

上腕骨小頭離断性骨軟骨炎 に対する体外衝撃波治療

Extracorporeal shock wave therapy for osteochondritis dissecans of the humeral capitellum

中里伸也¹

Summary

上腕骨小頭離断性骨軟骨炎 (osteochondritis dissecans of the humeral capitellum；肘 OCD) に対する体外衝撃波治療 (extracorporeal shock wave therapy；ESWT) の適応は、X線画像 (岩瀬) 分類¹⁾ の透亮期と分離期前期、CT 画像 (西中) 分類²⁾ の stage 1 と stage 2 の骨端線閉鎖前であるが、分離期後期や stage 3 および骨端線閉鎖後でも骨癒合が得られる可能性がある。自験例での臨床成績で修復率は 60% であった。修復が得られるまでの期間は平均で 5.3 カ月、照射回数が平均 7.5 回であった。病巣が大きい症例や不安定性が強い症例のほうが期間や照射回数を要する傾向があった。照射を続けていくうちに不安定性の stage が変化してくる。いずれの症例も治療期間中に投球を中止することが大前提である。治療効果の向上には照射テクニックの向上や技術の工夫が重要である。

Key words

上腕骨小頭離断性骨軟骨炎 (osteochondritis dissecans of the humeral capitellum；肘 OCD)、体外衝撃波治療 (extracorporeal shock wave therapy；ESWT)、野球肘 (baseball elbow)

はじめに

上腕骨小頭離断性骨軟骨炎 (osteochondritis dissecans of the humeral capitellum；肘 OCD) は診断においても治療においても非常に難渋する投球障害である。特に進行期 (分離期あるいは stage 3) 以降の肘 OCD の治療方針を考慮する場合、機能障害をできるだけ残さないように長期間かかる保存的療法を選択するか、多少の機能障害を残すかもしれないが、できるだけ早期に復帰するために手術を選択するかという二者択一をすることになる。本稿では、より早く確実に復帰ができる保存的療法のひとつとなりうる体外衝撃波治療 (extra-

corporeal shock wave therapy；ESWT) について述べたい。

肘 OCD に対する物理療法機器である低出力パルス超音波治療 (low intensity pulsed ultrasound；LIPUS) は治療期間を多少短縮させることができるが、治療効果を著しく増幅させ治癒率を著しく改善させるまでには至らない³⁾。一方、ESWT は単に治療期間を短縮させるだけでなく、治療効果を増幅させ治癒率を改善させることができるという報告がある⁴⁾。また、照射技術や照射方法の工夫は、データには出ないが結果に大きく影響する非常に重要な要素であると思われる。本稿では、肘 OCD に対する ESWT の治療の効果

や適応、プロトコール、治療の続行や中止の判断基準、自験例の治療成績を紹介するとともに、照射方法とそのポイントを筆者の経験に基づいて述べる。是非、今後の肘 OCD に対する ESWT の参考にいただければ幸いである。

ESWT の作用機序と骨端線への安全な照射レベル

体外衝撃波は非連続性の圧力波で、発生装置は拡散型圧力波 (radial pressure wave；RPW) と集束型体外衝撃波 (focused shock wave；FSW) があり、骨軟骨疾患である肘 OCD には FSW を用いる。主な効果は機械的シグナル伝達 (mechanotransduction) により、除痛作用、組織再生、骨癒合促進、神経・筋接合部への作用などがある。ESWT はこれらの作用が複合的に作用し、除痛と骨形成を促す。注意すべきは鎮痛作用と組織修復作用にかかるタイムラグがあるので、痛みが軽減したからといって組織の修復が得られたわけではないということに注意しなければならないことは、すべての運動器疾患に対する ESWT の共通の認識である。

また、骨端症や骨端線が残存する部位への ESWT は 0.20mJ/mm² までの低出力であれば問題がないとされている。

肘 OCD に対する ESWT の有効性と適応の学術的報告

2016 年に取りまとめられた国際衝撃波学会 (International Society for Medical Shockwave Treatment；ISMST) のガイドライン⁵⁾ によると、標準的適応疾患に OCD がある。海外では OCD に対する ESWT の発表を最初に行ったのは筆者の渉猟しえた範囲では 2000 年の Heidersdorf ら⁶⁾ と思われる。また、Lyon ら⁷⁾ は 2014 年 *in vitro* で ESWT の軟骨への効果を検証している。Moretti ら⁸⁾ は 2009 年バレーボール選手の膝 OCD に対する体外衝撃波治療の有効性を報告している。海外では肘 OCD の報告が少なく、野球が盛んな日本での報告は松浦哲也ら⁹⁾ が 2018 年と 2020 年に肘

OCD に対する ESWT を発表し、今後有効な治療法になりうると述べている。坂井周一郎ら¹⁰⁾ は 2019 年投球に伴う肘 OCD に対する ESWT の治療経験ということで 2 例の症例報告をしている。伊藤岳史や岩堀裕介ら¹¹⁾ のグループも 2019 年、2020 年に肘 OCD に対する ESWT の効果について 7 例に対して発表を行っているが、発症から ESWT 施行までの期間が長いと修復が不十分である傾向があると述べている。つまり、罹病期間が少なければ少ないほど良い結果になると言及している。

