスポーツ復帰させ得たという良好な成績を報告した。臨床症状や関節可動域の変化も関節鏡視下病巣搔爬に匹敵する経過であり，その後日本国内でも多くの施設から⁴¹⁻⁴⁴⁾，さらに最近では欧米からも報告が相次いだ^{45, 46)}。病巣径は骨軟骨柱1本で再建できる程度の小病変から5本を要する大病変までさまざまであったが，多くの症例で疼痛は消失し，可動域も改善していた。再建された関節面はMRIやセカンドルックで評価されているが適合良好で，将来の変性進行が予防できるのではないかと期待されている。戸祭ら^{41, 42)}はさらに症例を重ね，外側型病変の問題点やこれに対する骨軟骨柱移植法の工夫



図4 膝より採取した骨軟骨柱による自家複数骨軟骨柱移植

(「島田幸造ほか：離断性骨軟骨炎による肘の関節面欠損に対する自家骨軟骨柱移植術，別冊整形外科 No. 54 上肢の外科(長野 昭 編)，p. 101-102, 2008, 南江堂」より許諾を得て転載)

を紹介、さらに多くの施設での追試報告などから、本法はほぼ確立された感がある。日本と比べて体操選手での手術例が多い欧米においてもスポーツ復帰率が高い点に注目できる。なお、本法の欠点といえる移植骨採取部の問題については、現時点ではほとんど問題なかったとする報告が多いもの⁵⁷⁾、症例の蓄積の多い膝関節や足関節の mosaicplasty 症例では障害の報告も出てきており^{58, 59)}、今後も注意深い経過観察が必要である。

以上をまとめると、ICRS IIIないしIVにまで進行した病変であっても mosaicplasty により

- 1) 肘関節の疼痛はほぼ消失する
- 2) 関節可動域は屈伸ともに10°前後改善する
- 3) 術後半年から1年程度の経過で80～90%がスポーツ復帰する
- 4) 外側に及ぶ広範囲型でやや成績が不良であり、関節症性変化の進行予防効果については従来方法よりも期待できるいくつかの傍証は得られているものの、依然未知数である
- 5) 採取部障害の可能性については今後も注意深い検討を要する

というものであった。ただし元来健常な膝関節を傷つけることの長期の影響は引き続き考慮されるべきであり、厳密な手術適応が要求される。

3) 自家肋骨骨軟骨移植 (図5)

硝子軟骨を擁する別の自家骨軟骨片の採取部位としては、肋骨がある。Okaが1例報告ながら小頭全体に及ぶ大病変に対してこれを行ない、7年8ヶ月の長期にわたり良好な経過が得られたとしている^{32, 33)}。その後、同様に大病変の再建に対してSatoらが症例報告し、その後症例を重ねた^{47, 48)}。本法も他施設での報告が増えつつあり、いずれも短期成績ながらこれまで対処の難しかったような外側壁に及ぶ広範囲型病変に対しても再建が可能なこと、軟骨面をシェーピングすることで術直後から関節面の適合が良好で機能回復が早いことなどから、良好な結果が報告されている^{49, 50)}。移植骨は3～6ヶ月で癒合が得られ可動域は屈伸ともに10～30°改善し、Mosaicplasty に劣らない80～90%のスポーツ復帰率であった。肋骨を採骨することはすでに他領域でも広く行なわれていて実績があり、今後再建術の1つとして追試されていくと思われる。肋骨を用いた自家骨軟骨移植による再建術をまとめると、

- 1) 肘関節の疼痛はほぼ消失する
- 2) 機能的予後としては mosaicplasty と同等である
- 3) 既出の文献では90%を超えるスポーツ復帰が得られている
- 4) 外側に及ぶ広範囲型も含め大きな病態に対し



図5 肋骨よりの自家骨軟骨移植

(「島田幸造ほか：離断性骨軟骨炎による肘の関節面欠損に対する自家骨軟骨柱移植術，別冊整形外科 No. 54 上肢の外科(長野 昭 編)，p. 101-102, 2008, 南江堂」より許諾を得て転載)

でも対応しやすいが、移植された軟骨の長期予後についてはまだ未知の部分が多い

5) 採骨部障害はゼロではないが、問題は少ないと思われる

というものであった。Mosaicplastyと同様に現時点での有望な肘関節面の再建方法といえ、長期成績の報告が待たれる。

4) その他の再建術

最近の試みとして、組織培養の手法を用いた培養軟骨移植などによる関節面再建の試みが報告されているが肘関節OCDに対しては症例報告程度であり^{51, 52)}、現時点でその成績を論ずる段階には至っていない。今後の報告が待たれる。

問 題 点

本研究を通じて明らかになった問題点もいくつかある。

手術の成績では、対象症例の病状や背景、年齢などが大きく影響する。とくに病巣の大きさ、部位、手術時年齢(骨端線閉鎖の有無)による予後の違いが明らかになりつつあり、またスポーツ復帰率については医師の指導や本人のモチベーションに依存する部分が大きく^{7, 20)}、今後手術の有用性を述べるには対象症例の病態を明確にしておく必要がある。また、結果として症状だけでなく再発率や関節症性変化も含めた長期経過、術後短期および長期のスポーツ復帰率、ドナー採取部位への短期的および長期的な影響の検討などが必要である。なお、当然ながら新しい手術法ほど経過観察期間が短く長期成績の比較ができないのが、本文献調査研究の限界である。

今回の対象期間である2009年3月以降にもさらに再建術や鏡視下切除形成術の英語論文は続出しており^{60~62)}、今後も検討を続けていく必要がある。

(本研究は、日本整形外科学会スポーツ医学委員会よりの受託、補助により行なわれた)

文 献

- 1) 三浪三千男ほか：肘関節に発生した離断性骨軟骨炎25例の検討。臨整外，14：805-810, 1979.
- 2) 岩瀬毅信ほか：上腕骨小頭骨軟骨障害。整形外科MOOK，54：26-44, 1988.
- 3) Bauer M et al：Osteochondritis dissecans of the elbow. A long-term follow-up study. Clin Orthop, 284：156-160, 1992.
- 4) 松浦哲也ほか：上腕骨小頭障害の治療経過と小頭，外側上顆骨端核との関連について。臨床スポーツ医学，14：447-451, 1997.
- 5) Takahara M et al：Long term outcome of osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. Clin Orthop, 363：108-115, 1999.
- 6) Bradley JP et al：Osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. Diagnosis and treatment. Clin Sports Med, 20：565-590, 2001.
- 7) Takahara M et al：Classification, treatment and outcome of osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. J Bone Joint Surg, 89-A：1205-1214, 2007.
- 8) Tivnon MC et al：Surgical management of osteochondritis dissecans of the capitellum. Am J Sports Med, 4：121-128, 1976.
- 9) 近藤 稔ほか：肘離断性骨軟骨炎の治療—鋼線締結法—。関節外科，11：630-636, 1992.
- 10) Oka Y et al：Bone-peg grafting for osteochondritis dissecans of the elbow. Int Orthop, 23：53-57, 1999.
- 11) Harada M et al：Fragment fixation with a bone graft and dynamic staples for osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. J Shoulder Elbow Surg, 11：368-372, 2002.
- 12) Takeda H et al：A surgical treatment for unstable osteochondritis dissecans lesions of the humeral capitellum in adolescent baseball players. Am J Sports Med, 30：713-717, 2002.
- 13) 辻野昭人ほか：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する骨釘移植術の適応。整スボ会誌，25：212-216, 2005.
- 14) 吉津孝衛：野球肘に伴う上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する外顆楔状骨切り術。手術，40：131-136, 1986.
- 15) Woodward AH et al：Osteochondritis dissecans

1) 三浪三千男ほか：肘関節に発生した離断性骨軟

- of the elbow. Clin Orthop, 110 : 35-41, 1975.
- 16) Mitsunaga MM et al : Osteochondritis dissecans of the capitellum. J Trauma, 22 : 53-55, 1982.
 - 17) Jackson DW et al : Osteochondritis in the female gymnast's elbow. Arthroscopy, 5 : 129-136, 1989.
 - 18) Baumgarten TE et al : The arthroscopic classification and treatment of osteochondritis dissecans of the capitellum. Am J Sports Med, 26 : 520-523, 1998.
 - 19) Ruch DS et al : The Arthroscopic Management of Osteochondritis Dissecans of the Adolescent Elbow. Arthroscopy, 14 : 797-803, 1998.
 - 20) Byrd JWT et al : Arthroscopic Surgery for Isolated Capitellar Osteochondritis Dissecans in Adolescent Baseball Players. Minimum Three-Year Follow-Up. Am J Sports Med, 30 : 474-478, 2002.
 - 21) 後藤英之ほか : 肘関節骨軟骨損傷の関節鏡視下手術の術後成績. 日肘会誌, 10 : 31-32, 2003.
 - 22) Rahusen FT et al : Results of arthroscopic debridement for osteochondritis dissecans of the elbow. Br J Sports Med, 40 : 966-969, 2006.
 - 23) Brownlow HC et al : Arthroscopic treatment of osteochondritis dissecans of the capitellum. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 14 : 198-202, 2006.
 - 24) 高原正利ほか : 関節鏡視下遊離体摘出術の成績. 日肘会誌, 13 : 85-86, 2006.
 - 25) 松浦哲也ほか : 上腕骨小頭骨軟骨障害の保存療法の限界と遊離体摘出術. 関節鏡, 31 : 233-238, 2006.
 - 26) 三宅潤一ほか : 肘関節離断性骨軟骨炎に対する鏡視下病巣切除術の成績. 臨整外, 44 : 303-308, 2009.
 - 27) 伊藤恵康ほか : 肘関節障害. 山本龍二編, 関節外科スペシャル. 発育期のスポーツ障害. メジカルビュー社, 東京 : 52-70, 1994.
 - 28) 太田和年ほか : 肘離断性骨軟骨炎に対する骨釘移植法. MB Orthop, 11 : 21-27, 1998.
 - 29) 村上恒二ほか : スポーツに夜肘関節離断性骨軟骨炎の治療. 臨整外, 35 : 1209-1215, 2000.
 - 30) 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. 日肘会誌, 13 : 63-64, 2006.
 - 31) 島田幸造ほか : 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する骨膜付き有茎骨移植による再建の試み. 日肘会誌, 10 : 73-74, 2003.
 - 32) 岡 義範 : 肘離断性骨軟骨炎の治療, 特に重度骨軟骨欠損例について. 日肘会誌, 4 : 153-154, 1997.
 - 33) Oka Y et al : Treatment of severe osteochondritis dissecans of the elbow using osteochondral grafts from a rib. J Bone Joint Surg, 83-B : 738-739, 2001.
 - 34) 柴田 定ほか : 肘離断性骨軟骨炎に対して骨軟骨移植術を施行した1例. 日肘会誌, 6 : 135-136, 1999.
 - 35) 中川泰彰ほか : 遊離期肘離断性骨軟骨炎に対する骨軟骨移植術の試み. 日肘会誌, 6 : 137-138, 1999.
 - 36) Nakagawa Y et al : Osteochondral grafting and arthroplasty for end-stage osteochondritis dissecans of the capitellum. A case report and review of the literature. Am J Sports Med, 29 : 650-655, 2001.
 - 37) 島田幸造ほか : スポーツによる肘離断性骨軟骨炎の治療. 臨整外, 35 : 1217-1226, 2000.
 - 38) Shimada K et al : Reconstruction with an osteochondral autograft for advanced osteochondritis dissecans of the elbow. Clin Orthop, 435 : 140-147, 2005.
 - 39) Yamamoto Y et al : Osteochondral autograft transplantation for osteochondritis dissecans of the elbow in juvenile baseball players : minimum 2-year follow-up. Am J Sports Med, 34 : 714-720, 2006.
 - 40) Iwasaki N et al : Autologous osteochondral mosaicplasty for capitellar osteochondritis dissecans in teenaged patients. Am J Sports Med, 34 : 1233-1239, 2006.
 - 41) 戸祭正喜 : 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する自家骨軟骨柱移植術. 新 OS NOW, 23 : 96-104, 2004.

- 42) 戸祭正喜ほか：骨年骨欠損部に自家骨軟骨柱移植を行った上腕骨小頭離断性骨軟骨炎症例の治療成績. 日肘会誌, 14 : 25-28, 2007.
- 43) 大蔵憲一ほか：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する自家骨軟骨柱移植術. 日肘会誌, 14 : 29-33, 2007.
- 44) 山崎哲也ほか：離断性骨軟骨炎に対する自家骨軟骨柱移植術の治療成績. 別冊整形外, 54 : 91-96, 2008.
- 45) Ansah P et al : Osteochondral transplantation to treat osteochondral lesions in the elbow. J Bone Joint Surg, 89-A : 2188-2194, 2007.
- 46) Chettouane I et al : Traitement de l'osteochondrite dissequante du capitulum chez l'adolescent par autogreffe osteochondrale monobloc : a propos de six cas et revue de la literature. Revue de Chirurgie Orthopedique, 94 : 449-455, 2008.
- 47) Sato K et al : Two cases with osteochondral dissecans of the capitellum hnumeri treated with costal osteochondral graft transplantation. J Shoulder Elbow Surg, 12 : 403-407, 2003.
- 48) 佐藤和毅：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する肋骨肋軟骨移植術. 別冊整形外, 54 : 113-117, 2008.
- 49) 王谷英達ほか：肘関節の大きな欠損に対する自家肋骨骨軟骨移植による再建. 日肘会誌, 14 : 62-64, 2007.
- 50) 西中直也ほか：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する肋骨肋軟骨移植術. 別冊整形外, 54 : 108-112, 2008.
- 51) Sato M et al : Transplantation of tissue-engineered cartilage for excessive osteochondritis dissecans of the elbow. J Shoulder Elbow Surg, 13 : 221-225, 2004.
- 52) Iwasaki N et al : Osteochondritis dissecans involving the trochlea of the humerus teated with transplantation of tissue-engineered cartilage : A case report. J Shoulder Elbow Surg, 17 : 22-25, 2008.
- 53) Brittberg M et al : Evaluation of Cartilage Injuries and Repair. J Bone Joint Surg, 85-A : 58-69, 2003.
- 54) Matsusue Y et al : Arthroscopic multiple osteochondral transplantation to the chondral defect in the knee associated with anterior cruciate ligament disruption. Arthroscopy, 9 : 318-321, 1993.
- 55) Bobić V : Arthroscopic osteochondral autograft transplantation in anterior cruciate ligament reconstruction : a preliminary clinical study. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 3 : 262-264, 1996.
- 56) Hangody L et al : Arthroscopic autogenous osteochondral mosaicplasty for the treatment of femoral condylar articular defects. A preliminary report. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 5 : 262-267, 1997.
- 57) Iwasaki N et al : Donor site evaluation after autologous osteochondral mosaicplasty for cartilaginous lesions of the elbow joint. Am J Sports Med, 35 : 2096-2100, 2007.
- 58) LaPrade RF et al : Donor-site morbidity after osteochondral autograft transfer procedures. Arthroscopy, 20 : e69-73, 2004.
- 59) Paul J et al : Donor-site morbidity after osteochondral autologous transplantation for lesions of the talus. J Bone Joint Surg, 91-A : 1683-1688, 2009.
- 60) Iwasaki N et al : Autologous osteochondral mosaicplasty for osteochondritis dissecans of the elbow in teenage athletes. J Bone Joint Surg, 91-A : 2359-2366, 2009.
- 61) Mihara K et al : Surgical treatment for osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. J Shoulder Elbow Surg, 19 : 31-37, 2010.
- 62) Jones KJ et al : Arthroscopic management of osteochondritis dissecans of the capitellum : mid-term results in adolescent athletes. J Pediatr Orthop, 30 : 8-13, 2010.

上腕骨外顆楔状骨切り術，骨軟骨片固定， 骨釘移植，mosaicplasty，細胞移植の成績

Review of Results After Various Kinds of Arthroplasty for Osteochondritis Dissecans of the Humeral Capitellum

加藤 博之¹⁾ Hiroyuki Kato 島田 幸造²⁾ Kozo Shimada
高原 政利³⁾ Masatoshi Takahara 戸祭 正喜⁴⁾ Masaki Tomatsuri
松浦 哲也⁵⁾ Tetsuya Matsuura 新井 猛⁶⁾ Takeshi Arai

● Key words

上腕骨小頭，離断性骨軟骨炎，関節形成術

Humeral capitellum : Osteochondritis dissecans : Arthroplasty

● 要旨

上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の進行例に対する手術方法として，病巣骨軟骨片固定術，上腕骨外顆楔状骨切り術，骨釘移植術，mosaicplasty，肋骨助軟骨移植術が行なわれてきた。筆者らはこれらの術式に関する文献検索を行ない，文献上の成績を検討した。骨釘移植術はICRS grade I，IIで好成績を得ている報告が多いが，術後2年以上の画像評価を含めた客観的な結果はいまだ不明である。Mosaicplastyと肋骨助軟骨移植術はICRS grade III，IVで良好な結果であった。特にmosaicplastyは多数例の術後2～5年の報告において70%以上がスポーツ復帰可能であり，膝関節の愁訴はほとんどみられなかった。

加藤博之
〒390-8621 松本市旭3-1-1
信州大学医学部運動機能学講座
TEL 0263-37-2658
E-mail hirokato@shinshu-u.ac.jp

- 1) 信州大学医学部運動機能学講座
Department of Orthopaedic Surgery, Shinshu University School of Medicine
- 2) 大阪厚生年金病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Osaka Koseinenkin Hospital
- 3) 医療法人泉整形外科病院
Izumi Orthopaedic Hospital
- 4) 医療法人川崎病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Kawasaki Hospital
- 5) 徳島大学運動機能外科学
Department of Orthopedics, University of Tokushima
- 6) 聖マリアンナ医科大学整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, St. Marianna University School of Medicine

緒 言

筆者は上腕骨小頭離断性骨軟骨炎(以下、小頭OCD)の関節形成手術の文献検索として、過去に英文および邦文にて印刷された論文を医学中央雑誌、PubMedにて電子検索を行なった。検索期間は2009年12月までに出版された文献とした。渉猟しえた文献のうちで、会議録と手術手技のみの論文を除いた。ただし術式のみ報告であっても本邦における最初の報告は引用した。さらに、以下の項目を満たす文献を対象として採用し治療成績の分析を行なった。①患者の手術年齢が12~19歳である。②野球、バドミントン、卓球、その他のスポーツが誘因と推測される。③術式は上腕骨外顆楔状骨切り術、病巣骨軟骨片固定術、骨釘移植術、膝から採取した骨軟骨柱を病巣へ移植する mosaicplasty、肋骨肋軟骨移植、細胞移植に限定する。④手術目的はスポーツ復帰である。⑤術後1年以上の臨床成績と画像成績が客観的に記載されている。

各文献に記載されている症例の病期を統一するために、X線正面像から透亮型、分離型、遊離型に分類する三浪の分類¹⁾、障害部の tangential 像である肘45°屈曲位正面X線像から透亮期、分離前期、分離後期、遊離体期に分類する岩瀬の分類²⁾、そして関節鏡および直視下の病巣観察所見から grade I : stable, continuity : softened area covered by intact cartilage, grade II : partial discontinuity, stable on probing, grade III : complete discontinuity, "dead in situ," not dislocated (巢内遊離), grade IV : dislocated fragment, loose within the bed or empty defect に分類する International Cartilage Repair Society (以下ICRS) 分類³⁾の3つの分類のみとした。これら以外の分類法あるいは単に病巣の説明があり分類が行なわれていない場合は、筆者の解釈により、三浪の分類、岩瀬の分類、あるいはICRS分類に分類し直して記載した。治療成績の評価方法は各文献によってさまざまである。国際的に用いられている分類法、日本整形外科学会成績判定基準の肘関節評価法(JOAスコア)、あるいは同基準のスポーツ評価(JOAスコアスポーツ)などが使われている場合は、各文献の記載をそのまま本報告書に記載した。遊離

体期(遊離型)、あるいはICRS grade IV例においては、病巣部骨軟骨片固定術、mosaicplasty、肋骨肋軟骨移植術、細胞移植術を行なった症例のみを本報告所の対象分析とした。2つ以上の術式を組み合わせで行なっている文献は、紹介のみにとどめ治療成績に関する記載の引用は行なわなかった。以下各術式別に治療成績を論じ、現状と課題を述べる。

1. 上腕骨外顆楔状骨切り術(図1)

吉津が1986年に報告した方法である⁴⁾。本手術の報告がきっかけで、本症に関する手術法の開発において本邦が世界をリードする起爆剤となった。本手術の効果は、骨切りによる上腕骨遠位外側の血流増加と減圧、および腕頭関節適合性の維持であるとされる⁴⁾。菅沼らの追試報告では、2例の分離型の成績の1例はX線像の改善とスポーツ復帰が可能であったが、1例はX線像の改善が不十分で肘運動時痛が残存した⁵⁾。山本らは透亮期と分離後期の4例に本法を行ない、いずれも野球に復帰し日整会肘機能評価スポーツ点数は平均96点と良好であった⁶⁾。内田らは分離型と遊離型の11例に本法を行ない、分離型の4例中3例は疼痛なくスポーツ復帰したが1例は疼痛が残存し野球復帰が不可能であった⁷⁾。このように分離型に対して骨切り術のみ行なった場合、成績良好例もあるが成績不良例が少なからず生じている。吉津らは1998年の報告で、初期分離型



図1 上腕骨外顆楔状骨切り術⁴⁾

長短橈側手根伸筋間より進入する。肘関節前面を展開する。輪状靭帯は約1/3切離する。ノミにて10°の閉鎖式楔状骨切りを行なう(左)。Kirschner鋼線で仮固定後(中)、皮質骨スクリューで内固定する(右)。上腕骨後方の剥離は行なわない⁸⁾。

(吉津孝衛: 肘離断性骨軟骨炎に対する外顆楔状骨切り術。MB Orthop, 11 : 29-41, 1998より転載)

には骨切り術のみを行なうが晩期分離型には骨釘移植を併用すると述べている⁸⁾。さらに吉津らは、この方針で手術を行なった場合初期分離型の6例中5例で、後期分離型では5例中4例でスポーツ復帰したと報告しているが、X線像の詳細な結果は記載されていない⁸⁾。これら吉津らの論文における分類法は吉津らによる独自分類であり解釈には注意を要する。KiyoshigeらはICRS分類のgrade I, IIに本法を行ない、7年以上の長期成績を報告し、7例中6例でスポーツの完全復帰とX線像の改善が得られている⁹⁾。石河らは分離前期の2例では本法のみで病巣のX線像は完全に修復されたが、分離後期では骨釘移植と併用しても病巣のX線像の修復が完全に得られた例はなかった¹⁰⁾。

外顆楔状骨切り術は、病巣に直接外科的な治療を加えることなく、修復を期待する魅力的な方法である。しかし、その適応、病巣修復機序は明らかではなく、比較的侵襲が大きく合併症として骨切り後の腕尺関節不適合による可動域制限が指摘されている^{10, 11)} ことなどから、近年は本手術単独の成績報告は少ない。2000年以降では、Nakagawaら¹²⁾ はmosaicplastyとの併用、石河ら¹⁰⁾、亀井ら¹³⁾ は病巣に不安定性がある場合に骨釘移植術との併用を行なっている。

2. 内固定材料を用いた病巣骨軟骨片固定術

近藤らは遊離型に対して骨移植とpull-out鋼線による骨軟骨片を固定して良好な成績であったと報告しているが詳細な術後成績評価は報告されていない¹⁴⁾。Kuwahataらは分離後期、ICRS分類grade IIIの7例に対し、母床の新鮮化と腸骨から採取した海綿骨移植後に病巣の骨軟骨片をHerbert screwにて関節面側から固定した¹⁵⁾。その成績は良好であり、全例がスポーツ復帰を果たしたと報告した。桐田らは分離期例に骨軟骨片をdynamic stapleで固定し、11例全例で骨癒合が得られ、術後平均9年の長期経過では11例中10例が全力投球が可能であった¹⁶⁾。しかしX線像を長期観察可能であった6例では完全修復は2例のみで、変形性関節症は6例中5例にみられたとし、X線像の予後は必ずしも良好ではない¹⁶⁾。TakedaらはICRS分類grade II~III(本文ではdeep crack or partial detachmentと記載されて

いる)の11例に病巣深部の海綿骨移植とpull-out鋼線による病巣固定を行ない、術後Tivnonの評価法で優が10例と良好で骨癒合は全例に得られたが3例は病巣修復が不完全であった¹⁷⁾。Haradaらは分離前期の2例、分離後期の2例に骨移植とdynamic staple固定を行ない、全例が骨癒合し3例が競技野球に復帰した¹⁸⁾。Haradaらによると、術後X線像で全例に肘関節内側に骨棘形成を認め、また2例はX線像で小頭関節面に不整が残存している。田野らは分離前期あるいは分離後期の各1例に対し、病巣を一旦完全に母床から遊離させて母床を搔爬し、海綿骨移植を行なって大腿骨の遠位膝関節面の外側部から採取した骨軟骨釘で固定した¹⁹⁾。いずれも競技レベルのスポーツに戻っているが1例は40度の伸展制限が残っている。渡辺ら²⁰⁾ は分離前期の5例、分離後期の9例に対して外顆楔状骨切り術と同時に病巣をポリ-L-乳酸ピンで固定した。渡辺らの報告によると、75%の例で病巣の完全な癒合が得られ、81%にスポーツ復帰したが同ピンによる無菌性関節炎が2例にみられている。Nobutaらは透亮期1例、分離前期12例、分離後期15例に対して、病巣と母床間を搔爬し直径0.4mmの鋼線あるいは吸収糸で病巣を固定し、86%が元のスポーツに復帰した^{21, 22)}。Nobutaらの報告によると、術前肘屈曲正面X線像で病巣の深さが9mm未満の16例では病巣部の完全癒合7例、部分癒合9例であるが、9mm以上の12例では完全癒合4例、部分癒合3例、そして病期の不変あるいは進行が5例であり、本手術は病巣の深さが9mm未満に適応があると結論している。Takebaraらは関節鏡視下に骨軟骨片の固定を試みている²³⁾。

内固定材料に鋼線、staple、スクリューなどを用いて病巣を母床に固定する手術は、ICRSのgrade IかIIに行なわれた場合、良好な臨床成績が得られ病巣の骨癒合も高率に得られている。またgrade IIIに行なわれた場合、ほとんどはスポーツに復帰可能で病巣癒合も得られているが、X線像では病巣修復は不完全に終わる例が約半数にみられる。また病巣の深さが9mm以上と大きい例では完全な病巣修復が得られないという報告²³⁾もある。内固定材料を抜去するための追加手術を要すること、内固定材料による物理的あるいは化学的刺激などの副作用の生じ

る可能性などの問題点が残る。また佐竹らは、遊離した骨軟骨片の組織像から、関節軟骨の形態が保たれ、かつ軟骨基質の染色性を維持して軟骨下骨構造が存在する遊離体は5%であったと述べている²⁴⁾。山崎らもICRS分類のgrade III, IVの23例の病巣を同様に検討し、前述の条件に合致する例は8.7%であったと報告している²⁵⁾。Kusumiらの小頭OCD病巣の組織学的分析もこれらの結果を支持している²⁶⁾。このように遊離体の軟骨は変性している場合がほとんどであり、母床に戻して骨癒合が得られても繊維軟骨が硝子軟骨として回復するかについては不明であり、今後の検討課題である。

3. 骨釘による病巣固定術(図2)

小頭OCDに対する骨釘移植は1985年に上崎らが3例を²⁷⁾、1987年に岡らが8例を²⁸⁾、1990年に伊藤らが12例を²⁹⁾報告しているが、手術成績の詳細な分析はされていない。1992年に岡らは、13例のうち11例で病巣は改善し術後6.8ヵ月で病巣部の癒合が得られたと報告した³⁰⁾。さらに1993年に村田らはICRS grade I 5例、grade II 4例に骨釘移植を行

ない、X線像での病巣修復はICRS grade Iの5例中4例、grade IIの4例中3例にみられ、7例中のほとんどの例がスポーツ復帰可能であったと報告し³¹⁾、本法の有用性が認識された。次いで太田と岡³²⁾は、三浪分類の透亮型8例と分離型16例の術後成績では、透亮型6例分離型14例で疼痛は消失し、X線所見では全例が治癒したと良好な成績を報告した。さらにOkaらは透亮型あるいは分離型に行なった14例の長期経過を観察し、病巣部の骨癒合は得られるが5年以上の経過観察では変形性関節症が高頻度にみられたとしている³³⁾。重信らは透亮期、分離期の例に本法を行ない術中に病巣の不安定な例には病巣と健常の骨髄との間に海綿骨移植を行なった³⁴⁾。重信らの結果では、約60%の例が競技種目を変更することなくスポーツ復帰を果たしている。また、病巣の安定していた例では成績はよいが病巣が不安定で海綿骨移植を行なった例のX線像による小頭形態の修復は劣っており扁平あるいは不整となるとしている³⁴⁾。辻野らはすべての病期の43例に同手術を行ない32例が疼痛なく野球に復帰し、そのうち、小頭の形態は22例で修復されてい



図2 骨釘移植術

肘筋と尺側手根伸筋の間から上腕骨小頭を展開する。肘関節包を切開し滑膜を切除する(左上)。肘頭後面から長さ2~3cm、太さ2~3mmの皮質骨(B)を2~4本、採取する(左下)。太さ3mmのKirschner鋼線で病巣部と病巣部の深部の骨髄に穴を開け、同部に骨釘を挿入し軟骨面より1~2mm深く打ち込んで病巣を固定する(右)。

