

【症例報告】

A型ボツリヌス毒素療法中の患者に対する 体外衝撃波治療の痙縮軽減効果

大 和 勇 貴¹ 吉 田 健 太 郎^{1,2} 増 田 和 明^{1,2}
鄭 健 錫^{1,2} 安 保 雅 博²

¹ 青森新都市病院リハビリテーション科

² 東京慈恵会医科大学リハビリテーション医学講座

(受付 2022年10月11日 / 受理 2022年10月25日)

EFFECT OF EXTRACORPOREAL SHOCK WAVE THERAPY ON REDUCTION OF SPASTICITY IN A PATIENT TREATED WITH BOTULINUM TOXIN TYPE A

Yuki OWA¹, Kentaro YOSHIDA¹, Kazuaki MASUDA^{1,2},
Kenshaku TEI^{1,2} and Masahiro ABO²

¹Department of Rehabilitation, Aomori Shintoshu Hospital

²Department of Rehabilitation Medicine, The Jikei University School of Medicine

Extracorporeal shock wave therapy has been attracting attention for reducing poststroke spasticity, and its effectiveness has been demonstrated. However, such treatment is rarely reported in Japan.

In the present study, extracorporeal shock wave therapy was combined with botulinum toxin type A (BoNT-A) therapy in a patient who had a stroke and had been receiving BoNT-A for six years. The patient's spasticity had been temporarily reduced with BoNT-A therapy, but this hadn't been maintained and function hadn't been improved in the long term. The combination of BoNT-A therapy and extracorporeal shock wave therapy reduced spasticity, improved range of motion and 10-meter walk test results, and demonstrated a sustained effect on gait. These results suggest the effectiveness of extracorporeal shock wave therapy for reducing spasticity.

(Tokyo Jikeikai Medical Journal 2022;137:113-118)

Key words : extracorporeal shock wave therapy, spasticity, botulinum toxin type A therapy, Shear Wave Elastography

I. 緒 言

本邦では、脳卒中による死亡者数は約10万人と死因の第4位となっている¹⁾。医学の進歩とともにその死亡者数は年々減少しているが、後遺症により活動性が低下し日常生活動作 (Activity of daily living; 以下ADL) に介護が必要となる、寝たきりになるなど生活の質 (Quality of Life ; 以下QOL) の低下が問題となっている。要介護の原

因としても認知症に次ぐ第2位であり²⁾、健康寿命の延伸を図るため循環器病対策基本法などの対策が推進されている。こうしたADLやQOLの低下を引き起こす原因の1つに痙縮がある。痙縮は上位運動ニューロン症候群による症候であり、脳卒中後遺症において高頻度で合併し、動作面のみならず衛生面など様々な問題を生じる。痙縮に起因する問題に対しては、医療・介護分野双方において様々な取り組みがなされており、A型ボツリ

ヌス毒素（以下botulinum toxin A；BoNT-A）療法などがよく実施される。ただし、BoNT-A療法により痙縮軽減や機能改善効果が認められているものの、一定レベルの機能改善に留まってしまう患者もみられる。

今回、BoNT-Aを長期投与してきた重度運動麻痺患者に対し、体外衝撃波治療（Extracorporeal Shock Wave Therapy；以下、ESWT）を併用した。その結果、痙縮の軽減、自動および他動関節可動域の拡大、歩行の改善がみられた1例を経験したので報告する。

なお、本報告は「ヘルシンキ宣言」を厳守し、対象者の保護に留意した。また、当院倫理委員会の承認（承認番号：R04-001，承認日：令和4年8月5日）と患者本人より同意を得ている。

II. 対 象

左片麻痺を呈する50歳代女性である。X-9年に右被殻出血を認め、急性期病院へ入院し、同日開頭血腫除去術が施行された。同病院で1ヵ月半のリハビリテーション治療を受けた後、回復期リハビリテーション病院へ転院した。転院後、6ヵ月間リハビリテーション治療を行い自宅退院となる。退院後は、自宅近くの病院で1年程通院リハビリを継続し、その後は週3回の訪問リハビリを受けている。X-6年に当院を初診し、BoNT-A療法を開始した。以後、青森新都市病院（以下、当院）に通院して3ヵ月毎にBoNT-A療法を継続している。

