

野球選手の肘頭疲労骨折に対する体外衝撃波療法の治療経験

大西 和友 菅谷 啓之 高橋 憲正 渡海 守人
 上田 祐輔 星加 昭太 濱田 博成 松葉 友幸
 船橋整形外科病院 肩関節・肘関節センター

Extracorporeal Shock Wave Therapy for Olecranon Stress Fractures in Adolescent Baseball Players

Kazutomo Onishi Hiroyuki Sugaya Norimasa Takahashi Morihito Tokai
 Yusuke Ueda Shota Hoshika Hiroshige Hamada Tomoyuki Mastuba
 Shoulder and Elbow Center, Funabashi Orthopaedic Hospital

2013年7月以降、野球選手に生じた肘頭疲労骨折に対し、体外衝撃波療法（以下、ESWT）を13例（平均年齢15.6歳、ESWT後平均経過観察期間9か月）に施行したので、その治療成績を報告する。ESWTは原則5000発とし、CTや超音波、圧痛部位や再現痛を参考に疼痛の耐えうる最大エネルギーで無麻酔下に照射した。平均照射エネルギーは、約0.07mJ/mm²であった。全例が照射後平均10.2週で競技復帰し、特にシーズン中に照射した8例は平均6.4週で競技復帰となった。復帰3か月後以降に3例で疼痛の再燃を認め、再照射を行った。骨癒合が確認できたのは5例（39%）のみであったが、うち4例は陳旧例であった。本研究では、ESWTに伴う骨新生効果は明らかではなかったが、除痛作用により理学療法単独の治療よりも復帰が早かった。ESWTは低侵襲であり、現時点ではシーズン中の早期復帰を希望する症例に対し特に有用である。

【緒言】

肘頭疲労骨折は16歳前後の高校球児に多く^{1,2)}、早期競技復帰を強く望まれることが多い。近年では早期手術を推奨する報告が多いが^{3,4)}、たとえ手術を行っても遷延癒合や偽関節、再骨折の症例も散見され、治療に難渋した症例も報告されている^{4,7)}。われわれは肘頭疲労骨折に対し、画像所見にかかわらず保存治療を行っており、一定期間の安静と継続した理学療法により局所症状と身体機能が改善すれば、必ずしも骨癒合が得られていなくとも、投球開始・競技復帰を段階的に許可している。2007年から2013年までにこれらの保存治療を行った39例のうち、約90%が平均3.3か月で完全復帰に至った良好な競技復帰率を報告したが、一方で経過中に骨癒合が確認できたのは54%と低値であり、継続したコンディショニングが得られなければ再発のリスクが高いことが問題となっていた¹⁾。そこで2013年7月以降、体外衝撃波の骨新生作用に着目し、有症期間の長い難治例や可能な限り早期復帰を希望する症例を中心に体外衝撃波療法（Extracorporeal Shock Wave Therapy: 以下、ESWT）を行っている。本研究ではその短期成績を報告する。

【対象と方法】

2013年7月から2015年4月までに肘頭疲労骨折に対しESWTを施行した野球選手18例のうち、競技復帰まで経過観察が可能であった13例を対象と

した。照射時平均年齢は15.6歳（13～21歳）で、中学生が6例、高校生が6例、大学生が1例であった。ポジションは、投手が8例、野手が5例であり、骨折型は疲労骨折が9例、骨端線閉鎖不全が4例であり、疲労骨折を単純X線の側面像でさらに分類すると関節面側に限局した不全骨折型が4例、背側まで骨折線が貫通した完全骨折型が5例であった。発症からESWTまでの有症期間は平均6.3か月（1か月～2年）であり、ESWT後の平均経過観察期間は9か月（4～25か月）であった。競技復帰は、肘関節の圧痛や屈曲・伸展および外反ストレス痛などの局所所見の消失および肩甲胸郭関節機能評価であるcombined abduction test (CAT), horizontal flexion test (HFT)の陰性化を必須条件とし、これらの身体所見の改善が得られれば骨癒合の有無にかかわらず、理学療法の継続を条件に段階的に許可した。

