

Clinical Report

DUOLITH SD1を用いた
足底腱膜炎に対する体外衝撃波治療

船橋整形外科病院 スポーツ医学・関節センター
高橋 謙二 高橋 憲正



■ 適 応

6か月以上従来の保存治療に抵抗する難治性足底腱膜炎に対し、3か月間の一連の処置として「体外衝撃波疼痛治療術」(5000点)を算定できる。また2回目以降は、3か月を超えて算定することができる。

■ 体外衝撃波の特性

衝撃波とは、波源(音源)の動く速さが波の伝わる速さ(音速)を超えるとときに発生する圧力波で、音波の10万~100万倍の圧力軸スケールをもつ三角波である。媒体内の音響インピーダンスが異なる境界でエネルギーを放出し破壊作用をもたらす¹⁾。実際に認められる現象として、落雷や火山の噴火、隕石の落下時などに発生し周辺へ破壊作用をもたらす。超音速機の飛行により発生するソニックブームなども衝撃波によるものである。生体内における衝撃波は、水と音響インピーダンスの近似した筋肉や脂肪組織で通過し、深部の骨や肺などでエネルギーを放出する。そのため肺や脊髄のある体幹への照射は禁忌とされている²⁾(表1)。

表1 音響インピーダンス

肺	0.26~0.4
水	1.49
筋肉	1.72
脂肪	1.37
皮質骨	7.38
海綿骨	1.45 (g/cm ² ·S)10 ⁵

■ 腱付着部症に対する体外衝撃波の生物学的作用

衝撃波による生物学的作用は、主に焦点領域を中心とした神経終末の破壊と周辺領域における機械的な細胞刺激による除痛と組織修復作用である。除痛作用に関して、衝撃波はラットの皮下自由神経終末や疼痛伝達に関わる交感神経節後線維(無髄神経線維)を選択的に破壊することや³⁾⁴⁾、照射後に脊髄後根神経節においてsubstans Pやcalcitonin gene-related peptide (CGRP) の疼痛伝達物質の伝導抑制が起こることが確認されており、衝撃波による神経線維の破壊が除痛効果に関わっていると考えられている⁵⁾。また、この除痛効果は1回照射より2回照射の方が持続することが示唆されている⁶⁾。(図1、表2)

また、組織修復作用に関しては、弱い衝撃波は細胞に対して直接機械的刺激を与え細胞レベルで骨形成や血管新生、腱修復反応を促進する。腱細胞においては、TGFβ1や1型コラーゲンの発現増加、VEGF、eNOS、PCNAなどの血管新生因子の発現増加により細胞外基質の分解や炎症を抑制するとともに、またこれらにより腱細胞の増殖も促す⁵⁾⁷⁾⁸⁾。