筆者¹²⁾ も、2021 年の日本肘関節学会で自験例 20 例の肘 OCD に対する ESWT の効果について発表した。そこでは初期 (透亮期) や分離前期の骨端線閉鎖前の症例が適応であるが、分離後期の症例でも、骨端線閉鎖後の症例でも骨癒合が得られた症例があったこと、骨片が遊離して不安定であっても ESWT を続けることで母床の病巣を縮小させて後の手術のグレードを下げることができた症例があったこと、また ESWT の治療をしていくとグレードが変わってくるので、術後画像フォローが必要で、その所見により照射部位を再検討する必要があると報告した。

照射のポイント：画像所見とエコー所見をイメージして全周性に照射

照射に関して、X 線画像だけではなく CT 画像や MRI 画像で病巣部の位置や大きさを把握して、必ず照射直前に超音波検査 (エコー) で確認することが望ましい。特に野球選手の OCD の病巣部位と体操選手の OCD の病巣部位は異なるので、エコーでの後方走査による後方からの照射 (図 1) だけではなく、野球選手のように屈曲位に病巣がある場合は前方走査による前方照射 (図 2) のほうが病巣部に照射しやすいことがある。固定式アームはできるだけ使用せず、フリーハンドで照射することを勧める。出力の調整はバイオフィードバックといって患者が耐えうるできるだけ強いレベルでの出力で照射するが、痛みが減衰すれば少しずつ照射部位を変えていく。照射部位は病巣の中心を狙うことはもちろんであるが、芹沢ら¹³⁾ の正常部分

1. NAKASATO Shinya：医療法人 Nクリニック

と病巣部分の境界に照射すればより効果が上がるという報告を受けて、病巣の周りの MRI 所見の骨髓浮腫部分にも照射するようにしている。また、照射しても修復が得られやすい部分と得られにく

い部分があるので、経過の画像を参考にして、修復が得られていない部分を中心に照射するほうがより効果が高まると思われる。

図1 エコーの後方走査と最大屈曲位で後方から ESWT 照射

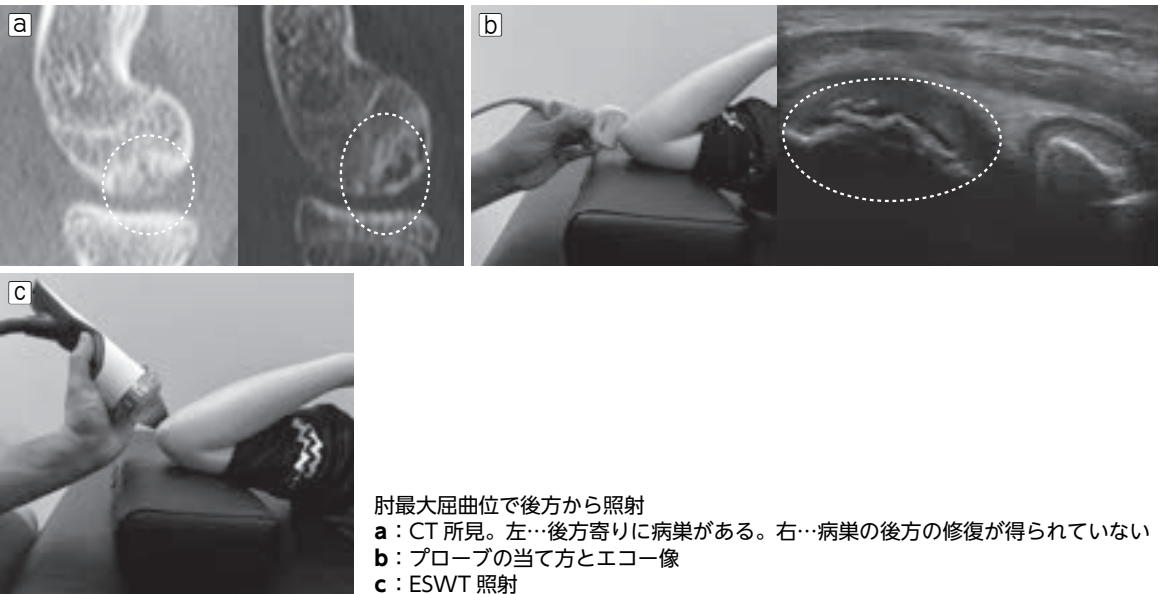
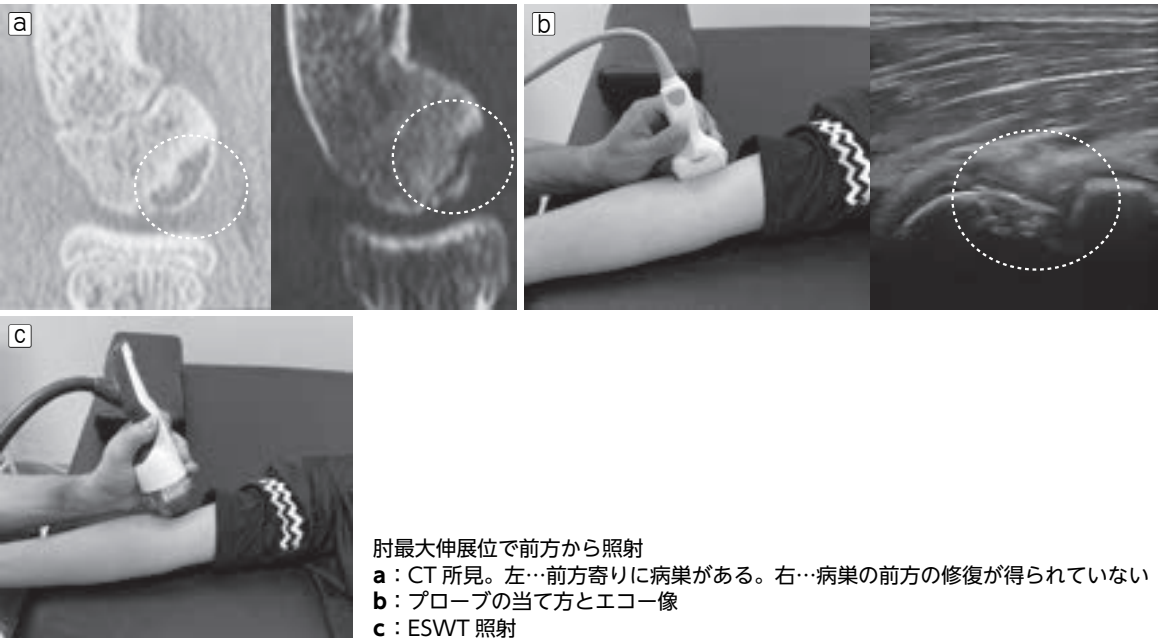


