

# 単結晶圧電方式の集束型衝撃波による回旋筋腱板の石灰沈着性腱板炎の治療プロトコル

Daniel Moya<sup>1</sup>, Diego Gómez<sup>1</sup>, Daniel Velóz Serrano<sup>1</sup>, Pedro Bernáldez Domínguez<sup>2</sup>, Ignacio Dallo Lazzarini<sup>2</sup>, Gonzalo Gómez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Orthopaedics, Buenos Aires British Hospital <sup>2</sup> SportMe Medical Center, Departamento de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Unidad de Terapias Biológicas OrtoBioSevilla e Intervencionismo Ecoguiado <sup>3</sup> Sportsmed Argentina

## 責任著者

Daniel Moya

drdanielmoya@yahoo.com.ar

## 引用

Moya, D., Gómez, D., Velóz Serrano, D., Bernáldez Domínguez, P., Dallo Lazzarini, I., Gómez, G. Treatment Protocol for Rotator Cuff Calcific Tendinitis Using a Single-Crystal Piezoelectric Focused Shock Wave Source. *J. Vis. Exp.* (190), e64426, doi:10.3791/64426 (2022).

## 出版日

2022年12月23日

## DOI

10.3791/64426

## URL

jove.com/video/64426

## 序論

石灰性の結晶沈着は筋骨格系の様々な箇所で見られるが、最も多発している部位は肩部である。Gondos<sup>1</sup> は石灰化症例の69%が肩の部位に起こると報告している。肩の石灰沈着性腱板炎は回旋筋腱板の腱にヒドロキシアパタイトの沈着が見られるという特徴がある。一般人口における有病率は2.7%~20%と推測されている<sup>2</sup>。

## 要旨

集束型衝撃波は非常に効果的かつ非侵襲的な肩の石灰沈着性腱板炎の治療に対する選択肢として登場した。集束型衝撃波発振方式には電気水圧方式、電磁誘導方式、圧電方式の3つの種類がある。著者らの文献調査によると、単結晶圧電発振方式による肩の石灰沈着性腱板炎の治療結果は未だ報告されていない。Gärtnerによる分類のタイプIおよびIIの腱板石灰化を伴う患者23名の連続的後ろ向き研究では、圧電方式の高エネルギー集束型衝撃波の治療を実施した（1回の治療で4,000ショット、周波数6 Hz）。最後のフォローアップ（平均14か月）では、X線検査において症例の82.6%で完全な吸収が見られた。症例の8.7%においては部分的な吸収が見られ、残りの8.7%では有意な吸収が見られなかった。単結晶圧電発振方式の機器による治療の成功率はすでに報告されている電気水圧方式と電磁誘導方式の機器と同等である。

肩の石灰沈着性腱板炎は主に30歳~60歳の患者に起こる<sup>2</sup>。男女でいうと女性の発生率が高い（57%~76.7%）<sup>3</sup>。石灰性の沈着箇所は棘上筋の遠位腱が多いものの<sup>4</sup>、棘下筋、小円筋、肩甲下筋、上腕二頭筋長頭でも報告されている<sup>4</sup>。

1.5cm以上の沈着を伴う30歳～60歳の女性は症状が出る可能性が最も高い<sup>5</sup>。自然に治る傾向もあるが、治癒サイクルが中断されることもある。その場合、疼痛と障害の症状が起こり、治療が必要になる。

GärtnerのX線分類によって、画像は3つのタイプに区別される。タイプIは形成段階と一致しており、沈着画像が濃く、境界線が明確である。タイプIIでは沈着は濃い境界線が拡散されているか、透明だが境界線が明確であるといった矛盾した見た目である。最後にタイプIIIでは吸収段階の特徴があり、沈着が透明で境界線が拡散されている。タイプIIIの症例においては、短期間で自然吸収を行う可能性が高いため、衝撃波治療、超音波ガイド下の侵襲、または手術といった積極的な治療はGärtnerのタイプIおよびIIの症例においてのみ行うべきである。

最初は安静、鎮痛剤、ステロイド・非ステロイド抗炎症薬、リハビリテーション、局所注射のような保存治療が望ましい。保存治療は特に吸収段階で良い結果を示しているが、症例の27%～39%においては有効でなかったことが報告されている<sup>7,8,9</sup>。保存治療の結果に対しては、有意な影響をもたらすいくつかの予後因子が存在すると認められている<sup>7,8</sup>。両肩に沈着がある、大量の沈着がある、肩峰前部に石灰化がある、肩鎖関節よりも内側の位置に拡散した沈着があるといった状態は予後不良の因子である<sup>7,8</sup>。GärtnerのタイプIII段階である石灰化、さらに超音波によって除去しきれない石灰性の沈着は保存治療における良好予後の因子とされている<sup>7</sup>。