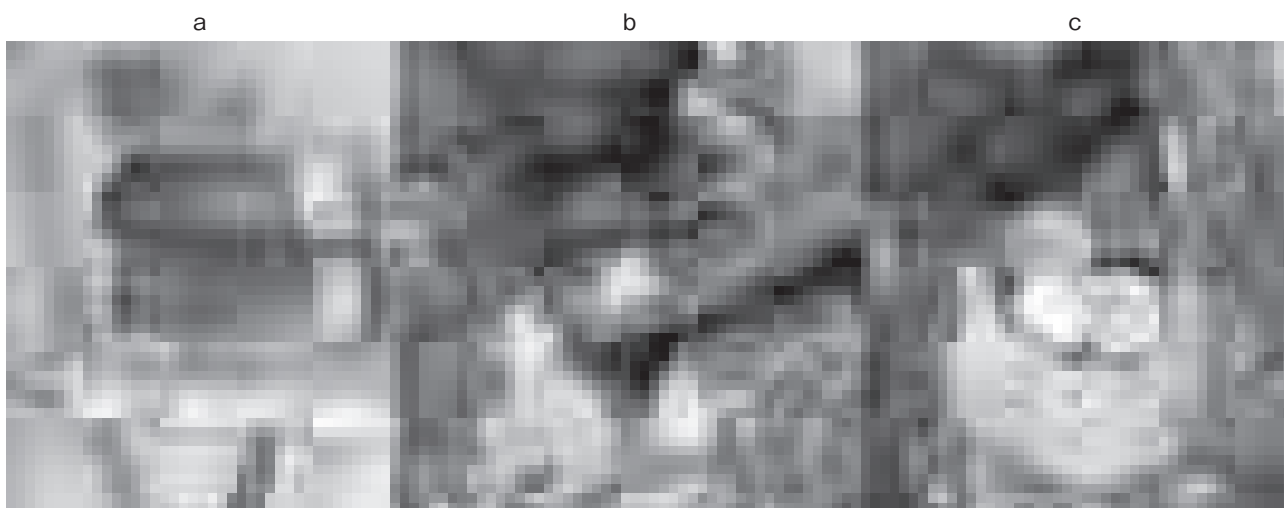


図3 Mosaicplasty

肘関節を骨釘移植術と同様の展開で進入し、上腕骨小頭部の病巣を切除し母床を新鮮化する。同部に膝関節の大腿骨遠位顆部前面外側の非荷重部より骨軟骨柱を採取し、同部に2~4本移植する。

a: 直径4.5mmの骨軟骨柱2本

b: 骨軟骨柱を母床に移植しているところ

c: 直径4.5mm 2本と直径3.5mm 1本を移植し上腕骨小頭を再建している。

たが10例には陥凹がみられ病巣中央部の修復が不良な例があることを指摘した³⁵⁾。岩井らの骨釘治療の報告例³⁶⁾をICRS分類に合わせて分類し直すと、grade IIが3例、grade IIIが6例となるが、grade IIには骨釘と吸収性 PLLA スクリューで病巣を固定し、grade IIIには海綿骨移植と骨釘を行なっている。これら9例中8例は術後5~8ヵ月でスポーツ復帰し、単純 X線像では全例が修復したとされるが詳細な X線像の分析の説明はない³⁶⁾。戸祭らの報告例³⁷⁾において、病巣部の固定を目的として骨釘移植を行なった10例をICRS分類で分類すると、grade IIが6例、grade IIIが4例となる。戸祭らによると、病巣の骨癒合は grade II の6例全例に得られたが grade III の4例では1例しか得られなかった³⁷⁾。伊坪らは分離型の3例に行ない、全例がスポーツ復帰し X線像と MRIにより病巣の治癒が得られた³⁸⁾。高原らは透亮型3例、分離型5例に本法を行ない、全例が野球に復帰し6例に骨癒合を得ている³⁹⁾。高原らは、2例は X線像で病巣の修復が不十分であったが、いずれも骨端軟骨成長板の閉鎖前の透亮型であったと述べている。Miharaら⁴⁰⁾は、骨軟骨片固定、骨釘、肋骨軟骨移植法などの症例を

まとめて報告している。骨釘移植例は7例であるが、その内1例は骨釘の長さが短く病巣は遊離して成績不良であったと述べている。

骨釘移植の目的は、病巣部の固定と骨髄への穿孔による血流供給から骨髄幹細胞の病巣部への動員である。また内固定材料を用いないため抜釘不要、ほかから移植組織を採取しないという利点がある。透亮型と分離型の多くは、術後スポーツ復帰と骨片の癒合が得られるが、元のスポーツ能力獲得は全例には得られないこと、画像上で病巣の完全修復は得られない例があることがわかる。成績を左右する因子として、年齢、骨端線閉鎖の有無、ICRS分類、病巣の大きさと深さ、骨釘の本数と太さ、骨移植の有無などが考えられる。しかし各報告者の症例数が少ないため、これらを統計的に分析することは現状では不可能である。そのため、後述する mosaicplasty の適応との境界が不明であり、今後の検討課題と考える。

4. Mosaicplasty (図3)

Mosaicplasty は膝関節軟骨の修復法として松末ら⁴¹⁾、Hangodyら⁴²⁾により始められ、種々の手術

表1 Mosaicplastyの成績報告(術後最短1年以上例, 症例数5例以上)

著者	発表年	症例数	病期分類	手技機器, 本数	平均経過期間(月)	合併症 膝を含む	同レベルのスポーツ 復帰割合(%)	臨床評価 術前平均→術後平均
後山ら ⁴⁶⁾	2005	6	分離後期3, 遊離期3	OATS, 不明	22	なし	100%	JOAS* 58→93
Shimada, et al ⁴⁷⁾	2005	10	ICRS III5, IV5	OATS, 2~5本	26	なし	80%	JOA 81→94
Yamamoto, et al ⁴⁸⁾	2006	18	ICRS III9, IV9	OATS, 1~2本	45	肘遊離体1例, 異所仮骨1例	78%	T&A**151→181
Iwasaki, et al ⁴⁹⁾	2006	8	ICRS III3, IV5	Acufex 2~5本	45	一過性の膝 関節水腫1例	75%	T&A**140→183
大歳ら ⁵¹⁾	2007	46	ICRS II3, III26, IV17	Acufex 数本	24	不明	78%	不明
Ansah, et al ⁵⁵⁾	2007	4	ICRS III or IV	OATS	61	一過性の膝 関節痛1例	50%	Morrey 82→98
山崎ら ²⁵⁾	2008	45	ICRS II4, III26, IV15	Acufex 1~5本	14	なし	78%	不明
四本ら ⁵³⁾	2008	9	分離型6, 遊離型3	不明	18	不明	不明	JOA 64→97
Chettouane, et al ⁵⁴⁾	2008	6	分離型1, 遊離型5	不明	38	不明	66%	不明
Iwasaki, et al ⁵⁶⁾	2009	18	ICRS III7, IV12	Acufex 2~6本	45	1例膝痛	89%	T&A**131→191

* : 日整会スポーツ, ** : Timmerman and Andrews classification⁷⁵⁾

器具が開発され現在は膝関節における限局性の骨軟骨欠損の治療の標準的方法となっている。本法の小頭OCDへの応用については1999年に中川らが遊離型の1例に外顆楔状骨切り術と同時にこなった1例報告⁴³⁾が最初と思われる。次いで2000年に島田らが遊離型に mosaicplasty 単独の手術を行なった例を複数例報告^{44, 45)}している。さらに2005年から2006年にかけて、後山ら⁴⁶⁾, Shimadaら⁴⁷⁾, Yamamotoら⁴⁸⁾, そしてIwasakiら⁴⁹⁾が分離後期と遊離体期, あるいはICRS grade III, IVに行なった本法の良好な中期成績を報告し, 現在は最も多く行なわれている手術方法である。一方, 2005年にTsudaらは非投球スポーツ選手の遊離体期の3例の良好な成績を報告した⁵⁰⁾。2005年~2009年12月までに報告された, 術後1年以上, 症例数5例以上の成績を一覧表に示す(表1)。Shimadaらは術後の second look より移植した骨軟骨柱から組織生検を行ない, 再建部は正常に近い軟骨と軟骨下骨構造, プロテオグリカン産生能があることを示し, さらに成績不良の2例は, 術前より変形性関節症があった例と外側罹患例であったと述べている⁴⁷⁾。Yamamotoらは18例術後平均3.5年の経過で良好な成績を報告した⁴⁸⁾。大歳ら⁵¹⁾は mosaicplasty 前後の単純X線像の分析から, 変形性肘関節症変化の出現頻度は mosaicplasty 時13.9%, mosaicplasty 後で63.0%であり, 変形性

肘関節症は mosaicplasty 後も進行すると述べている。戸祭ら⁵²⁾はOCD病巣の位置が上腕骨小頭の外側にある場合は, 肘45度屈曲位において橈骨頭関節面に垂直に対向するように骨軟骨柱を移植することを勧めている。山崎ら²⁵⁾はOCD病巣の位置から外側型19例と内側型16例のスポーツ復帰状況を比較し, 有意差はないと報告した。四本ら⁵³⁾はOCD病巣の位置が上腕骨小頭の外側に存在する場合は, 骨軟骨柱を斜角上に採取して上腕骨の母床に斜めに挿入する方法を推奨している。Chettouaneら⁵⁴⁾は体操選手の4例を含む6例の成績を報告し, 体操選手においても半数以上が元のレベルのスポーツ復帰が可能であることを示した。

Mosaicplastyの欠点としてあげられる骨軟骨柱採取部の合併症としては, Ansahら⁵⁵⁾は4例中に1例, Iwasakiら⁵⁶⁾は18例中1例に一過性の関節痛を認めている。他の報告者においては膝関節水腫や膝関節痛の報告はない。Iwasakiら⁵⁷⁾は mosaicplasty を行なった13例に対して平均26ヵ月後にLysholmスコアとIKDSによる膝機能評価と膝MRI評価を行なった。その結果, 膝機能は全例でそれぞれ excellent と normal とであったが, MRIでは採取部の軟骨欠損が正常軟骨に近い信号の組織で埋められているのは44%のみであると報告している。Iwasakiら, Yamamotoら, Ansahらは経過観察時

に小頭 MRI の輝度を分析し、正常に近い骨髄、軟骨の信号が得られていると報告した^{48, 49, 55, 56}。Yamamoto ら⁴⁸は、ICRS grade IV 例では関節面の不整は残存すると述べている。四本らは MRI 評価に Roberts 分類 (4 点満点)⁵⁸ を用い、平均 3.8 点を得て正常に近い軟骨および軟骨仮骨が再建されていることを示した。一方、Iwasaki ら⁵⁷の結果は 3.0 点とやや劣っていた。Nishitani ら⁵⁹は mosaicplasty 施行時に上腕骨小頭と大腿骨外顆の軟骨の音響評価を行ない、それらに違いがないことを示した。Iwasaki ら⁶⁰は mosaicplasty 後経時的に小頭の MRI を施行し Henderson 法⁶¹で評価した。その結果、移植骨軟骨柱は術後 6 ヶ月で癒合し、12 ヶ月で周囲とのゆるみを示す所見はないことを明らかにし、術後 6 ヶ月でのスポーツ復帰可能の根拠としている。MRI で移植した骨軟骨柱における軟骨の厚さは、膝関節のままで正常の肘の軟骨の厚さに比べて厚い状態では変化はない⁶⁰。

現状としては、mosaicplasty の合併症は非常に少なく、ICRS 分類の grade III あるいは IV であっても、変形性関節症の進行がなければ 70% 以上の例は元のレベルのスポーツレベルに復帰している。したがって、適応を ICRS grade III と IV だけでなく、II まで拡大してよいかどうかは議論の分かれるところである。手技としては、骨軟骨柱の太さ、本数などは成績に大きな差は及ぼさないようであるが、小頭外側病巣における移植法については、最適の方法を今後確立すべきである。移植した硝子軟骨はそのまま硝子軟骨として機能しているようであるが、長期間では変性しないか、骨軟骨柱採取部の膝に変形性関節症は生じないか、などに関して 10 年以上の長期成績を追跡し明らかにする必要がある。さらには、軟骨の生化学・分子生物学的分析、軟骨に特化した MRI、軟骨の生体力学的性質の低侵襲検査法などの開発による、術前術後の定量的評価も今後行なわねばならない課題である。

肋骨肋軟骨移植術

第 5 あるいは第 6 肋骨肋軟骨移行部から移植骨軟骨片を採取し、移植母床に適合するように採型し、Kirschner 鋼線あるいは cannulated headless screw

で固定する方法である。

岡ら⁶²が 1997 年に遊離体期の 1 例に病巣を切除し、第 5 肋骨肋軟骨部移行部の骨軟骨を移植して術後 4 年の良好な成績を報告した。Oka ら⁶³はさらに同症例を追跡調査し、術後 7 年 8 ヶ月でも臨床上、X 線像上良好な経過を維持していると追加報告している。その後、柳下ら⁶⁴は、遊離体期の 1 例に対して上腕骨外顆骨切り術に第 5、6 肋骨軟骨移植を行ない術後 2 年良好な成績であると報告した。Sato K ら⁶⁵は、1 例に対して上腕骨小頭の骨軟骨欠損部に肋骨骨軟骨部を移植し Herbert screw で固定し、もう 1 例には病巣部の固定に肋骨骨軟骨釘で病巣を固定し良好な成績を得た。さらに佐藤ら⁶⁶は病巣を切除し第 5、6 肋骨肋軟骨移植の 15 例を報告し、15 例全例が全力投球可能になり移植片の癒合を得た。以後、島田ら⁶⁷が 5 例 (術後平均 25 ヶ月)、西中ら⁶⁸が 7 例 (術後平均 17 ヶ月)、佐藤ら⁶⁹が 22 例 (術後平均 23 ヶ月)、Mihara ら⁴⁰が 7 例 (術後最短 24 ヶ月) の良好な成績を相次いで報告し、今日では広く行なわれている。マウスの肋軟骨から樹立した培養軟骨細胞の形質は関節軟骨のそれと類似している点は基礎研究により証明されている⁷⁰が、本法が確立した術式とされるには、肋軟骨の生体力学的基礎研究、臨床例の長期追跡などが必須である。

細胞移植法

近年、再生医療、細胞医療の進歩により肘関節部 OCD に対する細胞移植法の報告が散見される。Sato ら⁷¹は培養した自己軟骨細胞を type I コラゲンに包埋して小頭 OCD に移植し、術後 24 ヶ月で肘関節に疼痛なく肘関節鏡では円滑な軟骨表面様の組織で病巣が弛緩されている 1 例を報告した。Iwasaki⁷²らは、同様の方法で上腕骨滑車部の OCD を治療して術後 24 ヶ月で肘痛なく肘関節鏡と MRI で軟骨類似の組織で修復されている 1 例を報告した。加藤ら⁷³は分離後期 2 例と遊離体期 1 例に自己骨髄間葉系細胞を培養し type I コラゲンに包埋して OCD 病巣節部に移植し骨膜で被覆する術式を発表した。加藤らによると、術後 18 ヶ月を経過しスポーツ復帰が可能であり、MRI により病巣部は軟骨に近い信号を有する組織で修復されていると報告

している。これらの細胞移植法は、若年者が対象で荷重関節ではない肘関節内病変である上腕骨小頭OCDには非常によい適応と思われる。現在の日本では、ヒト幹細胞を用いる臨床研究に関する指針⁷⁴⁾に則って幹細胞移植治療を行なうことになるが、厚生労働省は未成年患者の運動器疾患に対する幹細胞移植再生医療には門戸を閉ざしている。また、感染や癌化の可能性が100%否定できないこと、日数、人手、培養装置を要するなどの細胞培養移植治療に付随する短所を有する。また再生された軟骨様組織が硝子軟骨であるという証明を、組織学的、生化学的、さらに分子生物学的に検証する必要がある。

再建術の問題点と課題

今回の文献検索報告からどの再建術を用いるべきかについて結論づけることは困難である。文献検索による手法にいくつかの問題点があるからである。まず、手術適応についてであるが、手術適応は、病型あるいは病期に加えて病巣の大きさと部位により決定されるべきと思われる。本報告では三浪の分類¹⁾、岩瀬の分類²⁾、そしてICRS分類³⁾で症例を分類して記載したが、これら3つの分類法は必ずしも1対1に対応するものではない。また保存治療を行なった場合はICRS分類を用いることはできない。病巣の大きさ、部位についてはほとんどの文献では明瞭な記載がなかった。次に評価法の問題点であるが、元の競技レベルへの復帰の程度による主観的評価法、肘機能評価の客観的評価法、画像評価法の3つが必要である。またこれらの評価法には国際的に使われ本邦以外でも使われる評価法でなければならない。最後にあげる問題点として長期成績が不明である点である。本再建術は小児に対する関節再建術であるので、治療後の短期的スポーツ復帰のみならず成長後の長期の経過観察を行ない変形性関節症変化の出現などの検討が必要である。筆者らの文献検索では、術後平均5年におよぶ中期成績はTakeda¹⁷⁾、Oka³³⁾、Anshah⁴⁵⁾ら以外には見あたらなかった。

今回の文献調査から、現時点ではICRS grade I, II例には骨釘移植術が、ICRS分類 grade III, IV例にはmosaicplastyが最も安定した成績が得られる

術式と思われた。しかし骨釘移植術をICRS grade IIに行なった場合、病巣の完全治癒が得られない例がある^{31, 35, 39)}。最近のIwasakiらのmosaicplastyの良好な成績^{60, 72)}から、ICRS grade IIに対してもmosaicplastyを適応とするという意見もある。しかし、できるだけ本来の組織の治癒を促進する方法が模索されるべきであるという点、あるいは膝関節の骨軟骨柱採取部の長期予後が不明であるという点から、mosaicplastyの適応を拡大するには慎重であるべきである。肋骨肋軟骨移植術はmosaicplastyと同じ適応で行なわれる再建術である。肋骨肋軟骨移植術のほうが膝関節に侵襲を加えない点でmosaicplastyより優れているのは論を待たない。しかし肋軟骨は本来の関節軟骨と、力学的ストレスに対する対応、関節の解剖学的構造の点で本質的に異なっている。

今後、上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の手術成績を向上させるには、①病期と大きさ・部位を組み合わせた分類法の開発、②X線像とMRIを組み合わせた画像評価法の確立、③術後5～10年の長期成績の報告、そして④再建術の前向き臨床研究、場合によっては多施設による異なった術式の比較研究の遂行、などが遂行すべき課題と考える。

文 献

- 1) 三浪三千男ほか：肘関節に発生した離断性骨軟骨炎25例の検討。臨整外，14：805-810，1979。
- 2) 岩瀬毅信ほか：上腕骨小頭骨軟骨障害。整形外科MOOK，54：26-44，1988。
- 3) ICRS Cartilage Injury Evaluation Package, 2000 Available at : http://www.Cartilage.org/Evaluation_Package/ICRS_Evaluation.pdf.
- 4) 吉津孝衛：野球肘に伴う上腕骨小頭離断性骨軟骨炎への新治療法—外顆楔状骨切り術について。整形外科，37：1232-1242，1986。
- 5) 菅沼悦子ほか：野球による肘離断性骨軟骨炎に対する外顆楔状骨切り術の治療経験。整形外科，44：488-492，1993。
- 6) 山本博司ほか：野球肘における上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する外顆楔状骨切り術の成績。臨床スポーツ医学，11：479-482，1994。

- 7) 内田欣也ほか：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する外顆楔状骨切り術の治療成績. 日肘会誌, 3 : 11-12, 1996.
- 8) 吉津孝衛：肘離断性骨軟骨炎に対する外顆楔状骨切り術. MB Orthop, 11 : 29-41, 1998.
- 9) Kiyoshige Y et al : Closed-wedge osteotomy for osteochondritis dissecans of the capitellum. A 7-to 12 year-follow-up. Am J Sport Med, 28 : 534-537, 2000.
- 10) 石河利広ほか：分離型上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する外顆楔状骨切術による治療. 日肘会誌, 12 : 11-12, 2005.
- 11) 藤原雅雄ほか：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する外顆楔状骨切り術の経験. 日手会誌, 19 : 525-529, 2002.
- 12) Nakagawa Y et al : Osteochondral grafting and arthroplasty for end-stage osteochondritis dissecans of the capitellum. Am J Sports Med, 29 : 650-655, 2001.
- 13) 亀井秀造ほか：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する外顆楔状骨切り術(吉津法)の治療成績. 日手会誌, 25 : 516-519, 2009.
- 14) 近藤 稔ほか：野球による肘離断性骨軟骨炎の手術療法. 整形・災害外, 32 : 1451-1459, 1989.
- 15) Kuwahara Y et al : Osteochondritis dissecans of the elbow managed by Herbert screw fixation. Orthopedics, 21 : 449-451, 1998.
- 16) 桐田卓ほか：肘離断性骨軟骨炎に対する stapling法の長期成績. 日肘会誌, 7 : 7-8, 2000.
- 17) Takeda H et al : A surgical treatment for unstable osteochondritis dissecans lesions of the humeral capitellum in adolescent baseball players. Am J Sport Med, 30 : 713-717, 2002.
- 18) Harada M et al : Fragment fixation with a bone graft and dynamic staples for osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. J Shoulder Elbow Surg, 11 : 368-372, 2002.
- 19) 田野確郎ほか：進行期肘離断性骨軟骨炎における骨軟骨片整復固定術の術後成績. 日肘会誌, 12 : 95-96, 2005.
- 20) 渡辺千聡ほか：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対するポリ-L-乳酸 (PLLA) ピンの使用経験と問題点. 日肘会誌, 14 : 4-6, 2007.
- 21) 信田進吾ほか：肘離断性骨軟骨炎に対する骨軟骨片固定術の治療経験. 日肘会誌, 13 : 59-60, 2006.
- 22) Nobuta S et al : Clinical outcome of fragment fixation for osteochondritis dissecans of the elbow. Upsala J Med Sci, 113 : 201-208, 2008.
- 23) Takeba J et al : Arthroscopic technique for fragment fixation using absorbable pins for osteochondritis dissecans of the humeral capitellum : a report of 4 cases. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 18 : 831-835, 2010.
- 24) 佐竹寛史ほか：関節内遊離体の組織像. 日肘会誌, 13 : 57-58, 2006.
- 25) 山崎哲也ほか：離断性骨軟骨炎に対する自家骨軟骨柱移植術の治療成績. 別冊整形外科, 54 : 91-96, 2008.
- 26) Kusumi T et al : Osteochondritis dissecans of the elbow : histopathological assessment of the articular cartilage and subchondral bone with emphasis on their damage and repair. Pathol Int, 56 : 604-612, 2006.
- 27) 上崎典雄ほか：離断性骨軟骨炎および骨軟骨骨折に対する骨釘による固定. 整スポ会誌, 4 : 61-71, 1985.
- 28) 岡 義範ほか：少年野球における肘関節障害の治療. 整スポ会誌, 6 : 223-236, 1987.
- 29) 伊藤恵康ほか：前関節症としての野球肘. 関節外科, 9 : 475-482, 1990.
- 30) 岡 義範ほか：肘離断性骨軟骨炎の治療. 関節外科, 11 : 599-611, 1992.
- 31) 村田英明ほか：肘離断性骨軟骨炎に対する骨釘移植術の適応と限界. 日関外誌, 12 : 273-282, 1993.
- 32) 太田和年ほか：肘離断性骨軟骨炎に対する骨釘移植法. MB Orthop, 11 : 21-27, 1998.
- 33) Oka Y et al : Bone-peg grafting for osteochondritis dissecans of the elbow. International Orthopaedics, 23 : 53-57, 1999.
- 34) 重信浩一ほか：肘離断性骨軟骨炎手術例の長期予後. 日肘会誌, 6 : 41-42, 1999.

- 35) 辻野昭人ほか：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する骨釘移植術の適応. 整スボ会誌, 22 : 212-216, 2005.
- 36) 岩井 誠ほか：進行貴野球肘の治療—骨釘, 吸収性スクリューによる分離軟骨片の固定. 骨・関節・靭帯, 18 : 1011-1022, 2005.
- 37) 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. 日肘会誌, 13 : 63-64, 2006.
- 38) 伊坪敏郎ほか：肘離断性骨軟骨炎に対する骨釘移植術治療成績. 日肘会誌, 14 : 11-14, 2007.
- 39) 高原康弘ほか：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する骨釘による骨接合術の成績. 整スボ会誌, 27 : 292-297, 2008.
- 40) Mihara K et al : Surgical treatment for osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. *J Shoulder Elbow Surg*, 19 : 31-37, 2010.
- 41) Matsue Y et al : Biodegradable pin fixation of osteochondral fragments of the knee. *Clin Orthop*, 322 : 166-173, 1996.
- 42) Hangody L et al : Osteochondral plugs : Autologous osteochondral mosaicplasty for the treatment of focal chondral and osteochondral articular defects. *Op Tech in Orthopaedics*, 7 : 312-322, 1997.
- 43) 中川泰彰ほか：遊離期肘離断性骨軟骨炎に対する骨軟骨移植術の試み. 日肘会誌, 6 : 137-138, 1999.
- 44) 島田幸造ほか：進行期離断性骨軟骨炎に対する外科的治療. 日肘会誌, 7 : 9-10, 2000.
- 45) 島田幸造ほか：スポーツによる肘離断性骨軟骨炎の治療. 臨整外, 35 : 1217-1226, 2000.
- 46) 後山恒範ほか：肘離断性骨軟骨炎に対する膝自家骨軟骨移植術の治療成績. 整スボ会誌, 25 : 217-226, 2005.
- 47) Shimada K et al : Reconstruction with an osteochondral autograft for advanced osteochondritis dissecans of the elbow. *Clin Orthop*, 435 : 140-147, 2005.
- 48) Yamamoto Y et al : Osteochondral autograft transplantation for osteochondritis dissecans of the elbow in juvenile baseball players : minimum 2-year follow-up. *Am J Sports Med*, 34 : 714-720, 2006.
- 49) Iwasaki N et al : Autologous osteochondral mosaicplasty for capitellar osteochondritis dissecans in teenaged patients. *Am J Sports Med*, 34 : 1233-1239, 2006.
- 50) Tsuda E et al : Case report. Osteochondral autograft transplantation for osteochondritis dissecans of the capitellum in nonthrowing athletes. *J Arthroscopic Relat Surg*, 21 : 1270, 2005.
- 51) 大歳憲一ほか：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する自家骨軟骨柱移植術. 日肘会誌, 14 : 29-33, 2007.
- 52) 戸祭正喜ほか：骨軟骨欠損部に自家骨軟骨柱移植を行なった上腕骨小頭離断性骨軟骨炎症の治療成績. 日肘会誌, 14 : 25-28, 2007.
- 53) 四本忠彦ほか：肘関節離断性骨軟骨炎に対する自家骨軟骨柱移植術. 別冊整形外科, 54 : 97-100, 2008.
- 54) Chettouane I et al : Traitement de l'ostéochondrite disséquante du capitulum chez l'adolescent par autogreffe ostéochondrale monobloc. à propos de six cas et revue de la littérature, 94 : 449-455, 2008.
- 55) Ansh P et al : Osteochondral transplantation to treat osteochondral lesions in the elbow. *J Bone Joint Surg Am*, 89 : 2188-2194, 2007.
- 56) Iwasaki N et al : Autologous osteochondral mosaicplasty for osteochondritis dissecans of the elbow in teenage athletes. *J Bone Joint Surg Am*, 91 : 2359-2366, 2009.
- 57) Iwasaki N et al : Donor site evaluation after autologous osteochondral mosaicplasty for cartilaginous lesions of the elbow joint. *Am J Sports Med*, 35 : 2096-2100, 2007.
- 58) Roberts S et al : Autologous chondrocyte implantation for cartilage repair : monitoring its success by magnetic resonance imaging and histology. *Athrit Res Ther*, 5 : 60-73, 2003.
- 59) Nishitani K et al : Intraoperative acoustic evaluation of living human cartilage of the el-

- bow and knee during mosaicplasty for osteochondritis dissecans of the elbow : an in vivo study. *Am J Sports Med*, 36 : 2345-2353, 2008.
- 60) Iwasaki N et al : Sequential alterations in magnetic resonance imaging findings after autologous osteochondral mosaicplasty for young athletes with osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. *Am J Sports Med*, 37 : 2349-2354, 2009.
- 61) Hendeson IJ et al : Prostpective clinical study of autologous chondrocyte implantation and correlation with MRI at three and 12 months. *J Bone Joint Surg Br*, 85 : 1060-1066, 2004.
- 62) 岡 義範 : 肘離断性骨軟骨炎の治療, 特に重度骨軟骨欠損例について. *日肘会誌*, 4 : 153-154, 1997.
- 63) Oka Y et al : Treatment of severe osteochondritis dissecans of the elbow using osteochondral grafts from a rib. *J Bone Joint Surg*, 83B : 738-739, 2001.
- 64) 柳下昌史ほか : 肋骨軟骨移植した肘関節離断性骨軟骨炎の1例. *日肘会誌*, 9 : 53-54, 2002.
- 65) Sato K et al : Two cases with osteochondritis dissecans of the capitulum humeri treated with costal osteochondral graft transplantation. *J Shoulder Elbow Surg*, 12 : 403-407, 2003.
- 66) 佐藤和毅ほか : 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する肋骨肋軟骨移植術の中短期成績. *日肘会誌*, 12 : 34-37, 2007.
- 67) 島田幸造ほか : 離断性骨軟骨炎による肘の関節面欠損に対する自家骨軟骨柱移植. *別冊 整形外科*, 54 : 101-107, 2008.
- 68) 西中直也ほか : 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する肋骨肋軟骨移植術. *別冊整形外科*, 54 : 108-112, 2008.
- 69) 佐藤和毅 : 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する肋骨肋軟骨移植術. *別冊整形外科*, 54 : 113-117, 2008.
- 70) Kitaoka E et al : Establishment and characterization of chondrocyte cell lines from the costal cartilage of SV40 large T antigen transgenic mice. *J Cellular Biochemistry*, 81 : 571-582, 2001.
- 71) Sato M et al : Transplantation of tissue-engineered cartilage for excessive osteochondritis dissecans of the elbow. *J Shoulder Elbow Surg*, 13 : 221-225, 2003.
- 72) Iwasaki N et al : Osteochondritis dissecans involving the trochlea of the humerus teated with transplantation of tissue-engineered cartilage : A case report. *J Shoulder Elbow Surg*, 17 : 22-25, 2008.
- 73) 加藤博之ほか : 離断性骨軟骨炎に対する骨髄間葉系細胞移植(第2報)短期成績. *日肘関会会議録*, S19, 2007.
- 74) <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/iryousaisei.html>
- 75) Timmerman LA et al : Arthroscopic treatment of posttraumatic elbow pain and stiffness. *Am J Sports Med*, 22 : 230-235, 1994.
- 76) Takahara M et al : Classification, treatment, and outcome of osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. *J Bone Joint Surg Am*, 90 : suppl 2 (Part 1) : 47-62, 2008.

