

〈脳神経外科速報 vol.31 no.4 e20213104d, 2021〉

選択的脛骨神経縮小術と ロボットリハビリテーションを 組み合わせた治療により 歩行能力が改善した1例

阪本大義¹⁾，矢次 彩^{1, 2)}，森下登史¹⁾，井上 亨¹⁾

1) 福岡大学医学部脳神経外科学 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈 7-45-1

2) 福岡大学病院リハビリテーション部

Key Slide

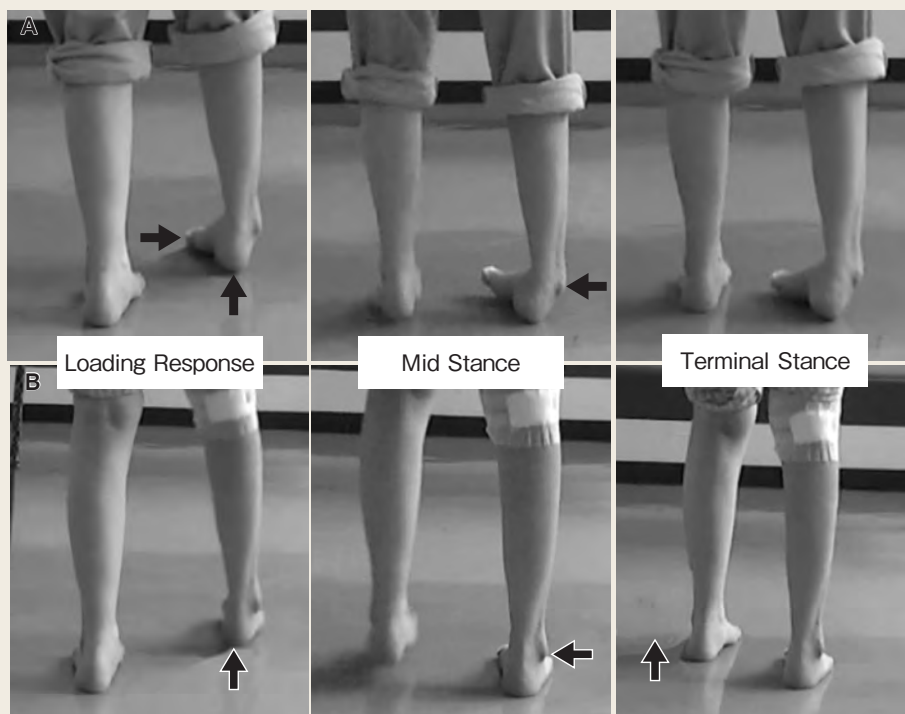


Fig.1 Walking cycle when walking barefoot.

A : Preoperative pictures show that equinovarus foot interferes with the sole landing.

B : Improved sole landing immediately after surgery.

Improvement of Gait Ability by Selective Tibial Neurotomy Followed by Rehabilitation using Hybrid Assistive Limb: A Case Report

Hiroyoshi SAKAMOTO¹⁾, Aya YATSUGI^{1, 2)}, Takashi MORISHITA¹⁾, Tooru INOUE¹⁾

1) Department of Neurosurgery, Fukuoka University, Faculty of Medicine

2) Department of Rehabilitation, Fukuoka University, Faculty of Medicine

Hemiparesis is a common consequence of stroke and is often complicated by spasticity. These entities affect each other and worsen patients' functional outcomes, necessitating timely and optimal treatment. We present the case of a stroke survivor in whom robotic rehabilitation combined with surgical treatment for spasticity improved gait ability. A 51-year-old woman presented with right hemiparesis and spasticity. She reported a history of left-sided putaminal hemorrhage 4 years prior to presentation and underwent selective tibial neurotomy with subsequent rehabilitation using the Hybrid Assistive Limb (HAL) robotic device. Clonus disappeared postoperatively, and her range of motion gradually improved. HAL training was performed for 5 days beginning on the second postoperative day and at 3 months postoperatively; each training period included 5 sessions. Twelve months after

surgery, the right lower limb orthosis was changed from a shoe horn brace (SHB) to a reformation of inversion and equinus strap (RIE-strap), and the circumduction gait during the swinging period of the right lower limb improved. In our view, improvement of an equinovarus foot by selective tibial neurotomy should be the basis for subsequent gait training and gait transformation, and training using HAL on that basis may be useful as a method for gait training.