保存治療が成功しなかった場合、患者の多くは回旋筋腱板における慢性の非石灰化腱障害の臨床的特徴に似た肩の慢性疼痛を患うことになる。保存治療が成功しなかった場合の一般的な代替手段は手術であった。Gschwend<sup>10</sup>は回旋筋腱板の石灰化に対する3つの詳細な外科的適応を考案した。症状の進行、持続的かつ耐え難い痛み、そして保存治療の失敗である。外科的治療においては、切開あるいは関節鏡視下で行うことが可能である。切開治療は歴史的に良好な結果<sup>11</sup>をもたらしてきたものの、関節鏡視下手の技術は人気を博している<sup>12,13</sup>。筋骨格系超音波と超音波ガイドの介入(UGI)は著しく発展し、近年の臨床現場で使用されてきた<sup>14,15,16</sup>。

体外衝撃波による治療(ESWT)は保存治療が成功しなかった際、侵襲的な処置を実施する前の効果的な選択肢として現れた。治療効果は物理的な刺激のみならず、細胞が物理的な刺激を受けて生物学的な反応を起こす現象、メカノトランスダクションに基づいている<sup>17</sup>。ただし、衝撃波の治療には限界がある。衝撃波の物理的な効果のみに基づいている結石砕石術と違い、患者からの生物学的な反応も必要である。この反応は必ずしも起こるといわけではない。

「体外衝撃波」という総称は2つの異なる技術を指している。一つは集束型衝撃波、もう一つは拡散型衝撃波である<sup>17,18,19</sup>。両方の技術には治療の有効性があるが、物理的な特徴や適応は異なる。集束型衝撃波は幅広い周波数帯域(約150 kHz～100 MHz)であり、短い上昇時間および狭いパルス幅である大きな圧力振幅(最大150 MPa)の後、低圧力の波(最大-25 MPaまで)が続く<sup>18,19</sup>。集束型衝撃波は電気水圧方式、電磁誘導方式、そして圧電方式によって生成される<sup>17,18,19</sup>。

拡散型衝撃波は最大30 MPaの圧力ピークの音波であり、集束型衝撃波に比べて上昇時間が非常に長い(約3  $\mu$ s)<sup>18,19</sup>。拡散型衝撃波は圧縮された空気圧によってシリンダーチューブにある発射体が加速されることで生成される。発射体がシリンダーチューブの先端にあるアプリケーションターに衝突することで拡散型衝撃波が生成され、対象組織へと広がる<sup>17,18,19</sup>。

集束型衝撃波は回旋筋腱板の石灰化治療にグレード「A」の推奨を持つ<sup>17</sup>。上記は一貫性の結果を残すレベル1の文献に基づいた質の高い科学的根拠があるということである。拡散型衝撃波の場合、回旋筋腱板の石灰化治療にはグレード「I」の推奨を持ち、使用を推奨するにあたって根拠が不十分である<sup>17</sup>。

肩の石灰沈着性腱板炎に対する集束型衝撃波の治療は観血的手術<sup>20</sup>や関節鏡視下手術<sup>21</sup>と比較されてきたが、効果としては同等である。ただし、衝撃波は合併症となるリスクがより少なく、重症度も低い<sup>20,21</sup>。コストパフォーマンスも良い。Haake<sup>22</sup>は手術費用(€13,400～€23,450)と集束型衝撃波の費用(€2,700～€4,300)では著しい差があると報告した。彼の報告は、関節鏡視下手術と比較した場合の衝撃波治療の費用が5倍～7倍の費用削減を示したその他の研究結果<sup>23,24</sup>と一致している。衝撃波を超音波ガイドの介入と比較している研究もあり、これらは議論を醸す結果を示している<sup>15,25</sup>。幾つかの論文<sup>4,17,26,27,28,29,30,31,32,33</sup>では、肩の石灰沈着性腱板炎の治療を行う際は、高エネルギーの方がより効果的であると報告されている。Verstraelen<sup>27</sup>は高エネルギーを用いることで石灰化沈着の吸収率が高くなるとエビデンスレベル1の論文で報告している。上記により、拡散型の機器に比べて、より高いエネルギーレベルを生成できる集束型の機器の方が有利であることは明白である。電磁誘導方式<sup>4,17,36,37,38</sup>および電気水圧方式<sup>4,17,34,35</sup>の集束型機器を用いた多数の論文では、良い結果が報告されている。回旋筋腱板の石灰化治療に多結晶圧電方式の機器を使用した報告もある<sup>39</sup>。著者らの認識では単結晶発振方式の機器において、治療の技法および結果が報告された症例は現時点でない。

本研究の目的は、単結晶圧電方式の機器を使用した治療プロトコルを説明し、予備結果について報告することである。

## プロトコル

プロトコルはBuenos Aires British Hospitalのヒトを対象とした研究の倫理委員会の指針に沿っている。

### 1. 患者の評価

#### 1. 臨床評価

1. 症状の原因となり得るその他の解剖的部位から広まる症状、あるいは肩に関連するその他の病理を除外するため、患者の臨床評価を行う。
2. 肩の検査および触診に加え、能動的および受動的可動域を評価し、痛みを誘発する動作と健全性テストを行う。さらには、頸椎と肘関節の評価を実施する。