ESWTは、Dornier社製Epos Ultraを用いた。照射方法は、まず触診にて圧痛部位をマーキングし、CT、超音波画像や再現痛を参考に、無麻酔下に疼痛の耐えうる最大エネルギーで5000発までの照射とした（図1）。さらに、症状の再燃時や画像所見の悪化時に再照射を行った。検討項目は、ESWT照射状況、競技復帰状況、骨癒合状況とした。

Key words : olecranon stress fracture (肘頭疲労骨折), baseball (野球), extracorporeal shock wave therapy (体外衝撃波療法)
Address for reprints : Kazutomo Onishi, Shoulder and Elbow Center, Funabashi Orthopaedic Hospital, 1-833 Hazama, Funabashi, Chiba, 2740822 Japan

【結 果】

ESWT 照射状況に関して、平均照射エネルギー束密度は、約 0.07mJ/mm² (0.03 ~ 0.15 mJ/mm²) であった。1 回あたりの平均総エネルギー量は 295mJ (30 ~ 524mJ) であった。照射頻度は全例 240 発/分で行っていた。ESWT 照射回数は平均 1.6 回 (1 ~ 3 回) であり、7 例で再照射を行っていた。再照射の要因は、疼痛の再燃が 3 例、無症状だが画像所見の遷延・悪化が 4 例であった。ESWT に伴う合併症として、2 例で照射中に迷走神経反射を生じ中断を余儀なくされたが、いずれの症例も後日に 5000 発の照射が可能であった。その他、照射中および照射後の合併症は認めなかった。

競技復帰に関して、初回照射後は平均 10.2 週 (4 ~ 28 週) で全例が競技復帰に至っていた。これらを照射時期別に検討すると、シーズン中に照射した 8 例は、平均 2.8 週で投球を開始し、2 例で投手から野手にポジションを変更したものの、平均 6.4 週で全例が競技復帰に至っていた。一方、シーズンオフに照射した 5 例は、平均 9.6 週で投球を開始し、平均 16.4 週で全例が完全復帰に至っていた (表 1)。症状が再燃したのは 3 例で、その時期は 3 か月、5 か月、9 か月であった。いずれの症例も競技復帰後の理学療法が継続できていなかった症例であり、全例で再度 ESWT を行い、2 例は再復帰に至ったが、1 例はその後も再発し、他院で手術を受けていた。

画像所見に関して、経過中に単純 X 線または CT で骨癒合が確認できたのは 5 例 (39%) のみであり、骨癒合が確認できた時期は、ESWT 後平均 5.4 か月 (2.5 ~ 11 か月) であった。また、骨癒合が得られた 5 例中 3 例はシーズン中に照射した症例であり、1 例を除く 4 例は競技復帰後に骨癒合を確認していた。これらを骨折型別に検討すると、疲労骨折では不全骨折型の 4 例は全例で骨癒合を認め、完全骨折型の 5 例も改善傾向であったのに対し、骨端線閉鎖不全の 4 例では、骨癒合が 1 例、改善傾向が 1 例、不変が 2 例であった。さらに、発症から ESWT までの有症期間が 12 週未満を新鮮例、12 週以上を陳旧例とし、最終観察時の画像所見を有症期間別で検討すると、骨癒合が得られた 5 例中 4 例が陳旧例であり、新鮮例では、全例改善傾向を認めたものの骨癒合が確認できたのは 1 例のみであった (表 2)。また、骨癒合の有無と最高エネルギー束密度、1 回あたりの照射エネルギー量、合計照射エネルギー量との相関を検討したが、いずれも有意な相関は認めなかった。