Key Words : stroke, spasticity, clonus, selective tibial neurotomy, Hybrid Assistive Limb (HAL)

(Received November 26, 2020; Accepted January 14, 2021)

Correspondence to Takashi MORISHITA, M.D., Aya YATSUGI, P.T., Ph.D.,

Department of Neurosurgery, Fukuoka University Faculty of Medicine, 7-45-1, Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka, 814-0180, Japan

E-mail: aya0206 [at] fukuoka-u.ac.jp

tmorishita [at] fukuoka-u.ac.jp

I. 緒 言

脳卒中により上位運動ニューロン障害が起こると、運動麻痺や痙縮と呼ばれる筋緊張亢進状態を合併することが知られている¹⁾。痙縮に対する治療にはジアゼパムやバクロフェン、ダントロレンなどの薬物投与、リハビリテーション、整形外科的治療、そして脳神経外科的治療があり、選択的後根神経遮断術や髄腔内バクロフェン持続投与、そして選択的末梢神経縮小術 (selective peripheral neurotomy : SPN) が挙げられる。SPN は痙縮の原因となっている脊髄反射弓内を形成する末梢神経の太さを部分的に縮小して、過剰な筋肉の緊張を緩める手術である²⁾。この手術では痙縮に関与している運動神経に電気刺激を行うことで神経を同定し、運動神経枝のみを 1/3 ~ 1/4 の太さに縮小するが、足関節の局所的な筋緊張状態に対しては選択的脛骨神経縮小術 (selective tibial neurotomy : STN) が有効である³⁾。

また、脳卒中後の麻痺肢の機能改善には装着型ロボットである Hybrid Assistive Limb[®] (HAL[®]) (CYBERDYNE) を用いた動作反復トレーニングが有効であることが近年の研究から示されている⁴⁾。HAL は体表面から検出される微弱な生体電位を感知することで、麻痺肢の動きを予測して補助する機能を有する。通常のセラピストによる徒手的なりハビリテーションと違い、動作反復による感覚フィードバックを中枢神経系にもたやすことで神経疾患患者の機能回復を促す。

筆者らは脳卒中後の痙性麻痺による歩行障害に対し、STN と HAL によるリハビリテーションのコンビネーション治療で良好な歩行能力改善が得られた症例を経験したのでここに報告する。

II. 症 例

患 者 : 51 歳女性。

主 訴 : 右下肢の痙縮。

既往歴 : 4 年前、左被殻出血により右片麻痺と失語症を発症。

現病歴 : 脳出血発症後、右半身の不全麻痺と右下肢の痙縮が強く残存していた。下腿三頭筋の痙縮による内反が増強し、装具による内反矯正が困難、槌指による歩行時の疼痛が生じてきたため STN を希望した。

来院時理学的所見 : 視診、触診、打診、聴診では異常はなく、神経学的所見上、右足関節の内反およびクローヌスが認められていた。意識レベルは JCS 0 (GCS 15 点 E4 V5 M6) で軽度の運動性失語は認めるが、意思疎通は十分に可能であった。

術前の身体機能 : 左手で T 字杖使用、右下肢にプラスチック製短下腿装具 (shoe

horn brace : SHB) を使用し歩行自立していたが、遊脚期の分回し歩行があり、装具内で足関節が内反し踵が浮いている状態。裸足歩行では右足関節内反のため、足部の不安定性から揃え型歩行であった (Fig. 1).