#### 2. X線による評価

1. X線による肩の前後方向（AP）撮影、肩甲骨外側撮影像、肩の腋窩撮影像を用いる。
2. Gärtner<sup>6</sup> 分類に従って石灰化の進行段階を特定する。肩に関連するあらゆる病理を除外するためにMRIを要求する。

#### 3. 包含基準

1. 以前に最低でも3か月間の保存治療を受けており、効果がなかったGärtnerタイプIおよびIIの石灰化に分類された患者を含む。
2. 回旋筋腱板炎を治療する際、肩峰下の箇所にはコルチコステロイド注射をしない。腱の弾力性の高い線維に悪影響を与えるためである<sup>40,41</sup>。

#### 4. 除外基準

該当肩におけるGärtnerタイプIIIの石灰化、あるいはその他の関連する病理を患う患者を含めない。

### 2. 施術方法

#### 1. 患者の姿勢：

患者が快適かつ治療対象部位が露出される姿勢。

1. 棘上筋腱または棘下筋腱治療の位置：仰向けあるいは座位の状態で治療する。
2. 肩甲下筋：仰向けで治療する。

#### 3. 小円筋：

肩の後面で治療をしやすくするために、座位、側臥位あるいは前傾側臥位で治療する。

#### 2. カップリングパッド

**注意：**3種のパッドサイズが利用でき、各パッドによって治療焦点の特定の深達度が決まる（**画像1**）。

1. 必要とされる焦点の深達度によってカップリングパッドの大きさを選定する（**表1**）。肩における石灰化の症例では、患者の体格および位置によって、カップリングパッドの選定は異なる。最も頻繁に使用されている大きさはLおよびMである。

#### 3. 治療部位の位置：

解剖的ランドマーク、さらに必要に応じて超音波画像を参照し（**画像2**）治療部位の位置を特定する。

**注意：**石灰化の位置を正確に特定し、その箇所に対して集中治療を行うことが非常に重要である<sup>4,42</sup>。解剖的基準または超音波画像を参照することで正しい位置を特定することができる。診断用超音波を使用した場合に有意な差が見られなかった研究<sup>43</sup>もあるため、部位を特定する目的での超音波使用の必要性自体が疑問視されている。大きな血管、神経、胸膜に近い領域での集束型衝撃波の使用はリスクを伴う<sup>44</sup>。これらの組織を回避する解剖的アプローチを用いる必要がある。

#### 4. 施術者の姿勢：

本機種の使用においては、施術者がアプリケーションを支える必要があり、人間工学的な姿勢で行う。

**注意：**治療中、まれに気を失うケースが報告されているため<sup>44</sup>、施術者は常に患者の状態を把握しておく必要がある。

#### 5. 麻酔：

麻酔を使用しない。麻酔液は組織の音響インピーダンスを変化させるため、局所麻酔の使用は禁忌である。一般的に本タイプの機器を用いた治療に対する許容範囲は、高エネルギーの使用においても良好である。

#### 6. コンタクトジェル：

治療部位の皮膚に適切な量のコンタクトジェルを塗布する。

#### 7. 機器操作：

起動後にタッチ画面を表示させる。画面トップの**治療設定**を選ぶ。様々な治療パラメーターの管理画面が表示される。出力、周波数、ショット数などのパ

ラメーターを設定するために、回転式を選択ノブを使用する。

8. 出力：

治療開始時の出力を設定する。エネルギー流速密度（EFD）は組織1平方ミリメートルあたりのミリジュール（mJ/mm<sup>2</sup>）で示される。

1. 患者が許容できる範囲で徐々に出力をあげる。まずは低出力で開始する。再現可能な結果を得るためには最低でも0.40 mJ/mm<sup>2</sup>以上のエネルギーに達する必要がある<sup>19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26</sup>。使用される平均的な最大出力は0.50 mJ/mm<sup>2</sup>である。

9. 周波数：

用いられる周波数を設定する。機器は1～25 Hzの周波数を設定することができる。4～6 Hzを用いる。

10. ショット数：

回転式を選択ノブを使用し、適用されるショット数を選択する。1回の施術あたり最低4,000発のショット数で実施する。

11. 治療中のパラメーター調整：

適用中に周波数、特に出力の調整を行う。治療中、中断することなく、適用パラメーターを簡単に調整するために、アプリケーター頭部にある画面を使用する。

12. 施術の間隔：

1週間に1回、合計3回の施術を実施する。



図1：アプリケーターとカップリングパッドの種類。大きさが異なる3つのカップリングパッドが使用可能である。各パッドは組織内の異なる深度に焦点を合わせることが可能である。[画像を拡大する場合はこちらをクリック。](#)



