

監修にあたって

衝撃波を医療に用いるという考えは、1960年代の主としてドイツで始まり、1980年代には尿路結石に対する碎石治療法 (lithotripsy) に対する初めての成功例が報告されています。その後、運動器領域での初めての応用は人工股関節全置換術 (total hip arthroplasty; THA) のインプラント抜去時のセメント破砕に用いられ、骨折遷延癒合や偽関節に対する骨癒合促進へと臨床応用された歴史的背景があります。

近年、わが国でも体外衝撃波治療 (extracorporeal shock wave therapy; ESWT) は、運動器疾患に対する物理療法のひとつとして、さまざまな疾患に幅広く応用されるようになってきました。物理学的エネルギーの刺激により細胞からの生化学的応答を引き出す mechanotransduction と呼ばれる機序により、組織変容を誘導することで生体の修復を促進させる新しい治療法ということができます。2012年より「難治性足底腱膜炎」に対する保険診療が可能となっていますが、国際衝撃波治療学会 (ISMST) で推奨される適応疾患は、足底腱膜炎以外の難治性腱症・腱附着部症全般と、疲労骨折、骨壊死、離断性骨軟骨炎や創傷遷延治癒、皮膚潰瘍といった運動器領域の多岐にわたっています。また、新たな展開としてスポーツ医療の分野では、除痛効果や組織修復促進効果に加え、筋・筋膜の滑走性や柔軟性改善など、コンディショニング部門での活用が期待されつつあります。

わが国では2016年に体外衝撃波治療の発展を目的とした日本運動器 SHOCK WAVE 研究会 (JOSST) が設立され、学術集会やセミナーを通して正しい知識の共有と活用法についての教育活動が行われており、2022年からはJOSST認定制度が始まります。こういったなか、会員の皆さんから「体外衝撃波治療に関する教科書をつくってほしい」という多くの声を頂く機会が増えてきました。

本書は、体外衝撃波治療に以前から関わっている経験豊富な先生方を中心に、基礎知識から実際の活用法について解説して頂きました。より効果的かつ安全な治療を提供するための、わが国で最初の「体外衝撃波治療の教科書」として活用して頂ければ幸いです。

2022年7月

日本運動器 SHOCK WAVE 研究会 (JOSST) 代表世話人

早稲田大学スポーツ科学学術院 教授

熊井 司

FSW発生装置

DUOLITH®SD1

(STORZ MEDICAL社)



Epos ultra® (Dornier Med Tech社)



BTL-6000フォーカス (BTL社)



RPW発生装置

MASTERPULS®MP100

(STORZ MEDICAL社)



インテレクトRPW

(chattanoogaTM社)



BTL-6000トップライン

(BTL社)



ShockMaster (Gymna社)



図4 わが国で使用可能な衝撃波装置

(各メーカーより許可を得て掲載)

ライン® (BTL社)、ShockMaster (Gymna社) が使用可能となっている(図4)。RPW発生装置はFSW発生装置に比較し安価で軽量・コンパクトであるため、理学療法士やアスレチックトレーナーによるスポーツ現場での普及が拡大している。

体外衝撃波治療は、照射による骨形成作用と、腱附着部症に対する除痛という2つの効果を有する新しい治療法である。体外衝撃波の主な効果は機械的シグナル伝達 (mechanotransduction) と言われ、この作用により組織再生、創治癒、血管新生、骨形成が生じ、組織の修復機転や再生を誘導すると考えられている。また、体外衝撃波照射により、①物理学的作用、②生理化学的作用、③化学的作用、④生物学的作用の4つの反応が順に生じる。物理学的作用として、衝撃波の陽性波の圧力を吸収、反射、屈折、エネルギーの組織、細胞への伝達が生じる。次に生理化学的作用として、物理的な刺激が生化学的作用を生じ、細胞のシグナル伝達を活性化するアデノシン三リン酸(ATP)の放出を刺激する。そして化学的作用として、イオンチャネルの機能を変換し、カルシウムを動員していき、最後に血管新生、抗炎症作用、骨新生、組織再生をもたらす。またマクロファージのphenotypeをM1 [炎症に関与。interleukin (IL) -6や tumor necrosis factor- α を放出し炎症を引き起

2 RPWの照射方法

治療ステップと各種トランスミッターの説明

治療を開始する前提として、患者の疼痛症状に関して問診や画像診断、圧痛所見、理学所見などを通じて確認しておく。

ステップ1: RPW

ステップ1は、腱附着部またはトリガーポイントにおける局所治療となる。使用するトランスミッターはトリガーポイント/腱附着部症用の標準トランスミッター(図2A)またはPERI-ACTOR® 球タイプ(図3A右下, STORZ MEDICAL社)の中から、必要な刺

A 腱附着部症およびトリガーポイントのトリートメントに使用する標準トランスミッター



A6 Point

- ▶ 6mm, アコースティックトランスミッター
- ▶ ショックウェーブアキュバンクチャー
- ▶ 刺激深度: 0~20mm
- ▶ 強度: ●●●○○○○○○○