特集：上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の文献調査

少年野球肘に対する検診と予防

Screening and Prevention for Baseball Elbow in the Child and Adolescent Players

松浦 哲也 ¹⁾	Tetsuya Matsuura	新井 猛 ²⁾	Takeshi Arai
加藤 博之 ³⁾	Hiroyuki Kato	島田 幸造 ⁴⁾	Kozo Shimada
高原 政利 ⁵⁾	Masatoshi Takahara	戸祭 正喜 ⁶⁾	Masaki Tomatsuri
岩瀬 毅信 ⁷⁾	Takenobu Iwase	柏口 新二 ⁸⁾	Shinji Kashiwaguchi

● Key words

Baseball elbow : Screening : Prevention

● 要旨

上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の好発年齢と推測される10歳代前半を対象とした検診と、最も頻度の高いリトルリーグ肘を含めた投球障害全般に対する予防について文献調査を行なった。

検診については、①肘関節障害の実態、②肘関節痛や骨軟骨障害の発生因子、③離断性骨軟骨炎の早期発見に対する検診の意義について述べられた論文がある。

予防に関しては、投球数、投球フォーム、全身の機能やコンディショニング、装具、テーピングやボールについての報告がある。

今後は、全国的に同一のシステムで検診する体制を整備・普及させ、投球障害の要因を明らかにすることが課題といえる。

松浦哲也
〒770-8503 徳島市蔵本町3-18-15
徳島大学運動機能外科学
TEL 088-633-9116

- 1) 徳島大学運動機能外科学
Department of Orthopedics, University of Tokushima
- 2) 聖マリアンナ医科大学整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, St. Marianna University School of Medicine
- 3) 信州大学医学部運動機能学講座
Department of Orthopaedic Surgery, Shinshu University School of Medicine
- 4) 大阪厚生年金病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Osaka Koseinenkin Hospital
- 5) 医療法人泉整形外科病院
Izumi Orthopaedic Hospital
- 6) 医療法人川崎病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Kawasaki Hospital
- 7) 国立病院機構徳島病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Tokushima National Hospital
- 8) 東京厚生年金病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Tokyo Koseinenkin Hospital

はじめに

上腕骨小頭離断性骨軟骨炎は、発育期の野球肘を代表する疾患の1つである。本邦では野球が国民的スポーツであることもあり、よく知られた疾患であるが、発生頻度をはじめとした実態や病因・病態はいまだ明らかではない。また治療では、さまざまな手術法が開発されているが最も治療成績がよいのは早期に発見され保存的に修復した症例である。然るに早期発見をめざした検診の意義は深く、前述した実態や病因・病態解明に対しても検診の果たす役割は非常に大きい。さらに早期発見以上に重要なのは予防であるが、発育期の投球障害で小頭離断性骨軟骨炎の占める割合は低く、最も頻度の高いリトルリーグ肘を含めた投球障害全般について対策を講じなければならない。そこで本稿では、検診と投球障害予防についてレビューする。

検 診

各年代に対する検診活動が行なわれているが、上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の多くが10歳代前半に発生していると推測されていることから、対象が小学生を中心としている検診結果に絞ってみた。

これまでの報告では、①肘関節障害の実態、②肘関節痛や骨軟骨障害の発生因子、③離断性骨軟骨炎の早期発見に対する検診の意義の3項目について述べられている。

①肘関節障害の実態

最も規模が大きく、かつ長年にわたって活動しているのは徳島県であり、岩瀬らは1981年～1995年までの15年間で、肘の疼痛既往者は検診総数6,677名のうち平均46.5% (3,102名) とほぼ半数で、肘痛や可動域制限などを有する有所見者に対する二次検

診でのX線像異常者は全選手の平均18.3% (表1) と報告している^{1,2)}。さらに肘障害の主な病変は骨端の骨軟骨で、部位別では内側が圧倒的に多く19.1%、うち内側上顆の分節・分離は17.6%、滑車部骨軟骨障害は1.5%、外側の異常は2.5%で、上腕骨小頭障害が1.6%、橈骨頭の分節は0.9%で、後側は肘頭の分節・分離として認められ0.7%の発生 (図1) としている^{1,2)}。最近では、松浦らが2007年度の結果を以下のごとく報告している³⁾。肘関節痛の既往は1,809名中の605名 (33.4%) に認め、部位は内側が67.8%と最も多く、次いで外側の25.3%、後方14.7%、前方5.0%だった。ポジション別での疼痛出現頻度は、投手54.0%、捕手51.4%、内野手42.8%、外野手27.8%だった。X線像異常を196名に認め、その内訳は内側上顆障害195名 (97.0%)、小頭障害10名 (5.0%)、肘頭障害2名 (1.0%)、橈骨頭障害1名 (0.5%) だった。なお小頭、肘頭や橈骨頭の障害の多くが内側上顆障害を伴っていた。

また、高原らは北海道、山形県での検診結果を報告し、超音波を早くから検診に導入している。まず、札幌市の小学5、6年生44名を調査し、21肘に関節痛や圧痛があり、超音波で44名のうち3名に異常所見を認めたと報告している^{4,5)}。さらに山形県では、2001年から2005年の5年間で小学生野球チームの選手247名を対象として肘痛と超音波所見との関係について調べている。肘痛の既往がある97名では37名 (38.1%) に超音波で異常所見を認め、肘痛の既往のない選手の異常所見率8.7%より有意に高かったと報告している (表2)^{6,7)}。ポジション別では、投手経験がある52名のうち超音波異常所見を22名 (42%) に認め、その他の選手195名中28名 (14%) に比べ有意に多いとしている。

超音波検査は被曝がなく簡便に行なえ、近年小型化されていることから、現場検診にも携帯可能であり、他の地域からの報告もある。渡辺らは大阪府高槻市の10～18歳 (平均12.9歳) の男子204名を検診

表1 少年野球肘の実態 (文献1より引用)

年	1981	1983	1985	1987	1989	1991	1993	1995	平均
疼痛既往	50.7%	58.5%	45.2%	43.7%	41.9%	46.6%	42.3%	41.8%	46.5%
X線異常全選手	21.4%	17.3%	19.9%	12.6%	14.1%	20.3%	18.9%	21.2%	18.3%
n =	956	834	652	933	674	792	927	909	6,677

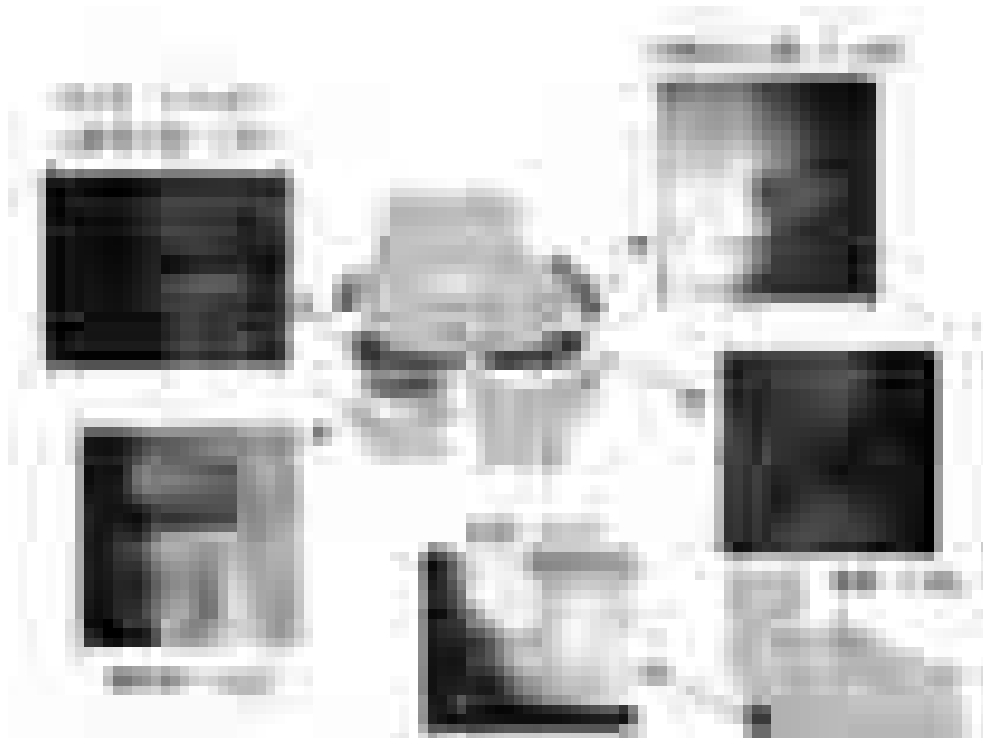


図1 肘関節の骨軟骨障害の実態

(柏口新二ほか：スポーツによる骨軟骨障害の予防. THE BONE, 19：55-60, 2005より転載)

表2 肘痛と超音波異常所見との関係(文献6より引用)

		超音波異常所見	
		あり	なし
肘痛	あり(n = 97)	37	60
	なし(n = 150)	13	137

し、上腕骨小頭の骨軟骨の不整を1.5%、内側上顆の異常所見を57.8%に認めたと報告している⁸⁾。なお、報告のなかで肘関節痛の既往は93名(45.6%)にみられ、ポジション別では投手65.1%、捕手40%、内野手43.3%、外野手33.3%だったと述べている。

その他の地域からは、疼痛やX線像異常の発生頻度に関する報告がみられる。

疼痛に関して森川らは、千葉県のリトルリーグ1チームの53名(平均年齢13.2歳)を1984年と1985年に検診し、18名(34.0%)に肘関節痛の既往を認めたと報告している⁹⁾。布谷らは1991年~2001年に小学4~6年生を対象とした富山少年野球リーグの検診で、肘痛発生率は35%程度で、高学年になるほど高く、ポジション別では投手に最も高かった

と述べている¹⁰⁾。阿部らは福岡県久留米市の27チーム、選手357人を対象としてアンケート調査を行ない、43%(152名)の選手が肘に何らかの痛みの既往を有しており、布谷らと同様に5、6年生に多く、ポジション別では、投手71名中44名(62%)、捕手22名中12名(55%)、内野手は94名中43名(46%)、外野手は99名中43名(43%)で投手に疼痛経験者が多いと述べている¹¹⁾。

X線像異常に関して相澤らは2004年に兵庫県下で検診活動を行ない、尼崎市ではX線検査を勧めて受診した31名のうち、内側型野球肘が23例(74.2%)、上腕骨小頭骨軟骨障害が3例(9.7%)であり¹²⁾、西宮市ではX線検査を勧めて受診した22名のうち、上腕骨小頭離断性骨軟骨炎が2名、X線像異常を認める内側型野球肘が18名(81.8%)だったと報告している¹³⁾。

②肘関節痛や骨軟骨障害の発生因子

岩瀬は、検診結果から野球肘の発症因子を選手個人が有する内的要因と練習環境等の外的要因に分け

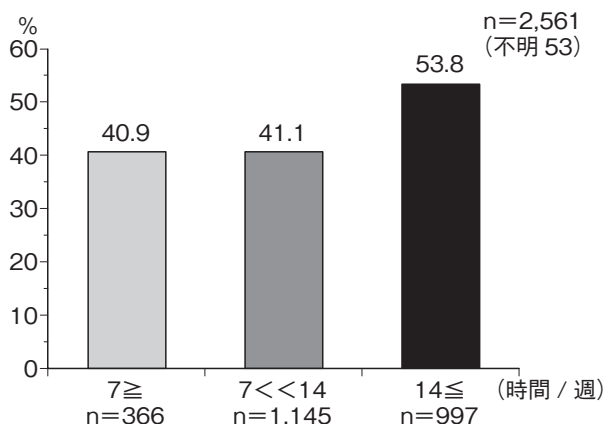


図2 練習時間別疼痛既往者 (文献14より引用)

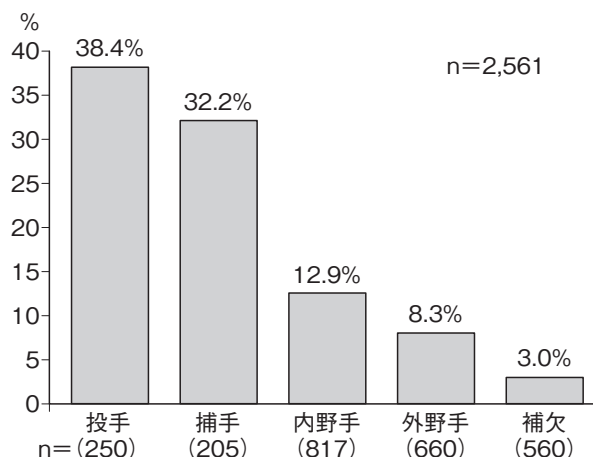


図3 X線異常と守備位置 (文献1より引用)

て肘関節痛との関係を調査した。

まず、内的要因として身長、体格、肘伸展角度、carrying angleをあげ、肘痛との関係を調査している。身長では、年間成長率(対象者を年間成長率7cm以上、4~7cm、4cm以下の3つのグループにわけ検討)で著しい成長を示す7cm以上のグループは他のグループと比べ有意に疼痛既往者が多いことを示した¹⁾。体格では同年齢、同性、同身長の小児の標準体重より10%以上少ない者を痩せ、20%以上多い者を肥満、その間の者を普通と分類し、肘痛既往との関係をみると、痩せの者は54.8%、普通45.5%、肥満者46.9%であり、体格が劣っているといえる痩せの者は有意に発生頻度が高く、肘障害発生要因の1つであることを示した¹⁴⁾。肘伸展角度では疼痛既往者は5°未満では56.3%、5°以上10°未満は48.5%、10°以上15°未満は46.3%、15°以上は55.8%であり、関節弛緩性の高い者と低い者に疼痛既往が多い傾向を示したが有意差は認められなかった¹⁴⁾。Carrying angleでは疼痛既往者は各群それぞれ5°未満41.2%、5°以上10°未満53.8%、10°以上15°未満44.4%であり、有意差は認められなかった¹⁴⁾。

次いで外的要因として練習時間とポジションをあげ、肘痛との関係を調べた。練習時間別では、疼痛既往者は週7時間以下40.9%、7~14時間41.1%、14時間以上53.8%であり、練習時間の多い者に有意に疼痛既往者が多くみられた(図2)¹⁴⁾。守備別では、疼痛既往者は投手62%、捕手43.8%、内野手

表3 肘離断性骨軟骨炎の診断方法と病期 (文献2より引用)

	初期	進行期	終末期
検診群 (人) (n = 99)	94 (94.9%)	3	2
外来群 (人) (n = 206)	62 (30.1%)	54 (26.2%)	90 (43.7%)

調査期間：1981~1991年

49.7%、外野手47.1%、補欠35.4%で、二次検診によるX線学的異常者は投手38.4%、捕手32.2%、内野手12.9%、外野手8.3%、補欠3%であり、肘障害は投球機会の多い者に高頻度の発生を認めた(図3)¹⁾。

一方、原田らは超音波で小頭や内側上顆に異常を認めたものを野球肘として、年齢、身長、体重、握力、肩関節可動域、筋力、ポジション、経験年数、投球数、遠投数、練習時間および練習日数と野球肘との関連について調査した。その結果、野球肘発症の有意な危険因子は、年齢11歳以上、身長150cm以上、投球側の握力25~30kg、両側の肩外旋可動域130°未満、肩外旋筋力80N以上、肩内旋筋力100N以上、投手、および毎日練習と報告している¹⁵⁾。

③離断性骨軟骨炎の早期発見に対する検診の意義

柏口らは、305名の離断性骨軟骨炎患者の病期と診断方法を比較し、検診で障害が発見された99名のうち94名(94.9%)が初期であり、外来受診により診断された206名のうち初期は30.1%に過ぎず、

表4 肘関節骨軟骨障害のX線学的経過(文献3より引用)

2006年		2007年	
異常なし	15名	異常なし	3名
		内側上顆障害	12名
内側上顆障害	32名	修復	4名
		未修復 (1名に小頭障害が発生)	28名
小頭障害	1名	修復	1名

表5 青少年の野球障害に対する提言(文献16より引用)

1. 野球肘の発生頻度は投手と捕手に圧倒的に高く、したがってチームには投手と捕手を2名以上育成しておくことが望ましい
2. 練習日数と時間については小学生では週3日以内1日2時間を超えない, 中学生・高校生では週1日以上休養をとる
3. 全力投球数は小学生では1日50球以内, 試合を含めて週200球を超えない, 中学生では1日70球, 週350球を超えない
4. 練習前後には十分なウォームアップとクールダウンを行なうこと
5. 指導者との密な連携のもとでの専門医による定期検診が望ましい

早期発見に対する検診の有効性を報告している(表3)²⁾.

また, 松浦らは2006年~2007年の2年間の追跡調査で, 2006年に内側上顆障害を認めた32名のうち形態的修復が得られたのは12.5%(4名)に過ぎず, このうち1名が2007年の検診で小頭障害を指摘されており, 離断性骨軟骨炎を早期に発見するためには, 1年に1回は検診を受けるべきと述べている(表4)³⁾.

投球障害の予防

投球障害予防の指標として最も用いられているのは, 1995年に日本臨床スポーツ医学会学術委員会整形外科専門部会が作成した「青少年の野球障害に対する提言」であり, 表5に示す¹⁶⁾. この提言では主に投球量を標的にしているが, 他に投球フォーム等についての報告もあり, 個々の要因についてまとめてみた.

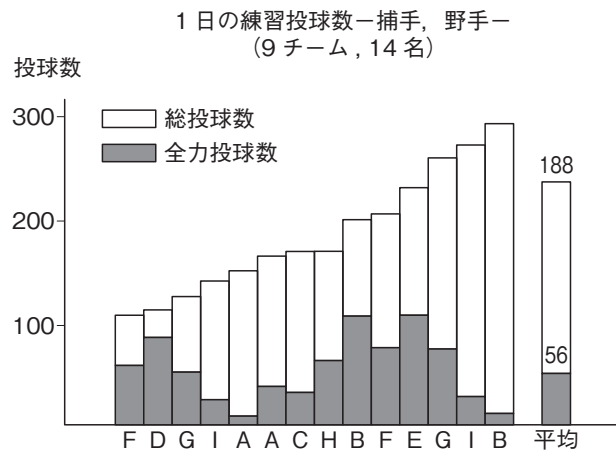
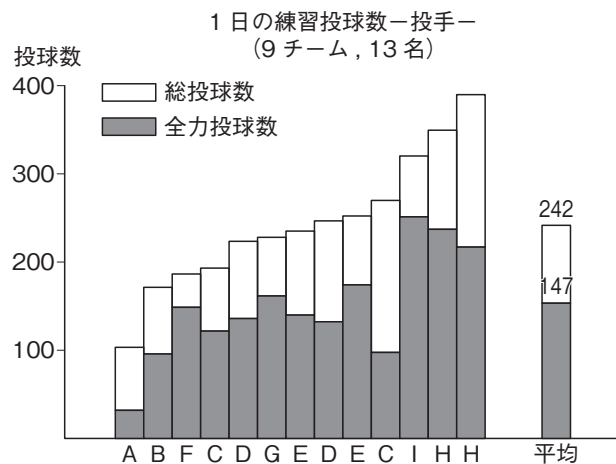


図4 守備位置別1日の投球数(文献17より引用)

1. 投球数

投球数について上述の提言では, 小学生では1日50球以内, 試合を含めて週200球を超えないこととしている. これは徳島県での検診結果に基づいたもので, 9チーム(投手12名, 捕手, 野手14名)の選手の1日の投球数をポジション別にカウントし, 障



図5 真下投げ

(渡曾公治ほか：投げ方の指導による成長期の野球肩・野球肘の治療. 臨床スポーツ医学, 12 : 981-989, 1995より転載)

害との関係を調査している。投手の投球数は101～387球，平均242球で，うち全力投球数は30～245球，平均147球であった。一方，捕手，野手の投球数は116～294球，平均188球で，うち全力投球数は11～108球，平均56球であった(図4)。投手は他の選手に比べ全力投球数が約3倍であり，X線学的異常者も投手38.4%に対し，内野手12.9%，外野手8.3%と約3倍であることから，野手の投球数50球を目安としている¹⁷⁾。

2. 投球フォーム

渡曾らによると，上手な上肢の使い方，解剖学的に無理のない投球のフォームとは踏み出した足の上への体重移動，股関節の上での骨盤の回旋，体幹の捻転，それにタイミングを合わせた上肢の動きがポイントとなる。投げる基本として体重移動して骨盤の力を発揮し，脊椎を上手に使って，上肢に力を伝えるということが重要であり，この原則を理解させるための具体的な方法として，背中を傾け，左足を踏み出しその足元にボールを真下に投げ真上に弾ませる“真下投げ”を紹介している(図5)¹⁸⁾。また一

方で，高原らは小学生がよいフォームで力強く投げると野球肘になりやすいと述べ，小学生にはコントロール重視の指導を行ない，遠投や全力投球を行なわず，ワンバウンド投球を勧めるとしている¹⁹⁾。

3. 全身の機能，コンディショニング

投球動作が全身の運動連鎖を必要とすることを考えれば，有症状関節のチェックだけでなく全身の機能・解剖学的な異常の有無を検討することが投球障害を予防・再発防止のうえで肝要である。岩堀らは投球側の肩関節後方構成体の伸張性低下は，ポジションや学年に関係なく小学生からすでに発生している問題点であり，日頃から適切なストレッチを行ない改善しておくことが予防上重要であると述べている²⁰⁾。さらに小学生野球チームに対して継続的にメディカルチェックとそのフィードバックを行なった結果，投球側肩関節後方構成体の伸張性低下を軽減できたと報告している²⁰⁾。大概らも，定期的なスポーツ現場へトレーナーを派遣しウォーミングアップ，クーリングダウン，基礎体力トレーニングの指導を行なったチームは，肘の障害発生率が対策を

講じなかったチームより少なく、投球障害の予防に有効であったと報告している²¹⁾。肩関節以外では、能勢が「股関節の柔軟性」と「股関節と体幹の運動性」の機能を高めること²²⁾、手と前腕の力を総合したグリップ力と柔軟性の向上²³⁾がポイントであると指摘している。

4. 装具, テーピング, ボール

装具については、体幹の回旋を十分に行なわせる渡曾のSP装具²⁴⁾、関節運動を制限することなく外反ストレスから肘関節を保護し、装着したまま投球動作などの運動が可能である山口らの肘関節外反防止ブレースの報告がある²⁵⁾。

テーピングについて大内らは、伸縮性テープによる肘関節に加わる外反力の抑制効果を検討し、2kgリストバンド装着下では伸縮性テープによる外反力の抑制効果が示されたが、50球投球後に外反力抑制効果が減少すると報告している²⁶⁾。

ボールについては、少年の筋力、手の大きさにあった、小さくて軽いものが適当であるとの報告が散見される^{18, 27)}。

不明点, 問題点

検診、投球障害予防について文献調査を行なったが、不明な点、問題点も多い。まず検診を実施している地域が限られていることから、わが国における少年野球肘の正確な実態はいまだ明らかではなく、投球障害を引き起こす要因を探るデータも限られている。少なくとも複数の地域で同一の検診システムのもとで実態を調査し、投球障害の要因を提示することが今後の課題といえる。検診が小頭離断性骨軟骨炎の早期発見に有効であることが明らかなことから検診制度の確立と普及が望まれるが、人的・時間的・経済的な制約により確立していないのが現状である。こうした現状を打破するためには、指導者、保護者を含めた競技団体、所轄行政、医療の3者の連携強化が必須である。

文 献

- 1) 岩瀬毅信：スポーツ障害の予防・診断・治療—少年野球肘について—。小児外科，28：703-710，1996。
- 2) 柏口新二ほか：スポーツによる骨軟骨障害の予防。THE BONE，19：55-60，2005。
- 3) 松浦哲也ほか：少年野球肘検診—障害の早期発見・早期治療と予防をめざして—。関節外科，27：1089-1095，2008。
- 4) 高原政利ほか：肘離断性骨軟骨炎の診断と病態。別冊整形外，26：235-242，1994。
- 5) Takahara M et al：Early detection of osteochondritis dissecans of the capitellum in young baseball players. Report of three cases. J Bone Joint Surg Am，80：892-897，1998。
- 6) 原田幹生ほか：少年野球選手に対する超音波を用いた肘検診。臨整外，42：555-560，2007。
- 7) Harada M et al：Using sonography for the early detection of elbow injuries among young baseball players. AJR，187：1436-41，2006。
- 8) 渡辺千聡ほか：青少年の野球肘障害—超音波検査を用いたフィールドワークの経験から—。MB Orthop，21：31-36，2008。
- 9) 森川嗣夫ほか：千葉県1少年野球チームの肘関節障害について：第1報。整スボ会誌，6：207-210，1987。
- 10) 布谷 猛：少年野球リーグの野球肘検診を通じて。日臨整会誌，27：25-29，2002。
- 11) 阿部隆伸ほか：少年野球チームにおける障害のアンケート調査。臨床スポーツ医学，8：311-316，1991。
- 12) 相澤 徹ほか：兵庫県尼崎市における少年野球メディカルチェックの実態。関西臨床スポーツ医・科学研究会誌，15：69-70，2005。
- 13) 松岡紗也香ほか：兵庫県西宮市における少年野球メディカルチェック事業の実態と現場検診への移行。スポーツ傷害，11：36-38，2006。
- 14) 岩瀬毅信ほか：スポーツ少年団の整形外科的メディカルチェック—少年野球の野外検診より—。臨床スポーツ医学，13：1081-1085，2006。
- 15) 原田幹生ほか：少年野球選手の野球肘の発症に関する危険因子の検討。日肘会誌，14：172-175，2007。
- 16) 日本臨床スポーツ医学会整形外科学術部会編：

- 野球障害予防ガイドライン. 文光堂, 東京: 1998.
- 17) 岩瀬毅信ほか: 少年野球肘の実態と内側骨軟骨障害. 土屋弘吉ほか編, 整形外科 Mook. 金原出版, 東京: 61-82, 1983.
 - 18) 渡曾公治ほか: 投げ方の指導による成長期の野球肩・野球肘の治療. 臨床スポーツ医学, 12: 981-989, 1995.
 - 19) 高原政利ほか: 野球肘の保存療法と予防. MB Orthop, 21: 37-43, 2008.
 - 20) 岩堀裕介: 投球肩・肘障害に対するメディカルチェックとフィードバック効果. 骨・関節・靭帯, 19: 229-240, 2006.
 - 21) 大槻伸吾ほか: 投球障害予防のためのシステム. 中部整災誌, 38: 1713-1714, 1995.
 - 22) 能勢康史: 投球障害の競技復帰と再発防止. Sportsmedicine, 97: 21-25, 2008.
 - 23) 能勢康史: 野球肘のみかたと対応. Sportsmedicine, 94: 20-24, 2007.
 - 24) 渡曾公治: SP 装具は投球障害を予防できるか. 肩関節, 27: 571-573, 2003.
 - 25) 山口拓嗣ほか: 肘関節外反防止ブレースを用いた野球肘の治療. 骨・関節・靭帯, 18: 961-968, 2005.
 - 26) 大内 洋ほか: 肘スポーツ障害における伸縮性テープの外反抑制効果. 日肘会誌, 14: 222-224, 2007.
 - 27) 畑 正樹: 野球肘の原因, 予防に関するバイオメカニクス的研究. 中部整災誌, 31: 335-343, 1988.