図2：アプリケーターの位置調整。棘上筋腱における集束型衝撃波の適用。[画像を拡大する場合はこちらをクリック。](#)

### 3. 治療後のプロトコル

1. 初回治療後、約5%の症例で激しい痛みを伴う急性の吸収プロセスが起こる可能性を患者へ伝える。不快感が発生する場合は、10分以下の短い間、疼痛部位に氷を当てるよう推奨する。

**注意：**非ステロイド性抗炎症薬よりもパラセタモールが望ましい。衝撃波は炎症プロセスを調節しており、治療が続く間、その他の方法で変化を与えない方が良い。

2. 固定：  
治療を行う手足を固定する必要はない。痛みを起こす可能性がある極端な動きや可動域を避けるよう患者に伝える。

#### 3. リハビリテーションプログラム

1. 治療が進むにつれて、許容範囲が良好であれば可動域を増やし、上腕骨頭の下方を強化するための運動を取り入れる。
2. 症状の再発が起こらない場合、極端な可動域に対する回復運動を実施する。三角筋および肩甲骨安定の強化も望ましい。

#### 4. X線によるフォローアップ

1. 治療が終わった6週間後に初回X線検査を実施し、2回目は12週間後に行う。12週間後、一部に吸収プロセスが完了していない部位が見られた場合、X線によるフォローアップを継続する。
2. 変化が見られない場合、新たな治療方法を取り入れるか、侵襲的な治療に移る。  
**注意：**多くの患者では、最初のX線撮影で非常に重要な変化が見られる。その他の症例では、ベースラインから様々な変化が見られる場合もあれば、長期のX線撮影でも変化がない場合もある。

## 結果

施設では、回旋筋腱板の石灰性沈着による肩の痛みを持つ一連の患者における後ろ向き研究が実施された。包含基準は、GärtnerタイプIおよびIIの石灰化であること、最低3か月間の保存治療を行い、満足のいく結果が出なかったことである。GärtnerタイプIIIの石灰化、患部である肩に関連するその他の病理、局所的なコルチゾン注射の経験、患部である肩における手術歴がある患者が除外された。

研究群は平均年齢が52.8歳の13名の女性と10名の男性、合計23名の継続的に参加した患者（表2）で構成された。82.6%の症例では、棘上筋が影響を受け（19名の肩）、13%の症例では棘下筋（3名の肩）、4.4%の症例では肩甲下筋（1名の肩）が影響を受けた。本研究のすべての症例のうち、腱の症例は1名のみであった。

前述した治療プロトコルはすべての患者に実施された。最低フォローアップは6か月間、平均で14か月間（6～30か月間）。初期沈着と比較して90%の沈着が消失した場合、完全な除去とみなされた。40%～90%の消失の場合は部分的な除去とみなされ、初期と変わりがなければ変化なしとされた。吸収は40%以下の場合、有意ではないと判断された。すべての症例において、石灰化の大きさは肩峰下部位における冠状断面像（AP）で測定された。先行およびその後のすべてのX線研究は第一著者、30年の経験を持つ肩の病理を専門としている整形外科医によって評価された。82.6%の症例では、症状の消失と共に石灰化の完全な吸収が達成された（画像3、画像4）。8.7%の症例では部分的な除去で症状の改善が見られたものの症状の完全な消失には至らなかった。残りの8.7%では有意な差がなく、超音波ガイド下穿刺が行われた。施術中に失神した1例、そして吸収プロセス中に一時的な痛みが生じた2例を除いて、合併症はなかった。集束型衝撃波の施術に対する許容範囲は患者によって大きく異なっていたが、いずれの症例も治療ショット数を完了することができた。

## 考察

本研究は、後ろ向きに評価された肩の石灰沈着性腱板炎の一連の患者に、単結晶圧電方式の機器によって生成された集束型衝撃波を適用することで有望な結果を示している。著者らが行った文献検索によると、本論文は単結晶圧電方式の機器を使用した結果を報告する最初の研究である。最近、Louwerens<sup>39</sup>は回旋筋腱板の石灰化治療に圧電方式の衝撃波機器を使用した研究を発表したが、研究では多結晶圧電方式の発生器が用いられた。

集束型衝撃波の使用による肩の石灰沈着性腱板炎治療において、多くの文献<sup>34, 35, 36, 37, 38, 39</sup>はX線の変動が大きいことを示す（表3）。石灰化の完全な消失率は、本文の82.6%と比べて、21.2%<sup>35</sup>～100%<sup>38</sup>と変動している。電磁誘導発振方式を用いた経験と比較して、使用機器はアプリケーションヘッドの操作性が高く、治療により耐えやすいといった側面で優れていることが、本研究での再現性のある結果に貢献している。