【症例供覧】

各骨折型で骨癒合が確認できた症例を 1 例ずつ提示する。

症例 1: 16 歳外野手, 疲労骨折型, 有症期間 4 か月。2014 年 4 月頃より右肘関節痛を自覚し、同 7 月に当院を受診した。初診時単純 X 線で、一部骨硬化像を伴う肘頭疲労骨折を認めた。シーズン中の症例であり、可及的早期復帰を希望され理学療法に併用



a

Lv.	エネルギー束密度
1	0.03 mJ/mm ²
2	0.06 mJ/mm ²
3	0.08 mJ/mm ²
4	0.15 mJ/mm ²
5	0.21 mJ/mm ²
6	0.29 mJ/mm ²
7	0.36 mJ/mm ²

b

図 1 ESWT 照射方法

a : 照射時の光景

b : Dornier 社製 Epos Ultra のレベル別照射エネルギー束密度

表 1 競技復帰状況

	投球開始 (週)	完全復帰	
		時期 (週)	率 (%)
全体 (13 例)	5.4	10.2	84.6
シーズン中 (8 例)	2.8 (1-5)	6.4 (4-9)	75
シーズンオフ (5 例)	9.6 (4-16)	16.4 (8-28)	100

表 2 最終観察時の画像所見

	骨癒合	改善	不変
全体 (13 例)	5	6	2
疲労骨折 (9 例)	4	5	0
骨端線閉鎖不全 (4 例)	1	1	2
新鮮例 (6 例)	1	5	0
陳旧例 (7 例)	4	1	2

して直ちに ESWT を施行した。照射 3 週間後に局所症状および身体機能の改善を認め投球を許可し、照射 4 週間後には公式戦への完全復帰を果たした。単純 X 線では、照射 1 か月後では骨折線の明瞭化を認め、競技復帰後である照射 2 か月後にはほぼ骨癒合が得られていた。その後、理学療法を含め当院への通院はなかったが、同 10 月に右肘関節痛の再燃を認め、当院を再受診となった。単純 X 線で骨折線の悪化を認め、再度 ESWT を施行した。シーズンオフであったため、照射 2 か月後から投球を開始し、骨癒合が得られた 4 か月後に完全復帰となった。その後は疼痛の再燃なく競技継続中である (図 2)。