14歳以下のジュニアテニス選手の身体特性

Physical Characteristic in Junior Tennis Players Under 14 Years-old

原田 幹生¹⁾ Mikio Harada 高原 政利²⁾ Masatoshi Takahara
丸山 真博³⁾ Masahiro Maruyama 萩野 利彦³⁾ Toshihiko Ogino

● Key words

テニス, スポーツ選手, 理学的検査
Tennis : Athlete : Physical examination

● 要旨

目的：ジュニアテニス選手の身体特性と疼痛との関係について調べることである。

方法：14歳以下のジュニアテニス選手延べ92名(男女ともに46名)にアンケートを行ない、現在有する疼痛を調べ、身体特性との関係を調査した。

結果：男性では、肘痛11名を認めた。肘痛のある選手では、利き手側が非利き手側と比べ、肩ROM内旋が10°以上減少し、肩(内旋)・肘(屈曲)・手関節(屈曲)の筋力が減少していた。女性では、腰痛5名、膝痛5名、肩痛3名を認めた。腰痛のある選手では、体幹やハムストリングの柔軟性が低下し、膝痛のある選手では、大腿四頭筋の柔軟性が低下していた。肩痛のある選手では、利き手側の肩外旋/内旋の筋力比が増加していた。

結論：14歳以下のジュニアテニス選手では、男性の肘痛のある選手と女性の膝痛・肩痛のある選手の身体特性が特徴的であった。

はじめに

プロ・アマチュアテニス選手の身体特性と疼痛との関係についてみると、体幹の柔軟性と腰痛との関連性¹⁾、肩可動域(ROM)と肩痛との関連性¹⁾、および肩筋力と肩痛との関連性²⁾が報告されている。一方、ジュニアテニス選手では、体幹・下肢の柔軟性、肩ROM、上肢筋力、および関節弛緩性などの

身体特性と疼痛との関係は調べられていない。本研究の目的は、ジュニアテニス選手の身体特性を調査し、疼痛との関係について調べることである。

対象と方法

2006年から2009年の過去4年間に東北選抜合宿の検診に参加したジュニアテニス選手延べ92名を対象とした。検診は毎年1月初旬のシーズンオフに

原田幹生
〒998-8585 酒田市千石町2-3-20
日本海総合病院酒田医療センター整形外科
TEL 0234-23-1111/FAX 0234-26-1946
E-mail harada@nihonkai-hos.jp

1) 日本海総合病院酒田医療センター整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Sakata Medical Center
2) 泉整形外科病院
Department of Orthopaedic Surgery, Izumi Orthopaedic Hospital
3) 山形大学整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Yamagata University School of Medicine

行なった。男女ともに46名であり、年齢は平均13歳(10~14)であった。身長は平均156cm(136~179)、体重は平均44kg(25~78)であった。テニス経験年数は平均5年(2~10)であった。1週間あたりの練習時間は平均18時間(10~28)であった。利き手が右側は83名、左側が9名であった。バックハンドストロークは、男性では片手が11名、両手が35名であり、女性では全例が両手であった。

アンケートにて、現在有する疼痛として、腰痛、膝痛、肩痛、および肘痛を調査した。理学的検査を行ない、体幹・下肢の柔軟性、肩ROM、上肢筋力、および関節弛緩性などの身体特性を調べた。体幹・下肢の柔軟性では、立位前屈距離、下肢伸展挙上テスト(SLR)、および踵殿距離を調べた。立位前屈距離の測定では、被検者を椅子の上に立たせ、指先と椅子との距離を測定した。指先が椅子よりも下に行き、指先が床により近くなった場合を+で示した。SLRの測定では、仰臥位で他動的に行ない、肩90°外転位で、ゴニオメーターを用いて股関節の屈曲角度を測定した。踵殿距離の測定は、腹臥位、股関節中間位で他動的に膝関節を屈曲し、殿部と踵部との最短距離を測定した。肩ROMは、仰臥位で他動的に行ない、ゴニオメーターを用いて測定した。上肢筋力の測定は、肩、肘、手関節、および手指に対して行なった。肩、肘、および手関節の筋力測定では、マイクロフェット(Hoggan Health Industries Inc, Utah, USA)を用いて行なった。マイクロフェット測定は、座位で行ない、それぞれ3回繰り返し、その測定値の平均を分析に用いた。肩においては下垂位で測定した。手指においては、立位で、Smedley式握力計(TKK 5401 Grip-D; Smedley, Tokyo, Japan)を用いて握力を測定した。関節弛緩性では、手関節、肘、肩、脊柱、股関節、膝、および足関節の7部位の得点評価による中嶋の方法を用いた³⁾。各項目は1点満点、左右のあるものは各0.5点とし、合計を7点満点とした。

検討項目として、1.疼痛と身体特性、2.身体特性の性差、3.男女別にみた身体特性の左右差、4.男女別にみた身体特性と年齢、身長、体重との関係、5.男女別にみた身体特性と経験年数、練習時間、バックハンドとの関係、6.体幹・下肢の柔軟性と腰痛・膝痛との関係、7.肩ROM・上肢筋力と肩痛との関

係、8.肩ROM・上肢筋力と肘痛との関係、9.関節弛緩性と腰痛、膝痛、肩痛、および肘痛との関係について調べた。統計学的分析では、student-t検定、 χ^2 検定、およびPearsonの相関分析を用いた。student-t検定と χ^2 検定では、危険率5%未満を有意差ありとし、Pearsonの相関分析では、 $\pm 0.4 \sim \pm 1.0$ を関連性ありとした。

結 果

1. 疼痛と身体特性

男女92名中、腰痛を7名、膝痛を7名、肩痛を9名、および肘痛を17名に認めた。体幹・下肢の柔軟性では、立位前屈距離が平均 5.6 ± 8.1 cm(-15.0~21.5)であった。SLRは、右側で平均 $78 \pm 11^\circ$ (50~100)、左側で平均 $80 \pm 11^\circ$ (55~105)であった。踵殿距離は、右側で平均 7.0 ± 6.0 cm(0~24)、左側で平均 6.9 ± 6.0 cm(0~21)であった。肩ROMは、利き手側(非利き手側)の外旋で $103 \pm 10^\circ$ ($100 \pm 11^\circ$)、内旋で $66 \pm 14^\circ$ ($76 \pm 11^\circ$)であった。上肢筋力をみると、肩の利き手側(非利き手側)の外転は 68 ± 20 N(62 ± 17 N)、外旋は 77 ± 24 N(71 ± 22 N)、内旋は 104 ± 34 N(93 ± 25 N)、および外旋/内旋比は $78 \pm 16\%$ ($77 \pm 13\%$)であった。肘の伸展力は 103 ± 27 N(102 ± 27 N)であり、屈曲力は 139 ± 46 N(126 ± 43 N)であった。手関節の伸展力は 58 ± 24 N(58 ± 24 N)であり、屈曲力は 78 ± 24 N(73 ± 22 N)であった。握力は 25 ± 7 kg(22 ± 7 kg)であった。関節弛緩性は平均 1.3 ± 1.0 点(0~7)であった。

2. 身体特性の性差(表1)

立位前屈距離は、男性で 3.1 ± 8.2 cm、女性で 8.0 ± 7.1 cmであり、男性に比べ、女性で有意に大きかった($p < 0.05$)。SLRにおいても両側で同様の傾向があり、SLRは、男性に比べ、女性で有意に大きかった(ともに $p < 0.05$)。利き手側の肩ROM内旋は、男性で $62 \pm 14^\circ$ 、女性で $70 \pm 12^\circ$ であり、男性に比べ、女性で有意に大きかった($p < 0.05$)。上肢筋力は、肩、肘、手関節、および手指、いずれにおいても、女性に比べ、男性で有意に大きかった($p < 0.05$)。関節弛緩性に男女差はなかった。

表1 身体特性の性差

		単位	男性 n = 46	女性 n = 46	p 値	
柔軟性	体幹	立位前屈距離	cm	3.1	8.0	<0.05
	下肢	SLR# (D*)	度	73	83	<0.05
		SLR (ND)**	度	75	84	<0.05
		踵殿距離 (D)	cm	7.2	6.8	NS
		踵殿距離 (ND)	cm	7.3	6.5	NS
ROM##	肩	外旋 (D)	度	101	104	NS
		外旋 (ND)	度	99	100	NS
		内旋 (D)	度	62	70	<0.05
		内旋 (ND)	度	74	77	NS
	肩	外転 (D)	N	75	60	<0.05
		外転 (ND)	N	67	56	<0.05
		外旋 (D)	N	86	68	<0.05
		外旋 (ND)	N	79	62	<0.05
		内旋 (D)	N	117	90	<0.05
		内旋 (ND)	N	103	82	<0.05
上肢筋力	肘	伸展 (D)	N	109	97	<0.05
		伸展 (ND)	N	109	95	<0.05
		屈曲 (D)	N	159	119	<0.05
		屈曲 (ND)	N	145	107	<0.05
	手関節	伸展 (D)	N	64	51	<0.05
		伸展 (ND)	N	65	49	<0.05
		屈曲 (D)	N	87	68	<0.05
		屈曲 (ND)	N	78	67	<0.05
手指	握力 (D)	kg	27	22	<0.05	
	握力 (ND)	kg	23	20	<0.05	
関節弛緩性	全体	点	1.38	1.33	NS	

D* : Dominant side (利き手側).

ND** : Non-dominant side (非利き手側).

SLR# : Straight leg raising (下肢伸展挙上テスト).

ROM## : Range of motion (可動域).

3. 男女別にみた身体特性の左右差 (表2)

男性：肩 ROM の内旋は、利き手側で $63 \pm 14^\circ$ 、非利き手側で $74 \pm 11^\circ$ であり、非利き手側に比べ、利き手側の内旋は有意に減少していた ($p < 0.05$)。上肢筋力では、肩の利き手側 (非利き手側) の外転は $75 \pm 21\text{N}$ ($67 \pm 16\text{N}$)、内旋は $117 \pm 35\text{N}$ ($103 \pm 25\text{N}$) であり、握力は $28 \pm 7\text{kg}$ ($24 \pm 7\text{kg}$) であった。非利き手側に比べ、利き手側の肩外転・内旋の筋力や握力は有意に増大していた (いずれも $p < 0.05$)。

女性：肩 ROM の内旋は、利き手側で $69 \pm 12^\circ$ 、非利き手側で $77 \pm 12^\circ$ であり、非利き手側に比べ、利き手側の内旋は有意に減少していた ($p < 0.05$)。上肢筋力では、肩の利き手側 (非利き手側) の外旋は $68 \pm 15\text{N}$ ($62 \pm 12\text{N}$) であり、非利き手側に比べ、利き手側の肩外旋筋力は有意に増大していた ($p < 0.05$)。

4. 男女別にみた身体特性と年齢、身長、体重との関係

男性：上肢筋力では、手関節 (伸展：利き手側) と手指 (利き手側) と年齢が正の相関を認めた。上肢筋力の肩 (外転：両側、外旋：利き手側、内旋：非利き手側)、肘 (伸展：両側、屈曲：両側)、手関節 (屈曲：両側)、および手指 (両側) は、身長と正の相関を認めた。さらに、上肢筋力の肩 (外転：両側、外旋：利き手側、内旋：両側)、肘 (伸展：両側、屈曲：両側)、手関節 (屈曲：両側)、および手指 (両側) は体重と正の相関を認めた。体幹・下肢の柔軟性は、年齢、身長、および体重と関連性はなかった。肩 ROM や関節弛緩性も、いずれの項目とも関連性はなかった。

女性：体幹・下肢の柔軟性は、SLR (両側) において、身長と負の相関を認めた。

上肢筋力の手指 (両側) では、年齢と正の相関を認めた。上肢筋力の肩 (外転：利き手側)、肘 (伸展：両側)、手指 (両側) は、身長と正の相関を認めた。さらに、上肢筋力の肩 (外転：利き手側、外旋：非利き手側)、肘 (伸展：両側)、手指 (両側) は、体重と正の相関を認めた。肩 ROM や関節弛緩性は、いずれの項目とも関連性はなかった。

5. 男女別にみた身体特性と経験年数、練習時間、バックハンドとの関係

男性：肩 ROM は、外旋 (非利き手側) において、テニス経験年数と負の相関を認めた。体幹・下肢の柔軟性、上肢筋力、および関節弛緩性は、いずれの項目とも関連性はなかった。また、バックハンドの種類と、体幹・下肢の柔軟性、肩 ROM、上肢筋力、および関節弛緩性などの身体特性と関連性はなかった。

女性：体幹・下肢の柔軟性は、踵殿距離 (両側)

表2 男女別にみた身体特性の左右差

		単位	男性 (n = 46)			女性 (n = 46)			
			利き手側	非利き手側	p値	利き手側	非利き手側	p値	
柔軟性	体幹	立位前屈距離	cm	—	—	—	—	—	
	下肢	SLR#	度	73	75	NS	83	84	NS
		踵殿距離	cm	7.2	7.3	NS	6.8	6.5	NS
ROM##	肩	外旋	度	101	99	NS	104	100	NS
		内旋	度	63	74	< 0.05	69	77	< 0.05
	肩	外転	N	75	67	< 0.05	60	56	NS
		外旋	N	86	79	NS	68	62	< 0.05
内旋		N	117	103	< 0.05	90	82	0.08	
上肢筋力	肘	外旋/内旋	%	76	78	NS	79	77	NS
		伸展	N	109	109	NS	97	95	NS
	手関節	屈曲	N	159	145	NS	119	107	0.06
		伸展	N	64	65	NS	51	49	NS
	手指	屈曲	N	87	78	0.053	68	67	NS
		握力	kg	28	24	< 0.05	22	20	NS
関節弛緩性	全身	全体	点数	—	—	—	—	—	

SLR# : Straight leg raising (下肢伸展挙上テスト).

ROM## : Range of motion (可動域).

において、テニス経験年数と正の相関を認めた。上肢筋力は、肩(外転:利き手側)において、練習時間と正の相関を認めた。手指(利き手側)においては、握力がテニス経験年数と正の相関を認めた。肩ROMや関節弛緩性は、いずれの項目とも関連性はなかった。

6. 体幹・下肢の柔軟性と腰痛・膝痛の関係(表3)

男性:46名中、腰痛を2名、膝痛を2名に認めた。腰痛・膝痛は、体幹・下肢の柔軟性と関連性がなかった。

女性:46名中、腰痛を5名に認めた。腰痛では、立位前屈距離が、腰痛のある選手で -0.8 ± 4.5 cm、腰痛のない選手で 9.1 ± 6.6 cmであり、腰痛のある選手で有意に減少していた($p < 0.05$)。SLR(利き手側)は、腰痛のある選手で $73 \pm 4.4^\circ$ 、腰痛のない選手で $84 \pm 8.9^\circ$ であり、腰痛のある選手で有意に減少していた($p < 0.05$)。また、46名中、膝痛を5名に認めた。膝痛では、立位前屈距離が、膝痛のある選手で 13.9 ± 6.9 cm、膝痛のない選手で 7.3 ± 6.9 cmであり、膝痛のある選手で有意に増加してい

た($p < 0.05$)。踵殿距離(非利き手側)は、膝痛のある選手で 11.5 ± 2.4 cm、膝痛のない選手で 5.9 ± 5.7 cmであり、膝痛のある選手で有意に増加していた($p < 0.05$)。

7. 肩ROM・上肢筋力と肩痛との関係(表4)

男性:46名中、肩痛を6名に認めた。肩痛は、肩ROM・上肢筋力と関連性がなかった。

女性:46名中、肩痛を3名に認めた。上肢筋力の肩外旋/内旋比は、肩痛のある選手で $98 \pm 22\%$ 、肩痛のない選手で $77 \pm 15\%$ であり、肩痛のある選手で有意に増加していた($p < 0.05$)。

8. 肩ROM・上肢筋力と肘痛との関係(表5)

男性:46名中、肘痛を11名に認めた。非利き手側と比較して、利き手側の肩ROM内旋が 10° 以上減少している選手29名のうち、肘痛ありは10名(34%)であり、 10° 未満減少している選手17名のうち、肘痛ありは1名(6%)であった。肘痛は、肩ROM内旋が 10° 以上減少している選手で多くみられた($p < 0.05$)。また、上肢筋力の肩内旋は、肘痛のある

表3 柔軟性(体幹・下肢)と腰痛・膝痛との関係(女性)

柔軟性	単位	人数	腰痛		p値	膝痛		p値
			あり	なし		あり	なし	
			n = 5	n = 41		n = 5	n = 41	
立位前屈距離	cm	46	-0.8	9.1	<0.05	13.9	7.3	<0.05
SLR#(D*)	度	46	73	84	<0.05	84	83	NS
SLR(ND**)	度	46	77	85	0.06	89	83	NS
踵殿距離(D)	cm	46	10.2	6.4	NS	9.7	6.5	NS
踵殿距離(ND)	cm	46	10.5	6.0	NS	11.5	5.9	<0.05

D* : Dominant side (利き手側).
 ND** : Non-dominant side (非利き手側).
 SLR# : Straight leg raising (下肢伸展挙上テスト).

表4 肩筋力と肩痛との関係(女性)

肩筋力	単位	人数	肩痛		p値
			あり	なし	
			n = 3	n = 43	
外転(D*)	N	46	63	60	NS
外転(ND**)	N	46	59	56	NS
外旋(D)	N	46	75	68	NS
外旋(ND)	N	46	69	62	NS
内旋(D)	N	46	79	91	NS
内旋(ND)	N	46	83	81	NS
外旋/内旋比(D)	%	46	98	77	<0.05
外旋/内旋比(ND)	%	46	83	77	NS

D* : Dominant side (利き手側).
 ND** : Non-dominant side (非利き手側).

選手で90 ± 25N, 肘痛のない選手で125 ± 34Nであり, 肘痛のある選手で有意に減少していた. 筋力低下の傾向は, 肘(屈曲:両側)と手関節(屈曲:利き手側)でもみられ, 肘痛は肩内旋, 肘屈曲, 手関節屈曲の筋力が減少した選手で多くみられた(いずれも p < 0.05).

女性:46名中, 肘痛を6名に認めた. 肘痛は, 肩ROM・上肢筋力と関連性がなかった.

9. 関節弛緩性と腰痛, 膝痛, 肩痛, および肘痛との関係

男女ともに, 腰痛, 膝痛, 肩痛, および肘痛は, 関節弛緩性と関連性はなかった.

表5 肩ROM・上肢筋力と肘痛との関係(男性)

ROM#	肩	単位	人数	肘痛		p値	
				あり	なし		
				n = 11	n = 35		
ROM#	肩	内旋差	10度以上	29	10	19	<0.05
		(D*-ND**)	10度未満	17	1	16	
ROM#	肩	外転(D)	N	46	65	78	0.07
		外転(ND)	N	46	61	69	NS
		外旋(D)	N	46	84	86	NS
	外旋(ND)	N	46	84	78	NS	
	内旋(D)	N	46	90	125	<0.05	
	内旋(ND)	N	46	90	107	0.06	
上肢筋力	肘	伸展(D)	N	46	96	112	0.09
		伸展(ND)	N	46	96	113	0.09
	肘	屈曲(D)	N	46	120	171	<0.05
		屈曲(ND)	N	46	112	155	<0.05
	手関節	伸展(D)	N	46	51	68	0.06
		伸展(ND)	N	46	53	69	0.07
手関節	屈曲(D)	N	46	71	93	<0.05	
	屈曲(ND)	N	46	68	82	0.051	
手指	握力(D)	kg	46	24	28	0.06	
	握力(ND)	kg	46	22	24	NS	

D* : Dominant side (利き手側).
 ND** : Non-dominant side (非利き手側).
 ROM# : Range of motion (可動域).

考 察

本研究の14歳以下のジュニアテニス選手では、男性で、肘痛のある選手では、利き手側が非利き手側と比べ、肩 ROM内旋が 10° 以上減少し、肩(内旋)・肘(屈曲)・手関節(屈曲)の筋力が減少していた。女性では、腰痛のある選手で、体幹やハムストリングの柔軟性が低下し、膝痛のある選手で、大腿四頭筋の柔軟性が低下していた。肩痛のある選手では、利き手側の肩外旋/内旋の筋力比が増加していた。プロ・アマチュアテニス選手の過去の報告とほぼ同じ結果であったものは、体幹の柔軟性と腰痛との関連性¹⁾であった。これらのことから考えると、14歳以下のジュニアテニス選手では、男性の肘痛のある選手と女性の膝痛・肩痛のある選手の身体特性が特徴的であった。

肩 ROM・上肢筋力と肘痛との関係についてみると、本研究の男性のジュニアテニス選手では、肘痛のある選手で、利き手側の肩 ROM内旋が、非利き手側と比べ、 10° 以上減少し、利き手側の上肢筋力で肩(内旋)、肘(屈曲)、および手関節(屈曲)の筋力が減少していた。これらのことから、男性のジュニアテニス選手では、肩 ROM内旋の柔軟性の低下や、肩、肘、手関節の筋力低下が肘痛に繋がる可能性が示唆された。

体幹・下肢の柔軟性と膝痛との関係についてみると、本研究の女性のジュニアテニス選手では、膝痛のある選手で、踵殿距離が増加していた。このことは、女性のジュニアテニス選手では、大腿四頭筋の柔軟性の低下が膝痛に繋がる可能性があることを示唆している。また、本研究の女性のジュニアテニス選手では、膝痛のある選手で立位前屈距離が増加していたが、その理由は不明であるので、さらなる調査が必要である。

肩筋力と肩痛との関係について過去の報告をみると、平均45歳の51名の女子アマチュアテニス選手の肩外旋筋力は、肩痛のある選手に比べ、肩痛のない選手で有意に大きかったと報告されている²⁾。また、薦められる肩外旋/内旋筋力比は66～75%と報告され、外旋筋力は少なくとも内旋筋力の2/3があることがよいと報告されている^{11,12)}。さらに、男

性において、肩外旋/内旋筋力比の増加は、サーブスピードの向上につながると報告されている¹³⁾。これらの報告から、外旋筋力が内旋筋力の2/3の以下である選手に対しては、外旋筋力の筋力トレーニングが薦められている。本研究では、女性のジュニアテニス選手において、肩痛のある選手の肩外旋/内旋比は98%であった。これら症例は外旋筋力が保たれているにも関わらず、肩痛を認めた。このことから、女性のジュニアテニス選手では、肩外旋筋力の低下を伴わない肩痛がある可能性がある。

体幹・下肢の柔軟性と腰痛との関係について過去の報告をみると、テニス選手の腰痛について、平均25歳の100名の男性プロテニス選手では、腰椎伸展制限が腰痛と関連性がある一方で、腰椎前屈制限は腰痛と関連性がなかったと報告されている¹⁾。本研究の女性のジュニアテニス選手では、腰痛のある選手で、立位前屈距離とSLRが減少していた。このことは、女性のジュニアテニス選手では、体幹やハムストリングの柔軟性の低下が腰痛につながる可能性があることを示唆している。

肩 ROMと肩痛との関係について、本研究のジュニアテニス選手では、男女ともに肩 ROM内旋と肩痛に関連性がなかった。過去の報告では、平均25歳の100名の男性プロテニス選手では、利き手側の肩 ROM内旋は、非利き手側に比べ、減少し、同所見は肩痛ありの選手に多かったと報告されている¹⁾。これらのことから、ジュニアテニス選手にみられた肩 ROM内旋の減少が、今後肩痛の原因になる可能性があるので、注意深く観察する必要がある。

身体特性と性差についてみると、本研究のジュニアテニス選手では、男性は、女性に比べ、上肢筋力が強く、女性は、男性に比べ、立位前屈距離とSLRが増加しており柔軟性が高かった。

男女別にみた身体特性の左右差についてみると、本研究のジュニアテニス選手では、男女ともに、非利き手側に比べ、利き手側の肩 ROM内旋は減少していた。過去の報告でも、ジュニアテニス選手では、男女ともに、肩 ROM内旋の減少が認められている^{4,5)}。また、本研究のジュニアテニス選手では、非利き手側に比べ、利き手側の上肢筋力は増加し、その部位は、男性で、肩外転・内旋、握力であり、女性では、肩外旋であった。過去の報告でも、利き

手側の上肢筋力が、非利き手側に比べて増加していたが、その部位は、男性で、肩内旋^{6,7)}、肘伸展⁸⁾、手関節伸展・屈曲⁹⁾、および握力¹⁰⁾であり、女性では、肩内旋^{6,7)}と握力¹⁰⁾であった。これら過去の報告の対象のほとんどは15歳以上であるのに対し、本研究の対象は全例14歳以下であった。この対象の年齢の違いが、利き手側の上肢筋力の増加の部位に影響を与えた可能性がある。

身体特性と年齢、身長、体重との関係、身体特性と経験年数、練習時間、バックハンドとの関係をみると、本研究では、男性のジュニアテニス選手において、経験年数が増えると、肩ROM外旋(非利き手側)が減少していた。テニスを行なうことにより、なぜ非利き手側の肩ROM外旋が減少するのかは不明であるので、さらなる調査が必要である。本研究では、女性のジュニアテニス選手において、成長とともに、SLRが減少していた。このことは、女性のジュニアテニス選手では、年齢とともにハムストリングの柔軟性が低下することを示唆している。また、本研究では、女性のジュニアテニス選手において、経験年数や練習時間が増えると、踵殿距離が増加し、上肢筋力で肩(外転)筋力や握力が増加していた。これらのことは、女性のジュニアテニス選手では、テニスを行なうことにより大腿四頭筋の柔軟性が低下し、肩外転や手指の上肢筋力が増加する可能性を示唆しているが、この年代は成長期であるので、その影響もあるかもしれない。

テニス選手と関節弛緩性との関係について多数例を分析した報告はない。本研究では、男女ともに、腰痛、膝痛、肩痛、および肘痛は、関節弛緩性と関連性はなかった。また、本研究の限界として、疼痛の原因を検索していないことがあげられる。さらには、本研究は横断的研究であるので、疼痛の結果、身体特性が変化したのか、身体特性の変化のため疼痛が生じたのか不明である。今後は縦断的調査が必要である。

結 語

- 14歳以下のジュニアテニス選手延べ92名(男46名、女46名)の身体特性を調査し、疼痛との関係について調べた。
- 男性の肘痛のある選手では、利き手側が非利き手側と比べ、肩ROM内旋が10°以上減少し、肩(内旋)・肘(屈曲)・手関節(屈曲)の筋力が減少していた。
- 女性の腰痛のある選手では、体幹やハムストリングの柔軟性が低下し、膝痛のある選手では、大腿四頭筋の柔軟性が低下していた。肩痛のある選手では、利き手側の肩外旋/内旋の筋力比が増加していた。
- 14歳以下のジュニアテニス選手では、男性の肘痛のある選手と女性の膝痛・肩痛のある選手の身体特性が特徴的であった。

文 献

- Vad VB et al : Hip and shoulder internal rotation range of motion deficits in professional tennis players. *J Sci Med Sport*, 6 : 71-75, 2003.
- Stanley A et al : Shoulder strength and range of motion in female amateur-league tennis players. *J Orthop Sports Phys Ther*, 34 : 402-409, 2004.
- 中嶋寛之ほか：女子体操選手における前十字靭帯損傷。整形・災害外科, 27 : 609-613, 1984.
- 奥平修三ほか：テニス関西ジュニアトップ選手(14歳以下)の身体特性。日本臨床スポーツ医学会誌, 17 : S111, 2009.
- Kibler WB et al : Shoulder range of motion in elite tennis players. Effect of age and years of tournament play. *Am J Sports Med*, 24 : 279-285, 1996.
- Ellenbecker TS et al : Testing isokinetic muscular fatigue of shoulder internal and external rotation in elite junior tennis players. *J Orthop Sports Phys Ther*, 29 : 275-281, 1999.
- Ellenbecker TS et al : Age specific isokinetic glenohumeral internal and external rotation strength in elite junior tennis players. *J Sci Med Sport*, 6 : 63-70, 2003.
- Ellenbecker TS et al : Isokinetic profile of elbow flexion and extension strength in elite ju-

- nior tennis players. *J Orthop Sports Phys Ther*, 33 : 79-84, 2003.
- 9) Ellenbecker TS : A total arm strength isokinetic profile of highly skilled tennis players. *Isokinet Exerc Sci*, 1 : 9-21, 1991.
 - 10) Chinn CJ et al : Upper extremity ROM, grip power, and girth in highly skilled tennis players. *Phys Ther*, 54 : 474-483, 1974.
 - 11) Ellenbecker TS : Rehabilitation of shoulder and elbow injuries in tennis players. *Clin Sports Med*, 14 : 87-110, 1995.
 - 12) Ellenbecker TS et al : The application of isokinetics in testing and rehabilitation of the shoulder complex. *J Athl Train*, 35 : 338-350, 2000.
 - 13) Kibler WB et al : The effect of age and tournament play on shoulder range of motion in elite tennis players. *Am J Sports Med*, 24 : 525-532, 1996.