図2 エコーの前方走査と最大伸展位で前方から ESWT 照射



病期の違いによる治療方針の決定
および画像フォローおよび治療の
続行や中止の判断基準(図3~5)

投球時の肘の痛みや、野球肘検診の結果 2 次検査を目的として初診で来院されたとき、4 方向の X 線撮影を行う。通常の正面像と側面像に加えて 45° 屈曲位正面像と 30° 外旋位斜位像の 4 方向である。X 線画像で岩瀬の分類を行う¹⁾(図3)。肘 OCD が認められれば、より詳細な病巣の状態や部位を調べるために CT 撮影を行う。CT 画像が得られれば、西中分類で不安定性の stage 分類を行う²⁾(図4)。透亮期や分離前期あるいは、岩瀬の分類の安定性の高い stage 1 と stage 2 の場合は ESWT を推奨し、分離後期や stage 3 は条件的適応として ESWT を勧める(図5)。つまり、画像

フォローで改善が得られない場合は手術を勧める。遊離期や stage 4 は ESWT の適応外であり、手術を勧める。遊離期や stage 4 であってもすぐに手術ができないときには、母床骨の病巣部分の縮小のために ESWT を行う場合がある。

ESWT ははじめの 3 回までは 2 週間に 1 回のペースで、それ以降は 4 週間に 1 回のペースで ESWT を行う。2~4 週間に 1 回の頻度で X 線フォローを行い、骨癒合が得られたと思われるなら CT 撮影を行う。治療の続行は前回との画像比較で少しでも修復が得られていれば治療を続行するが、まったく修復が得られていない場合は投球中止や肘に負担がかかることの中止の徹底が出てきていない場合が多いので、投球中止を徹底させる。2 回連続で X 線画像所見の変化が得られていなければ CT 精査を行う。少しでも骨癒合が得られていれ

図3 X線所見による岩瀬の分類と ESWT の適応

透亮期		分離期		遊離期
外側型	中央型	分離前期	分離後期	外側型
適応			条件的適応	適応外 (ただし、母床の病巣の縮小を目的で行うこともある)

図4 CT 所見による西中の分類と ESWT の適応

Stage 1	Stage 2	Stage 3a	Stage 3b	Stage 4
適応		条件的適応		適応外 (ただし、母床の病巣の縮小を目的で行うこともある)

ば治療を続行させる。CT 画像でも骨癒合が得られていなければ手術を勧める。また画像所見で改善は得られているが修復していない部位がある場合はその部位を中心に照射していく。CT 画像で病巣占拠率が上腕骨小頭全体の 10% 未満に達したら骨癒合が得られたとして投球復帰を許可する

(図 6)。一方で遊離期であったとしても、あるいは経過のなかで関節片が完全に遊離してしまっている場合は本来なら手術の適応であるが、遊離した軟骨片がロッキングを起こさず、母床骨にまだ修復の余地があり、かつ今すぐ手術ができない場合、母床骨の病巣縮小のために照射を行う場合が