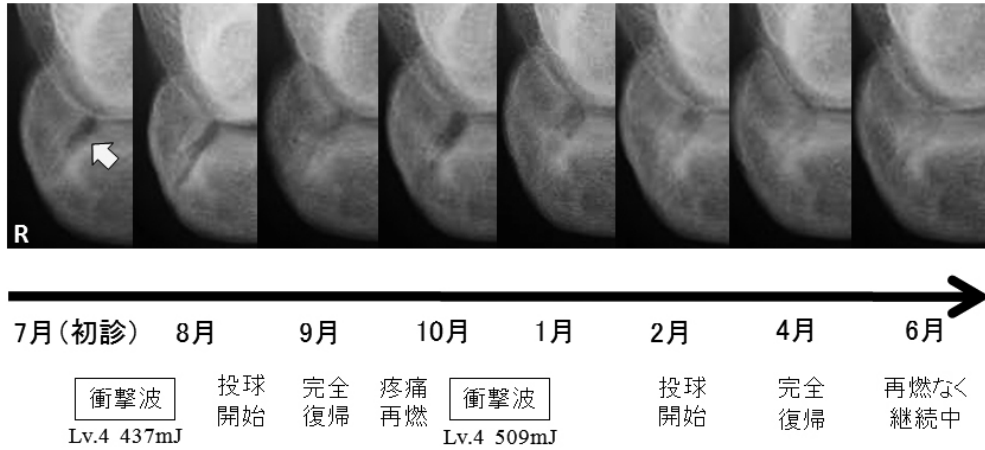


図2 症例1の単純X線経過（肘関節側面像）
矢印：肘頭疲労骨折

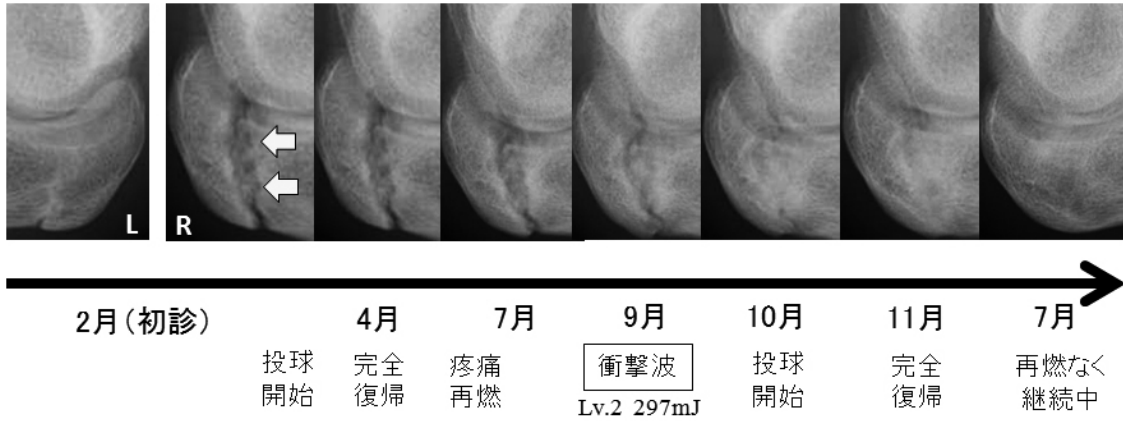


図3 症例2の単純X線経過（肘関節側面像）
矢印：肘頭骨端線閉鎖不全

症例2：14歳（中学2年）投手，骨端線閉鎖不全型，有症期間7か月。2013年2月頃より右肘痛を自覚し，同2月に当院を受診した。初診時単純X線で，肘頭骨端線閉鎖不全を認めた。投球禁止および理学療法による保存治療を行い，4月から競技復帰に至ったが，6月に疼痛の再燃を認め，疼痛および画像所見の改善が不良のためシーズンが終了した9月にESWTを施行した。1か月後の単純X線で明らかな改善傾向を認め投球を開始し，2か月後に完全復帰となった。その後，競技を継続していたが翌年7月の単純X線で完全な癒合が得られ，現在も競技を継続中である（図3）。

【考 察】

体外衝撃波療法は，1980年代に泌尿器科領域での結石破碎に臨床応用されたのを皮切りに骨新生作用が着目され⁹⁾，1990年以降になり整形外科領域での応用が開始された。まず，1991年にValchanouらが82例の偽関節または骨癒合遷延症例に対しESWTを1000～4000発照射したところ，79例で

骨癒合が得られ，偽関節に対する有効性を初めて報告した⁹⁾。以後，欧州を中心に主に偽関節に対するESWTの有効性が報告されるようになり，近年のレビューでは，偽関節に対するESWTの骨癒合率は平均72%（hypertrophic type: 78%，hypotrophic type: 42%）とされており¹⁰⁾，その照射方法に統一した見解はないものの，いずれの報告も0.3mJ/mm²以上の高エネルギー照射が用いられ，部位や報告によっては麻酔下に施行されている^{10,11)}。

一方で，スポーツ選手の疲労骨折に対するESWTの報告は少ない。Takiらは，スポーツ選手に生じた保存治療に抵抗する疲労骨折（脛骨骨幹部2例，恥骨下枝1例，第5中足骨基部術後1例，足関節内果術後1例）の5例に対し，同様に高エネルギー（0.29～0.40mJ/mm²）で2000から4000発のESWTを1例は腰椎麻酔下に，その他は無麻酔下に施行し，2～3.5か月後に全例で骨癒合を認め，3.5～6か月で全例が競技復帰に至ったと報告している¹²⁾。同様にMorettiらは，サッカー選手に生じた疲労骨折（第5中足骨基部6例，脛骨骨幹部4例）の10例に対し，

低から中程度のエネルギー (0.09 ~ 0.17mJ/mm²) で4000発のESWTを無麻酔下に3から4回の複数回施行し、約8週間で全例が骨癒合を認め、その後競技復帰に至ったと報告している¹³⁾。