ESWT開始前の身体機能は、Brunnstrom Recovery Stageで上肢Ⅲ、手指Ⅱ、下肢Ⅲで、Fugl-Mayer Assessment（以下；FMA）は11点（A11/B0/C0/D0）であった。左上下肢に中等度の表在・深部感覚障害が認められた。関節可動域（Range of Motion 以下；ROM）は左上下肢に著明な制限があり、前腕は回外130°で過回外、中手指節間関節は90°で拘縮がみられた。Modified Ashworth Scale（以下；MAS）は肩・肘・手関節で1+～2、前腕0、手指1、股・膝関節1～1+、足関節1+であった。筋力（Manual Muscle Test）は肩・肘関節で2-～2、前腕・手関節・手指は1で自動運動不能。下肢は股関節2～3、膝関節2、足関節2-であった。

起居動作は修正自立。室内歩行は可能だが車いすを併用していた。ADLは修正自立レベルであり、入浴は週2回デイサービスを利用している。家事は緩徐に行うことで、調理や洗濯は可能である。

III. 方法・評価

1) ESWT

X日、外来にて麻痺側上下肢へESWT（インテレクトRPW, Chattanooga®）を実施した。機器の設定は先行研究を基に、圧力1.6 bar、周波数12 Hz、パルスは1つの筋に対して2000発とし、治療頻度は1回/週で6回実施した。その後、リハビリテーション治療目的での入院中に1回/週の頻度で2回実施し、外来での実施と合わせ計8回実施した。対象筋はBoNT-A投与筋に加え医師と相談の上で決定し、大胸筋、広背筋、上腕二頭筋、上腕筋、橈側手根屈筋、浅指屈筋、大腿四頭筋、ハムストリングス、下腿三頭筋とした。施行部位は各筋とも筋腹中央領域に実施した。初回のESWTはBoNT-A投与の5日後、7回目は投与18日後に実施している。尚、使用機器の禁忌事項への該当はなかった。

2) A型ボツリヌス療法

X-6年より継続中である。ESWT実施前後では、上肢に250～300単位、下肢に100～150単位の計400単位を投与した。上肢は大胸筋、広背筋、上腕二頭筋、上腕筋、橈側手根屈筋、浅指屈筋に各50単位、下肢はヒラメ筋に50～100単位、腓腹筋、ハムストリングスに50単位投与した（Table 1）。

3) 評価

ESWT初回実施前後および6回目実施後、リハビリテーション入院時のESWT（7回目）実施前後、経過観察のためX+170日後に評価した。内容は、上肢FMA（以下；FMA-UE）、MAS、他動ROM（以下；P-ROM）、自動ROM（以下；A-ROM）、10 m歩行を計測した。

また、汎用超音波画像診断装置（LOGIQ S8, GEヘルスケア・ジャパン）を使用し、Shear Wave Elastography（以下；SWE）にて上腕二頭筋、大腿直筋の筋硬度を計測した。計測肢位は安静仰臥位とし、上腕二頭筋は肘屈曲90°位、大腿四頭筋

Table 1. Injections of botulinum neurotoxin type A before and after first session of extracorporeal shock-wave therapy. The total doses of the injections of botulinum neurotoxin type A 12 days before the first course of extracorporeal shock-wave therapy (ESWT) and that of the injections 86 days after the first ESWT and before the second course of ESWT were each 400 units. The injection muscle was changed according to the patient's condition.

| | Relation to first session of extracorporeal shock-wave therapy | | | |
|-----------------|--|-----------|--------------------------------|-----------|
| | 12 days before | | 86 days after | |
| | Muscle | Dose | Muscle | Dose |
| Upper extremity | pectoralis major | 50 units | pectoralis major | 50 units |
| | latissimus dorsi | 50 units | biceps brachii | 50 units |
| | biceps brachii | 50 units | brachial | 50 units |
| | brachial | 50 units | flexor carpi radialis | 50 units |
| | flexor carpi radialis | 50 units | flexor digitorum superficialis | 50 units |
| | flexor digitorum superficialis | 50 units | | |
| | Total | 300 units | Total | 250 units |
| Lower extremity | soleus | 50 units | soleus | 100 units |
| | hamstrings | 50 units | gastrocnemius | 50 units |
| | Total | 100 units | Total | 150 units |

は下肢伸展位とした。計測部位は上腕および大腿の長軸中間部とし、1回目のESWT実施前後に麻痺側と非麻痺側を、6回目実施後に非麻痺側を各10回計測した。

4) 評価結果の比較

上肢は、BoNT-A 施注直前 (X-117日) の評価結果 (以下; ベース値) を基準として、1回目のESWT実施前と実施直後、6回のESWT実施後 (X+35日)、更に2か月後 (X+104日) のESWT実施前後、経過観察としてX+170日後に実施した評価結果を比較した。