図5 肘 OCD に対する治療のフローチャート

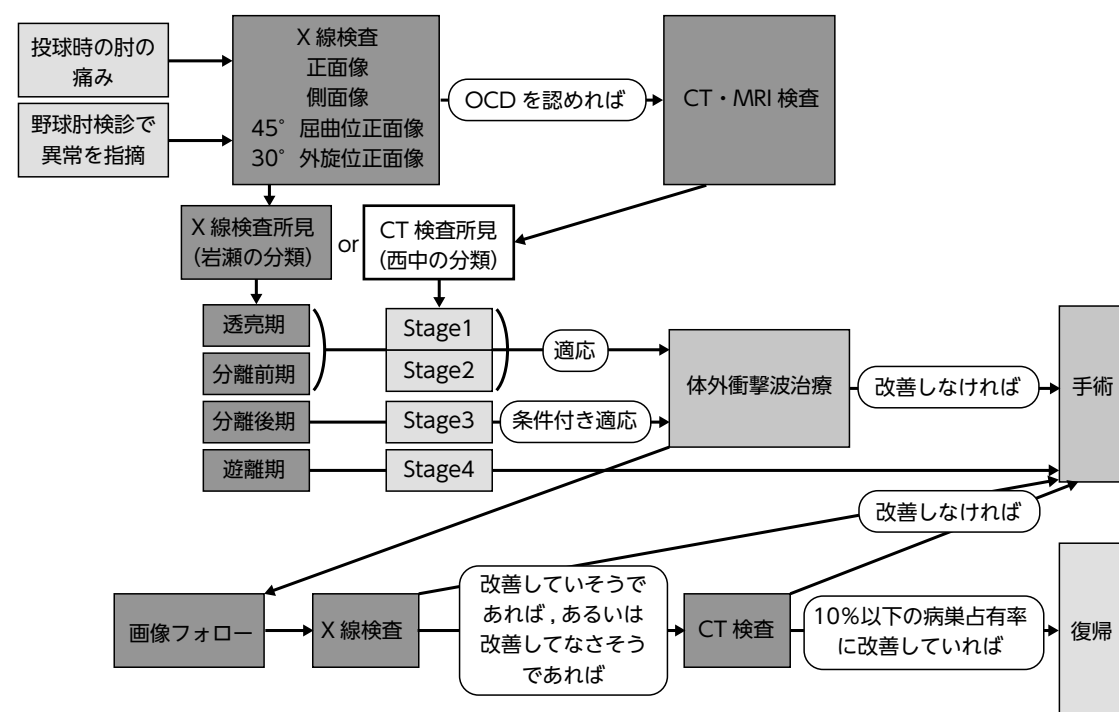
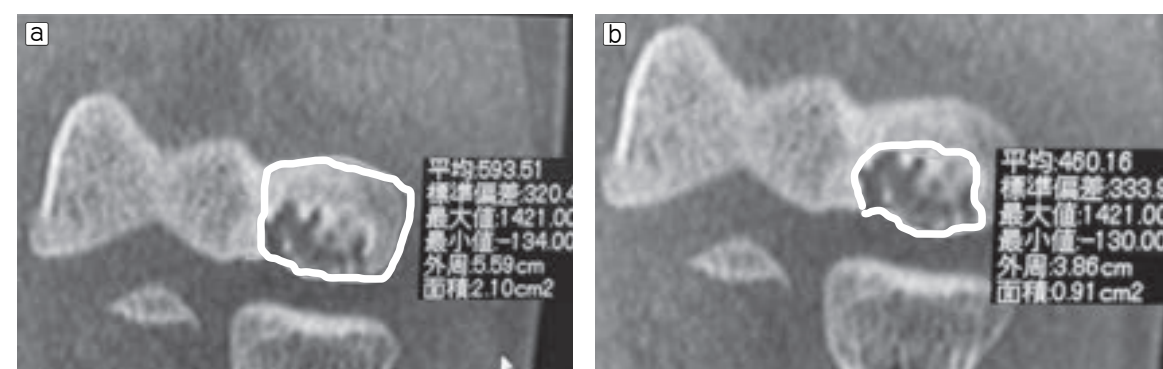


図6 病巣占拠率および修復の指標



病巣占拠率＝病巣の面積÷小頭の面積
病巣の面積は冠状面の画像で一番大きく写っている画像での小頭に対する病巣の大きさの比率とした。修復の指標は病巣の占拠率が 10% 未満とした
a：小頭の面積 b：病巣の面積

ある。それにより手術のグレードを下げる事が期待できる。

病巣占拠率＝ 病巣の面積÷小頭の面積

病巣占拠率は冠状面の画像の中で一番病巣が大きく写っている画像を選び、その画像での小頭の面積に対する病巣の面積の比率とした(図 6)。骨癒合が得られた指標は小頭の病巣占拠率が 10% 未満となったものとした。

研究の要点

2021 年、第 33 回日本肘関節学会で発表した 20 例 20 肘を対象とした自験例によると¹²⁾、対象は初診時単純 X 線像による岩瀬の分類¹⁾で、透亮期 5 例、分離期前期 9 例、分離期後期 6 例。西中の分類²⁾で stage 1 が 2 例、stage 2 が 13 例、stage 3 が 3 例であった。上腕骨小頭の骨端線閉鎖前の症例は 13 例、閉鎖後の症例は 7 例であった。