集束型衝撃波は、UGIや手術などの侵襲的治療法と同様

の効果をもたらすが、潜在的な合併症の発生頻度や重症度は低い<sup>20,21</sup>。衝撃波の効果は低侵襲的な治療法と比較されている。Kimら<sup>15</sup>は回旋筋腱板の石灰化の治療には、拡散型圧力波よりも超音波ガイド下穿刺の方が効果的で

あることを報告した。しかし実際のところ、石灰化治療に適用されているのは、拡散型圧力波ではなく<sup>17</sup> 集束型衝撃波である。残念ながら、文献では集束型衝撃波と拡散型圧力波との間で、概念に対して大きな混乱と誤った

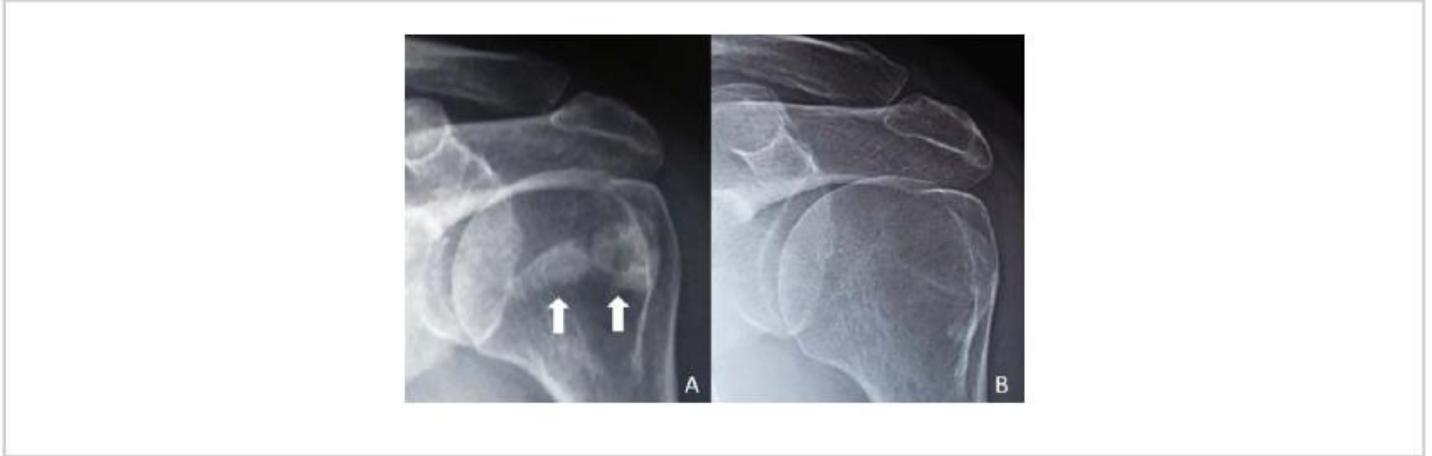


図3：肩甲下筋腱の石灰化。(A) 治療前（白い矢印）。(B) 6週間後。[画像を拡大する場合はこちらをクリック。](#)

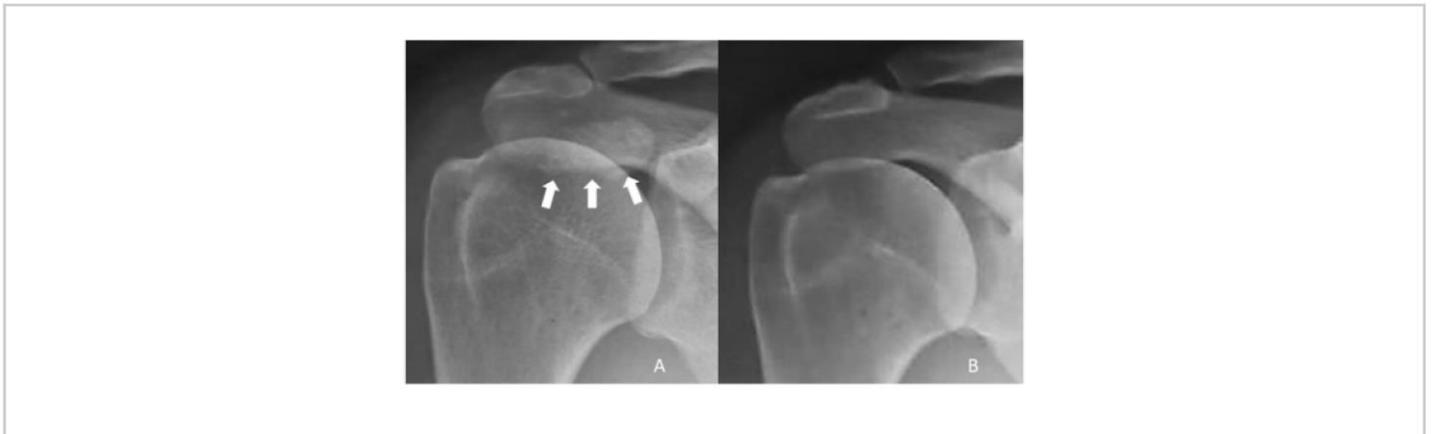


図4：棘上筋腱の石灰化。(A) 治療前（白い矢印）。(B) 12週間後。[画像を拡大する場合はこちらをクリック。](#)