F15 White soft

- ▶ 15mm, フォーカスレンズトランスミッター
- ▶ 表層付近の疼痛, 咀嚼筋, 頸椎
- ▶ 刺激深度: 0~30mm
- ▶ 強度: ●○○○○○○○○○



T10 Finger

- ▶ 10mm, トリガートランスミッター
- ▶ トリガーポイント, 深層の腱附着部症
- ▶ 刺激深度: 0~40mm
- ▶ 強度: ●●●●●●●○○



R15 Standard

- ▶ 15mm, スタンダードトランスミッター
- ▶ 腱附着部症全般
- ▶ 刺激深度: 0~35mm
- ▶ 強度: ●●●●●○○○○○



DL15 Golden depth

- ▶ 15mm, ディープインパクトトランスミッター
- ▶ 疼痛部位が深部の場合, 慢性障害, 高エネルギー使用の場合
- ▶ 刺激深度: 0~50mm
- ▶ 強度: ●●●●●●●○○○



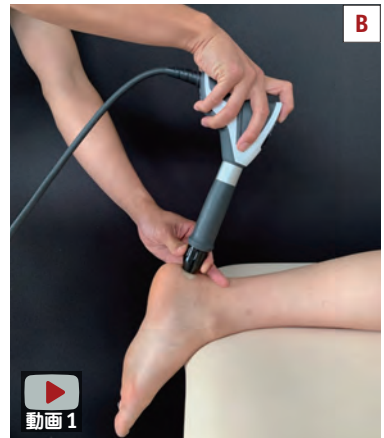
C15 Ceramic energy

- ▶ 15mm, CERAmA-x®トランスミッター
- ▶ 腱附着部症全般
- ▶ 刺激深度: 0~30mm
- ▶ 強度: ●●●●●●●●●○○

図2 トリガーポイント/腱附着部症用の標準トランスミッター (A) および照射風景 (B)

(STORZ MEDICAL社より提供)

[<https://www.shockwavetherapy-jp.com/masterpuls/>]



動画 1

- **屈曲・外転制限①**：仰臥位となり，可能な限り外転・外旋位を取らせ腋窩陥凹に照射する。この際に上腕骨頭が背側へ偏位しないように，背側から上腕骨頭を持ち上げて照射する（**図4，動画1**）。
- **屈曲・外転制限②**：側臥位となり，肩甲骨上方回旋での代償を制御しながら小円筋・大円筋・後方関節包下部へ照射する（**図5，動画2**）。大きめのクッションなどを抱え込めると，肩関節が安定し照射しやすい。
- **外旋制限**：仰臥位となり，可能な限り外旋位を取らせ腱板疎部に照射する。この際に上肢に力が入らないように，台などで前腕を固定する（**図6，動画3**）。
- **背面内旋制限**：側臥位となり，肩関節伸展・内転・内旋位を取らせる。上肢は大きめのクッションなどの上に乗せて安定させ，棘下筋・後方関節包上部へ照射する（**図7，動画4**）。



図4 屈曲・外転制限①への照射

可能な限り上腕を外転・外旋位に保持し，上腕骨頭が背側へ偏位しないように，上腕骨頭を腹側へ持ち上げながら照射する。



図5 屈曲・外転制限②への照射

肩甲骨上方回旋での代償を抑制しながら小円筋・大円筋・後方関節包下部へ照射する。大きめのクッションなどを抱えさせて照射する。



体位・肢位

仰臥位で患肢の肘下に小枕を置いて肘関節は軽度屈曲位として、患者にはリラックスしてもらおう(図4)。

治療プロトコール

FSWTの治療機器であるDUOLITH®SD1 (STORTZ MEDICAL社)を使用する。上腕骨外側上顆部の圧痛とエコー所見により病変部位と深さを確定してピンポイントで施術を行うが、照射時痛を感じる部位を探しながら行う(biofeedback)。出力は0.01mmJ/mm²から最大0.25mmJ/mm²まで徐々に上げていき、患者が我慢できる最大の出力で行い、1回の照射は2,500発とし、照射間隔は1週間程度、5回を1クールとする(図4, 動画1)。



図4 外側上顆へのFSW照射の実際

1

足底腱膜症に対する
体外衝撃波治療

高橋謙二

Summary

- ▶ 足底腱膜症は体外衝撃波治療 (ESWT) の最も良い適応症のひとつであり、重篤な合併症はなく安全な治療である。
- ▶ わが国では、従来の保存療法に6カ月以上抵抗性の「難治性足底腱膜炎」が集束型体外衝撃波治療 (FSWT) の適応症として唯一保険収載されており、3カ月一連で5,000点が算定できる。
- ▶ FSWT や拡散型圧力波治療 (RPWT) 単独よりも足底腱膜や下腿三頭筋のストレッチを併用する方が有効性は高まる。
- ▶ RPWT では2 STEP 照射が基本であり、局所への除痛治療のほか、足底腱膜や下腿三頭筋へのリラクゼーション治療も併用する。
- ▶ RPWT は FSWT と比べ効果発現には時間を要する (治療回数が多くなる)。
- ▶ 有効予測因子として、足底腱膜の肥厚、踵骨骨髓浮腫、腱膜内変性所見を認めることである。