臨床成績は修復率が 20 例中 12 例で 60% であった。これは LIPUS による修復率 43%³⁾よりも高値であった。ESWT の効果が LIPUS よりも良かったと判断できる。

分類別では岩瀬の X 線病期分類¹⁾では、透亮期の 5 例すべて (100%)、分離期前期の 9 例中 6 例 (67%)、分離期後期でも 6 例中 1 例 (17%) で修復が得られた。西中の CT 所見による不安定性分類²⁾では、stage 1 の 2 例中 2 例 (100%)、stage 2 の 13 例中 7 例 (54%)、stage 3 の 3 例中 1 例 (33%) で修復ありであった。不安定性が悪い stage のほうが修復率が悪かった。CT フォローにおいて、成績不良 8 例のほとんどが、治療中の投球制限の徹底ができなかった症例であった。ESWT を行っても投球制限を徹底できなかった症例の成績が不良であった。治療に専念すること、つまり投球制限を徹底すればもっと修復率が上がる可能性があると考えられた。

一方で、成績良好な症例のほとんどが stage 1 か stage 2 であったが、stage 3 が 1 例あり、途中から stage 2 に移行して不完全ながら修復が得られ

た。照射前の安定性が成績に影響すると考えられたが、ESWT 前の CT から stage が変化してくるので、照射前の CT だけでは適応を決めるのは難しいと判断し、分離後期や stage 3 は経過により病態が変化して骨癒合の可能性が上がるので ESWT の条件付き適応とした。

ESWT 前に MRI を行った症例があったが、Jans¹⁴⁾によると MRI 所見で関節軟骨面の不整像や、T2 強調像における関節面から軟骨下骨に連続する liner T2 high (high signal interface) などは、不安定性を示す所見であるといわれているが、それらの所見があっても修復が得られた症例があった。これらにより従来の保存的療法の適応とは異なり体外衝撃波治療はより広い適応があると考えられた。Cacchio¹⁵⁾や杉浦¹⁶⁾は骨折の偽関節に対する体外衝撃波治療の有効性を報告しているが、OCD の修復過程で修復が得られず関節片が偽関節になってもそこから骨癒合が得られる可能性があると思われた。1 例で stage 3 から stage 4 に移行して、病巣の骨癒合は得られなかったが、母床の改善が認められ、ロッキングを起こさず競技復帰することができ、中学 3 年生の最後の試合が終わってから手術を行った。当初、骨軟骨移植を予想していたが、母床の改善が得られていたので、骨片摘出と病巣搔爬のみの縮小手術となった。つまり、遊離期であってもあるいは病態が悪化して関節片の癒合が得られなくても、母床骨の病巣を縮小させる目的だけでも ESWT をする意味はあると考えられた。

上腕骨小頭の骨端線の閉鎖前の 13 例中 10 例で修復が得られ、骨端線閉鎖後の 7 例中 2 例でも修復が得られた。骨端線閉鎖後でも ESWT による修復が期待できると思われた。西須¹⁷⁾は患部への照射により、仮骨形成、骨皮質の肥厚など ESWT が内軟骨性骨化と膜性骨化の両者を促進させることができると報告しており、ESWT は骨端線閉鎖の有無に関係なく骨形成を促進させるメカニズムを誘導するのではないかと考えられた。

成績良好例の検討において、ESWT 開始から復帰までの期間は全体で 5.3 カ月、透亮期平均 5.0 カ月、分離前期平均 5.8 カ月、分離後期 8 カ月であった。復帰までの ESWT の回数は全体の平均で 7.5

回、透亮期平均 6.4 回、分離前期平均 8.3 回、分離後期 9 回であった。不安定性の強い症例のほうが、回数や復帰までの期間を要する傾向があった。

また、修復した症例の病巣の大きさが ESWT 前は平均で 0.74cm^2 (病巣の占拠率 32.5%) で、照射回数や復帰までの期間はその平均 7.5 回や 5.3 カ月であったが、病巣の大きさが平均より大きい症例では照射回数や復帰までの期間は 9.4 回と 8.8 カ月であり、全体の平均に比べて多い傾向があった。一方、病巣の大きさが平均より小さい症例の回数や期間は 5.3 回と 4.0 カ月と少ない傾向にあった。病巣の形態が広範囲型の症例で修復が得られた 3 例の平均の回数は 11.0 回で復帰までの期間は 9.3 カ月で平均に比べて多い傾向にあった。これらの結果は病巣の大きさや病巣の形態が必ずしも骨癒合の成績に影響を与えるわけではなく、ESWT の回数や復帰までの期間に影響を与える可能性の因子であると考えられた。

従来の自然経過の保存療法より早期に回復した症例

肘 OCD の保存的療法の過去の報告によれば、松浦ら¹⁸⁾は自然修復には初期で平均 14.9 カ月、進行期で平均 12.3 カ月を要したと報告した。一方、LIPUS 治療での完全修復期間は平均 8.0～11.8 カ月であったとされている。今回の結果では修復が得られた 12 例のうち、透亮期 3 例、分離前期 3 例の 6 例が 5 カ月以内 (最短で 4 カ月) で修復が得られた。関節片の安定性が得られさえすれば ESWT は従来の保存的治療よりも早期に復帰することができると考えられた。