カップリングパッド	焦点サイズ	焦点深度
S	45 mm	30~65 mm
M	30 mm	15~50 mm
L	15 mm	0~35 mm

表1：カップリングパッドの違い。各タイプのカップリングパッドには特定の焦点サイズと深度がある。

臨床結果		
年齢	52.8歳 (41歳～70歳)	
性別	女性	13名 (56.5%)
	男性	10名 (43.5%)
部位	棘上筋	82.60%
	棘下筋	13%
	肩甲下筋	4.40%
フォローアップ	14か月 (6か月～30か月)	
X線結果	完全な吸収	82.60%
	部分的な吸収	8.70%
	変化なし	8.70%
合併症	失神	1名
	一時的な痛み	2名

表2：臨床結果。人口統計学的特性とフォローアップデータ。

著者	機器	完全な吸収	部分的な吸収
Cosentinoら <sup>34</sup>	EH	31%	40%
Hsuら <sup>35</sup>	EH	21.2%	36.3%
Wangら <sup>36</sup>	EM	57.6%	15.1%
Gerdesmeyerら <sup>37</sup>	EM	86%	
Petersら <sup>38</sup>	EM	100%	なし
Louwerensら <sup>39</sup>	PMC	34%	25%

表3：肩の石灰沈着性腱板炎における集束型衝撃波の使用によるX線結果。略称：EH＝電気水圧方式、EM＝電磁誘導方式、PMC＝多結晶圧電方式。

重複がある<sup>19</sup>。さらにはKimの研究には多くの方法論上の欠点も指摘されている<sup>25</sup>。その他の研究もまた、UGIが痛みを軽減し、短期的に肩の機能を回復させるには効果的であることを示唆しているが<sup>20,45,46</sup>、DeWitteら<sup>16</sup>は、バルボタージ法（超音波ガイド下穿刺）を経験した患者の大部分は症状が再発したと結論付けた。上記と比較して、肩の石灰沈着性腱板炎に対して衝撃波治療を受けた患者を対象とした10年間のフォローアップ研究において、Raedel<sup>47</sup>は吸収率が90%で再発率はわずか5%であったことを実証した。

Louwerensら<sup>39</sup>は、1年後のフォローアップで、高エネルギーの集束型衝撃波と超音波ガイド下穿刺治療について同様の臨床結果を報告したが、石灰性の沈着を除去するには穿刺の方がより効果的であったことを明らかにした。

リハビリテーションによる回復の可能性がなくなった場合、衝撃波は非侵襲的処置であるため第一選択肢として

検討することが理想的な方法であると考えられる。衝撃波の適用は将来の手術<sup>48</sup>や穿刺の良好な結果を変えるものではないため、侵襲的処置に移る前の衝撃波の適用が十分に正当化されるのである。

勿論、本研究には限界がある。対照群や偽群はなく、後ろ向き研究になっている。患者数は少なく、フォローアップも短い。いずれにせよ、短期間のフォローアップ、そしてGärtnerタイプIおよびIIの石灰化を選択することで、自然再吸収の可能性が排除されている。

集束型衝撃波は、肩の石灰沈着性腱板炎を治療するための非侵襲的で効率的かつ費用対効果の高い治療選択肢である。単結晶圧電発振方式は、電気水圧発振方式や電磁誘導発振方式に匹敵する成功率である。