下肢はX-117日時点では測定していないため、初回のESWT実施前後、6回実施後、X+104日のESWT実施前後、X+170日後の評価結果を比較し、ESWTの効果を検証した。

IV. 結 果

FMA-UEはESWT実施前後、X+170日での点数は10~11点で変化はみられなかった。

MASは、1回目の実施前後では肘伸展が1+→1へ減弱した。6回の実施後は変化なし~1段階の

Table 2. Transition in spasticity, according to the Modified Ashworth Scale, before and after extracorporeal shock-wave therapy

After 1 session of extracorporeal shock-wave therapy (ESWT), elbow extension decreased from 1+ to 1. After 6 sessions of ESWT, there was no change or 1 level of attenuation compared with before the start of ESWT. Furthermore, after ESWT was conducted again after 104 days, the average level of spasticity decreased by about 1 level compared with that on 117 days before the first ESWT session and just before botulinum toxin type A therapy was conducted. On 170 days after the first ESWT session, compared with 104 days after the first session, the average level of spasticity increased by 1 level in the shoulder joints and wrist joints and increased to 1 or 2 in the hip joints.

| Muscle function | Relation to first session of extracorporeal shock-wave therapy | | | | | | |
|--------------------|--|----------------------|---------------|----------------------------------|------------------------|---------------|----------------------------|
| | 117 days before | Day of first session | | 35 days later (after 6 sessions) | Session 104 days later | | 170 days later (follow-up) |
| | | Before session | After session | | Before session | After session | |
| shoulder flexion | 2 | 2 | 2 | 2 | 1+ | 1+ | 2 |
| shoulder extension | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1+ | 2 |
| shoulder abduction | 1+ | 1+ | 1+ | 1+ | 1 | 1 | 1 |
| elbow extension | 1+ | 2 | 2 | 1+ | 2 | 1+ | 1+ |
| wrist extension | 2 | 1+ | 1+ | 1+ | 1+ | 1 | 1+ |
| finger extension | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| hip flexion | - | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| hip extension | - | 1+ | 1+ | 1 | 1+ | 1+ | 1+ |
| knee flexion | - | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| knee extension | - | 1+ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ankle dorsiflexion | - | 1+ | 1+ | 1 | 1+ | 1+ | 1+ |

減弱を認め、更にX+104日のESWT実施後にはベース値と比較し平均で1段階程度低下した。X+170日では肩関節・手関節で1段階増強し、股関節では1→2へ増強した (Table 2)。

P-ROM, A-ROMは、1回目のESWT実施直後で0~10°拡大。6回後にはP-ROMで0~15°, A-ROMで-5~15°の変化がみられた。X+104日の実施後ではベース値と比べ、P-ROMで-5°~25°, A-ROMで-5~15°変化した。X+170日ではX+104日のESWT実施後と比べ、P-ROMで-20°~0°, A-ROMは-10°~0°で減少もしくは維持されていた (Table 3)。

10 m歩行は、1回目の実施前後では変化なかったが、6回目実施後には所要時間が7.4秒、歩数が11歩減少し、歩幅は3.9cm程拡大した。その後も徐々に改善がみられ、X+104日では所要時間に変化はないが、歩幅の拡大、歩数の減少が認められた。その後、X+170日では数値上変化なく、歩行機能は維持されていた (Table 4)。

また、筋硬度は実施前の非麻痺側に比べ麻痺側で優位に高かったが、上下肢ともに1回目実施後には非麻痺側と同等の硬さまで低下しており、6回実施後でも維持されていた (Fig. 1)。

Table 3. Passive and active range of motion before and after extracorporeal shock-wave therapy

The passive and active range of motion (ROM) improved by 0 to 10 degrees immediately after the first extracorporeal shock-wave therapy (ESWT) session. After 6 sessions, the change was 0 to 15 degrees in passive ROM and -5 to 15 degrees in active ROM. After ESWT was performed 104 days after the first session, passive ROM changed from -5 to 25 degrees and active ROM changed from -5 to 15 degrees compared with that 117 days before the first ESWT session and just before botulinum neurotoxin type A therapy was conducted. Compared with that after an ESWT session 104 days after the first ESWT session, the passive ROM 170 days after the first ESWT session was reduced or maintained from -20 to 0 degrees and the active ROM was maintained from -10 to 0 degrees.