臨床評価：術前, 術直後, 術後 HAL 治療 5 回後, 術後 3 カ月後の HAL 治療前, 術後 3 カ月後の HAL 治療 5 回後, 術後 6 カ月後, 術後 12 カ月後の外来時に行った。評価項目は運動麻痺 (Brunnstrom recovery stage : Br-stage), 足関節の関節可動域 (range of motion : ROM), 痙縮評価にクロヌス時間を 4 段階で表した spinal cord assessment tool for spastic reflexes (SCATS Clonus scale) と modified ashworth scale (MAS) を行った。歩行評価は, 10 m 歩行テスト (快適歩行速度, 下肢装具装着下の靴着用にて単回記録) と歩容確認のための裸足歩行 (数 m) を行った。また,

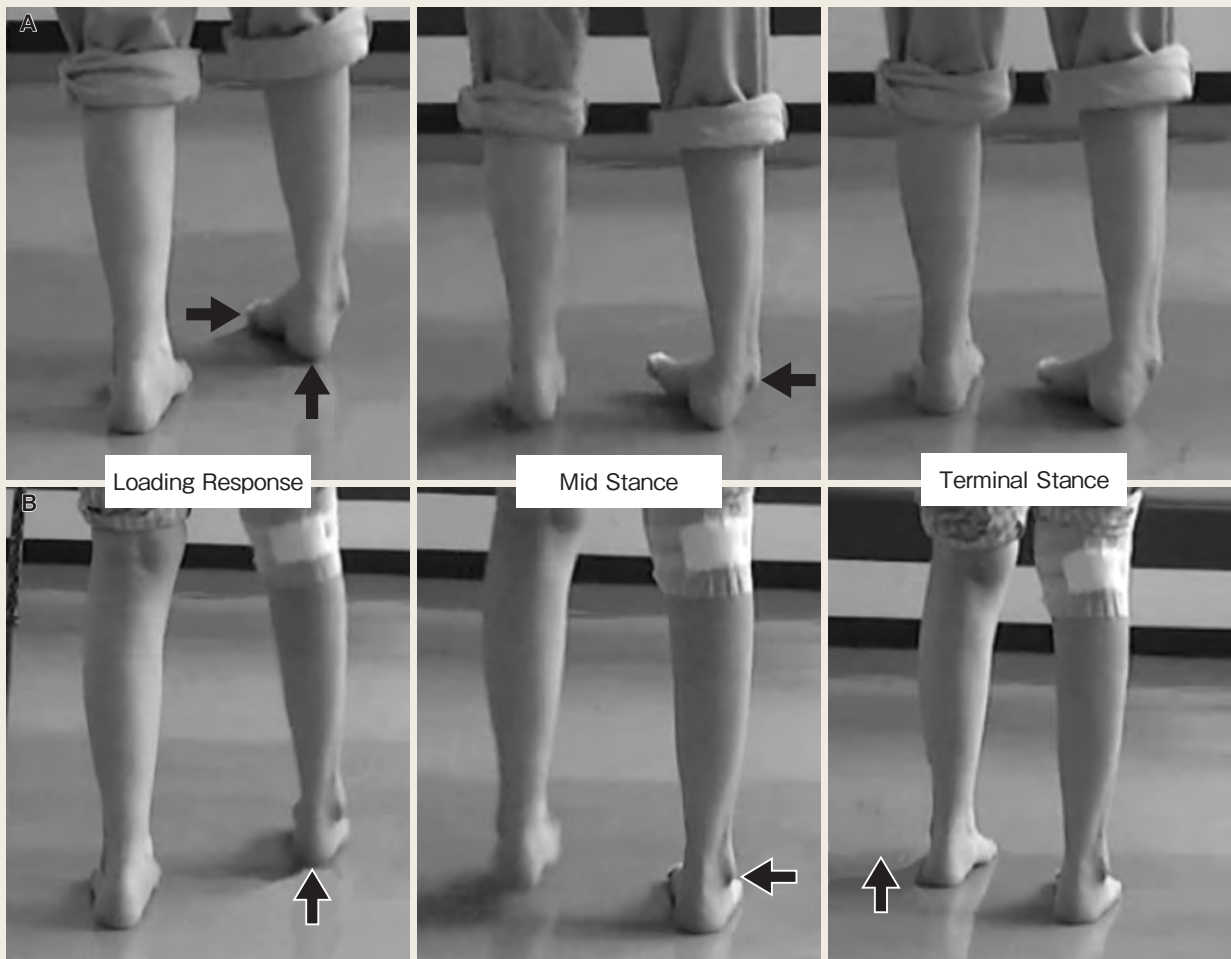


Fig.1 Walking cycle when walking barefoot.

A : Preoperative pictures show that equinovarus foot interferes with the sole landing.

B : Improved sole landing immediately after surgery.

ADL 評価には functional independence measure (FIM) を用いた。

治 療：全身麻酔下に STN を施行し、ヒラメ筋枝、後脛骨筋枝、足趾屈筋枝をそれぞれ 75% 縮小した。術中に足関節クローヌスは完全消失した。術後のリハビリテーションは両脚 HAL を用い、術後 2 日目から全 5 回装着し、生体電位信号に基づいてアシストを行うサイバニック随意制御 (cybernic voluntary control : CVC) モードにて座位での膝伸展運動、起立トレーニング、転倒予防のスリング付き歩行器 [All in one (Ropox A/S)] を使用して歩行トレーニングを 1 回 40 分 / 日行った。手術入院時、術後 3 カ月後の HAL 治療入院時に同様の内容を全 5 回ずつ行った。

結 果：Table 1 に示した。術直後の裸足歩行では右足関節内反が改善し、足部の安定性が向上したため健側前型歩行が可能となった (Fig. 1)。術後 12 カ月後、右下肢装具は SHB から Reformation of Inversion and Equinus Strap (RIE-strap) に変更された。装具装着下の歩容は、右下肢の遊脚期で見られていた分回し歩行が、膝関節屈曲を伴った前方への振り出しへ改善した。