1 疾患の概要

足底腱膜症は、足底腱膜への伸張性または圧迫性の機械的負荷により発生する微小損傷から始まる腱症病変である。10人に1人が生涯中に罹患し、約9割の患者は保存療法により12カ月以内に症状が改善するといわれている¹⁾。多くは踵骨結節の付着部近傍やそれより遠位の実質部に発症することが多い (図1)²⁾。

しかし、腱膜への負荷が繰り返されると有痛性の変性病変や踵骨棘が形成され疼痛は遷延化する。病理学的には、異常な新生血管や神経線維の増生、過剰な神経伝達物質の局在がみられ、これが疼痛過敏や正常な治癒過程を阻害することで難治性となる^{3, 4)}。また、腱付着部の周囲の滑液包炎や脂肪体炎を伴うとさらに痛みは増強し、歩行障害をきたす²⁾。



図7 足底腱膜症の治療手順 (RPWT) (前ページよりつづき)

4 治療成績

システマティックレビューによると、FSWTとRPWTは足底腱膜症に対し有効であることは実証されており、最も良い適応のひとつである⁸⁾。

FSWT機器であるDUOLITH[®]SD1 (STORZ MEDICAL社)を使用した250例の比較研究では、Sham群と比べSW群では有意に成功率が高かったと報告されている(34.5% vs 69.2%, $p < 0.01$)⁹⁾。当院では、治療前の疼痛を10とした時のnumerical rating scale (NRS) が5未満に改善した症例を有効例として、治療後2カ月で56.0%、3カ月で64.9%、最終診察時(平均373日)で82.7%と経時的な有効率の増加を認めた(図8)。さらに最終的に65.9%の症例で圧痛が完全消失した¹⁰⁾。

RPWTにおいても、いくつかのLevel 1のランダム化比較研究により有効性は示されている^{11, 12)}。しかし、FSWTと比較すると若干RPWTのほうの有効性は劣り¹³⁾、治療を要した回数は平均7回との報告もみられる¹⁴⁾。

ESWTの効果をより高めるためには、ストレッチを併用したり¹⁵⁾、腓腹筋やヒラメ筋へのトリガーポイント照射を併用した方がより有効である¹⁶⁾。

照射のポイント

FSWT

病変部位へ正確な照射を行うためには超音波をガイドとして照射位置・照射方向を確認し、病変部位に対して垂直に照射できるようにハンドピースの角度を調整する(図5)。

RPWT

圧痛を認めた筋群に対して照射する際、単に照射するだけでなく自動運動による筋の収縮・弛緩を促しながら筋膜を全体的にリリースすることで、筋滑走性の改善や筋出力の向上にも有効である。図6、7、動画1、2は後脛骨筋と長趾屈筋に対するアプローチである。

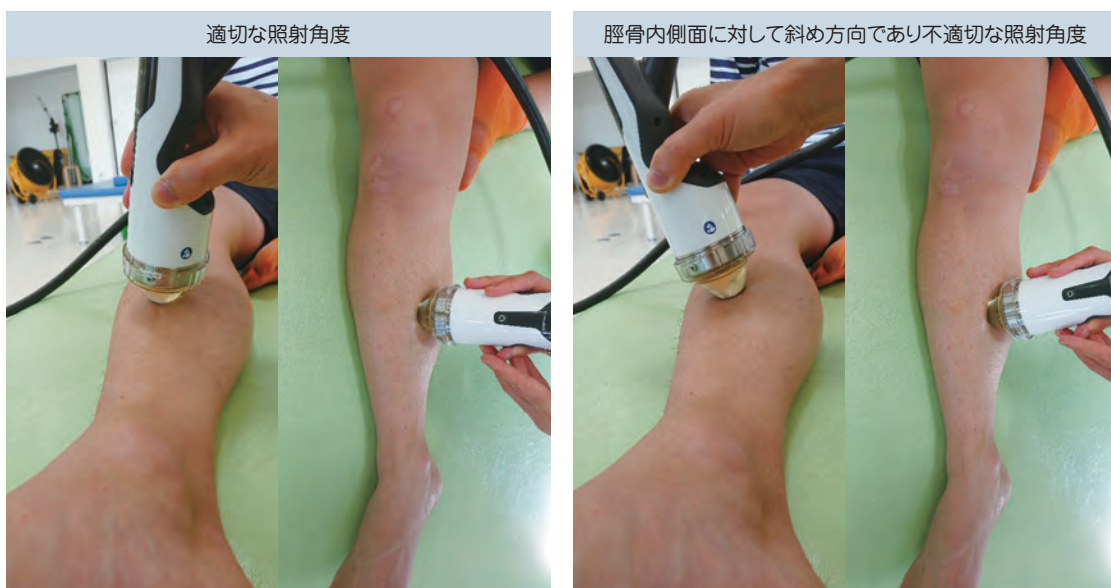


図5 脛骨内側に対するFSWの照射角度の調整



図6 後脛骨筋の治療

照射しながら足関節の内がえし運動を行わせることで、後脛骨筋を選択的に治療できる。