## 開示

なし。

## 参考文献

1. Gondos, B. Observations on peri-arthritis calcarea. *The American Journal of Roentgenology Radium Therapy and Nuclear Medicine*. **77** (1), 93-108 (1957).
2. Suzuki, K., Potts, A., Anakwenze, O., Singh, A. Calcific tendinitis of the rotator cuff: management options. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. **22** (11), 707-717 (2014).
3. Uthoff, H. K., Sarkar, K., Maynard, J. A. Calcifying tendinitis: a new concept of its pathogenesis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. **118**, 164-168 (1976).
4. Moya, D., Ramón, S., Guilloff, L., Gerdesmeyer, L. Current knowledge on evidence-based shockwave treatments for shoulder pathology. *International Journal of Surgery*. **24** (Pt B), 171-178 (2015).
5. Louwerens, J. K., Sierevelt, I. N., van Hove, R. P., van den Bekerom, M. P., van Noort, A. Prevalence of calcific deposits within the rotator cuff tendons in adults with and without subacromial pain syndrome: clinical and radiologic analysis of 1219 patients. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. **24** (10), 1588-1593 (2015).
6. Gärtner, J., Heyer, A. Calcific tendinitis of the shoulder. *Orthopade*. **24** (3), 284-302 (1995).
7. Ogon, P. et al. Prognostic factors in nonoperative therapy for chronic symptomatic calcific tendinitis of the shoulder. *Arthritis and Rheumatism*. **60** (10), 2978-2984 (2009).
8. Drummond Junior, M. et al. Predictive factors for failure of conservative management in the treatment of calcific tendinitis of the shoulder. *JSES International*. **5** (3), 469-473 (2021).
9. DePalma, A. F., Kruper, J. S. Long-term study of shoulder joints afflicted with and treated for calcific tendinitis. *Clinical Orthopaedics*. **20**, 61-72 (1961).
10. Gschwend, N., Patte, D., Zippel, J. Therapy of Calcific tendinitis of the shoulder. *Archiv fur Orthopadische und Unfall-Chirurgie*. **73** (2), 120-135 (1972).
11. Sansone, V., Maiorano, E., Galluzzo, A., Pascale, V. Calcific tendinopathy of the shoulder: clinical perspectives into the mechanisms, pathogenesis, and treatment. *Orthopedic Research and Reviews*. **10**, 63-72 (2018).
12. Ark, J. W., Flock, T. J., Flatow, E. L., Bigliani, L. U. Arthroscopic treatment of calcific tendinitis in the shoulder. *Arthroscopy*. **8** (2), 613-623 (2012).
13. Porcellini, G., Paladini, P., Campi, F., Paganelli, M. Arthroscopic treatment of calcifying tendinitis of the shoulder: clinical and ultrasonographic follow-up findings at two to five years. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. **13** (5), 503-508 (2004).
14. Serafini, G. et al. Rotator cuff calcific tendonitis: short-term and 10-year outcomes after two-needle us-guided percutaneous treatment-nonrandomized controlled trial. *Radiology*. **252** (1), 157-164 (2009).
15. Kim, Y. S., Lee, H. J., Kim, Y. V., Kong, C. G. Which method is more effective in the treatment of calcific tendinitis in the shoulder? Prospective randomized comparison between ultrasound-guided needling and extracorporeal shock wave therapy. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. **23** (11), 1640-1646 (2014).
16. de Witte, P. B., Kolk, A., Overes, F., Nelissen, R. G. H. H., Reijnen, M. Rotator cuff calcific tendinitis: ultrasound-guided needling and lavage versus subacromial corticosteroids: Five-year outcomes of a randomized controlled trial. *The American Journal of Sports Medicine*. **45** (14), 3305-3314 (2017).
17. Moya, D. et al. The role of extracorporeal shockwave treatment in musculoskeletal disorders. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. **100** (3), 251-263 (2018).
18. Loske, A. M. *Medical and Biomedical Applications of Shock Waves*. Springer International, Cham, Switzerland (2017).
19. Loske, A. M., Moya, D. Shock waves and radial pressure waves: time to put a clear nomenclature into practice. *Journal of Regenerative Science*. **1** (1), 4-8 (2021).
20. Rompe, J. D., Zoellner, J., Nafe, B. Shock wave therapy versus conventional surgery in the treatment of calcifying tendinitis of the shoulder. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. (387), 72-82 (2001).
21. Rebuzzi, E., Coletti, N., Schiavetti, S., Giusto, F. Arthroscopy surgery versus shock wave therapy for chronic calcifying tendinitis of the shoulder. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*. **9** (4), 179-185 (2008).
22. Haake, M., Rautmann, M., Wirth, T. Assessment of the treatment costs of extracorporeal shock wave therapy versus surgical treatment for shoulder diseases. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*. **17** (4), 612-617 (2001).
23. Eid, J. Economic aspects in the treatment of tendinosis calcarea of the shoulder. In *9th International Congress of the International Society for Musculoskeletal Shockwave Therapy*. Rio de Janeiro, Brazil (2006).
24. Ramon, S., Moya, D., Alvarez, P., Cugat, R., Corbella, X. Efficiency in treatment of calcifying tendinopathy of the shoulder: extracorporeal shockwave therapy vs. surgery. In *Read at the 13th International Congress of Shoulder and Elbow Surgery*. Korea (2016).
25. Moya, D. et al. Incorrect methodology may favor ultrasound-guided needling over shock wave treatment in calcific tendinopathy of the shoulder. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. **25** (8), e241-e243 (2016).
26. Albert, J. D. et al. High-energy extracorporeal shockwave therapy for calcifying tendinitis of the rotator cuff: a randomized trial. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. **89** (3), 335-341 (2007).
27. Verstraelen, F. U., In den Kleef, N. J., Jansen, L., Morrenhof, J. W. High-energy versus low-energy extracorporeal shock wave therapy for calcifying tendinitis of the shoulder: which is superior? A metaanalysis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. **472** (9), 2816-2825 (2014).
28. Bannuru, R. R., Flavin, N. E., Vaysbrot, E., Harvey, W., McAlindon, T. High-energy extracorporeal shockwave therapy for treating chronic calcific tendinitis of the shoulder: a systematic review. *Annals of Internal Medicine*. **160** (8) 542-549 (2014).
29. Daecke, W., Kusnierczak, D., Loew, M. Extracorporeal shockwave therapy (ESWT) in tendinosis calcarea of the rotator cuff. Long-term results efficacy. *Der Orthopade*. **31** (7), 645-651 (2002).