Table 1

(Rt/Lt)	Pre-operative	Immediately after surgery	After surgery Post HAL 5 sessions	3M after surgery Pre-HAL	3M after surgery Post HAL 5 sessions	6M after surgery	12M after surgery
Br-stage (Right lower extremity)	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
SCATS	3	0	0	0	0	0	0
ROM : Ankle dorsiflexion (Knee flexion position)	0 / 25	0 / 25	0 / 25	10 / 25	10 / 25	10 / 25	10 / 25
ROM : Ankle dorsiflexion (Knee extension position)	-5 / 10	-5 / 10	0 / 10	5 / 15	5 / 15	0 / 20	5 / 20
ROM : Ankle plantar flexion	65 / 65	65 / 65	65 / 65	65 / 65	65 / 65	65 / 65	65 / 65
MAS : Ankle plantar flexion muscle	1+ / 0	1 / 0	1 / 0	1 / 0	1 / 0	1 / 0	1 / 0
MAS : Ankle dorsiflexion muscle	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
10MWT Seconds/steps (m/seconds)	12'88sec/ 18steps (0.78 m/sec)	16'68sec/ 21steps (0.60 m/sec)	14'52sec/ 19steps (0.69 m/sec)	12'98sec/ 17steps (0.77 m/sec)	12'57sec/ 17steps (0.80 m/sec)	11'95sec/ 17steps (0.84 m/sec)	14'82sec/ 21steps (0.67 m/sec)
Right lower limb equipment	SHB	SHB	SHB	SHB	SHB	SHB	RIE-strap
FIM	121 / 126	121 / 126	121 / 126	121 / 126	121 / 126	121 / 126	121 / 126

Evaluation of physical function throughout the 12-month the clinical course.