本研究では野球選手に生じた肘頭疲労骨折に対しESWTを施行したが、われわれが渉猟し得た範囲では、肘頭疲労骨折に対するESWTの報告はない。過去のESWTの報告の多くは、長管骨の平坦な部位に生じた偽関節や疲労骨折を対象としていたのに対し、肘頭は弯曲しており、付属した超音波画像を確認しながら照射することはその形状から困難であった。さらに、肘頭疲労骨折は投球時の外反伸展ストレス (valgus extension overload) に伴い肘頭尺側関節面側から生じるため²⁾、ESWTも肘頭尺側関節面側から疲労骨折部へ照射する必要があるが、その近傍には尺骨神経が走行しており、麻酔下に照射することにより尺骨神経障害のリスクが考えられる。したがって、われわれは的確かつ安全に照射するために再現痛を照射部位の指標とし、無麻酔下にESWTを施行した。その結果、照射エネルギー束密度は、そのほとんどが0.06mJ/mm²から0.08mJ/mm²に留まっており、過去の報告と比較して低エネルギーであった。一般的に照射エネルギー束密度が強いほど骨新生作用が強いとされており¹⁴⁾、本研究では低エネルギー照射に留まったことが、骨癒合率が不良であった主要因と考えられる。さらに、本研究では前述したように局所所見が消失し、肩甲帯を中心とした身体機能の改善を認めれば、画像治癒を待たずに競技復帰を許可した。実際には1例を除く全例が画像治癒を待たずに競技復帰を果たしており、特に新鮮例で骨癒合が確認できたのが1例のみであったのは、完全な骨癒合が得られる前に競技復帰に至り骨折部へのストレスが増加したことで、修復傾向にあった骨折部が治癒に至らず、骨癒合率が低値にとどまったものと推測している。また、本研究の骨癒合効果を骨折型別に検討すると、疲労骨折の方が骨端線閉鎖不全よりも良好な傾向にあった。これらの発生要因はいずれも外反伸展ストレスによるものと考えられているが、発生部位が疲労骨折は骨組織であるのに対し、骨端線閉鎖不全は成長軟骨帯と異なる。したがって、症例数が少なく経過観察期間も短いため推測の域を超えないが、ESWTは成長軟骨帯の骨化には効果が乏しい可能性が考えられた。

競技復帰に関して復帰3か月以降に3例で症状の再燃を認めたもののESWT後は全例が競技復帰に至っていた。過去の肘頭疲労骨折に対する保存治療の報告では、Nuberらが2例¹⁵⁾、中村らが8例¹⁶⁾の報告をしているが、いずれも競技復帰まで5か月以上を要し、中村らの報告では競技復帰率は63%とされている。一方、手術治療では、Paciらは18例中17例が術後平均29週で競技完全復帰したと報告し⁵⁾、本邦でも内田らは11例中9例が術後平均10.4週で全力投球が可能であったとし⁴⁾、大野らも11例全例が術後3から6か月で競技復帰したと報告している¹⁷⁾。また、われわれがESWTを導入する前の理学療法単独による保存治療では、約90%が平

均3.3か月で競技完全復帰となっていたが¹⁾、ESWTを併用した本研究では、全例が平均12週で競技復帰に至り、特にシーズン中に照射した8例は平均6.4週で競技復帰を果たしており、過去の報告と競技復帰基準は同様であるにもかかわらず明らかに早かった。ESWTは、骨新生作用以外にも自由神経終末の破壊や疼痛伝達物質の伝導抑制に伴う除痛作用が知られており^{18,19)}、これらの除痛効果が得られたことで早期復帰が得られた可能性が考えられた。本研究結果から、現時点では野球選手の肘頭疲労骨折に対するESWTは、特に早期復帰を希望するシーズン中の症例に最も有用であり、そのなかでも特に不全骨折型の疲労骨折であれば骨癒合も十分に期待できるものと思われる。しかし、本研究は症例数が少なく、対象となった症例の有症期間や照射後の安静期間にばらつきが多かったため、今後はさらに症例数を増やし、照射方法の工夫や競技復帰基準を厳格化することで、あらためてESWTの骨癒合効果を検討すべきである。