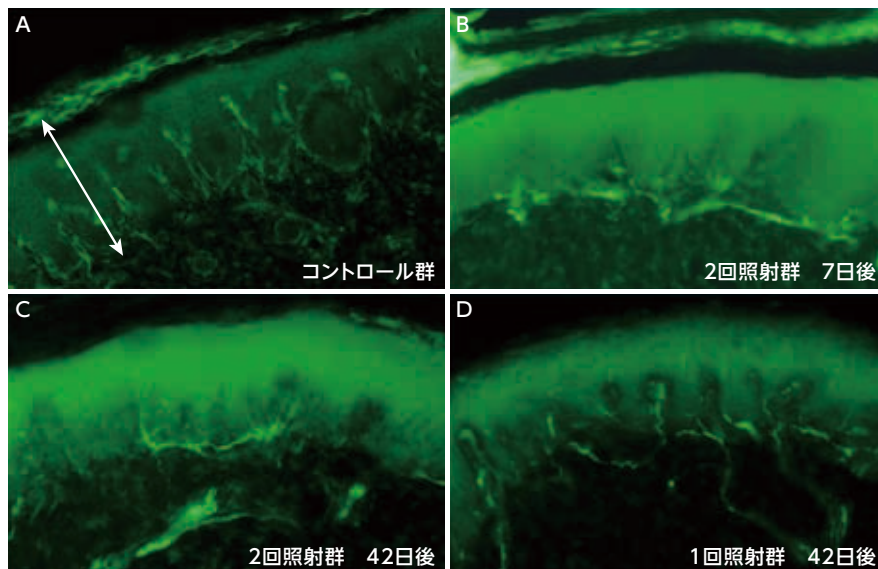


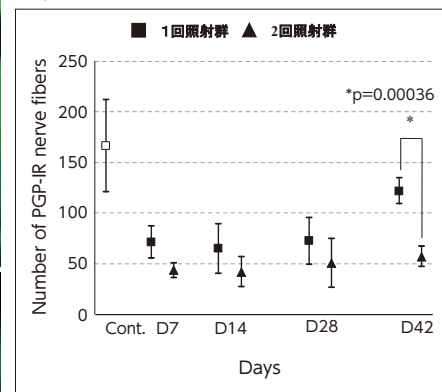
図1 動物実験における自由神経終末の減少

ラットのフットパッドにおける神経伝達物質Protein gene product(PGP9.5)を染色した。(A)コントロール群 表皮に神経終末が侵入している(白矢印=表皮)(B)衝撃波の照射7日後、2回照射群における自由神経終末は減少した。(C)(D)衝撃波照射42日後、2回照射群にはほとんど自由神経終末が無い。1回照射群には自由神経終末が増加傾向にある。
1回照射群=衝撃波を1回のみ照射 2回照射群=衝撃波を1回照射し、14日目に2回目を照射
Protein Gene Product(PGP9.5)=全ての神経線維のマーカーとなる神経伝達物質

(参考文献)

6) Takahashi N, Ohtori S, Saisu T, Moriya H, Wada Y. Second application of low-energy shock waves has a cumulative effect on free nerve endings. Clin Orthop Relat Res. 2006;443:315-319

表2 Number of PGP 9.5-IR nerve fibers



1回照射群、2回照射群、コントロール群における神経終末(PGP9.5-IR)の量を示す。PGP9.5-IRの量は7日から28日にかけてコントロール群に比べ少ない(p=0.01-0.03)。照射後42日目においては、1回照射群が2回照射群に比べ、神経終末の量が多い(p=0.00036)

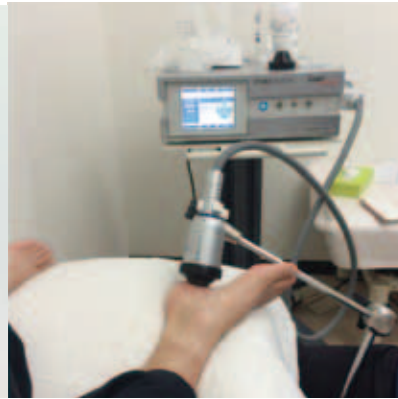


図2



図3

■ 治療手技

Duolithは、focused typeの体外衝撃波治療機器であり、照射ガイドはなく患者の疼痛再現を頼りに疼痛部位に照射する(Biofeedback)。照射到達深度は最大50mmで病変の深さにより15mm、30mmのカプラーを選択できる。ハンドピース型の発生装置であり、操作性はよく、容易に疼痛部位に照射することができる。一方、アームに取り付けることで固定して照射することも可能である(図2)。設定可能な照射エネルギーは0.01~0.25mJ/mm²であり(10段階)、照射頻度は60~240発/分である。当院での1治療あたりの照射数は3000~5000発で、原則月に1回、計3回の治療を行っている。治療前に最圧痛点と圧痛範囲をマーキングし、その範囲を中心に低出力より照射を開始する。徐々に上げていき疼痛再現部位を指標に確認しながら痛みの我慢できる出力で行っている(図3)。

■ 後療法

治療後は歩行が可能であるため特に制限はない。ストレッチや筋力訓練などの理学療法を併用することを勧めている。アスリートの場合は、可能な限り痛みが軽減するまでスポーツ活動を制限することを薦めている。

■ 治療成績

2015年9月から2016年1月までに体外衝撃波治療を行い3か月以上経過観察しえた初回例40例49足の治療成績について述べる。これらはいずれも一般患者で、スポーツ競技を目標とした症例は除外した(表3)。Numerical Rating Scale (NRS)により治療前の疼痛レベルを10とした場合の改善が5以下になった症例を有効例とすると、ESWT後3~4か月では49足中35足(71.4%)が有効であり、平均3.9と有意に改善した(図4)。また、治療前後のJSSF scaleとVisual analogue Scale (VAS)は、それぞれ平均75.0点→87.7点、60.7mm→38.4mmと有意に改善した(図5)。治療後の疼痛レベルの推移をNRSで月毎にみると、治療後1か月、2か月でそれぞれ平均6.8、4.3であり治療開始後2か月までは有意な改善がみられた(図4)。