| Muscle function | Relation to first session of extracorporeal shock-wave therapy | | | | | | |
|--------------------|--|----------------------|---------------|----------------------------------|------------------------|---------------|----------------------------|
| | 117 days before | Day of first session | | 35 days later (after 6 sessions) | Session 104 days later | | 170 days later (follow-up) |
| | | Before session | After session | | Before session | After session | |
| shoulder flexion | 100/50 | 90/50 | 100/60 | 105/60 | 100/50 | 110/50 | 110/45 |
| shoulder extension | 20/-10 | 10/-15 | 10/-10 | 20/-10 | 20/-15 | 30/-15 | 15/-15 |
| shoulder abduction | 90/45 | 85/60 | 95/60 | 95/55 | 90/55 | 95/55 | 90/50 |
| elbow extension | -35/-65 | -30/-60 | -30/-60 | -30/-65 | -40/-65 | -35/-65 | -30/-65 |
| wrist extension | -10/-35 | -15/-35 | -5/-5 | -15/-30 | -10/-30 | -10/-30 | -5/-5 |
| hip flexion | - | 100/80 | 105/80 | 105/95 | 110/100 | 110/95 | 100/95 |
| hip extension | - | 10/5 | 10/5 | 15/5 | 5/0 | 10/0 | -10/-10 |
| knee flexion | - | 115/105 | 110/110 | 130/105 | 130/95 | 135/110 | 135/110 |
| knee extension | - | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 |
| ankle dorsiflexion | - | -10/-15 | -10/-10 | 5/-15 | 5/-5 | 15/-15 | 0/-10 |

Table 4. The 10-m walk test before and after extracorporeal shock-wave therapy

The score of the 10-m walk test showed no change from before to after the first session of extracorporeal shock-wave therapy (ESWT). After 6 sessions of ESWT, the time required had decreased by 7.4 seconds, the number of steps had decreased by 11, and the stride length had increased by 3.9 cm. The time required 104 days after the first ESWT session was unchanged from that after 6 sessions (35 days after the first session), but the stride length had increased and the number of steps had decreased. On the 170th day after the first session, no further change was found, and walking function had been maintained.

| Muscle function | Relation to first session of extracorporeal shock-wave therapy | | | | | |
|-------------------|--|---------------|----------------------------------|------------------------|---------------|----------------------------|
| | Day of first session | | 35 days later (after 6 sessions) | Session 104 days later | | 170 days later (follow-up) |
| | Before session | After session | | Before session | After session | |
| Time required (s) | 34.7 | 35.6 | 27.3 | 28.9 | 28.4 | 27.76 |
| Number of steps | 59 | 62 | 48 | 45 | 43 | 44 |
| Stride | 16.95 | 16.13 | 20.83 | 22.22 | 22.73 | 22.73 |
| Cadence (steps/s) | 1.70 | 1.74 | 1.76 | 1.56 | 1.51 | 1.59 |

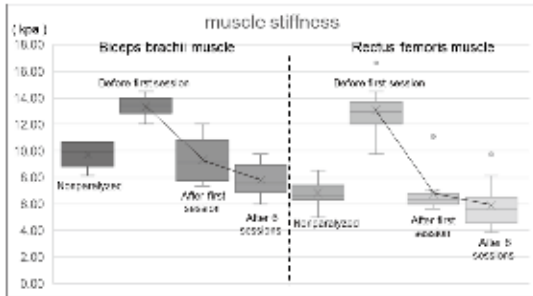


Fig. 1. Muscle stiffness before and after extracorporeal shock-wave therapy

Before the first session of extracorporeal shock-wave therapy (ESWT), muscle stiffness, as measured with shear wave elastography, was predominantly higher on the paralyzed side than on the nonparalyzed side. After the first session of ESWT, the stiffness of both the upper and lower limbs on the paralyzed side had decreased to that on the nonparalyzed side. The decreased muscle stiffness after the first session of ESWT was maintained even after 6 sessions of ESWT.

V. 考 察

本症例は重度運動麻痺と痙縮により自動・他動ROMに著明な制限をきたしていた。自宅退院後は通院・訪問でのリハビリテーション治療、3か月毎のBoNT-A療法を行い、ADLやIADLは自立レベルまで改善した。しかし、麻痺肢に痙縮が残存しており、BoNT-A療法により一時的に痙縮は軽減するものの、次回のBoNT-A投与時期には痙縮が増強しており、機能維持の状態が続いていた。

今回、BoNT-Aを長期投与していた本症例に対しESWTを併用した。ESWT実施により痙縮軽減、ROMの拡大がみられ、更に複数回実施することで痙縮の持続的な軽減、ROM拡大、歩行の改善効果が得られた。