【結 語】

- 野球選手の肘頭疲労骨折に対し体外衝撃波療法を行った13例の治療成績を調査した。
- 骨癒合が確認できたのは5例(39%)のみであり、体外衝撃波療法による明らかな骨癒合効果は確認できなかった。
- シーズン中に照射した8例は、全例が平均6.4週で競技復帰が可能であったため、理学療法と併用した体外衝撃波療法は、早期復帰を希望するシーズン中の症例に特に有用であると思われた。

【文 献】

- 1) 大西和友, 菅谷啓之, 高橋憲正ほか: 野球選手に生じた肘頭障害に対する保存療法の治療成績. 日付会誌. 2014; 21: 217-21.
- 2) Furushima K, Itoh Y, Iwabu S, et al: Classification of olecranon stress fractures in baseball players. Am J Sports Med. 2014; 42: 1343-51.
- 3) Suzuki K, Minami A, Suenaga N, et al: Oblique stress fracture of the olecranon in baseball pitchers. J Shoulder Elbow Surg. 1997; 6: 491-4.
- 4) 内田繕博, 山崎哲也, 明田真樹ほか: 投球動作に起因した肘頭疲労骨折の手術成績について. 日臨スポ会誌. 2010; 18: 422-7.
- 5) Paci JM, Dugas JR, Guy JA, et al: Cannulated screw fixation of refractory olecranon stress fractures with and without associated injuries allows a return to baseball. Am J Sports Med. 2013; 41: 306-12.
- 6) Stephenson DR, Love S, Garcia GG, et al: Recurrence of an olecranon stress fracture in an elite pitcher after percutaneous internal fixation. Am J Sports Med. 2012; 40: 218-21.
- 7) Nakaji N, Fujioka H, Tanaka J, et al: Stress fracture of the olecranon in an adult baseball player. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2006; 14: 390-3.
- 8) Graff J, Pastor J, Richter KD, et al: Effect of high energy shock waves on bony tissue. Urol Res. 1998; 16: 252-8.

- 9) Valchanou VD, Michailov P : High energy shock waves in the treatment of delayed and nonunion of fractures. *Int. Orthop.* 1991 ; 15 : 181-4.
- 10) Petrisor BA, Lisson S, Sprague S : Extracorporeal shockwave therapy : A systematic review of its use in fracture management. *Indian J Orthop.* 2009 ; 43 : 161-7.
- 11) Furia JP, Rompe JD, Cacchio A, et al : Shock wave therapy as a treatment of nonunions, avascular necrosis, and delayed healing of stress fractures. *Foot Ankle Clin.* 2010 ; 15 : 651-62.
- 12) Taki M, Iwata O, Shiono M, et al : Extracorporeal shock wave therapy for resistant stress fractures in athletes. *Am J Sports Med.* 2007 ; 35 : 1188-92.
- 13) Moretti B, Notarnicola A, Garofalo R, et al : Shock waves in the treatment of stress fractures. *Ultrasound Med Biol.* 2009 ; 35 : 1042-9.
- 14) Wang CJ, Yang KD, Wang FS, et al : Shock wave treatment shows dose-dependent enhancement of bone mass and bone strength after fracture of the femur. *Bone.* 2004 ; 34 : 225-30.
- 15) Nuber GW, Diment MT : Olecranon stress fractures in throwers. *Clin Orthop.* 1992 ; 278 : 58-61.
- 16) 中村英次郎, 麻生邦一, 工藤修巳ほか : 中, 高校野球選手に発生した肘頭疲労骨折の経験と考察. *整スボ会誌.* 1995 ; 14 : 41-6.
- 17) 大野拓也, 渡辺幹彦, 山上繁雄ほか : スポーツによる肘頭疲労骨折の手術例の検討. *関東整災誌.* 2006 ; 37 : 245-51.
- 18) Ohtori S, Inoue G, Mannoji C, et al : Shock wave application to rat skin induces degeneration and reinnervation of sensory nerves fibres. *Neurosci Lett.* 2001 ; 315 : 57-60.
- 19) Takahashi N, Wada Y, Ohtori S, et al : Application of shock waves to rat skin decreases calcitonin gene-related peptide immunoreactivity in dorsal root ganglion neurons. *Auton Neurosci.* 2003 ; 107 : 81-4.