投球パフォーマンスの主観的評価の試み — 中学・高校生の野球選手における肘障害に関する検討 —

The Development of the Subjective Assessment Tool of Throwing Performances :
Comparison Between with and Without Elbow Injuries in the Adolescent Baseball Players

丸山 真博¹⁾ Masahiro Maruyama 高原 政利²⁾ Masatoshi Takahara
原田 幹生¹⁾ Mikio Harada 佐々木 淳也¹⁾ Junya Sasaki
村 成幸¹⁾ Nariyuki Mura 荻野 利彦¹⁾ Toshihiko Ogino

● Key words

主観的評価, 肘, 野球

Subjective assessment : Elbow : Baseball

● 要旨

肘障害の程度は競技パフォーマンスへ影響するが、パフォーマンスを直接評価する方法が少ない。本報告の目的は、独自に作成した投球パフォーマンスに関する質問表から得られた支障度と肘障害との関係について調査し、この質問表の有用性を評価することである。中学・高校生の野球部員121名を対象に肘検診を行ない肘障害および投球パフォーマンスについて調査した。投球パフォーマンスの支障度は質問表を作成し半定量的に評価した。肘障害と質問表の結果との関係を分析した。肘障害と投球パフォーマンスの支障度との間に有意な相関関係を認めた。投球パフォーマンスの支障度の定量化は、肘障害の検出や重症度の評価に有用であると考えられる。

はじめに

肘障害を認める選手の多くは、日常生活に支障はなく、競技時に症状やパフォーマンスの支障を認めるため、肘障害の重症度や治療成績は競技パフォーマンスへの支障の程度が反映される。一方、スポーツの評価法では、DASHスポーツ^{1,2)}や日整会肘機能評価法³⁾が用いられている。しかし、これらの評価法には、スピードやコントロールなど投球パフォ

ーマンスの評価項目がないため、肘障害による投球パフォーマンスの支障を直接評価することができない。このため、肘障害と投球パフォーマンスの支障との関連については明らかではない。

本報告の目的は、独自に作成した投球パフォーマンスに関する質問表から得られた支障度と肘障害との関係について調査し、この質問表の有用性を評価することである。

丸山真博
〒990-9585 山形市飯田西2-2-2
山形大学医学部整形外科
TEL 023-628-5355

- 1) 山形大学医学部整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Yamagata University School of Medicine
2) 医療法人泉整形外科病院
Department of Orthopaedic Surgery, Izumi Orthopaedic Hospital

表1 シーズン中における投球内容の支障についての質問表

今シーズンにおいて、野球を行なっている最中に感じる典型的な24時間の症状についてご記入ください

質問. 今シーズン中、投げるとき、肘の痛みはありましたか？ 下記に○を記載してください。
 痛みあり 痛みなし

質問. 今シーズン中、投げるとき、くすり指や小指にしびれはありましたか？ 下記に○を記載してください。
 しびれあり しびれなし

質問. シーズン中の通常の1日のうちで、肘の症状により、下記の動作に何らかの支障が生じましたか？
 あなたの動作の状態を最もよく説明している番号1つに○を記入してください。

	支障なし	少し支障あり	中等度支障あり	かなり支障あり	できない
全力投球	1	2	3	4	5
遠投	1	2	3	4	5
コントロール	1	2	3	4	5

対象と方法

中学・高校生の野球部員121名を対象とした。中学1年生は27名、中学2年生は26名、高校1年生が34名、高校2年生が34名であった。平均年齢は15.0(13~17)歳であった。秋のシーズン終了後、肘検診を施行し、投球パフォーマンスの支障度と肘障害について調査した。

シーズン中における投球時の肘痛の有無、環小指のしびれの有無、および投球パフォーマンスの支障度について質問表を用いて調査した(表1)。投球パフォーマンスの支障度の内容として、全力投球、遠投およびコントロールの3項目の支障度について、それぞれ5段階で点数化し、半定量的に評価した(1:支障なし, 2:少し支障あり, 3:中等度支障あり, 4:かなり支障あり, 5:できない)。さらに投球の支障度の総合評価として、評価した3項目の点数の総和より3を引いた総合点(全力投球+遠投+コントロール-3)を求めた。なお、支障度総合点の最低点数を0点とするため、3を引いた。また、投球の支障度総合点では0点がまったく支障なし、1点から3点が少し支障あり、4点から6点が中等度支障あり、7点から9点がかなり支障あり、10点から12点が極めて支障ありを示す。

肘障害は、医師らによる直接検診を行ない、

Milking test, 環小指の知覚異常および指筋力低下の有無を評価した。また、肘超音波検査を行なった。肘超音波検査はSono Site社製のM-Turbo™と5~10Mhzのリニアプローブを用いて、投球側と非投球側の肘関節外側および内側に対して行なった。肘関節外側はTakaharaらの方法^{4,5)}に従い、上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の有無を観察した。肘関節内側はSasakiらの方法⁶⁾に従い、上腕骨内上顆裂離の有無および腕尺関節の関節裂隙の最大径を観察した。なお、①肘痛、②Milking test陽性、および③超音波による肘関節内側不安定性(腕尺関節裂隙左右差1mm以上)の3条件を満たすものを肘内側側副靭帯損傷と診断した⁷⁾。尺骨神経障害は①肘痛または環小指のしびれ、②尺骨神経領域の知覚異常または筋力低下の2条件を満たすものとした。また、肘痛はあるが、上記の肘障害(上腕骨小頭離断性骨軟骨炎、上腕骨内上顆裂離、肘内側側副靭帯損傷、尺骨神経障害)と診断されなかった場合をその他の肘痛とした。

投球パフォーマンスの支障度と肘障害との関係を分析した。投球の支障度総合点と肘障害との関係をMann-Whitney U検定を用いて分析した。投球の支障度総合点と各肘障害との関係をpost hoc test(Dunnnett法)を用いて検討した。また、投球の支障度総合点を用いて肘障害の有無を検出するための感度および特異度について χ^2 検定を用いて分析した。



図1 肘障害群となし群との間における投球の支障度総合点の関係
肘障害群はなし群よりも総合点が有意に高かった。

統計結果の危険率5%未満を有意差ありとした。

結 果

1. 投球パフォーマンスの支障度の調査結果

投球パフォーマンスの支障度は、全力投球が平均1.5(1~5)点であり、遠投が平均1.6(1~5)点であり、コントロールが平均1.2(1~3)点であり、総合は平均1.2(0~8)点であった。

2. 肘障害の調査結果

121名のうち、肘障害を認めた選手(以下肘障害群)は55名であり、肘障害を認めなかった選手(以下なし群)は66名であった。また、肘障害の内容は、小頭離断性骨軟骨炎は0名、内側側副靭帯損傷と尺骨神経障害の合併(以下MCL+UN群)は4名、内上顆裂離は3名、内側側副靭帯損傷は5名(前記2つあわせてMCL群8名)、尺骨神経障害(以下UN群)は12名であった。また、その他の肘痛(以下その他群)は31名であった。

3. 肘障害と投球パフォーマンスとの関係

投球の支障度総合点は、肘障害群では平均2.3(0~8)点、なし群では平均0.3(0~4)点であり、肘

障害群はなし群よりも有意に総合点が高かった($p < 0.05$) (図1)。また、肘障害の各群の総合点は、MCL+UN群では平均4.0(0~7)点、MCL群では平均2.4(0~4)点、UN群では平均2.2(0~6)、その他群では平均2.0(0~8)点であり、肘障害の各群いずれにおいてもなし群よりも総合点は有意に高かった($p < 0.05$)。また、各肘障害の中でMCL+UN群の総合点が最も高かった(図2)。

支障度総合点の1点から5点において、肘障害を検出するための感度および特異度の結果を表2に示す。総合点1点以上の感度は80%であり、最も感度が高かった。総合点5点以上の特異度は100%であり、最も特異度が高かった。

考 察

スポーツ選手が治療を受けようとする理由として、今まで通りの競技レベルでパフォーマンスを発揮できなくなったからということをよく耳にする。このような選手には、ある程度の症状があったが、練習や試合にそれほど支障がなかったために、医療機関を受診しなかったという一定期間がある。野球選手では投球パフォーマンスが思ったように発揮できなくなり、医療機関を受診することが多い。ま



図2 肘障害の各群となし群との間における投球の支障度総合点の関係
MCL + UN群, MCL群, UN群およびその他群いずれにおいてもなし群よりも総合点が有意に高かった。また, 肘障害の中で, MCL + UN群の総合点が最も高かった。

表2 肘障害を検出するための感度と特異度

支障度総合点	感度	特異度	p値*
5点	9%	100%	$p < 0.05$
4点	18%	99%	$p < 0.005$
3点	35%	97%	$p < 0.0001$
2点	66%	91%	$p < 0.0001$
1点	80%	86%	$p < 0.0001$

* χ^2 検定

た、症状が完全には消失しなくても投球に支障がなくなると、それ以上の治療を望まない選手が多い。投球パフォーマンスは野球選手にとってとても重要なことである。したがって、肘痛のある野球選手の主観的評価として、肘痛の程度のほか投球パフォーマンスの支障度を評価することが必要である。投球パフォーマンスの支障度を主観的に定量的に評価することによって、野球選手の治療への積極性の程度を推し量ることができる。しかし、DASHスポーツや日整会肘機能評価では、スピードやコントロールといったパフォーマンスは評価されていない。したがって、パフォーマンスを評価する手段の確立が必要である。

パフォーマンスの評価法として、選手自身での評価は容易であり、定量化することが有用である。こ

の観点から、山形大学では、投球パフォーマンスに即した質問表を作成し、2007年より肘検診時に使用してきた。投球パフォーマンスとして全力投球、遠投、コントロールの3つに着目し、それぞれの投球項目についてDASHの評価方法を参考に5段階評価で半定量的に定量化した。一方、2010年、Kerlan-Jobe Orthopaedic Clinicも同様の観点から投球パフォーマンスに即した質問表としてKerlan-Jobe Orthopaedic Clinic Overhead Athlete Shoulder and Elbow (KJOC) scoreを作成し術後評価に用いた^{8,9)}。KJOC scoreでは、パフォーマンスとして、投球動作、スピード、コントロール、持久力、競技レベルの5つの項目以外に、肩や肘の痛み、疲労感、脱臼感、ウォーミングアップ、信頼関係の5項目を加え、合計10項目についてVAS scaleを用いて定量化した。KJOC scoreはDASHおよびDASHスポーツと相関があり、妥当性がある評価であることが認められた。これらの投球パフォーマンスの評価はまだ始まったばかりである。今後、本質問表とKJOC scoreとの間の相関を調査し、より適切な評価表を検討する必要がある。

本報告では、肘障害と投球パフォーマンスの支障度の間には有意な相関関係があった。また、肘障害を認めた選手の中で、内側側副靭帯損傷と尺骨神経

障害を合併した選手では、その他の肘障害よりも強く支障を感じていた。肘障害の内容によって支障を感じる投球パフォーマンスの程度に違いが認められた。

投球の支障度総合点1点以上は肘障害を検出する感度が80%と最も高く、特異度は86%であった。1点は投球の3つの質問項目のうち1つのみに少しの支障があったということで、投球に少し以上の支障があるだけで、肘障害である可能性が80%以上である。しかし、支障度総合点3点以下は少しの支障であり、あまり問題となることはないと考えられる。支障度総合点4点は3つの質問項目のうち少なくとも1つに中等度以上の支障がある。支障度総合点4点の感度は18%、特異度は99%であった。したがって、投球に中等度以上の支障があった場合には、ほぼ間違いなく肘障害があるとみなしてもよい。このように、投球の支障度から肘障害を検出することができる。また同様に、投球の支障度を肘障害の重症度や治療成績の評価に応用できると考える。

本研究では、投球の支障度の他覚的評価をしていないこと、肘以外のほかの部位の障害について評価していないことが限界としてあげられる。また、シーズン終了後に、シーズン中の支障度を主観的に評価し、肘の検診を行なったため、主観的評価と他覚的評価に時間的なずれがあった。さらに、超音波を用いて肘関節内側および外側の障害について検査を行なったが、肘頭の骨端線離開や疲労骨折など肘関節の後方障害については調査しなかった。このため、肘痛はあっても他覚的には障害を認めなかった『その他群』には肘関節の後方障害を含んでいる可能性がある。

結 語

1. 中学・高校生の野球部員121名に対し、投球パフォーマンスの支障度と肘障害の有無を調査した。
2. 投球パフォーマンスの支障度と肘障害との間に有意な相関関係を認めた。

3. 投球パフォーマンスの支障度は肘障害の検出や重症度の評価に有用であると考えられる。

文 献

- 1) Imaeda T et al : Validation of the Japanese Society for Surgery of the Hand Version of the Disability of the Arm, Shoulder, and Hand Questionnaire. *J Orthop Sci*, 10 : 353-359, 2005.
- 2) Hsu JE et al : The Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand questionnaire in intercollegiate athletes : validity limited by ceiling effect. *J Shoulder Elbow Surg*, 19 : 349-354, 2010.
- 3) 伊藤恵康ほか : 肘関節の機能評価・変形性肘関節症. *日肘会誌*, 10 : 21-22, 2003.
- 4) Takahara M et al : Early detection of osteochondritis dissecans of the capitellum in young baseball players. *J Bone Joint Surg Am*, 80 : 892-897, 1998.
- 5) Takahara M et al : Sonographic assessment of osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. *AJR Am J Roentgenol*, 174 : 1-5, 2000.
- 6) Sasaki J et al : Ultrasonographic assessment of the ulnar collateral ligament and medial elbow laxity in college baseball players. *J Bone Joint Surg Am*, 84 : 525-531, 2002.
- 7) 原田幹生ほか : 高校野球選手に対する肘検診におけるMilkingテストと超音波の有用性. *日整会誌* 84, 2010会議録.
- 8) Alberta FG et al : The development and validation of a functional assessment tool for the upper extremity in the overhead athlete. *Am J Sports Med*, 38 : 903-911, 2010.
- 9) 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.

足関節捻挫経験者における足関節機能評価

Evaluation of Ankle Joint Function in Athletes with Previous Ankle Sprain

門屋 悠香¹⁾ Haruka Kadoya 桜庭 景植^{1, 2)} Keishoku Sakuraba
竹内 敏康³⁾ Toshiyasu Takeuchi 石川 拓次²⁾ Takuji Ishikawa

● Key words

足関節捻挫, 足圧中心動揺, 筋力

Ankle sprain : Center of pressure : Muscle strength

●要旨

片側にのみ足関節捻挫の経験を有する女子バスケットボール選手12名を対象に, 足圧中心(COP)動揺, 足関節周囲筋筋力, 主観的評価の3項目について患側と健側の比較を行なった. その結果, COPの移動距離および移動面積は, 閉眼/開眼比において患側が有意に高値を示し, 足関節背屈筋筋力において患側が有意に低値を示した. 足関節捻挫経験者は, COP動揺や足関節背屈筋筋力の機能低下が残存もしくは未回復である可能性が示唆された. スポーツ復帰の際の指標として, また再受傷予防へのアプローチとしてCOP動揺の閉眼/開眼比の測定や足関節背屈筋筋力測定は有用な関節機能評価法の一つと考える.

緒 言

足関節捻挫は, スポーツ活動において発生する代表的な傷害である. 発生が高頻度であることに加え, 治癒が不完全な場合でもスポーツ活動に参加できる現状が, 「不可避の傷害」としての認識や傷害としての認識の軽薄さにつながり, 治療の軽視化が懸念されている¹⁾.

さらに, もう一つの問題点として足関節捻挫の反復性が挙げられ, 不完全な治療により再受傷が繰り返

返されることで, 後遺症の残存や日常生活への支障が危惧されている²⁾.

以上のことから, スポーツ活動を支障なく実施していても, これまでの足関節捻挫の受傷経験により何らかの機能低下が残存している可能性が考えられ, 過去の受傷歴をもとに患側と健側の足関節機能を比較することは, 再受傷予防への一助となることが期待できる.

本研究の目的は, 足関節捻挫経験により生じる足関節機能の変化を, 患側と健側の比較から検討することである.

門屋悠香
〒270-1695 印西市平賀学園台1-1
順天堂大学大学院医学研究科スポーツ医学
(整形外科) 研究室
TEL 0476-98-1001 (内線9404)

- 1) 順天堂大学大学院医学研究科スポーツ医学
Department of Sports Medicine, Juntendo University Graduate School of Medicine
- 2) 順天堂大学スポーツ健康科学部スポーツ医学
Department of Sports Medicine, School of Health and Sports Science, Juntendo University
- 3) 順天堂大学スポーツ健康科学部バスケットボール研究室
Seminar of Basketball, School of Health and Sports Science, Juntendo University

表1 足圧中心動揺

		患側		健側		
移動距離	開眼 (cm)	26.2 ± 8.3	28.5 ± 9.4			NS
	閉眼 (cm)	55.9 ± 17.0	51.3 ± 14.2			NS
	閉眼/開眼	2.2 ± 0.6	1.9 ± 0.6			$p < 0.05$
移動面積	開眼 (cm ²)	3.9 ± 2.1	4.7 ± 2.4			NS
	閉眼 (cm ²)	13.5 ± 4.4	12.4 ± 6.1			NS
	閉眼/開眼	4.1 ± 2.2	3.1 ± 2.2			$p < 0.05$

対象および方法

対象は、大学バスケットボール部に所属する女子選手のうち、片側に足関節捻挫経験を有する12名とした。診断および重症度の分類は、認定資格を有するスポーツドクターが行ない、Ⅱ度未満の靭帯損傷を伴わない症例や、受傷後3ヵ月以上経過していない者は対象外とした。全員が通常の練習メニューを実施しており、平均年齢は20.1±1.2歳、患側は右が7名、左が5名であった。なお、足関節捻挫には足関節外側靭帯損傷のみならず、距骨下関節捻挫や二分靭帯損傷が含まれている可能性がある。

被験者に対し、患側と健側の比較を行なった。測定項目は、足圧中心(center of pressure: 以下、COPと記す)動揺、足関節周囲筋筋力、主観的評価の3項目とした。COP動揺はGANGAS (MPジャパン)を用い、片足立位姿勢時のCOP移動距離(cm)とCOP移動面積(cm²)を測定した。10秒間3回の平均を測定値とし、開眼時と閉眼時に加え、閉眼/開眼比を算出した。足関節周囲筋筋力は、BIODEXsystem3 (BIODEX)を用い、足関節底屈・背屈筋筋力を等速性収縮下にて、求心性収縮(concentric contraction: 以下、CCと記す)および遠心性収縮(eccentric contraction: 以下、ECと記す)を60deg/sec・120deg/secにて3回測定し、ピークトルク(Nm)を測定値とした。主観的評価には、Karlssonら³⁾のscoring scaleを用い、被験者にはあらかじめ設定された選択肢の中から自身の足関節の状態に近いものを選んでもらった。質問は「pain」、「swelling」、「instability (subjective)」、「stiffness」、「stair climbing」、「running」、「work activities」、「support」の8項目で設定されている。設

定された点数配分に従い100点満点での合計得点を算出し、95点以上を「excellent」、80~94点を「good」、79~50点を「fair」、49点以下を「poor」の4段階に分類したうえで、79点以下を「足関節機能に問題あり」とした。

統計処理は、主観的評価にWilcoxon signed-ranks test、その他の項目にpaired t-testを用い、有意水準は5%未満とした。なお、本研究は大学院スポーツ健康科学研究科研究等倫理委員会の承認を得て行なった。(院16-3号)

結 果

COP動揺のうち、COP移動距離についてみると、開眼時は患側26.2±8.3cm、健側28.5±9.4cm、閉眼時は患側55.9±17.0cm、健側51.3±14.2cm、閉眼/開眼動揺比は患側2.2±0.6、健側1.9±0.6であった。次に、COP移動面積についてみると、開眼時は患側3.9±2.1cm²、健側4.7±2.4cm²、閉眼時は患側13.5±4.4cm²、健側12.4±6.1cm²、閉眼/開眼動揺比は患側4.1±2.2、健側3.1±2.2であった(表1)。COP移動距離、COP移動面積ともに閉眼/開眼比において、患側が有意に高い値を示した。

足関節周囲筋筋力のうち、足関節底屈筋筋力についてみると、CC60deg/secは患側57.3±12.1Nm、健側56.6±13.1、CC120deg/secは患側46.4±7.1Nm、健側47.5±8.0Nm、EC60deg/secは患側114.3±25.1Nm、健側106.2±28.3Nm、EC120deg/secは患側107.8±33.3Nm、健側109.5±30.2Nmであった(図1)。次に、足関節背屈筋筋力についてみると、CC60deg/secは患側13.2±2.3Nm、健側14.2±2.7Nm、CC120deg/secは患側8.4±1.7Nm、健側9.5±3.1Nm、EC60deg/secは患側29.3±4.1Nm、健側31.8±6.3Nm、

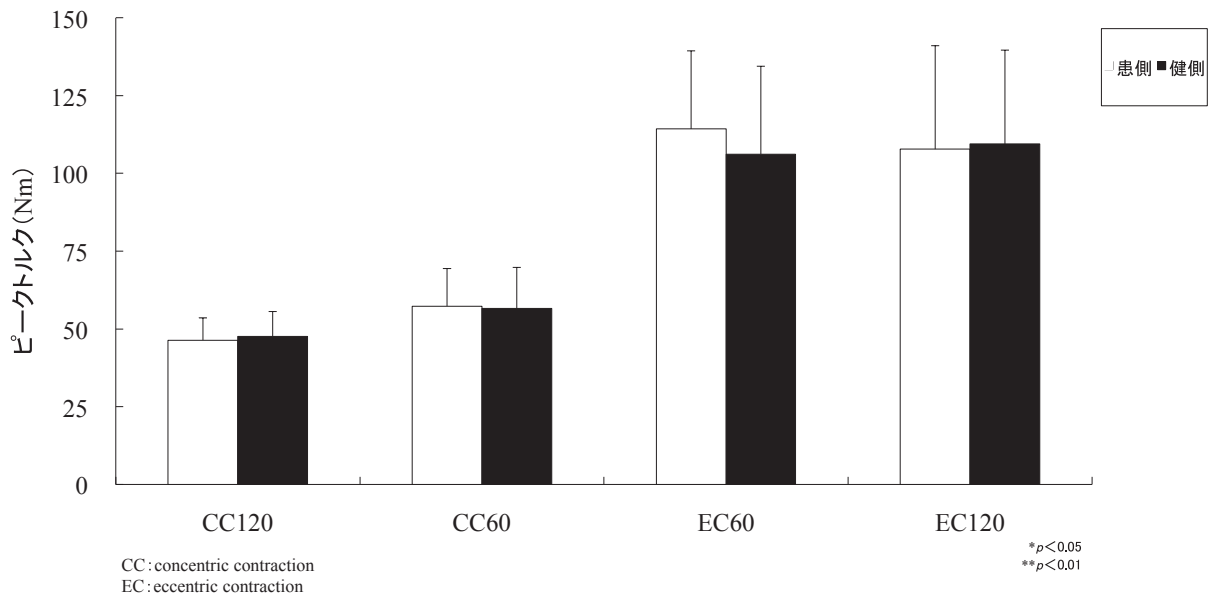


図1 足関節底屈筋筋力

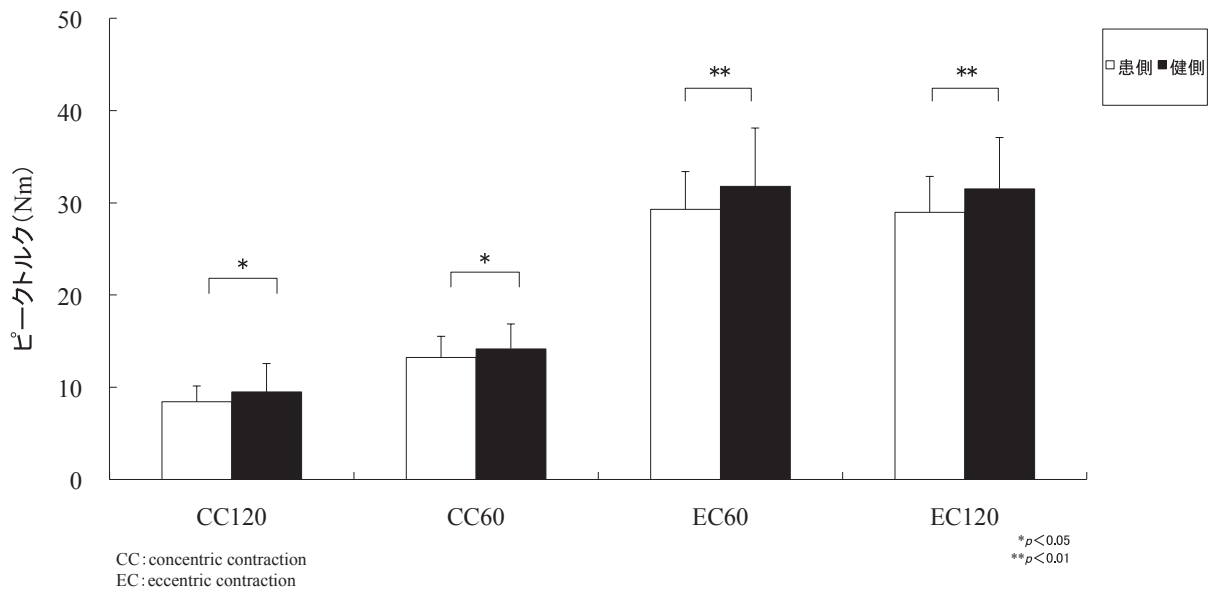


図2 足関節背屈筋筋力

EC120 deg/secは患側 29.0 ± 3.9 Nm, 健側 31.5 ± 5.6 Nmであった(図2). 背屈筋筋力において, 患側が有意に低い値を示した.

主観的評価は, 患側 96.1 ± 6.7 点, 健側 96.9 ± 5.9 点であり, 有意差はみられなかった. 評価は両群とも「excellent」であり, 個々をみても79点以下の「足関節機能に問題あり」に該当する者はいなかった.

考 察

COPの移動距離, 移動面積ともに実測値においての患健差はみられなかったものの, 閉眼/開眼比では, いずれにおいても患側が有意に高値を示した. このことは, 患側において閉眼時のCOP動揺

が増加したことを示す。中島ら⁴⁾は、足部からの末梢神経系入力が増害された状況では、重心動揺は閉眼により大幅に増加することを報告し、さらに Niederman⁵⁾や Cornwallら⁶⁾は、足関節靭帯に損傷を受けると、足関節の固有受容感覚と全体的な神経-筋コントロールに低下がみられると述べている。本研究では、靭帯損傷のみられるⅡ度以上の重症例を対象としており、COP動揺の増加は、足関節捻挫により、足関節から末梢神経系の情報が低下したことによる影響と考える。

閉眼/開眼比は、立位姿勢保持における視覚情報の関与を検討するために用いられ、視覚機能が比較的高く維持されている若年者では、閉眼時の増加を認めず、閉眼条件は重心動揺を増幅させないとの報告もある⁷⁾。本研究も平均年齢が 20.1 ± 1.2 歳の若年者が対象であるが、異なる結果となった。足関節捻挫により足関節からの末梢神経系の情報が低下していることで、相対的に視覚情報の関与が高まったためではないかと推察する。また、COPはその日の体調や環境の影響を受けやすく⁸⁾、日々の練習やトレーニングが不可欠であるスポーツ選手にとって、同じコンディションでの評価は限りがある。このように開眼時または閉眼時単独のデータのみでは評価することが困難であることが予想される。それに対し、閉眼/開眼比では、コンディションの影響を取り除くことが可能となり、継続的な評価への有効な方法として期待される。

筋力においては、足関節背屈筋筋力が遠心性・求心性収縮ともにすべての角速度において患側が低値を示した。先行研究では、底屈筋・背屈筋筋力ともに減少したとの報告や、外反筋筋力にのみ有意な低下がみられたとの報告がある^{9, 10)}。今回の被験者は通常の練習メニューを実施しており、今回の結果において背屈筋筋力についてのみ有意差がみられたことは、スポーツ復帰以降においても、再受傷予防として背屈筋筋力に対するアプローチの重要性が確認できたといえる。

また、足関節捻挫は内反で起こることが圧倒的に多いことから、外反筋筋力の機能向上はリハビリテーションには欠かせない。足関節の背屈と外反には、第三腓骨筋や長趾伸筋など活動筋に共通する部分が多く¹¹⁾、その筋力には強い関連があると考えら

れることから、背屈筋筋力はスポーツ活動への復帰判断の指標として用いることも有用である。

今回用いた Karlsson の scoring scale では、主観的評価に患健差はみられなかった。主観的には足関節の患健差を感じていないにも関わらず、COP動揺や足関節背屈筋筋力では患健差がみられたことは、足関節捻挫の再発予防において、新たな提言となる可能性もあるが、現在、スポーツ活動を実施している者にとっては、質問内容がそぐわない部分もあり、より適した評価項目の検討も必要である。

結 語

本研究では、足関節捻挫経験者に対し、COP動揺、筋力および主観的評価において患側と健側の比較を行なった。その結果、COPの移動距離および面積は、閉眼/開眼比において患側が有意に高値を示し、足関節背屈筋筋力において患側が有意に低値を示した一方、主観的評価に有意差はみられなかった。

足関節捻挫経験者は、競技復帰以降においても、COP動揺や足関節背屈筋筋力の機能低下が残存もしくは未回復である可能性が示唆され、その症状について主観的な自覚に乏しいことが懸念された。スポーツ復帰の際の指標として、また再受傷予防へのアプローチとして COP 動揺の閉眼/開眼比の測定や足関節背屈筋筋力測定は有用な関節機能評価法の一つと考える。具体的な数値の提言や、主観的評価のさらなる検討が今後の課題である。

文 献

- 1) 杉本和也ほか：日本バスケットボールリーグ選手における足関節捻挫の調査。日本整形外科スポーツ医学会，20：29-33，2000。
- 2) 三木英之ほか：足関節内反捻挫。臨床スポーツ医学，18(臨増)：296-308，2001。
- 3) Karlsson J et al：Evaluation of ankle joint function：the use of scoring scale. The Foot，1：15-19，1991。
- 4) 中島英樹ほか：運動系の身体機能評価と理論 立位バランス、総合リハビリテーション，28：

- 449-455, 2000.
- 5) Niederman B et al : Rupture of the lateral ligaments of the ankle. *Acta Orthop Scand*, 52 : 579-587, 1981.
 - 6) Cornwall MW et al : Postural sway following inversion sprain of the ankle. *J Am Podiatr Med Assoc*, 81 : 243-247, 1991.
 - 7) 中谷敏昭ほか : 身体動揺に及ぼすバランスボートトレーニングの効果. *体力科学*, 50 : 643-646, 2001.
 - 8) 竹森節子ほか : 重心動揺検査一検査条件およびその検査結果に関する検討一. *Equilibrium Res*, 58 : 614-622, 1999.
 - 9) Kaikkonen A et al : A performance test protocol and scoring scale for the evaluation of ankle Injuries. *Am J Sports Med*, 22 : 462-469, 1994.
 - 10) 永田幸雄ほか : 運動選手における足関節捻挫後遺症の検討. *体力科学*, 30 : 394, 1981.
 - 11) Thompson CW et al : 足関節と足. In : 栗山節郎, ed. *身体運動の機能解剖*. 第2版, 戸部雄一郎, 神奈川 : 129-152, 2001.