成績良好例の罹病期間は平均 5.2 カ月で成績不良例の罹病期間は平均 7.3 カ月と罹病期間が短ければ成績が良かった。これらは伊藤ら¹¹⁾の報告と一致していた。発症当初から治療に取り組むほうが成績良好であることが予想された。つまり、野球肘検診などで早期に発見でき、ESWT で早期に治療に取り掛かることができれば早く確実に復帰できると考えられた。

ここからは印象になるが、分離期や stage 2 や stage 3 といった不安定性の強い一番安静にして

治療に専念しなくてはならない時期 (治療のゴールデンタイム) というものがそれぞれにあり、その時期に治療に専念できなかった症例の成績が不良であると考えられた。骨端線閉鎖直前がそれにあたると考えているが、そのときには高原ら¹⁹⁾の勧めるギプスや取り外し可能な固定装具を装着することを検討してもよいかもしれない。

当院では治癒を早期に確実に目指すという趣旨から、集学的治療として基本的に全症例に対して LIPUS を推奨している。特に ESWT 治療直後はその効果を増幅させる意味で推奨した。そういった意味で今回の臨床成績は純粹の ESWT だけの治療効果ではないことをお断りしておく。

また、当初は 2～3 カ月に 1 回の頻度で CT 画像による修復過程を観察していたが、放射線被曝の問題から、CT 撮影は最小限に行うように方針を変更した。より正確な骨癒合の状況を確認するためにはすべての症例により骨癒合に関しての情報量の多い CT 画像フォローを定期的に行うことができればよいが、できるだけ CT 撮影の頻度を少なくしたい。MRI やエコーでの安定性の評価を交えながら骨癒合が得られたと予想された最終的な確認の目的で CT をすることが望ましいのではないかと思われた。ちなみに当院では CT 撮影時には体全体が入るのではなく肘だけ照射できるように上肢だけ CT 内に入るようにしており、肘に関する被曝線量は平均で 2～3mGy (ミリグレイ) であり、CT の正当化と最適化を常に意識して撮影した。どこの施設の CT 撮影でも工夫していただきたい。ただし、今後できるだけ CT 撮影を少なくして骨癒合の程度を正確に読み取れる画像の出現を期待したい。

症例提示

症例 1：4 カ月で修復が得られた症例 (図 7)

13 歳、男子。野球競技。分離前期の中央型 stage 2、骨端線閉鎖前

4 カ月間に 7 回の ESWT を行った。4 カ月後の CT で修復が得られ投球再開し、6 カ月後には試合復帰した。

症例 2：分離期後期でも修復が得られた症例 (図 8)

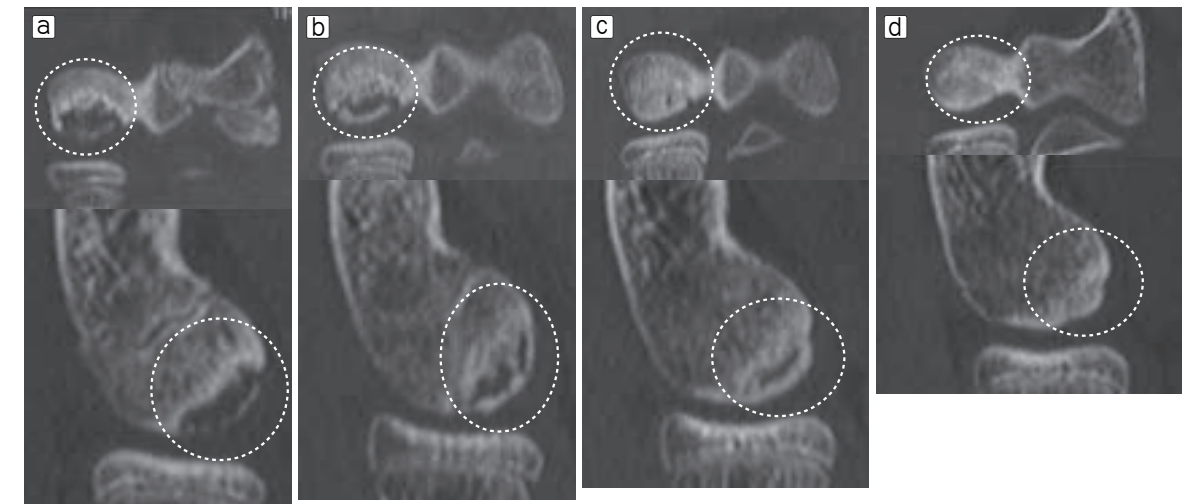
12 歳、男子。野球競技。分離期後期の広範囲型 stage 3a 骨端線閉鎖前。

8 カ月間で 9 回の ESWT を行った。8 カ月後の CT で修復が得られ投球再開した。12 カ月後の CT でも悪化はなかった。治療に専念した症例。

症例 3：骨端線閉鎖後でも修復が得られた症例 (図 9)