30. Huisstede, B. M., Gebremariam, L., van der Sande, R., Hay, E. M., Koes, B. W. Evidence for effectiveness of extracorporeal shock-wave therapy (ESWT) to treat calcific and non-calcific rotator cuff tendinosis-systematic review. *Manual Therapy*. **16** (5), 419-433 (2011).
31. Ioppolo, F. et al. Extracorporeal shock-wave therapy for supraspinatus calcifying tendinitis: a randomized clinical trial comparing two different energy levels. *Physical Therapy*. **92** (11) 1376-1385 (2012).
32. Speed, C. A systematic review of shockwave therapies in soft tissue conditions: focusing on the evidence. *British Journal of Sports Medicine*. **48** (21) 1538-1542 (2014).
33. Vavken P., Holinka, J., Rompe, J. D., Dorotka, R. Focused extracorporeal shock wave therapy in calcifying tendinitis of the shoulder: a meta-analysis. *Sports Health*. **1** (2) 137-144 (2009).
34. Cosentino, R. et al. Extracorporeal shock wave therapy for chronic calcific tendinitis of the shoulder: single blind study. *Annals of the Rheumatic Diseases*. **62** (3), 248-250 (2003).
35. Hsu, C. J. et al. Extracorporeal shock wave therapy for calcifying tendinitis of the shoulder. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. **17** (1), 55-59 (2008).
36. Wang, C. J. et al. Shock wave therapy for calcific tendinitis of the shoulder: a prospective clinical study with two-year follow-up. *American Journal of Sports Medicine*. **31** (3), 425-430 (2003).
37. Gerdesmeyer, L. et al. Extracorporeal shock wave therapy for the treatment of chronic calcifying tendonitis of the rotator cuff: a randomized controlled trial. *JAMA*. **290** (19), 2573-2580 (2003).
38. Peters, J. et al. Extracorporeal shock wave therapy in calcific tendinitis of the shoulder. *Skeletal Radiology*. **33** (12), 712-718 (2004).
39. Louwerens, J. K. G. et al. Comparing ultrasound-guided needling combined with a subacromial corticosteroid injection versus high-energy extracorporeal shockwave therapy for calcific tendinitis of the rotator cuff: A randomized controlled trial. *Arthroscopy*. **36** (7), 1823-1833 (2020).
40. Tatari, H., Kosay, C., Baran, O., Ozcan, O., Ozer, E. Deleterious effects of local corticosteroid injections on the Achilles tendon of rats. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. **121** (6), 333-337 (2001).
41. Ghellioni, G. V., da Silva, L. S., Piovezan, A. P., Martins, R. O. Effect of methylprednisolone use on the rotator cuff in rats: biomechanical and histological study. *Revista Brasileira de Ortopedia*. **50** (3), 260-265 (2015).
42. Eid, J., Moya, D. Quality standards and techniques for the application of focused shockwaves and radial pressure waves in musculoskeletal disorders. *Journal of Regenerative Science*. **1** (1), 9-12 (2021).
43. Njawaya, M. M. et al. Ultrasound guidance does not improve the results of shock wave for plantar fasciitis or calcific achilles tendinopathy: A randomized control trial. *Clinical Journal of Sport Medicine*. **28** (1), 21-27 (2018).
44. Moya, D. et al. Poor results and complications in the use of focused shockwaves and radial pressure waves in musculoskeletal pathology. *Rehabilitation*. **56** (1), 64-73 (2022).
45. Bernáldez Domínguez, P., Dallo Lazzarini, I. The Sports, Ultrasound, Biologics, and Arthroscopy Protocol in the New Era of Orthopaedic Sports Injuries Treatments. *Journal of Regenerative Science*. **1** (1), 16-2 (2021).
46. Bernáldez Domínguez, P., Dallo Lazzarini, I. State of the Art in Ultrasound-Guided Surgery: Concept, Planning, Instruments, Classifications, Indications, and Literature Review. *Journal of Regenerative Science*. **2** (1), 16-21 (2022).
47. Raedel, R. F., Wertenbruch, J., Dreisilker, U., Kievernagel, G., Schramm, G. Ten-year results of high-energy extracorporeal shockwave therapy (electrohydraulic) of tendinosis calcarea of the shoulder. In *11th International Congress of Medical Shockwave Treatment*, Juan le Pins, France (2008).
48. Lorbach, O., Kusma, M., Pape, D., Kohn, D., Dienst, M. Influence of deposit stage and failed ESWT on the surgical results of arthroscopic treatment of calcifying tendonitis of the shoulder. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. **16** (5), 516-521 (2008).