陸上長距離選手の大腿骨頸部疲労骨折

Femoral Neck Stress Fractures in Long-distance Runners

大西 純二 Junji Ohnishi

● Key words

Femoral neck : Stress fracture : Long-distance runner

●要旨

陸上長距離選手の大腿骨頸部疲労骨折の特徴を明らかにするために自験例の検討を行なった。対象は10例で、年齢は13~16歳であった。これらにつき臨床症状、X線所見、MRI所見、治療、競技復帰時期を調査した。長距離選手の大腿骨頸部疲労骨折は全例 compression type で、骨端線閉鎖前の若年にもまれではなかった。X線での早期診断は困難で8例で初診時所見は陰性であった。MRIでは全例所見は陽性で、単純X線像で異常を認めない早期より診断が可能で、MRIのみで骨折線の存在するものもあり、質的診断にも有用であった。X線で骨折線のないものに荷重制限は不要で保存的治療で全例良好に治癒した。

はじめに

外傷性的大腿骨頸部骨折はよく目にするが、大腿骨頸部疲労骨折は、疲労骨折の中でも多いものではない。陸上長距離選手に発症したものとしてのまとまった報告はなく、この特徴を明らかにするために自験例の検討を行なったので報告する¹⁾。

症例と方法

対象は、平成8年1月から平成22年3月までの14年3ヵ月の間に、当院で経験した陸上長距離選手の大腿骨頸部疲労骨折10例である。これは当院での陸上長距離選手の下肢疲労骨折300例中の3.3%にあたる。男性8例、女性2例、右3例、左7例、年

齢は13~16(平均15.2)歳であった。発症から初診までの期間は2~21(平均8.0)日であった。これらにつき、臨床症状、単純X線所見、MRI所見、治療、競技復帰時期の調査検討を行なった。

結 果

臨床症状では、全例ランニング不可能な股関節周囲の疼痛を訴えていた。歩行時の疼痛は8例にあり、うち2例は跛行を呈していた。跛行は逃避性で、中殿筋筋力低下を示すトレンデレンブルグ兆候を示すものではなかった。圧痛は股関節から大腿内側に広範にあり、圧痛での骨折部位の特定は困難であった。股関節他動回旋強制での疼痛誘発は、8例が内旋のみで疼痛あり、1例は内旋での疼痛と外旋での軽度疼痛あり、1例はいずれでも疼痛なしであ

大西純二
〒770-0906 徳島市東山手町1丁目41-6
田岡病院整形外科
TEL 088-622-7788

田岡病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Taoka Hospital

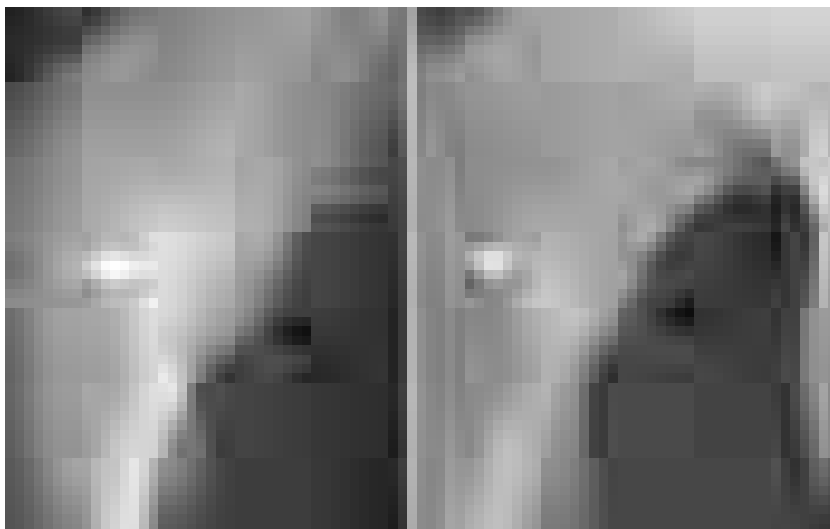


図1 左：症例1 16歳男，発症2.5カ月。
右：症例2 15歳男，発症5週。
硬化像(白矢印)と仮骨(黒矢印)

た。片脚跳びで疼痛の有無をみるホップテストは全例陽性で，8例はほとんど跳べないほどの強い疼痛であった。

単純X線所見陽性率は，発症1週11%，2週29%，3週60%，4週88%で，初期の陽性率は低く，8例で初診時所見は陰性であった。1例は発症8週でも単純X線像上の変化はみられなかった。発症部位は全例頸部下方に生じる compression typeで，大腿骨頭骨端線閉鎖前5例，閉鎖後5例であった。単純X線での初期像は，頸部下方皮質にわずかに亀裂を認めたものが1例あったが，ほかの9例に骨折線はなく，頸部下方皮質部のわずかな仮骨形成のみであった。また，仮骨は正面像で中間位より外旋位のほうが描出されやすかった。時間の経過とともに仮骨は大きくなり，頸部内側下方に硬化像を生じてきたが(図1)，経過中骨折線を生じてきたもの，転位を生じたものはなかった。

MRIは8例に発症7～35(平均15.3)日で撮像され，全例所見は陽性であった。T1強調画像で低輝度，T2強調，STIR画像で高輝度の領域が頸部下方にみられた(図2)。病変部の中に骨折線のみられたものが3例あり，うち1例はSTIR画像のみで骨折線が描出されていた。これらはいずれも単純X線像では骨折線はなかった。6例は単純X線で異常の

ない早期に，MRIでは異常所見がみられた。

治療は全例保存的治療であった。9例は外固定・荷重制限ともしなかったが，単純X線像で亀裂のあった1例は，2週間片松葉杖を使用し荷重を制限した。

発症から4週間は必要最小限の歩行のみ許可し，ランニングを中止した。水中運動(歩く，泳ぐ)，自転車は疼痛がなければ許可した。1ヵ月を過ぎ歩行時痛がなければウォーキングを開始，ホップテストの陰性化した5～9(平均7.7)週でジョギングを開始した。その約1ヵ月後60分ジョギングが可能となれば本格的練習を開始し，競技復帰には3～4(平均3.4)ヵ月を要した。

考 察

1965年 Devasは大腿骨頸部疲労骨折を，単純X線像上，compression typeと transverse typeとの2型に分類した²⁾。Compression typeは若年に多く骨端線閉鎖前の小児にはまれとされ，大腿骨頸部下方に圧迫ストレスが繰り返しかかり，初期は仮骨・硬化像を形成し，負荷をかけ続けると頸部下方に骨折線を生じることがある。保存的治療で治癒することがほとんどで，転位を生じ手術を要することはまれで



図2 症例3 16歳男，発症3週。
左より T1 強調像， T2 強調像， STIR 画像
浮腫像の中に， calcar に接する頸部を貫通しない低輝度の骨折線（白矢印）あり。

ある。 Transverse type は若年にも生じるがやや高齢者に多く， 大腿骨頸部上方に伸張ストレスがかかり， 初期は頸部上方に骨折線， 亀裂を生じ， 完全に頸部を横断する骨折を生じやすい。 不安定で転位しやすく， 手術的治療を要することが多い³⁾。 今回陸上長距離選手に生じたものは， すべて compression type であった。 これは対象のほとんどが成長期の若年選手で， 骨粗鬆症等脆弱性を呈する疾患や， 内反股など変形をきたす疾患， 中殿筋筋力低下を呈する疾患がなかったことがまず基盤にあった。 それに加え頸部にかかる応力は， 島津によると⁴⁾ 骨頭の上部から垂直方向に力が加わると， 頸部外側に引っ張り応力が生じ内反力が発生するが， 骨頭先端方向から力が加わると， その力は頸部内側の圧縮応力に多くが費やされるため内反力が生じにくいとされる。 通常の歩行や落下では， 垂直方向の力が加わり内反力が生じるが， ランニングでは着地時の骨盤の傾きと強い筋力のため骨頭先端方向から力が加わり， 圧縮応力による compression type が生じやすいものと考えられた (図3)。

当院での compression type は 16 歳が 5 例と最多で， 13 歳での発生もみられ， 骨端線閉鎖前の症例も 5 例存在した。 Devas は骨端線閉鎖前の小児ではまれと報告しているが， MRI を撮像することにより単純 X 線像で診断できない症例が発見されるよ



図3 ランニング着地時にかかる応力

うになり， 骨折線のない若年例が見つかったものと思われた。

大腿骨頸部疲労骨折の症状は， 歩行時痛もしくはランニングができないほどの股関節周辺の疼痛であるが， 股関節疾患であるが Patric test や股関節外旋ストレスで疼痛が生じにくく， 逆に内旋ストレスで疼痛が誘発されやすい⁵⁾ ことが特徴であった。 こ

表1 X線所見陽性率 (%)

	1週	2週	3週	4週
大腿骨				
頸部	11	29	60	88
骨幹部	22	74	91	96
脛骨	49	80	94	96
腓骨	7	23	58	79
中足骨	56	90	93	95

下肢疲労骨折300例の集計

これは白蓋には問題がないため、外旋での関節圧迫、関節内圧上昇動作では疼痛が生じず、逆に内旋で骨頭が固定され、骨折している頸部にねじれのストレスがかかることで疼痛が生じるものと考えられた。ホップテストは発症2週以内ではほとんど跳ぶことができないほど強い陽性で、他部位の疲労骨折より疼痛が強い傾向にあったが、発症2週では単純X線での陽性率は、当院の集計では他部位の疲労骨折より低いため(表1)、この時点での単純X線診断はあまり期待できない。単純X線で異常がないから疲労骨折ではない、と判断しないようにしなければならない。また単純X線撮影をする場合は、正面中間位よりも正面外旋位のほうが描出されやすかった。これは初期発生部位がMRI上も内側下方の後方寄りであるため、小転子近くを接線方向にした撮影が初期病変の描出に有効と思われた。

単純X線像で診断ができない場合はMRIを撮像する。Shinら⁶⁾は、MRIを15例に撮像し感度、正確性とも100%と優れ、他疾患との鑑別にも有用であると報告している。当院の症例でも同様でかつ、発症7日での早期診断も可能であった。また、MRIでのみ骨折線が描出される症例もあり(1例はSTIR画像のみで骨折線あり)、質的診断にも有用であった。これらよりSTIR像を含めたMRIは大腿骨頸部疲労骨折の診断に非常に有用であると思われた。ただ、疼痛、圧痛部位が股関節周辺から大腿部にも及ぶため、MRIの撮影を股関節ではなく大腿骨とした場合は見逃す可能性もあるので、撮影部位の注意も必要であると思われた。

治療ではCompression typeは保存的治療が中心となる。文献上は手術例もあるがまれで、一定期間免荷する報告が多い^{7,8)}。当院では、単純X線で骨折線のあるものは2週間荷重を制限したが、単純X

線像で骨折線がなく、跛行もなく歩いて来院してきた症例には荷重制限は必要ないと考え実行してきた。転位を生じた例はなく、単純X線像上骨折線のないものには荷重制限は不要と思われた。しかしCompression typeでも転位が生じ手術にいたった報告⁸⁾もあるため、跛行のある症例、MRIで骨折線のある症例は、無理をすれば悪化する可能性もあると思われ、荷重制限はしないが経過観察は慎重に行ない復帰はやや遅らせた。

結 語

1. 陸上長距離選手の大腿骨頸部疲労骨折は全例compression typeで、骨端線閉鎖前の若年にもまれではなかった。
2. 単純X線での早期診断は困難で、早期診断、質的診断にSTIR像を含めたMRIは非常に有用であった。
3. 単純X線で骨折線のない例に荷重制限は不要で、全例保存的治療で良好に治癒した。

文 献

- 1) 大西純二ほか：大腿骨頸部疲労骨折の診断と治療。別冊整形外，57：209-212，2010。
- 2) Devas MB：Stress fractures of the femoral neck. J Bone Joint Surg, 47-B：728-738，1965。
- 3) Boden BP et al：Femoral stress fractures. Clin Sports Med 16：307-317，1997。
- 4) 島津 晃：キネシオロジーよりみた運動器の外傷。第1版，金原出版，東京：142-143，1999。
- 5) Stephen J et al：Stress fractures of the femur in runners. Am J Sports Med, 10：219-227，1982。
- 6) Shin AY et al：The superiority of MRI in differentiating the cause of hip pain in endurance athletes. Am J Sports Med, 24：168-176，1996。
- 7) Fullerton Jr LR et al：Femoral neck stress fractures. Am J Sports Med, 16：365-377，1988。
- 8) 宮川俊平：大腿骨頸部疲労骨折。臨床スポーツ医学(臨増)20：127-133，2003。

シンスプリントに関する疫学的研究 — 11年間の診療データからの検討 —

The Epidemiology of Medial Tibial Stress Syndrome

小林 匠 ^{1,2)}	Takumi Kobayashi	高橋佐江子 ^{1,3)}	Saeko Takahashi
鈴川 仁人 ¹⁾	Makoto Suzukawa	持田 尚 ^{1,4)}	Takashi Mochida
赤池 敦 ¹⁾	Atsushi Akaike	清水 邦明 ¹⁾	Kuniaki Shimizu
中嶋 寛之 ¹⁾	Hiroyuki Nakajima		

● Key words

シンスプリント, 疫学, 陸上競技

● 要旨

シンスプリントの疫学的特徴を捉えることを目的とし、1998年4月1日から2009年3月31日の11年間にシンスプリントおよび脛骨過労性骨膜炎と診断された患者のカルテ記載内容および問診記録よりデータを後ろ向きに調査した。発症は男性よりも女性が多く、女性のほうが男性よりも発症年齢が有意に低かった。また、競技種目は男女ともに陸上競技で発症率が高く、特に長距離選手で発症が多くみられた。発症側は、片側・両側は同程度の割合であり、左右差は認められなかった。本研究により、今後の臨床研究の基礎となる疫学データが示された。

背 景

シンスプリントは脛骨内側ストレス症候群 (Medial tibial stress syndrome; MTSS) とも称され、スポーツにおける下腿障害で最も多い障害である。シンスプリントは、ランニング障害の6~16%を占め、下腿障害の50%を占めると報告されてお

り¹⁾、一般的に運動によって脛骨後内側縁の中央から遠位に疼痛を有し、脛骨上の圧痛が5cm以上あるものと定義されている²⁾。

シンスプリントの危険因子については、いくつかの前向き研究によって調査されてきた。その結果、静的な足部過回内³⁾や歩行時の内側アーチの過剰な低下⁴⁾がMTSSの内的要因であるとされ、男性よりも女性のほうがMTSSの発症が多いことも報告さ

小林 匠
〒222-0036 横浜市港北区小机町3302-5
日産スタジアム内
横浜市スポーツ医科学センター
TEL 045-477-5065

- 1) 横浜市スポーツ医科学センター
Yokohama Sports Medical Center
- 2) 広島国際大学医療・福祉科学研究科医療工学専攻
Graduate Course of Medical and Welfare Science Hiroshima International University
- 3) 国立スポーツ科学センター
Japan Institute of Sports Sciences
- 4) 東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科健康・スポーツ系教育講座
Doctoral Course of The United Graduate School of Education Tokyo Gakugei University Division of Health and Sport Education

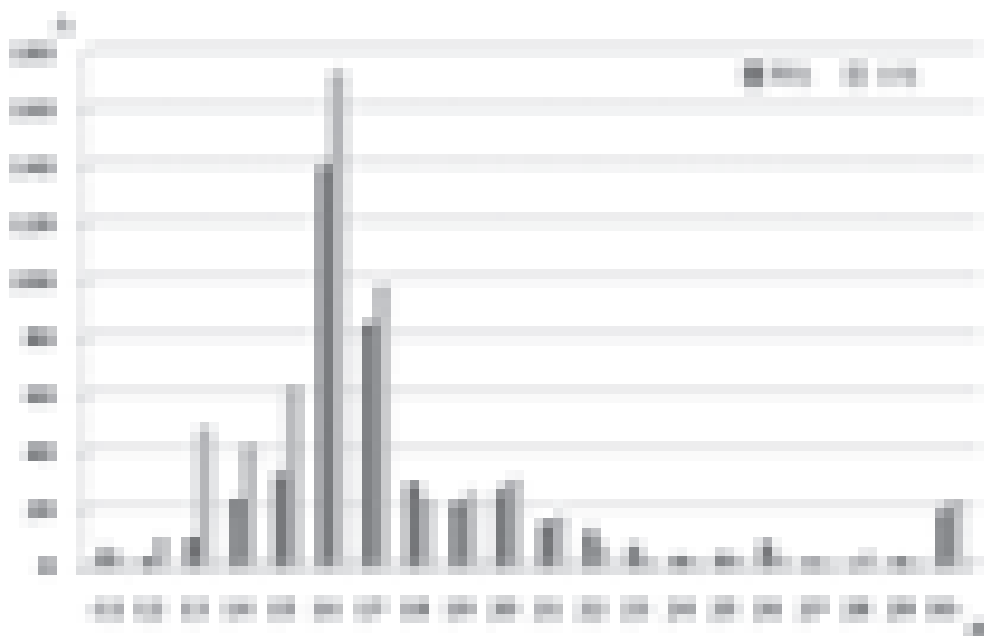


図1 発症年齢の男女比
男女ともに16歳でピークを迎え、男性よりも女性のほうが有意に発症年齢が低かった ($p < 0.01$).

れている^{3, 5-7)}。そのほか、股関節内外旋可動域増加⁶⁾やBMIの増加⁷⁾、MTSSの既往歴⁸⁾なども危険因子として報告されているものの、確証が得られるほどのエビデンスは存在しない。このように発症率が高いにもかかわらず、その危険因子が明らかとされていない背景には疫学データが不足していることがあげられる。

本邦においても、過去にシンスプリントの疫学的特徴が報告されており、性別や年齢、競技種目や発症月などについての調査結果が示されている⁹⁻¹¹⁾。しかし、対象数の問題や、発症の多い陸上競技における種目別検討など、詳細な報告は現時点では少なく、より多くの対象から疫学的特徴を調べる必要がある。よって、本研究は多数の診療データよりシンスプリントの疫学的特徴を捉えることを目的とした。

方 法

1998年4月1日～2009年3月31日の11年間に横浜市スポーツ医科学センタースポーツクリニックを受診し、シンスプリントおよび脛骨過労性骨膜炎と

診断された患者を対象とした。シンスプリントおよび脛骨過労性骨膜炎の診断基準は、運動によって脛骨後内側中～下1/3に疼痛が生じるもので、レントゲンおよびMRIによって明らかな疲労骨折の所見が認められなかったものとした。疫学データは、カルテ記載内容および問診記録から収集され、性別、発症年齢、発症側、スポーツ種目について後ろ向きに調査を行なった。収集されたデータは1人の研究者によってコンピュータ上で集計された。発症側と発症年齢のカテゴリー別比較には χ^2 乗検定を使用し、発症年齢の性差の比較にはMann-Whitney U検定を用いた。 p 値が0.05未満を統計学的に有意とみなした。

結 果

対象期間における症例数は999例1,470件であり、1年あたりの平均は90.8例であった。男女比は、男性439例(44.0%)、女性560例(56.0%)であり、女性のほうが多かった。発症年齢は、男性が平均 16.8 ± 2.1 歳、女性が平均 16.2 ± 2.2 歳であり、女性

表1 シンスプリントの男女比および発症側 (* $p < 0.01$)

対象者数	中学生	高校生	大学生	計
男性	64 (16.4%)	253* (64.9%)	73 (18.7%)	390
女性	151* (28.9%)	294 (56.2%)	78 (14.9%)	523

男性よりも女性のほうが発症が多く、発症側に有意差はなかった。

表2 発症年齢のカテゴリー別分類

発症側	男性	女性	計
片側(左)	128	162	290
片側(右)	111	127	238
両側	200	271	471
計	439	559	999

女性では中学生での発症が有意に多く、男性では高校生での発症が有意に多かった。

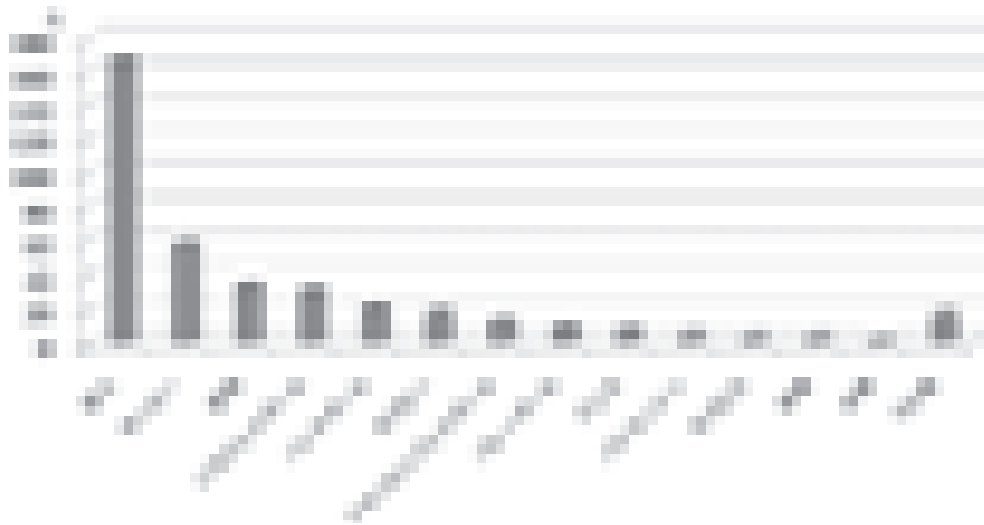


図2 男性競技種目

陸上競技 (42.5%), サッカー (14.8%), 野球 (8.9%), バスケットボール (7.9%) の順で多く発症がみられた。

のほうが有意に男性よりも発症年齢が低かった ($p < 0.01$) (図1)。また、発症年齢を中学生 (13~15歳)、高校生 (16~18歳)、大学生 (19~22歳) のカテゴリーに分けると、中学生では女性のほうが男性よりも有意に多く発症しており ($p < 0.01$)、高校生では男性のほうが女性より有意に多く発症していた ($p < 0.01$) (表1)。また、発症側は片側が528例 (52.9%)、両側が471例 (47.1%) であり、片側例の発症は左が290例 (55.0%)、右が237例 (45.0%) であり、片側・両側間、左右間で統計学的有意差はなかった (表2)。男性の競技種目は、陸上競技 (42.5%)、サッカー (14.8%)、野球 (8.9%)、バスケットボール (7.9%) の順で多く発症がみられ (図2)、女性では、バスケットボール (30.0%)、陸上競技 (26.2%)、バレーボール (6.4%) の順で多く発症がみられた (図3)。しかし、全疾患に占めるシンスプリントの割合を発

症の多い競技で比較すると、男性はサッカーが1.34% (58/4,335例) であったのに対して陸上競技では6.81% (167/2,453例)、女性はバスケットボールが4.86% (165/3,395例) であったのに対して陸上競技8.27% (144/1,741例) であり、陸上競技において全疾患に占めるシンスプリントの割合が他の競技と比較して高いことが示された (図4)。その後、陸上競技に焦点を当てて解析を行なった結果、陸上競技選手の発症年齢は、男性で平均 16.8 ± 1.9 歳、女性は平均 16.0 ± 2.1 歳であり、陸上競技においても女性のほうが有意に男性より発症年齢が低かった ($p < 0.01$) (図5)。また、発症側に関しては、左右で有意な差はみられず (左56.9%・右43.1%; $p = 0.258$)、軸足・非軸足 (軸足57.3%・非軸足42.7%; $p = 0.168$) の発症にも有意差はみられなかった。陸上競技の専門種目別でみると、長距離が58.2%と半

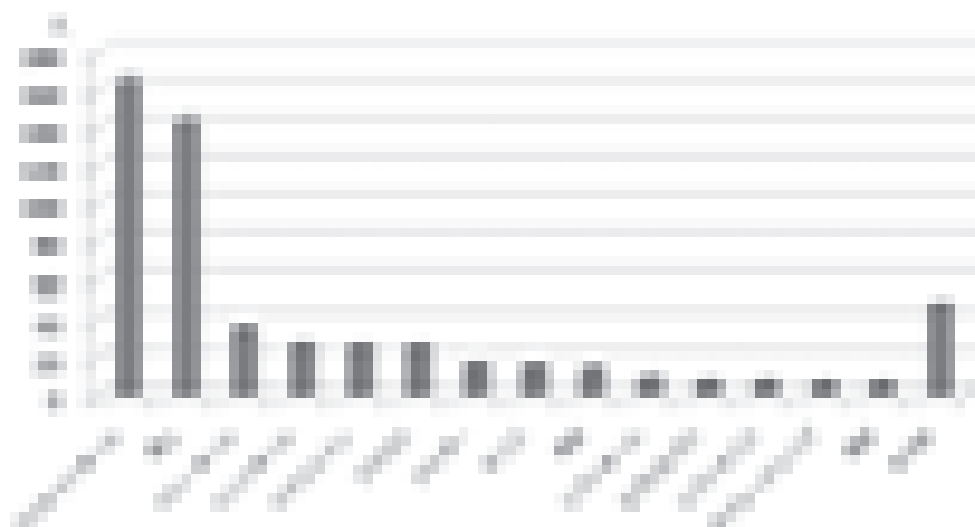


図3 女性競技種目
バスケットボール (30.0%), 陸上競技 (26.2%), バレーボール (6.4%) の順で多く発症がみられた。

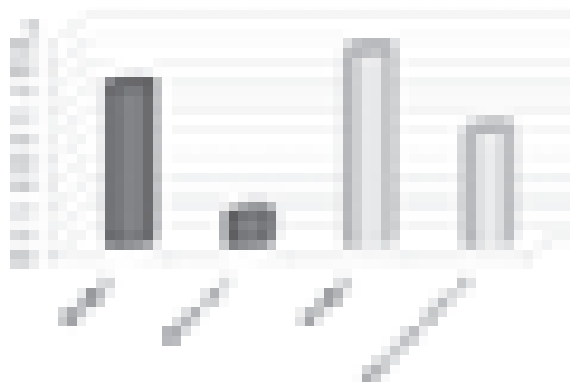


図4 全外傷に占めるシンスプリントの割合
男女ともに陸上競技において全外傷に占めるシンスプリントの割合が高かった。

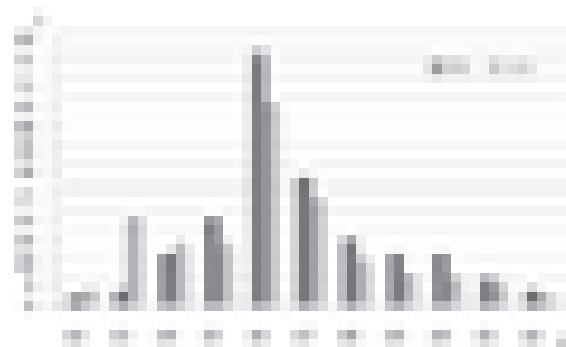


図5 陸上競技における発症年齢
男女ともに16歳でピークを迎えたが、女性では13歳で一度ピークを迎える傾向がみられた。女性のほうが有意に発症年齢は低かった ($p < 0.01$)。

数以上を占めており、短距離27.6%、中距離5.3%と続いていた(図6)。

考 察

本研究の結果から、多数のシンスプリント症例からの疫学的特徴が示された。女性のほうが男性よりも発症が多く、発症年齢も低いという結果が得られた。また、スポーツ競技種目では男女ともに陸上競技の発症率が高く、なかでも長距離選手の発症が多かった。これらのデータは、シンスプリントの病態

解明や予防策を考案するための基礎データとなり得る。

Plisky et al.⁷⁾は、シンスプリントの発症率は男性が1.7/1,000 Athlete Exposures (1,000 AEs)、女性が4.3/1,000 AEsで女性のほうが男性よりも発症が多いと報告している。本研究も過去の報告と同様に男女比は44.1%と55.9%であり、女性で多く発症していた。Yates et al.³⁾は、女性のほうが一般的に身長が低いことなどから、男性と同様のトレーニングを行なうと、歩数やストライド長が増加することでストレスが大きくなる可能性を示唆した。また、下

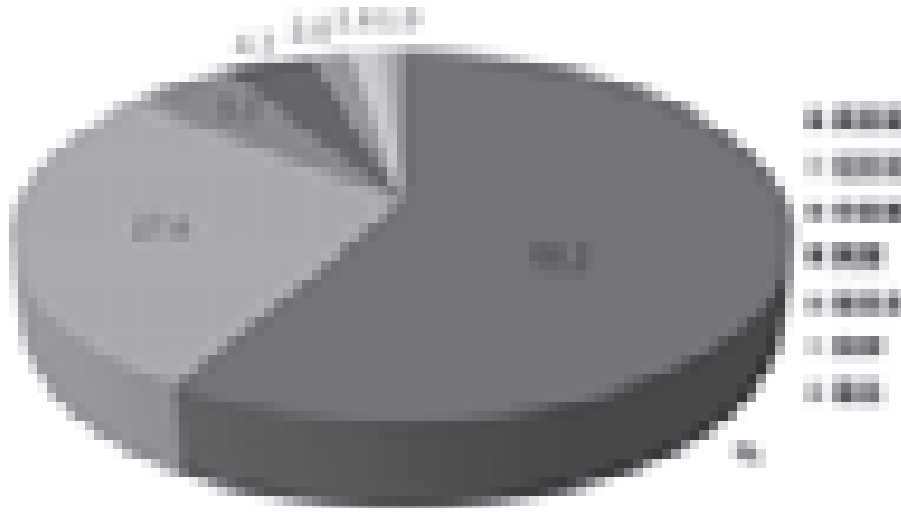


図6 陸上競技における専門種目の割合
長距離が半数以上を占め、短距離、中距離の順が多かった。

腿疲労骨折の発症と関与するとされている女性ホルモンの影響も考えられるが、現時点では推察の域を脱しない。

発症年齢は男女ともに16歳がピークとなり、過去の報告と同様の結果となった^{9, 10)}。男女間の比較において、女性のほうが男性よりも発症年齢が低いという結果が得られたが、これは発症年齢の平均が女性で15.3歳、男性で15.9歳とした内山の報告と同様の結果となった¹⁰⁾。中学から大学までのカテゴリー別の比較においても、女性では中学生での発症が有意に多く、男性では高校生での発症が有意に多くみられた。女性で発症年齢が低い要因は、女性のほうが骨成長が早いことが関連している可能性も示唆される。

発症側は、片側発症と両側発症ではほぼ同程度の割合を示していた。また、左右での比較では左側55.6%、右側44.4%と左側のほうが多い傾向がみられたが、有意差は認められなかった。競技種目別での比較では、発症数は男性では陸上競技・サッカー・野球の順で多く、女性ではバスケットボール・陸上競技・バレーボールの順で多く発症していた。これは過去の報告と同様の結果となった¹⁰⁾。しかし、全外傷に占めるシンスプリントの割合を種目別で比較すると、男女ともに陸上競技が他の競技と比較して発症率が高かった。サッカーやバスケットボールで発

生数が多いのは、競技人口の大きさが反映されている可能性が示唆された。よって、シンスプリントはサッカーやバスケットボールなどにおいても発症が多くみられるものの、陸上競技において多く発症する障害であると推測される。

陸上競技選手における発症年齢を集計すると、全競技における発症年齢と同様に男女ともに16歳での発症が多くみられ、女性のほうが男性よりも有意に発症年齢が低かった。また、女性では、13歳で一度目のピークを迎え、16歳で二度目のピークを迎える傾向が示された。この結果は、中学・高校入学後の新生入生にシンスプリントの発症が多いことを示しており、この時期の選手に対する練習量のコントロールなどが発症予防につながる可能性が示唆される。陸上競技の専門種目別の比較では、長距離選手が58.2%と半数を超えており、短距離選手(27.6%)の2倍以上の割合であった。陸上専門種目別での発症割合を過去に示した報告はなく、本研究はシンスプリントが陸上長距離選手に多く発症することを示した最初の報告である。

陸上競技における発症側は、左のほうが右よりも発症数は多かったものの、統計学的有意差は認められなかった。これはトラックの左回りを繰り返す陸上選手において、左足のほうが“Toe-out”傾向となり足部過回内となるために、シンスプリントを発症

しやすという過去の発症メカニズムを否定する結果となる可能性がある。コーナーの影響にかかわらず、ランニングフォームの異常が関与している可能性もあり、環境要因よりも身体的・生体力学的要因による影響が大きいことが予測される。今後はこのような視点からの検討も進めていくことが重要と思われる。

本研究にはいくつかの限界が存在する。1つ目は、1つの施設における後ろ向き調査によって集められたデータであるという点である。年齢やスポーツ競技人口の偏りによる地域特性や施設特性が競技種目の発症率や発症年齢に影響を与えた可能性があるが、多数の対象数を確保できているため、影響は少ないと考える。2つ目は、データの多くが患者の間診データから得られているという点である。問診データは患者の記憶に任せられているため、記憶バイアスなどの影響により正確なデータが得られていない可能性は否定できない。以上の限界を含むものの、対象数の大きさなどから、本研究の結果はある程度の客観性を含んでいるものと考えられる。

結 論

本研究は多数の患者データから、シンスプリントの疫学的特徴を示した。シンスプリントの発症は、男性よりも女性で多く、女性のほうが男性よりも発症年齢が低かった。また、競技種目は男女ともに陸上競技で発症率が高く、特に長距離選手で発症が多くみられた。発症側は、片側・両側は同程度の割合であり、左右差は認められなかった。この疫学データが今後の臨床研究の基礎となり、シンスプリントの更なる病態解明と治療・予防戦略へとつながることを期待したい。

文 献

1) Craig DI : Medial tibial stress syndrome : evidence-based prevention. *J Athl Train*, 43 : 316-

318, 2008.
 2) Moen MH et al : Medial tibial stress syndrome : a critical review. *Sports Med*, 39 : 523-546, 2009.
 3) Yates B et al : The incidence and risk factors in the development of medial tibial stress syndrome among naval recruits. *Am J Sports Med*, 32 : 772-780, 2004.
 4) Bandholm T et al : Foot medial longitudinal-arch deformation during quiet standing and gait in subjects with medial tibial stress syndrome. *J Foot Ankle Surg*, 47 : 89-95, 2008.
 5) Bennett JE et al : Factors contributing to the development of medial tibial stress syndrome in high school runners. *J Orthop Sports Phys Ther*, 31 : 504-510, 2001.
 6) Burne SG et al : Risk factors associated with exertional medial tibial pain : a 12 month prospective clinical study. *Br J Sports Med*, 38 : 441-445, 2004.
 7) Plisky MS et al : Medial tibial stress syndrome in high school cross-country runners : incidence and risk factors. *J Orthop Sports Phys Ther*, 37 : 40-47, 2007.
 8) Hubbard TJ et al : Contributing factors to medial tibial stress syndrome : a prospective investigation. *Med Sci Sports Exerc*, 41 : 490-496, 2009.
 9) 谷田 敦 : 当院におけるシンスプリントの発生状況と理学療法について. *中部整災誌*, 49 : 147-148, 2006.
 10) 内山英司 : 成長期下腿骨疲労骨折, シンスプリントの診断と治療. *骨・関節・靭帯*, 19 : 327-333, 2006.
 11) 萬納寺毅智 : スポーツ選手のシンスプリントについて. *臨床スポーツ医学*, 13 : 489-491, 1996.