近年、痙縮に対するESWTの効果が注目されており、複数のメタ解析で痙縮を軽減させることが示されている³⁾が痙縮軽減の機序はまだ十分には解明されていない。仮説として、神経筋接部のアセチルコリン受容体の変性⁴⁾⁵⁾、一酸化窒素合成により血管が拡張され組織への血液供給が増加する⁶⁾⁷⁾、などの報告がある。またParkら⁸⁾は、痙縮は神経的および生体力学的な要素を含んでおり、生体力学的な要素は筋硬度に関係するとしている。彼らは脳性麻痺児の痙縮を対象とした研究において、ESWT直後に痙縮が低下するメカニズムは筋の物理的特性の変化が関係していると推測

し、ESWTによる機械的な振動は慢性的に緊張が高まった筋肉の結合組織の固有剛性を低下させることができると述べている。我々はESWT実施前後、6回目実施後にSWEで筋硬度を計測しており、1回目のESWT実施直後から筋硬度が有意に低下し、6回実施後も維持されていた。これにより、ESWTが痙縮の生体力学的な要素である筋硬度を低下させ、痙縮が軽減したと推察される。また、痙縮が軽減したことで自動・他動のROMが拡大し、歩行時の麻痺側下肢の振り出しが改善され、歩行スピードの向上、歩幅の拡大につながったと考える。

ESWTのプロトコルは先行研究により異なっている⁹⁾が、当院のプロトコルは概ね先行研究と同等であった。当院ではBoNT-A療法と併用し、BoNT-A施注筋に対してESWTを実施している。そのため対象筋が多く、先行研究で多くみられた4~5 Hzでは時間を要するため12 Hzとした。12 Hzでも痙縮軽減、ROM拡大は認められたが、他の設定と比較して効果に差があるのかは現在のところ不明である。また、経過観察のためにX+170日後に評価を実施したが、FMAと10 m歩行は維持されていたが、MASとROMは減少していた。これは、BoNT-A投与直前のため痙縮が増強していた可能性もあるが、ESWT実施中は機能維持もしくは改善がみられていたことから、機能維持のためには継続的な使用が効果的である可能性が示唆された。ただし、SWEではESWT実施1回目と6回目では筋硬度に差はみられなかったことも踏まえると、使用頻度については今後検討が必要である。

今回、我々はBoNT-A療法にESWTを併用し良好な結果が得られた。ESWT併用の有効性が示唆されたが、ESWTの最適なプロトコルは明らかになっていない。今後も症例数を増やし、ESWTの効果やプロトコルについて検証していく必要があると考える。

VI. 結 語

これまでの痙縮治療は、BoNT-A療法やフェノールブロック、髄内腔バクロフェンポンプ療法、経口筋弛緩薬など医師による治療がほとんどであ

り，セラピストが行える治療法は少ない，ESWTは低侵襲であり，効果の即時性・持続性もある。今後，ESWTに関する研究が進み，セラピストが行える有効な痙縮治療の手段となることを期待している。

著者の利益相反 (conflict of interest : COI) 開示：
本論文の研究内容に関連して特に申告なし

文 献

- 1) 厚生労働省 [internet]. 令和2年(2020)人口動態統計(確定数)の概況.
https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei20/dl/16_all.pdf. [accessed 2022-08-29]
- 2) 厚生労働省 [internet]. 2019年 国民生活基礎調査の概況.
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa19/dl/14.pdf>. [accessed 2022-08-29]
- 3) 日本脳卒中学会, 脳卒中ガイドライン委員会 編. 脳卒中治療ガイドライン2021. 東京: 協和企画; 2021. p268-9.
- 4) Kenmoku T, Ochiai N, Ohtori S, Saisu T, Sasho T, Nakagawa K, et al. Degeneration and recovery of the neuromuscular junction after application of extracorporeal shock wave therapy. *J Orthop Res.* 2012; 30: 1660-5.
- 5) Kenmoku T, Nemoto N, Iwakura N, Ochiai N, Uchida K, Saisu T, et al. Extracorporeal shock wave treatment can selectively destroy end plates in neuromuscular junctions. *Muscle Nerve.* 2018; 57: 466-72.
- 6) Park DS, Kwon DR, Park GY, Lee MY. Therapeutic effect of extracorporeal shock wave therapy according to treatment session on gastrocnemius muscle spasticity in children with spastic cerebral palsy: A pilot study. *Ann. Rehabil. Med.* 2015; 39: 914-21.
- 7) Martínez IM, Sempere-Rubio N, Navarro O, Faubel R. Effectiveness of shock wave therapy as a treatment for spasticity: A systematic review. *Brain Sci.* 2020; 11: 15.