表3 対象の内訳

症例数	40例49足
平均年齢	59.6±13.1歳
性別	男性:20足、女性:20足
罹患側	右:18足、左:22足
BMI(平均)	24.9±3.9
病変部位	付着部:36例44足 非付着部:4例5足

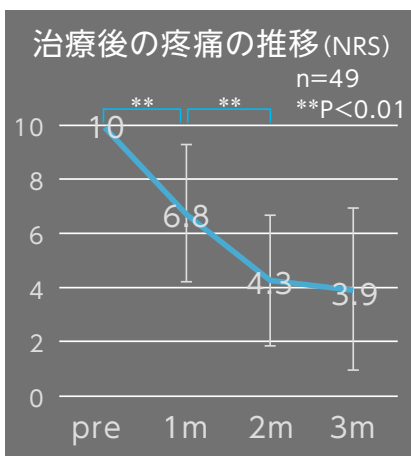


図4

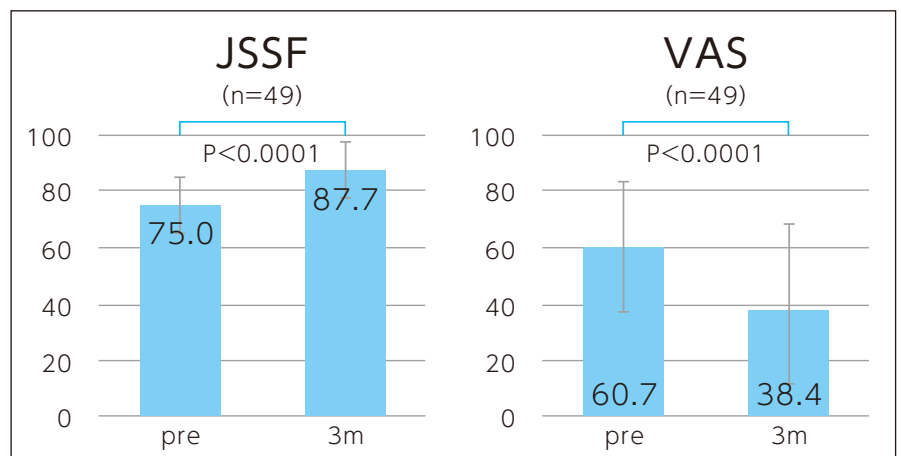
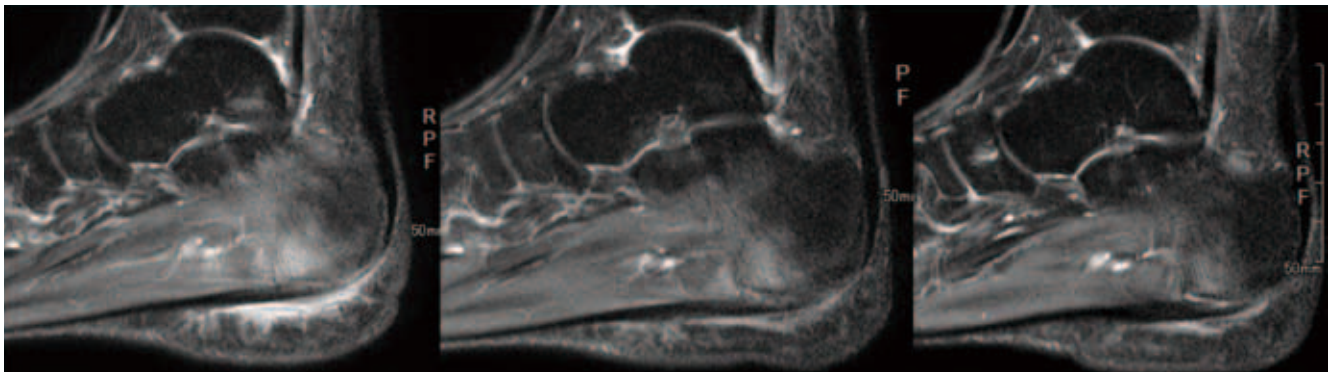