膝屈筋腱を用いた解剖学的2重束前十字靭帯 再建術において術前に採取腱の予測は可能か

Predictors for Hamstring Graft Size in Anatomical Double-bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

鈴木 朱美 Akemi Suzuki

福島 重宣 Shigenobu Fukushima

● Key words

前十字靭帯再建術, 膝屈筋腱, 予測

Anterior cruciate ligament reconstruction : Hamstring tendon : Predictor

●要旨

膝屈筋腱を用いた解剖学的2重束 ACL再建術において, 半腱様筋腱に加えて薄筋腱を追加採取する必要があるか, 術前に予測可能か検討した. 対象は98例98膝(男性38例, 女性60例)であり, 手術時年齢は平均23.7歳であった. 半腱様筋腱の全長が220mm未満あるいは2重折りとしその径が5mm未満の場合は薄筋腱を追加採取した. 半腱様筋腱単独採取群と薄筋腱追加採取群で, 腱の採取に影響を与える因子として, 手術時年齢, 性別, 身長, 体重および膝周囲筋力について検討した. 性別では, 両群間に有意差を認めなかった. 男女別では, 女性では手術時年齢と身長において有意差を認めた. 薄筋腱追加採取を必要とする危険因子としては身長が考えられた.

はじめに

膝屈筋腱を用いた膝前十字靭帯(ACL)再建術では, 半腱様筋腱単独で行なう場合と, 半腱様筋腱および薄筋腱を用いて行なう場合がある. 採取腱の違いにより膝屈曲筋力の差はなかったとする報告¹⁾や薄筋腱を温存したほうが深屈曲位での屈曲筋力の低下は小さかったとする報告^{2,3)}がある. 筆者らは, 深屈曲位での筋力低下を防ぐために, 可能な限り半腱様筋腱単独で行なっている. しかし, 半腱様筋腱だけでは長さあるいは太さが不十分で, 薄筋腱の追

加採取が必要となることがある. そこで, 薄筋腱を追加採取する必要があるか, 術前に予測可能であれば, 移植腱選択の1つの判断要素となるのではないかと考えた. 本研究の目的は, 膝屈筋腱を用いた解剖学的2重束 ACL再建術において, 薄筋腱を追加採取する必要があるか, 術前に予測可能か検討することである.

対象と方法

対象は, 2008年1月から2010年3月に, 膝屈筋腱を用いた解剖学的2重束 ACL再建術を施行した

鈴木朱美

〒990-8545 山形市沖町79-1

済生会山形済生病院整形外科

TEL 023-682-1111/FAX 023-682-0122

E-mail akemi-s@ameria.org

済生会山形済生病院整形外科

Department of Orthopaedic Surgery, Saiseikai Yamagata Saisei Hospital

表1 検討項目(男性)

	ST群 (N = 18)	STG群 (N = 20)	<i>p</i>
手術時年齢(歳)	24.7 ± 7.9	26.7 ± 10.6	NS
身長(cm)	171.8 ± 4.5	170.2 ± 7.6	NS
体重(kg)	75.6 ± 15.8	71.2 ± 12.1	NS
健側伸展筋力(%)	91.1 ± 16.5	81.0 ± 13.9	NS (<i>p</i> = 0.07)
屈曲筋力(%)	45.2 ± 9.1	43.1 ± 9.1	NS
患側伸展筋力(%)	69.8 ± 17.6	57.9 ± 17.4	NS (<i>p</i> = 0.07)
屈曲筋力(%)	38.9 ± 11.9	34.2 ± 11.8	NS

NS : not significant

表2 検討項目(女性)

	ST群 (N = 26)	STG群 (N = 34)	<i>p</i>
手術時年齢(歳)	25.5 ± 11.9	20.2 ± 8.6	<i>p</i> < 0.05
身長(cm)	162.8 ± 5.7	157.2 ± 5.0	<i>p</i> < 0.01
体重(kg)	55.9 ± 6.3	54.6 ± 7.5	NS
健側伸展筋力(%)	72.8 ± 12.8	68.3 ± 16.8	NS
屈曲筋力(%)	34.8 ± 8.3	32.3 ± 9.2	NS
患側伸展筋力(%)	51.7 ± 13.1	49.4 ± 15.1	NS
屈曲筋力(%)	27.7 ± 7.6	24.0 ± 7.8	NS (<i>p</i> = 0.06)

98例98膝であり、男性38例、女性60例であった。再々建術の症例および腱の採取が不十分で1重束再建術となった症例は除外した。手術時年齢は12歳から50歳(平均23.7歳)であった。

腱の採取は、オープンタイプテンドストリッパー®(Smith and Nephew Endoscopy)を用いて行なった。初めに半腱様筋腱を採取し、その全長が220mm未満あるいは2重折りとしその径が5mm未満の場合は、薄筋腱を追加採取した。半腱様筋腱単独採取群(ST群)と薄筋腱追加採取群(STG群)の2群に分類し、腱の採取に影響を与える因子について検討した。検討項目は、性別、手術時年齢、身長、体重および術前の膝周囲筋力とし、男女別に両群間でそれぞれ比較検討した。膝周囲筋力は、膝関節伸展および屈曲の等速度性筋力をCYBEX-NORM®(米国、CSMi社)で測定し、角速度60°/secにおけるピークトルク値の体重比(%)を両群間でそれぞれ比較検討した。また、薄筋腱追加採取を必要とする危険因子として、手術時年齢、性別、身長および体重について検討した。統計学的解析は、両群間の比較にはχ²検定およびMann-WhitneyのU検定を用い、薄筋腱追加採取の危険因子の検討にはロジス

ティック回帰分析を用いた。危険率5%未満を有意差ありとした。

結 果

性別では、ST群は男性18例、女性26例、STG群は男性20例、女性34例であり、両群間に有意差は認めなかった。男女別での検討では、男性では、手術時年齢、身長、体重および術前筋力のいずれの項目においても両群間に有意差は認めなかった(表1)。女性では、手術時年齢ではST群25.5 ± 11.9歳、STG群20.2 ± 8.6歳であり、STG群で有意に低かった(*p* < 0.05)。身長では、ST群162.8 ± 5.7cm、STG群157.2 ± 5.0cmであり、STG群で有意に低値であった(*p* < 0.01)。体重および術前筋力では両群間に有意差は認めなかった(表2)。そこで、女性の身長に着目し、身長別にST群、STG群の割合について検討した。STGの割合は、160cm未満では78.8%、155cm未満では84.6%であり、身長が低いほどSTGの割合が増加していた(図1)。

次に、薄筋腱追加採取となる危険因子の検討では、身長でのみ有意差を認め、オッズ比が0.88倍

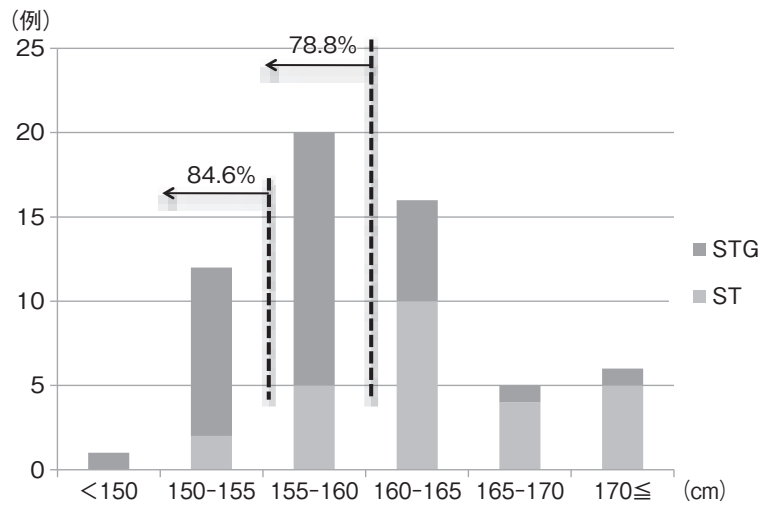


図1 女性における身長別のST群, STG群の分布

表3 薄筋腱追加採取の危険因子

危険因子	オッズ比	95% C.I.
手術時年齢	0.98	0.94~ 1.03
性別	3.21	0.85~12.10
身長	0.88*	0.81~ 0.96
体重	1.01	0.96~ 1.06

* $p < 0.05$

であった(表3)。これは、身長が高くなるほど薄筋腱採取を必要とする危険が少なくなることを示唆している。手術時年齢、性別および体重では有意差は認めなかった。

考 察

移植腱の径に関連する因子として、過去の報告では、STG4重折ACL再建術において、Maら⁴⁾は、身長および性別で相関があったとしている。男性では女性に比べ移植腱の径が有意に大きく、また男女別の検討では、男性でのみ身長と相関があったと述べている。Tumanら⁵⁾は、身長、体重、年齢および性別で相関を認め、とくに身長で強い相関を認めたと報告している。身長が低い、体重が軽い、年齢が高い、女性、で移植腱の径が小さくなる傾向があったと述べている。また、Hamadaら⁶⁾は、身長が175cm以上であれば80%が半腱様筋腱単独で可能であったが、155cm以下では17%のみであり、身長は

1つのよい指標となりうると報告している。本研究では、薄筋腱追加採取を必要とする危険因子として、身長が考えられた。また、男女別でみると、女性でのみ身長、年齢で有意差を認めた。身長が低いおよび年齢が低い症例で薄筋腱追加採取を必要としていた。とくに身長では、160cm未満では78.8%、155cm未満では84.6%が薄筋腱追加採取を必要としており、身長が低い女性では、移植腱の選択に十分な注意を要すると考える。しかし、身長が低い症例あるいは年齢が低い症例でも半腱様筋腱単独で十分可能であったものもあり、スポーツ活動レベルやスポーツ種目など他の因子の関与についても今後検討する必要がある。

ま と め

1. 膝屈筋腱を用いた解剖学的2重束ACL再建術において、薄筋腱を追加採取する必要があるか、術前に予測可能か検討した。

2. 男女別では、女性において身長が低い、年齢が低い有意に薄筋腱追加採取を必要としていた。
3. 薄筋腱追加採取の危険因子として、身長が考えられた。

文 献

- 1) 濱田雅之ほか：自家内側ハムストリング筋腱を用いた膝前十字靭帯再建術における術後筋力評価-薄筋腱併用の影響-。臨床スポーツ医学, 15 : 403-405, 1998.
- 2) 中嶋理子ほか：半腱様筋と薄筋による前十字靭帯再建術後の膝屈筋力の筋力低下。臨床スポーツ医学, 13 : 681-686, 1996.
- 3) 川上 明ほか：ハムストリング腱を用いたACL再建術における屈筋筋力低下とその対策。整・災外, 46 : 1255-1264, 2003.
- 4) Ma CB et al : Can pre-operative measures predict quadruple hamstring graft diameter ? . Knee, 17 : 81-83, 2010.
- 5) Tuman JM et al : Predictors for hamstring graft diameter in anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med, 35 : 1945-1949, 2007.
- 6) Hamada M et al : Cross-sectional area measurement of the semitendinosus tendon for anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy, 14 : 696-701, 1998.

中学生・高校生野球投手における身体特性 —上下肢可動域の左右差に着目して—

Physical Characteristics of Adolescent Baseball Pitchers : Pay Attention to the Bilateral Differences in Range of Motion of Upper and Lower Extremities

松井 知之 ¹⁾	Tomoyuki Matsui	森原 徹 ^{1,2)}	Toru Morihara
木田 圭重 ²⁾	Yoshikazu Kida	東 善一 ¹⁾	Yoshikazu Azuma
北條 達也 ³⁾	Tatsuya Hojo	長谷 齊 ^{1,2)}	Hitoshi Hase

● Key words

投球障害, 股関節, 下肢柔軟性

● 要旨

野球検診に参加した中学生 (93 例) および高校生 (140 例) 投手の関節可動域を測定し, 投手の身体特性を検討した. 測定項目は肩関節 2nd ポジションの外旋・内旋, 3rd ポジション内旋, 股関節屈曲・内旋, SLR, HBD とし, 左右差を検討した. 肩関節 2nd ポジションでの外旋は投球側が有意に大きかった. 内旋は 2nd, 3rd とともに非投球側が有意に大きかった. 下肢は, 股関節内旋, SLR は非投球側が有意に大きかった. 股関節内旋, SLR の左右差は投球という左右非対称の繰り返し動作によって生じた投手の身体的特性と考えた. この下肢柔軟性の左右差は投球障害に対するリハビリテーションを行なううえでも重要な指標になると考えた.

はじめに

投球障害肘・肩とは, はっきりとした受傷機転がなく徐々に肩関節や肘関節の疼痛が出現し, 関節可動域制限, 筋力低下をきたし, 全力投球できなくなる状態である¹⁾. その原因として過度な投球数や筋力・柔軟性不足に加え, 下肢, 体幹を使用しない不良な投球動作の繰り返しがあげられる.

投球動作では, 下肢・体幹・上肢の協調運動に伴う運動連鎖が必要であり^{2,3)}, 基礎となる下肢機能が最も重要である. 投球障害をきたした選手の理学所見として, 下肢伸展挙上 (Straight Leg Rising : SLR) の制限, 踵殿距離 (Heel Buttock Distance : HBD) の増大, 股関節可動域低下など, 下肢の柔軟性低下が報告されている^{4,5)}.

そこでわれわれは野球教室に参加した全力投球可能な中・高校生投手に対し, 野球検診を行なった.

松井知之
〒602-8566 京都市上京区河原町広小路上ル
梶井町 465
京都府立医科大学附属病院
リハビリテーション部
TEL 075-251-5553

- 1) 京都府立医科大学附属病院リハビリテーション部
Rehabilitation Unit, Kyoto Prefectural University of Medicine
- 2) 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 (整形外科教室)
Department of Orthopaedics, Graduate School of Medical Science, Kyoto Prefectural University of Medicine
- 3) 同志社大学スポーツ健康科学部
Doshisha University, Faculty of Health & Sports Science



図1 測定風景

なかでも下肢柔軟性は、個体間で差が大きく、選手一人ひとりにとっての正常範囲の設定が難しく、リハビリテーションを行なううえでも目標改善角度の設定は難しい。本研究は各関節可動域の左右差に着目して、測定を行ない、投手における身体特性について評価した。

対象および方法

対象は2008年および2009年に野球教室に参加した京都府下の中・高校生投手233例であった。内訳は中学生93例、年齢 13.9 ± 0.6 歳、野球開始年齢 8.55 ± 2.1 歳、高校生140例、平均年齢 16.6 ± 0.4 歳、野球開始年齢 8.8 ± 2.2 歳であった。参加者およびチーム責任者に対し、医師がメディカルチェックの意義、重要性の説明を行なった。メディカルチェックの内容として、医師による問診と診察を行なった。次に理学療法士(3名：操作・測定・固定役)によって、肩関節2ndポジションの外旋・内旋、3rdポジション内旋、下肢では股関節屈曲、内旋(90°屈曲位)角度、SLR角度、HBDを測定した(図1)。SLR角度は仰臥位で反対側下肢および骨盤を固定し、挙上する下肢は内・外旋中間位と、大腿と体幹軸とのなす角度を計測した。HBDは腹臥位で股関節内外旋中間位とし、骨盤を固定し、殿部と踵部の距離を測定した。角度はGoniometer(東大型角度計)を用いて1度単位で測定した。

得られたデータの投球側および非投球側を比較検



図2 全選手における肩関節2ndポジション外旋角度の比較

討した。検定はpaired t-testを用い、危険率5%未満を有意とした。

結 果

1. 肩関節2ndポジション外旋(図2)

全選手の投球側肩関節2nd外旋角度は平均 $121.8 \pm 11.3^\circ$ 、非投球側では $111.3 \pm 11.4^\circ$ 、で投球側が有意に大きかった($p < 0.0000001$)。中学生では投球側が $121.7 \pm 11.3^\circ$ 、非投球側が $112.6 \pm 11.9^\circ$ であった。高校生では投球側が $122 \pm 11.3^\circ$ 、非投球側が $111.7 \pm 10.6^\circ$ であり、いずれも有意差を認めた。

2. 肩関節2ndポジション内旋(図3)

全選手の投球側肩関節2nd内旋角度は平均 $40.3 \pm 14.1^\circ$ 、非投球側では $54.2 \pm 13.7^\circ$ で非投球側が有意に大きかった($p < 0.0000001$)。中学生では投球側が $43.5 \pm 14.7^\circ$ 、非投球側が $57.1 \pm 14.4^\circ$ であった。高校生では投球側が $34.4 \pm 10.8^\circ$ 、非投球側が $48.7 \pm 10.5^\circ$ であり、いずれも有意差を認めた。

3. 肩関節3rdポジション内旋角度(図4)

全選手の投球側肩関節3rd内旋角度は平均 $12.9 \pm 9.3^\circ$ 、非投球側では $20.0 \pm 11.1^\circ$ で非投球側が有意に大きかった($p < 0.0000001$)。中学生では投球側が $13.9 \pm 8.8^\circ$ 、非投球側が $20.9 \pm 11.5^\circ$ であった。高校生では投球側が $12.2 \pm 9.9^\circ$ 、非投球側は $19.4 \pm 11.7^\circ$ であり、いずれも有意差を認めた。

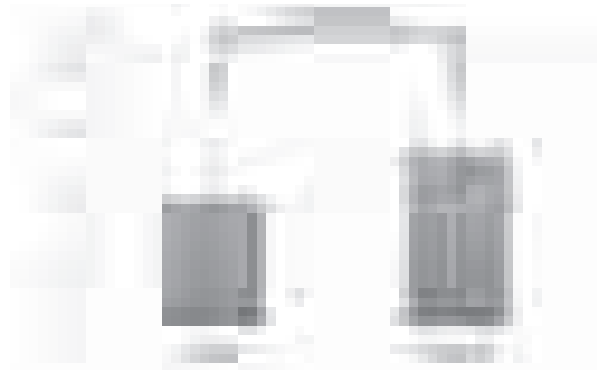


図3 全選手における肩関節2ndポジション内旋角度の比較



図4 全選手における肩関節3rdポジション内旋角度の比較



図5 全選手における股関節屈曲角度の比較

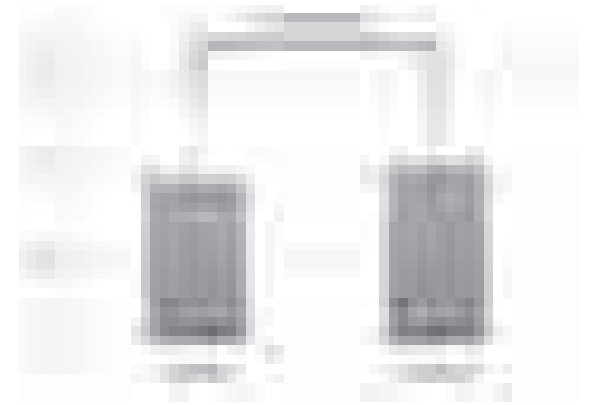


図6 全選手における股関節内旋角度の比較

4. 股関節屈曲角度 (図5)

全選手の投球側股関節屈曲角度は平均 $110.6 \pm 19.3^\circ$ 、非投球側が $113.3 \pm 20.1^\circ$ で有意差を認めなかった。中学生では投球側が $124.3 \pm 9.9^\circ$ 、非投球側が $123.7 \pm 13.9^\circ$ で有意差を認めなかった。高校生では投球側が $100.9 \pm 18.4^\circ$ 、非投球側が $102.6 \pm 19.2^\circ$ ($p < 0.05$)であり、非投球側屈曲角度が有意に大きかった。

5. 股関節内旋角度 (図6)

全選手の投球側股関節内旋角度は平均 $38.3 \pm 13.1^\circ$ 、非投球側では $41.6 \pm 13.5^\circ$ であり、非投球側が有意に高値であった ($p < 0.0000001$)。中学生では投球側が $42.4 \pm 13.5^\circ$ 、非投球側が $46.6 \pm 13.2^\circ$ ($p < 0.001$)、高校生では投球側が $35.4 \pm 12^\circ$ 、非投球側が $38.1 \pm 12.6^\circ$ ($p < 0.001$)であり、いずれも非

投球側内旋角度が大きかった。高校生では中学生より非投球側において有意に可動域は減少していた。

6. SLR (図7)

全選手の投球側SLRは平均 $57.9 \pm 11.1^\circ$ 、非投球側が $59.1 \pm 11.5^\circ$ ($p < 0.05$)で非投球側が有意に大きかった。中学生では投球側が $58.8 \pm 10.6^\circ$ 、非投球側が $59.9 \pm 10.3^\circ$ 、高校生では投球側が $57.4 \pm 11.5^\circ$ 、非投球側が $58.6 \pm 12.3^\circ$ であり、有意差は認めなかった。

7. HBD (図8)

全選手の投球側HBDは平均 11.8 ± 6.3 cm、非投球側が 12.1 ± 6.5 cmで有意差を認めなかった。中学生では投球側が 10.8 ± 6.5 cm、非投球側が 11.1 ± 7 cm、高校生では投球側が 12.6 ± 6.1 cm、非投球側



図7 全選手におけるSLR角度の比較

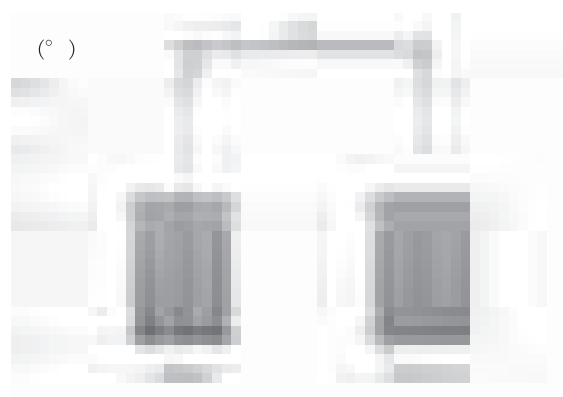


図8 全選手におけるHBDの比較

が $12.9 \pm 6\text{cm}$ であり、有意差は認めなかった。

考 察

投球動作は下肢、体幹、上肢へとスムーズな運動連鎖によって行なわれる全身運動である。地面からの反力を下肢から体幹、上肢へ伝達し、最終的に手指によってボールリリースが行なわれる。どのタイミングで不具合が生じていても、効率的な投球動作を行なうことが困難である。健常な野球選手の上肢機能について岩堀らは、小学生野球選手の投球側の外旋角度が増大し、内旋角度が減少することを報告している⁶⁾。これは肩関節後方組織の柔軟性低下や前方関節包の伸長、上腕骨後捻角の増大による骨性因子が原因とされている⁷⁾。本研究では両群とも2ndポジションでの外旋角度は投球側が大きく、内旋可動域は2nd、3rdポジションともに投球側が有意に小さく、過去の報告と同様の結果であった。

下肢機能については、投球動作に股関節の内旋可動域が関与していることが近年注目されている。しかし関節可動域の左右差や他の関節可動域特性についての報告は少ない。今回われわれは、中・高校生投手233例に対し、肩関節可動域に加えて下肢の可動域の左右差に着目して測定を行なった^{8~10)}。今回の測定では、野球教室に参加した全力投球が可能な選手が対象であり、肩・肘関節に重度な肩・肘関節痛を有した選手はいなかった。中学生、高校生選手の股関節内旋角度では、非投球側が投球側に対し有意に大きかった。投球動作はwindアップ期から

フットプラントまでは側方移動による並進運動が必要であるが、それ以降は非投球側股関節を中心とした回旋運動に変換される。投球による繰り返し動作によって非投球側の股関節内旋が重要となり、可動域に左右差を生じた可能性があると考えた。

SLRでは非投球側が有意に大きかった。股関節屈曲では高校生で非投球側が有意に大きかった。ハムストリングスは二関節筋であり、膝関節・股関節に作用する。二関節筋の活動は不明な点が多いが、ハムストリングスは荷重下では活動が少ないという報告や¹¹⁾、近年、二関節筋自体が活動しないCKCサイレント現象が指摘され¹²⁾、主な働きは筋出力の方向制御に寄与していると報告されている¹³⁾。投球動作中のハムストリングスが伸張される要因がどの相によるものか、骨盤・股関節・膝関節角度に加え、収縮形態など今後多面的に検討する必要があると考える。

股関節屈曲に関しては、windアップ期、つまり投球初期から最終まで常に非投球側の股関節屈曲が必要であるため、有意に大きくなった可能性があると考えた。いずれの結果も非投球側下肢の柔軟性が投球動作に必要なことを示しており、投手における特徴的な身体特性と考えた。

しかし股関節内旋可動域の左右差については繰り返し同一の回旋外力が加わっており、外旋筋群のオーバーユースによる伸張性低下や、大腿骨前捻角の骨性因子の影響を考慮する必要がある。投球動作は同一方向への左右非対称的な繰り返し動作である。投手の下肢柔軟性に左右差が生じていることは、投

球動作に必要な可動域特性と考えた。非投球側の股関節内旋制限は、体幹の回旋不足を生じ、結果肩・肘関節への負担が生じることが推察されており、スムーズな重心の前方移動を促すことが重要である^{14, 15)}。左右差が逆転している状態、つまり非投球側股関節内旋の可動域制限が減少して左右差がなくなることで、投球障害を引き起こすシグナルになる可能性がある。テーピングで人為的に足関節、股関節の可動域制限を行ない、投球動作解析を行なった結果、肩・肘関節の負担が増大する可能性があることが報告されており¹⁶⁾、投球障害を有する選手の下肢関節可動域評価は重要であると考えられる。

結 語

中学生および高校生投手に対し野球検診を行ない、肩関節と下肢関節可動域を測定した。股関節内旋およびSLR角度は、中学生、高校生ともに非投球側が有意に大きく、投手の身体特性と考えた。

文 献

- 1) 鈴木俊明ほか：Physical therapy for Shoulder Disorder. アイベック，東京：251-278，2009.
- 2) 宮下浩二ほか：投球動作における下肢・体幹・上肢の連動. Journal of Athletic Rehabilitation, 4：39-49，2002-2003.
- 3) 宮下浩二ほか：投球動作で要求される下肢関節機能に関する検討. Journal of Athletic Rehabilitation, 2：65-72，1999.
- 4) 原 正文：投球障害の診察法(メディカルチェックを中心として). 骨・関節・靭帯, 20：301-308，2007.
- 5) 山口光圀ほか：スポーツ障害に対する理学療法. MB Med Reha, 17：76-85，2002.
- 6) 岩堀裕介ほか：少年野球選手の肩関節内旋可動域減少. 肩関節, 27：415-419，2003.
- 7) 大須賀友晃ほか：小学生と高校生の肩関節可動域-野球選手の内旋減少・外旋拡大について-. 骨・関節・靭帯, 20：325-335，2007.
- 8) 松井知之ほか：京都府中学校野球チームのメディカルチェック. 体力科学, 58：774，2009.
- 9) 森原 徹ほか：京都府高等学校硬式野球選手に対する障害予防の取り組み. 整形スボ会誌, 29：268，2009.
- 10) 木田圭重ほか：京都府中学校野球投手の肩・股関節所見の特徴. 整スボ会誌, 29：271，2009.
- 11) Isear JA et al：EMG analysis of lower extremity muscle recruitment patterns during an unloaded squat. Medicine & Science in Sports & Exercise, 29：532-539，1997.
- 12) 河村顕治：大腿直筋におけるCKCサイレント. 日臨バイオメカ会誌, 28：375-379，2007.
- 13) 宮地 司ほか：筋電気刺激を利用したClosed Kinetic Chainにおける二関節筋作用の解析. 日臨バイオメカ会誌, 30：404-404，2009.
- 14) 伊藤博一ほか：肩関節投球障害者へのリハビリテーション指導—真下投げの有効性—. 臨床スポーツ医学, 13：68-76，2005.
- 15) 伊藤博一ほか：肘関節投球障害者へのリハビリテーション指導—真下投げの有効性—. 臨床スポーツ医学, 13：78-87，2005.
- 16) 筒井廣明：野球肩の最近の話題. 日整会誌, 83：475-486，2009.