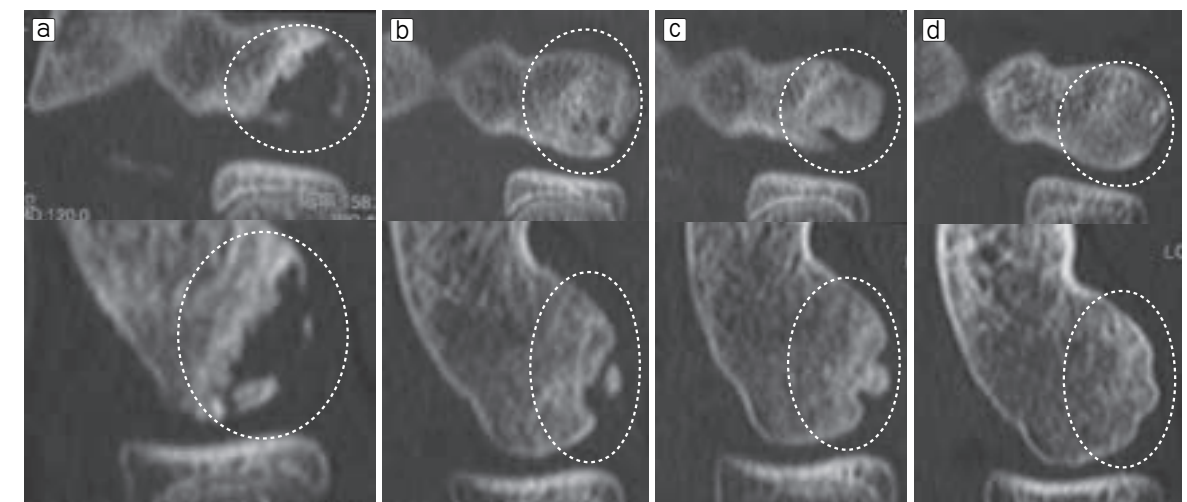
16 歳、男子。野球競技。分離期前期の広範囲型の OCD stage 3b 骨端線閉鎖後 11 カ月間に 13 回の ESWT を行った。10 カ月で CT 修復が得られ練習再開した。治療に専念した症例。

図 7 症例 1：4 カ月で修復が得られた症例



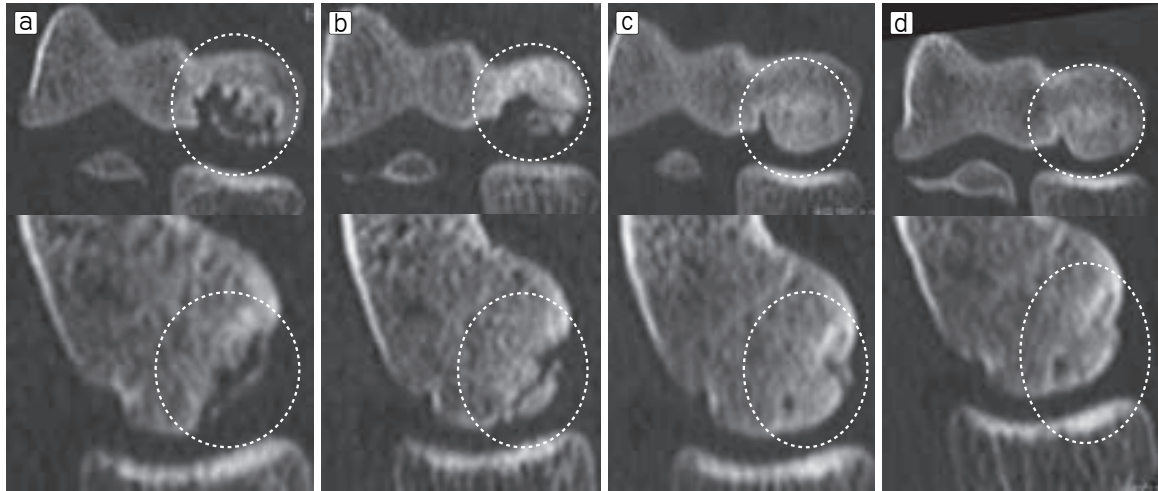
a：照射前 b：2 カ月後 c：4 カ月後 d：6 カ月後

図 8 症例 2：分離後期でも修復が得られた症例



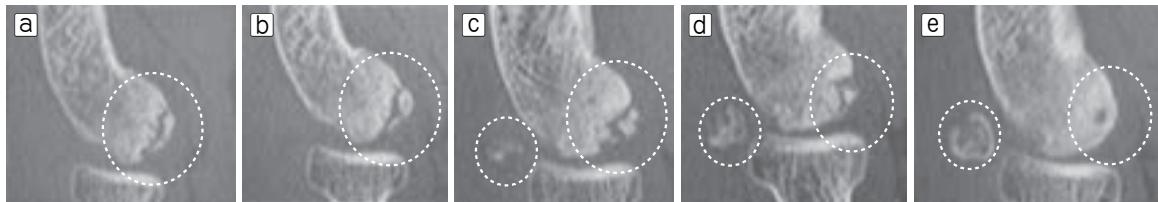
a：照射前 b：2 カ月後 c：4 カ月後 d：6 カ月後

図9 症例3：骨端線閉鎖後でも修復が得られた症例



a：照射前 b：4 カ月後 c：8 カ月後 d：11 カ月後

図10 症例4：遊離期の症例に照射して骨癒合が得られなかったが母床骨が修復して縮小手術になった症例



a：照射前 b：6 カ月後 c：12 カ月後 d：18 カ月後 e：24 カ月

症例4：遊離期の症例に照射して骨癒合が得られなかったが、母床骨が修復して縮小手術になった症例(図10)