図5

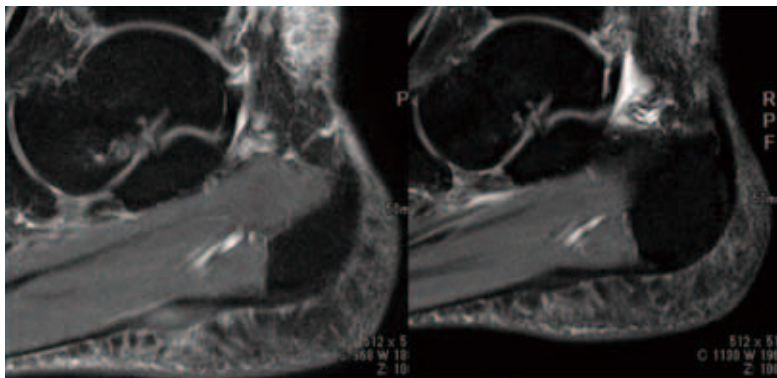


治療前

治療後3か月 NRS 2-3/10

治療後7か月 NRS 2/10

図6 48歳 女性 左足底腱膜炎



治療前

治療後4か月 NRS 0/10

図7 49歳 男性 右足底腱膜炎（非付着部型）

■ 画像経過

体外衝撃波治療前後のMRI所見の変化として、付着部病変の場合、腱膜の肥厚や変性、腱膜周囲炎、踵骨内骨髄浮腫像の改善を認めることがある(図6)。また、実質部病変の場合にも腱膜の肥厚や変性、周囲炎の改善がみられる(図7)。但し、疼痛改善し治療効果がみられてもこれらのMRI所見に変化がないこともある。

■ 合併症

治療後一過性の疼痛増強はみられることはあるが遷延することはない。また、MRIにて踵骨の骨髄浮腫の悪化や新たな医原的な骨挫傷や骨折などは1例も認めていない。

参考文献

1. 桑原正明: "衝撃波の原理と作用," 著: ESWLハンドブック, 中外医学社, 1991, pp. 5-6.
2. 西須 孝, 守屋 秀繁, 亀ヶ谷 真琴, 他: "体外衝撃波の骨関節発育に及ぼす影響," 日本小児整形外科学会雑誌, 第 6 巻, 第 1 号, pp. 123-127, 1996.
3. Ohtori S, Inoue G, Mannoji C and et al. "Shock wave application to rat skin induces degeneration and reinnervation of sensory nerve fibres." *Neurosci Lett.*, vol. 315, no. 1-2, pp. 57-60, 2001.
4. Hausdorff J, Lemmens MAM, Heck KDW and et al. "Selective loss of unmyelinated nerve fibers after extracorporeal shockwave application to the musculoskeletal system." *Neuroscience*, vol. 155, p. 138-144, 2008.
5. Takahashi N, Wada Y, Ohtori S and et al. "Application of shock waves to rat skin decreases calcitonin gene related peptide immunoreactivity in dorsal root ganglion neurons." *Auton Neurosci*, vol. 107, p. 81-84, 2003.
6. Takahashi N, Ohtori S, Saisu T, Moriya H, Wada Y. Second application of low-energy shock waves has a cumulative effect on free nerve endings. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;443:315-319.
7. Vetrano, M., d'Alessandro, F., Torrisi, M. R., Ferretti, A., Vulpiani, M. C., and Visco, V. (2011). Extracorporeal shock wave therapy promotes cell proliferation and collagen synthesis of primary cultured human tenocytes. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 19, 2159-2168.
8. Bosch, G., de Mos, M., van Binsbergen, R., van Schie, H. T., van de Lest, C. H., and van Weeren, P. R. (2009). The effect of focused extracorporeal shock wave therapy on collagen matrix and gene expression in normal tendons and ligaments. *Equine Vet. J.* 41, 335-341.
9. Visco, V., Vulpiani, M. C., Torrisi, M. R., Ferretti, A., Pavan, A., and Vetrano, M. (2014). Experimental studies on the biological effects of extracorporeal shock wave therapy on tendon models. A review of the literature. *Muscles Ligaments Tendons J.* 4, 357-361.

■ 選任製造販売業者

カールストルツ・エンドスコピー・ジャパン株式会社
〒102-0071 東京都千代田区富士見2-7-2 ステージビルディング 8F
Phone : 03(6380)8622(代) FAX : 03(6380)8633
E-Mail : info@karlstorz.co.jp www.karlstorz.com

■ 外国特例承認取得者

STORZ MEDICAL

Storz Medical AG (ストルツメディカル社)

■ 販売元

Next 日本メディカルネクスト株式会社

札幌 ☎011-622-4361 仙台 ☎022-299-2371
関東 ☎048-642-3360 東京 ☎03-5665-2780
名古屋 ☎052-242-5201 大阪 ☎06-6222-1851
広島 ☎082-270-3071 福岡 ☎092-622-7730

デュオリスクリニカルレポート 1



0104540913099693