ウエイトリフティングにより生じた舟状骨骨折の1例

A Case of Scaphoid Fracture in a Weight Lifter

今井 大助 Daisuke Imai

中村 光伸 Koushin Nakamura

今井 立史 Risshi Imai

● Key words

舟状骨骨折, ウエイトリフティング

Scaphoid waist fracture : Weightlifting

● 要旨

目的: ウエイトリフティングにより生じた舟状骨骨折のまれな1例を経験したので報告する.

症例: 15歳男性, ウエイトリフティング競技中, 102kgのバーをクリーンキャッチした瞬間, 後方にバランスを崩し, 右手関節が強く背屈され激痛が出現した. 単純X線, CT像所見により舟状骨骨折を認めた.

考察: バーをキャッチした際, 手関節は強背屈され撓屈したため, 舟状骨体部が撓骨茎状突起を支点とした曲げ応力により骨折したと推察された.

緒 言

ウエイトリフティングにより生じた舟状骨骨折の報告は極めて少なく, われわれの渉猟しえた限りではReiderらの報告のみであった. 今回ウエイトリフティングにより生じた舟状骨骨折のまれな1例を経験したので, その発生機序等に考察を加えて報告する.

症 例

症例: 15歳, 男性.

主訴: 右手関節痛.

家族歴・既往歴: 特記すべきことはない.

現病歴: ウエイトリフティング競技中, 102kgのバーをクリーンキャッチした瞬間, 後方にバランス

を崩し, 右手関節が強く背屈され激痛が出現した. 同日当院を受診した.

初診時所見: 右手関節は軽度腫脹しており, 背屈により疼痛が悪化し, anatomical snuff boxに圧痛を認めた.

初診時単純X線所見: 手関節尺屈位での正面像で, 舟状骨近位1/3に骨折線を認めた(図1).

初診時CT像所見: 舟状骨近位1/3から斜めに走る骨折線を認めた(図2).

以上より舟状骨骨折の診断で, 右母指MP関節を含むShort arm thumb spica castにて固定した.

3週後の単純X線像では, 初診時と同じく骨片転位は認めずシーネ固定とした. 9週後の単純X線像で骨癒合を認めたため, リフトアップのみの軽い練習を再開した. 12週後ではほぼ完全に骨癒合が得られた(図3).

今井大助
〒400-0814 甲府市上阿原町1151
今井整形外科医院
TEL 055-232-7411

今井整形外科医院
Imai Orthopaedic Clinic



図1 単純X線像
舟状骨近位1/3に骨折線を認めた。

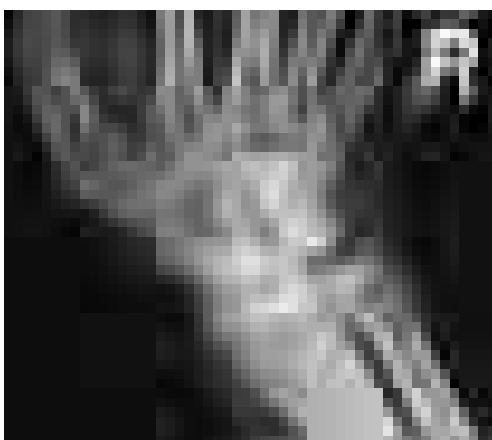


図3 単純X線像
12週後単純X線像：ほぼ完全に骨癒合を認める。



図2 CT像
舟状骨近位1/3から斜めに走る骨折線を認めた。

ーやバレーボールでの転倒による受傷が多かった。

また当院におけるウエイトリフティングでの障害発生部位は、胸部、特に第一肋骨骨折が最も多く、次いで膝、手関節、腰部であった。手関節は舟状骨骨折1例、舟状骨偽関節1例、橈骨遠位骨端線離解が1例であった(図4)。

舟状骨骨折の受傷機転については、Weberらが死体手を使った実験で骨折を再現している。前腕を固定し手掌にブロックをのせ圧力をかけていくと、舟状骨骨折を起こすには、手関節95°以上の背屈と、460～960ポンドの圧力が必要であると述べている⁵⁾。本症例のようにウエイトリフティングの場合、バーの持ち方や手関節の傾きなどさまざまな要因が考えられる。

ウエイトリフティング競技でクリーンキャッチの際、バーは胸部つまり鎖骨上にのせることとなるが、このときバーは手掌橈側、主に2、3指MP関節より末梢で支える形となる。本症例の場合キャッチした際、後方へバランスを崩した瞬間に痛みが発生したことより、バーの重さで手掌橈側に過度の負荷がかかり、手関節は強背屈し、さらに橈屈したと考えられる。さらにバランスを崩した際、鎖骨上に

考 察

ウエイトリフティングにより発生した手関節骨折の報告は、橈骨骨端線離解、Colles骨折などいくつか散見されるが、舟状骨骨折はまれで、われわれの渉猟しえた限りでは本邦での報告はなく、Reiderらの報告のみであった¹⁾。

舟状骨骨折は、一般的には転倒時に手掌をつき手関節背屈を強制されて発生するとされており、このような機会の多いスポーツで比較的好発する^{2,3,4)}。当院におけるスポーツによる舟状骨骨折も、サッカー

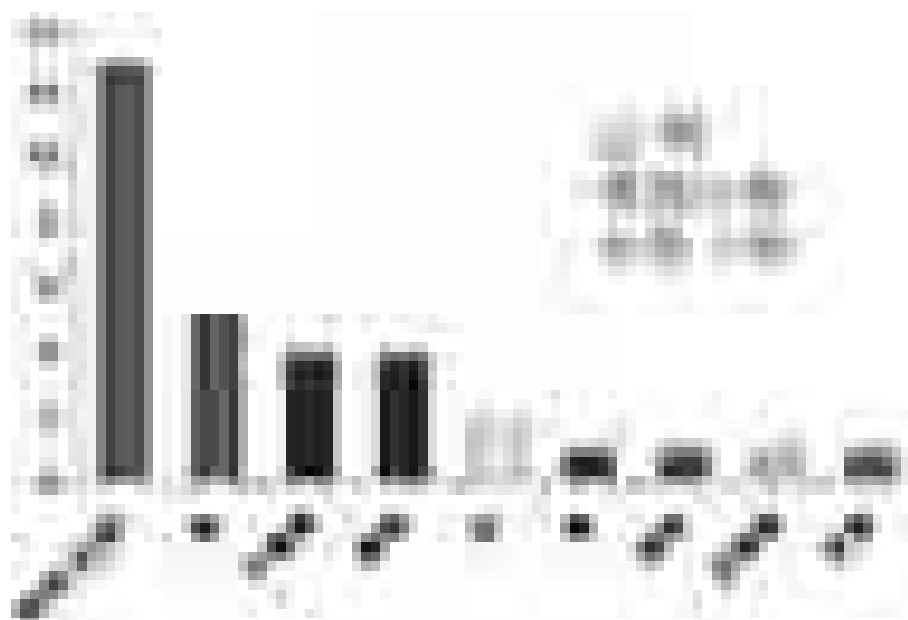


図4 ウエイトリフティングでの障害発生部位



図5 受傷時の手関節肢位
a: クリーンキャッチー連動作.
b: 手関節背屈.
c: 手関節橈屈.

乗っていたバーがすべり、瞬間的に過度の圧力が手関節にかかったと推察される(図5).

舟状骨が背屈する際、舟状骨近位部は靭帯、橈

骨、有頭骨、月状骨に挟まれ固定されるが⁶⁾、さらに橈背屈されると、橈骨茎状突起が支点となり⁷⁾、舟状骨体部に曲げ応力が働き骨折したと推測された。

ウエイトリフティングにより生じた舟状骨骨折の本邦での報告は、渉猟しえた範囲ではなくまれな例と思われる。限界の重さを持ち上げるこの競技において、すべての重さがかかるキャッチの瞬間は最も危険な状態であり、個々の能力や技術にあった指導が大切であると思われる。

文 献

- 1) Reider B et al : Scaphoid waist fracture in a weight lifter A case report. Am J Sports Med, 21 : 329-331, 1993.
- 2) 松下和彦ほか：スポーツによる舟状骨骨折の検討. 整スポ会誌, 16 : 118-121, 1996.
- 3) 藤谷博人ほか：スポーツによる舟状骨骨折11例の経験. 整スポ会誌, 11 : 211-213, 1992.
- 4) 藤澤幸三ほか：舟状骨骨折. 臨床スポーツ医学, 20 : 213-220, 2003.
- 5) Weber E R et al : An experimental approach to the mechanism of scaphoid waist fractures. J Hand Surg, 3 : 142-148, 1978.
- 6) 楠目信三ほか：舟状骨疲労骨折の2例. 臨床スポーツ医学, 7 : 591-594, 1990.
- 7) 鶴田敏幸：関節運動の再検討. J Athletic Reha, 4 : 25-37, 2002-2003.

回内扁平足および knee-in を伴う膝痛症例の三次元動作解析 —内側アーチサポート型足底板の効果—

Three-dimensional Motion Analysis for Patient has Knee Pain Syndrome with Pronator Flat Foot and Knee-in — Effect of Medial Arch Support —

三好 徹¹⁾ Toru Miyoshi 大越 康充²⁾ Yasumitsu Ohkoshi
前田 龍智²⁾ Tatsunori Maeda 井野 拓実¹⁾ Takumi Ino
鈴木 航²⁾ Ko Suzuki 名倉 武雄³⁾ Takeo Nagura
松本 秀男⁴⁾ Hideo Matsumoto

● Key words

回内扁平足, ポイントクラスター法, 足底板
Pronator flat foot : Point cluster method : Foot orthosis

●要旨

内側アーチサポート (medial arch support : 以下 MAS) によって運動後の膝痛が改善した症例に対し, MASの効果を経験学的に解明するため, ポイントクラスター法を用いた三次元動作解析を行なった. 対象は運動後の膝痛を有し MASが有効であった12例24膝とした. 計測動作は定常歩行と片脚スクワットとし, 膝関節屈伸角度, 回旋角度について MAS着用の有無で検討を行なった. MASの着用は, 歩行立脚期における大腿骨に対する脛骨の回旋変化量を減少させた. MASは回旋変化量を減少させ, 関節周囲組織や軟骨に生じる張力や剪断力を軽減させることで, 膝痛改善の効果をもたらすと考えられた.

はじめに

アスリートやスポーツ愛好家において, オーバーユースに起因する膝痛がしばしば認められる. このような症例に対しては, 物理療法の施行やスポーツ

活動の制限を指導するも完治せずに治療に難渋する場合が少なくない. 本症の原因として足部のアライメント異常の関与が指摘されている. すなわち扁平足に伴う距骨下関節の過度の回内が脛骨の内旋を増加させ, これが膝関節へのストレスを増加させるというものである. McClay ら¹⁾は, 距骨下関節が過

大越康充
〒041-0802 函館市石川町2-115
函館整形外科クリニック整形外科
TEL 0138-34-5700
E-mail ohkoshi.myk@nifty.com

- 1) 函館整形外科クリニックリハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Hakodate Orthopedic Clinic
- 2) 函館整形外科クリニック整形外科
Department of Orthopedic, Hakodate Orthopedic Clinic
- 3) 慶應義塾大学医学部運動器生体工学寄附講座
Department of Clinical Biomechanics, School of Medicine, Keio University
- 4) 慶應義塾大学医学部スポーツ医学総合センター
Institute for integrated sports medicine, School of Medicine, Keio University

回内するランナーにおけるランニング中の下肢の運動パターンを、体表マーカによる三次元動作解析を用いて解析している。その中で距骨下関節の回内と脛骨の内旋に正の相関があることを示した。Grossら²⁾は足部と膝蓋大腿関節の運動学的関係に関する過去の報告をレビューしている。その中で距骨下関節の過回内が下腿の内旋と内方傾斜を助長し、膝外反角や膝蓋骨内方偏位を増加させるとしている。その結果、Q-角が増大し、膝蓋大腿関節への応力を増加させると報告している。このような症例に対し、スポーツ現場では内側アーチサポート (medial arch support : 以下 MAS) や内側楔状足底板などを用いた治療が効果的であるという報告が散見される^{3,4)}。これらのインソールの使用は、距骨下関節の過回内を制限し脛骨の過度な内旋を減じること、膝関節への応力の軽減を期待するものである。一方、Lafortuneら⁵⁾は歩行における膝関節のキネマティクスに及ぼす足底板の影響について三次元動作解析を行なった。その結果、足底板の使用による有意な影響は認められなかったと報告している。また深野ら⁶⁾やNesterら⁷⁾は楔状足底板装着による膝関節への影響を体表マーカを用いた歩行動作解析によって解析したが、膝関節回旋角度への影響は少ないと報告している。このように MAS や内側楔状足底板がもたらす臨床的効果のメカニズムは従来の運動学的研究では解明されていない。近年、膝関節の詳細な骨運動を計測する手法として Andriacchiら⁸⁾が考案した Point Cluster 法 (以下 PC 法) が注目されている。PC 法は体表マーカを用いた膝関節の三次元動作解析法であり、動作に制限を加えることなく膝の三次元運動が計測可能である。

本研究の目的は、MAS 着用が膝関節に及ぼす臨床的効果のメカニズムを PC 法を用いて運動学的に解明することである。

対象と方法

平成 20 年 8 月から平成 21 年 3 月までに運動後の膝痛にて当院を受診し、MRI を撮影した症例は 40 例であった。疼痛の訴えは膝関節内外側や膝蓋骨周囲に認められた (表 1)。他覚的な圧痛は膝関節外側、内側、前方など膝関節周囲に認められた (表 2)。

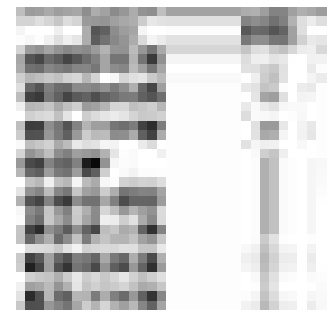


表 1 自覚的疼痛部位の内訳



表 2 他覚的圧痛部位の内訳

理学所見と MRI 所見から半月板損傷と、靭帯損傷が否定された症例は 35 例であり、内 31 例に knee-in と回内扁平足の下肢アライメント異常が両側性に認められた。その内 25 例に対して MAS を処方した。MAS を処方後に直接検診による経過観察が不可能であった 7 症例を除外し、症状の改善が得られた 18 例中動作解析を施行し得た男性 5 例、女性 7 例、計 12 例 24 膝を対象とした。平均年齢は 15.0 ± 1.9 歳であった。症状改善の指標として Visual Analogue Scale (以下 VAS) を用いた。MAS 着用により運動後の VAS が平均 6.9 ± 2.1 から 3.1 ± 2.6 へと有意に改善していた (Wilcoxon signed-rank test, $p < 0.01$)。MAS 処方後、経過観察不可能で対象から除外した 7 症例に対しては、効果を確認するため電話調査を行なった。調査では MAS 使用による主観的な感想と、痛みの変化を確認した。7 症例すべての症例で電話調査の協力が得られた。そのうち 6 例は「疼痛が和らいだ」、「膝が曲げやすくなった」、「膝が前を向くよ

表3 舟状骨高と FTA の比較

うになった」など効果が得られたという回答であった。しかし1例については「あまり変わりがなかった」という回答であった。下肢アライメント異常は熟練した医師および理学療法士により視認された knee-in や回内扁平足とした。Knee-in は片脚スクワット時に前額面上において膝関節が足部の前後軸に対して内方に偏位していくものとした。また、回内扁平足は荷重時に距骨下関節が過度に回内し内側縦アーチが著しく低下するものとした。内側縦アーチ低下の指標には Williams ら⁹⁾ の舟状骨高を用いて評価した。今回測定した24足の舟状骨高は全例において正常値より低値を示し、その平均値は正常値より有意に低かった(表3)。また、全症例において、knee-in や足部変形は両側性であり、足部痛を訴える症例はなかった。また、後脛骨筋損傷をきたすような外傷歴はなかった。大腿脛骨角(以下 FTA)は MAS 着用なしでは平均 $176.3 \pm 1.7^\circ$ 、MAS 着用では平均 $176.4 \pm 1.7^\circ$ であり、いずれも正常範囲内であった(表3)。

MAS は足型を Trittscaum (Spigron Spin 社, Gronau) を用いて採型し、完成した陰性モデルを Swiss Comfort (Swiss Comfort 社, Thun) によりスキャンし陽性モデルを作成した。使用した素材はエチレンビニルアセテートとし、硬度は 35HS とした。陰性モデルの修正基準¹¹⁾に従い、内側縦アーチの高さを 8mm、第3中足骨頭部の中足骨パッドの厚さを 7mm に調整した。これら高さや厚さは素材の厚みを含む。完成した MAS を運動靴の中敷きの代わりに挿入し使用させた。

PC 法は 1998 年に Andriacchi ら⁸⁾により報告された膝関節運動計測手法であり、複数の体表マーカを皮膚上に等間隔に貼付し、皮膚の動き、筋組織の膨



図1 体表マーカ貼付位置

隆による体節の形状変化、運動によって生じるマーカ自体の振動などによるアーチファクトを検出しそれらに補正を加える方法である。これにより正確な骨運動が計測可能になるとしている。なお体表マーカの設置位置として、計測下肢の腸骨稜、大腿骨大転子外側、膝関節外側関節裂隙、足関節外果、踵骨外側部、第5中足骨頭上に合計6つのマーカを設置する。このマーカ位置を基準とし大腿に9個、下腿に6個のマーカを貼付する(図1)。

計測方法の手順として、はじめに PC 法および体表解剖に習熟した理学療法士により被検者の計測下肢体表面上に体表マーカを貼付した。次に三次元動作解析装置である赤外線カメラ4台(ProRflex, Qualisys

社, Gothenburg) および床反力計 (OR6, Advanced Mechanical Technology 社, Watertown) と動作解析ソフト (Qualisys Track Manager 3D, Qualisys 社, Gothenburg) を用い動作を測定した。これにより得られた座標データを PC 法を用いて解析し、膝関節屈伸角度、回旋角度を算出した。また動作解析に精通した医師および理学療法士により、動作中の下肢アライメント変化を観察した。

計測動作は定常歩行および片脚スクワットとした。定常歩行は被験者が最も快適に歩行できる速度で約 8m 直進させ、一歩行周期を計測した。また片脚スクワットは 1 回の膝屈伸動作とし、完全伸展位から屈曲後に再度完全伸展するまでを計測した。その際の膝屈曲角度は片脚立位保持可能な角度までとした。計測は MAS 着用および MAS 着用なしで行ない、それぞれの動作を 3 回計測した。

検討項目は定常歩行、片脚スクワットともに膝関節の屈伸角度、大腿骨に対する脛骨の回旋角度とした。定常歩行は一歩行周期を 100% に規格化し、0～60% が立脚期、60～100% が遊脚期である。屈伸は立脚期における屈伸パターンの分析と最大屈曲角度の算出を行なった。また、回旋は立脚期における回旋パターンの分析と、最大内旋角と最大外旋角の差を回旋変化量として算出した。片脚スクワットにおける屈伸は最大屈曲角度を算出した。また、回旋は最大屈曲角度の前後 10° の範囲での最大内旋角と最

大外旋角の差を回旋変化量として算出した。それぞれの項目を MAS 着用と MAS 着用なしで Student's t-test を用いて比較・検討した。統計学的有意水準は 5% 未満とした。

結 果

MAS 着用なしでの片脚スクワット動作時、すべての被験者において knee-in を伴う膝の動揺が観察された。また、MAS 着用により全被験者において膝関節動揺が減少し、knee-in の軽減が観察された。

定常歩行立脚期における屈伸パターンにおいて MAS 着用の有無による差は認められなかった (図 2)。また、膝関節最大屈曲角度においても MAS 着用なしで $18.8 \pm 6.8^\circ$ 、MAS 着用で $19.0 \pm 6.6^\circ$ と MAS 着用の有無で差は認められなかった (表 4)。回旋パターンでは MAS 着用の有無による差は認められなかった (図 3)。回旋変化量は MAS 着用なしで $15.2 \pm 3.5^\circ$ 、MAS 着用で $13.8 \pm 4.1^\circ$ と MAS 着用により有意に減少した (表 4)。片脚スクワットにおける膝最大屈曲角度は MAS 着用なしで $76.7 \pm 13.5^\circ$ 、MAS 着用で $81.6 \pm 12.3^\circ$ と MAS 着用で有意に増加した (表 4)。回旋変化量は MAS 着用なしで $3.6 \pm 1.7^\circ$ 、MAS 着用で $3.0 \pm 1.4^\circ$ と MAS 着用の有無による統計学的な有意差は認められなかった (表 4)。



図 2 歩行立脚期における屈曲角度と屈伸パターン

考 察

本研究結果から、定常歩行立脚期においてMAS着用により脛骨内旋が減少し、大腿骨に対する脛骨の回旋量が減少することが明らかとなった。これは前述のごとくアライメント異常に起因する膝痛に対してMASが有効となるメカニズムに関する過去の報告²⁻⁴⁾を支持するものである。また、そのメカニズムの一端を客観的に証明した報告はこれまで存在せず、その意味でも本研究の意義は大きいと考えられる。全被検者で観察された片脚スクワット時のknee-inはMASの着用により軽減した。Mann¹²⁾は正常の足部において、45°傾いた距骨下関節の回内を介して下腿の内旋が誘導されることを示しており、これを留め継ぎ型のヒンジにたとえて説明して

いる。このことは距骨下関節の回内量増加に比例して下腿の内旋量も大きくなることを意味している。本症例のように、荷重により距骨下関節の回内が過度に生じると脛骨も内旋する。脛骨の内旋は膝関節を介し大腿骨を内旋させる。これにより膝関節は内側を向いた状態となり、片脚スクワット動作における膝の屈曲方向は内方へ偏位し、前額面上ではknee-inとなると考えられる。正常足部の場合、スクワット動作による距骨下関節の回内、および下腿の内旋は過度に生じない。そのため膝は正面を向いたままknee-inすることなく膝の屈曲が可能である。MASが距骨下関節の過度な回内を制限したため、距骨下関節を介して誘導される下腿の内旋、および大腿の内旋は軽減し、膝が内側を向くことを防いだと考えられる。これにより屈曲方向が正中位に近づき、knee-inが軽減したと考えられる。Joseph



図3 歩行立脚期における回旋角度と屈伸パターン

項目	測定値	単位
歩行立脚期	15.2	度
歩行立脚期	12.8	度
歩行立脚期	10.5	度
歩行立脚期	8.3	度
歩行立脚期	6.1	度
歩行立脚期	4.9	度
歩行立脚期	3.7	度
歩行立脚期	2.5	度
歩行立脚期	1.3	度
歩行立脚期	0.1	度

表4 各計測動作の結果

ら¹³⁾は体表マーカによる三次元動作解析を用い、ドロップジャンプ着地時の距骨下関節回内とknee-inの関係、および内側楔状足底板がそれらに及ぼす影響について報告している。その中で、ドロップジャンプ着地における距骨下関節の回内とknee-inには正の相関を示したとしている。また、内側楔状足底板が回内およびknee-inを有意に減少させたと述べている。動作は異なるがこの報告は本研究結果を支持するものであり、MASはknee-inを軽減し動作の安定に寄与していると考えられる。しかし、片脚スクワットにおける回旋変化量に統計学的有意差は認められなかった。これは、片脚スクワットが筋力などの影響に左右される不安定な動作であり、かつ症例によって最大屈曲角度が異なり、データのばらつきが大きくなったことが原因と考える。しかし、各々の症例をみると24膝中15膝で回旋変化量は減少しており、本研究結果は統計学的パワー不足が影響した可能性があると考えられ、十分な症例数での解析により、MAS着用による回旋変化量の減少が統計学的に示される可能性があると考えられる。

下肢アライメント異常に起因する膝痛のメカニズムについて考察する。膝関節周囲の軟部支持組織、たとえば腸脛靭帯、膝蓋腱、膝窩筋腱、そしてその他の膝周囲筋の付着部は膝関節の運動により何らかの張力を受ける。その程度は各個人のアライメント、運動量などにより影響されると考えられる。前述のごとく、扁平足においては脛骨の内旋角や内外旋変化量が増大することが明らかとなったが、これにより上述の膝周囲軟部支持組織は正常より大きな張力を受ける可能性がある。さらにオーバーユースによる張力の蓄積が、腱炎や腱周囲炎を惹起するものと考えられる。一方、脛骨大腿関節や膝蓋大腿関節の軟骨は脛骨の内旋角や内外旋変化量の増大により、過度の剪断力を受けると考えられる。この剪断力による影響は各個人の膝関節のアライメント異常、関節形状や適合性の異常の程度によって異なるが、オーバーユースにより早期に軟骨損傷をきたす場合もあると考えられる。本研究結果からMASの着用は張力や剪断力などの応力が膝周囲軟部支持組織や軟骨に過度に作用することを軽減し、運動後の膝痛に有効である可能性があると考えられた。

今回25例にMASを処方し、そのうち24例は

MASの使用により疼痛軽減や、動作の安定など何らかの効果を得ることができた。足部のアライメント異常に対して、MASは簡便に用いることができ、個々の足部の状態によって硬度やアーチ高の調整が可能である。また着用による効果が動作の変化として視覚的に確認できることから、臨床現場に用いる治療法として有用と考えられる。

本研究では解析方法としてPC法を採用した。多くの整形外科疾患において、症状は日常生活動作やスポーツ動作など、何らかの動作中に生じる。したがって、病態の解明にはこれら動作の解析が必要であると考えられる。PC法は侵襲がなく、かつ動作に制限を加えることなく膝関節の三次元運動が計測可能であり、動作解析には適していると考えられる。PC法については、体表マーカを用いることによる計測誤差の問題が指摘されている。Alexanderら¹⁴⁾は脛骨に創外固定器を装着した術後患者を被検者とし、計測誤差の検討を行なった。創外固定器を計測して計算された骨運動と、PC法により算出された骨運動の差は最大で3°程度であったと報告している。また石井ら¹⁵⁾は皮膚の動きや筋の膨隆などのシミュレートを試みた下肢模型を用いてPC法の計測誤差について検討した。その結果、計測誤差は膝屈曲で $1.39 \pm 0.63^\circ$ 、内外旋で $0.67 \pm 0.38^\circ$ であったと報告している。本研究結果の解釈においては、ある程度の計測誤差が含まれていることを念頭に置かなければならない。また、本研究で検討した屈伸、内外旋のほかPC法では内外転、前後並進、内外側並進、上下並進の算出も可能である。しかし、内外転、内外側並進、そして上下並進については、解析結果が膝関節の屈伸と回旋の影響を強く受けるために、現時点においては解析項目に含めることは不適當と判断した。この問題と計測誤差の問題については、今後、さらなる研究が必要と考えている。

最後に、PC法を用いた本研究により、MASの着用が膝関節の回旋変化量を減少させることが明らかとなった。しかしMASの着用が距骨下関節の回内や膝関節への応力をどの程度変化させるかは不明である。今後、距骨下関節の動作解析や、膝関節に作用する応力解明の目的でモーメントの評価が必要である。

結 語

1. アライメント異常に起因する運動後の膝痛に対して、MAS着用が及ぼす臨床的効果のメカニズムを、PC法による動態解析により検討した。
2. MASの着用により歩行立脚期の膝関節回旋変化量の減少、およびknee-inの軽減が認められた。
3. MASの着用によって距骨下関節の過度な回内が減じられ、安定化させられることにより、膝関節の回旋量が減少し、それが膝痛改善に効果をもたらすものと考えられた。

文 献

- 1) McClay I et al : A comparison of three-dimensional lower extremity kinematics during running between excessive pronators and normals. Clin Biomech (Bristol, Avon), 13 : 195-203, 1998.
- 2) Gross MT et al : The role of foot orthoses as an intervention for patellofemoral pain. J Orthop Sports Phys Ther, 33 : 661-670, 2003.
- 3) Sperryn PN et al : Podiatry and the sports physician—an evaluation of orthoses. Br J Sports Med, 17 : 129-134, 1983.
- 4) 鳥居 俊ほか : スポーツ障害例に対する足底板の治療効果の臨床的検討. 日足の外科会誌, 13 : 101-103, 1992.
- 5) Lafortune MA et al : Foot inversion-eversion and knee kinematics during walking. J Orthop Res, 12 : 412-420, 1994.
- 6) 深野真子ほか : 外側楔状足底板および内側楔状足底板を用いた歩行の動作特性. 体力科学, 56 : 509-518, 2007.
- 7) Nester CJ et al : Effect of foot orthoses on the kinematics and kinetics of normal walking gait. Gait Posture, 17 : 180-187, 2003.
- 8) Andriacchi TP et al : A point cluster method for in vivo motion analysis : applied to a study of knee kinematics. J Biomech Eng, 120 : 743-749, 1998.
- 9) Williams DS et al : Measurements used to characterize the foot and the longitudinal arch: reliability and validity. Phys Ther, 80 : 864-871, 2000.
- 10) 上松耕太ほか : 変形性膝関節症における膝内外反変形に対する距骨下関節の代償機能について—荷重時距骨下関節撮影法を用いて. 別冊整形外, 42 : 74-78, 2002.
- 11) 加倉井周一 : 装具学. 第3版, 医歯薬出版, 東京 : 31-74, 2003.
- 12) Mann RA et al : Structure and function. In : DuVries HL, ed. Surgery of the Foot. 2nd ed, CV Mosby, St. Louis : 26-44, 1965.
- 13) Joseph M et al : Knee valgus during drop jumps in national collegiate athletic association division I female athletes : the effect of a medial post. Am J Sports Med, 36 : 285-289, 2008.
- 14) Alexander EJ et al : Correcting for deformation in skin-based marker systems. J Biomech, 34 : 355-361, 2001.
- 15) 石井慎一郎ほか : 実験用模型を使用した Point Cluster法による膝関節運動の計測精度. 理学療法, 24 : 1361-1369, 2007.