13歳、男子。野球競技。Stage 2のOCDであったが、治療に専念できず12カ月後に遊離体になったが、治療を継続することにより母床骨の改善が得られ、中学3年生の夏の試合が終わってから手術を行ったが、骨片摘出とデブリドマンのみの縮小手術となった。

終わりに

肘OCDに対するESWTは非常に効果的な治療方法と思われるが、投球制限を行うことが大前提である。今後、確実に肘にかかる負担を制限して照射技術が向上すればもっと治療成績が上がると思われる。最後に放射線被曝の問題を考慮に入れCT撮影を最小限にとどめる工夫が必要であるとともに、エコー画像による修復の状態の観察をもっと取り入れることが必要であると思われた。

文献

- 1) 岩瀬毅信, 井形高明. 上腕骨小頭骨軟骨障害. 整形外科 MOOK 54. 東京: 金原出版: 1988. pp.26-44.
- 2) 西中直也, 筒井廣明, 松久孝行, ほか. CT所見による上腕骨離断性骨軟骨炎の不安定性分類の試み. 日肘会誌 2015; 22: 30-4.

- 3) 光井康博, 古島弘三, 岩部昌平, ほか. 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する保存療法-LIPUSとの比較-. 日肘会誌 2015; 22: 26-9.
- 4) 松浦哲也. 肘離断性骨軟骨炎に対する体外衝撃波治療. 運動器の体外衝撃波治療マニュアル. 日本運動器 SHOCK WAVE 研究会 (JOSST) 編集. 東京: 日本医事新報社: 2022. pp.68-74.
- 5) ISMST Consensus Statement on ESWT Indications and Contraindications Naples, Italy, October 12th, 2016.
- 6) Heidersdorf S, et al. Osteochondritis dissecans in Musculoskeletal Shockwave Therapy. Greenwich Medical Ltd, 2000. pp.255-61.
- 7) R Lyon, XC Lou, et al. Effects of extracorporeal pulse activation on in-vitro lipopolysaccharides-treated chondrocytes 2014.
- 8) Moretti B, Notarnicola A, Moretti L, et al. A volleyball player with bilateral knee osteochondritis dissecans treated with extracorporeal shock wave therapy. Chir Organi Mov 2009; 93: 37-41.
- 9) 松浦哲也. 肘離断性骨軟骨炎に対する体外衝撃波治療. 日臨スポーツ医会誌 2020; 28: S98.
- 10) 坂井周一郎, 光井康博, 百武康介. 投球に伴う上腕骨離断性骨軟骨炎に対する収束型体外衝撃波の治療経験. 日臨スポーツ医会誌 2019; 27: S179.
- 11) 伊藤岳史, 岩堀裕介, 筒井 求, ほか. 上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する収束型体外衝撃波治療の効果. JOSKAS 2020; 45: 288-9.
- 12) 中里伸也. 体外衝撃波は上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の手術治療回避に有用か? 日肘会誌 2021; 28: S19.
- 13) Serizawa F, Ito K, Matsubara M, et al. Extracorporeal shock wave therapy induces therapeutic lymphangiogenesis in a rat model of secondary lymphedema. Eur J Vasc Endovasc Surg 2011; 42: 254-60.
- 14) Jans LB, Ditchfield M, Anna G, et al. MR imaging findings and MR criteria for instability in osteochondritis dissecans of the elbow in children. Eur J Radiol 2012; 81: 1306-10.
- 15) Cacchio A, Giordano L, Colafarina O, et al. Extracorporeal shock-wave therapy compared with surgery for hypertrophic long-bone nonunions. J Bone Joint Surg Am 2009; 91: 2589-97.
- 16) 杉岡佳織, 落合信靖, 見目智紀, ほか. 上腕骨近位端骨折および骨幹部骨折偽関節に対し体外衝撃波治療を行った2例. 肩関節 2011; 35: 1025-8.
- 17) 西須 孝, 守谷秀繁, ほか. 体外衝撃波による長管骨過成長の誘導と骨端線閉鎖. 成長期家兎大腿骨における動物実験. 骨・関節・靱帯 1995; 8: 371-80.
- 18) Matsuura T, Kashiwaguchi S, Iwase T, et al. Conservative treatment for osteochondrosis of humeral capitellum. Am J Sports Med 2008; 36: 868-72.
- 19) 高原政利. 特集 上肢のスポーツ外傷・障害 Up to date 肘離断性骨軟骨炎. 関節外科 2022; 41: 1360-71.