HAL : Hybrid Assistive Limb, Br-stage : Brunnstrom Recovery Stage, SCATS : Spinal Cord Assessment Tool for Spastic Reflexes, ROM : Range of Motion, MAS : Modified Ashworth Scale, 10MWT : 10 m walking test, SHB : shoe horn brace, RIE-strap : Reformation of Inversion and Equinus Strap, FIM : Functional Independence Measure.

III. 考 察

脳卒中後の右下肢痙縮に対してSTN後、足関節クローヌスは消失し、足関節底屈MAS、足関節背屈ROMが改善した一方で、術後HAL治療5回後は10m歩行スピードが低下した。その要因として、長期の足関節内反が原因の代償性歩行が、手術による急激な麻痺側下肢のアライメント変化に伴う新たな歩容に変化したことが挙げられる。一見、術直後に右下肢立脚時の踵部が床に全面接地することができ、立脚期が延長したことは健常者に類似した歩行パターンに近づいたため歩行能力は改善したように思われた。しかし麻痺側下肢の荷重が増え、立脚期が延長した後の非麻痺側下肢の遊脚期へのスムーズな移行や、非麻痺側下肢の歩幅の拡大に対する麻痺側下肢の動かし方を未学習のため、術直後の10m歩行スピード低下という結果につながったのではないかと推察した。

本症例は術前に著明な足関節内反によりSHBの適応が困難になりつつあったが、術後より下肢装具を装着せずにHAL治療を実施することが可能となった。自宅退院後は日常生活での歩行に加えて、術前から通っていた外来リハビリテーションを再開し、術後3カ月のHAL前には足関節背屈ROMが改善した。術後12カ月後、底屈・内反を制限するSHBから、足関節他動背屈可動域（膝伸展位） 0° 以上で適応となるRIE-strapへ変更が可能になったことも症状改善の一つと考えられた。このことからSTNは著明な足関節内反の改善をもたらし、その後の歩行トレーニングや歩容を変容する素地を作り、その上でHAL治療を行うことで正しい歩容を学習させ、退院後も日常生活の歩行場面で反復されることにより運動学習が進み、HAL治療後3～9カ月かけて歩行能力が改善したのではないかと推測した。

脳卒中患者に対しSTNを行った先行研究では、歩行スピードの改善にばらつきがあったことから、症例選択や術後のリハビリテーションが術後の身体機能の結果に影響を与えていると推察された⁵⁾。先行研究を渉獵する限り、STNのリハビリテーションプログラムについて論じたものはなかった。しかし上肢痙性麻痺についてはHAL治療を行う前に痙縮治療を行うことで、HALによる治療効果を増大できるとの報告⁶⁾や、術後のHAL治療が歩行能力や歩容を改善したという先行研究⁷⁾がある。本症例でも、下肢の痙性麻痺に対して痙縮治療とロボットリハビリテーションの両方を組み合わせることが有用である可能性が示された。

他の痙縮による内反尖足患者への治療法の選択は、現行版のガイドライン（『脳卒中治療ガイドライン2015〔追補2019〕』）での推奨事項を踏まえて行われる必要がある。例えば、薬物療法ではボツリヌス療法や5%フェノールでの神経ブロックは「行うこ

とが奨められる」(推奨グレード B)とされている⁸⁾。どちらの治療も定期的な施注を必要とするが、STNでは永続的な効果が期待される⁹⁾。外科的治療ではアキレス腱延長術も挙げられるが、同治療では術後6週間のキャスト固定を必要とするため、痙縮は改善しても足関節の不動による廃用性筋萎縮や、術後のリハビリテーションが長期となる恐れがある¹⁰⁾。一方でSTNは術後に固定や安静を強いられることなく、術翌日より歩行可能な点で優れていると考えられる。ただし、拘縮によるアキレス腱短縮を合併している場合にはアキレス腱延長術を積極的に選択するのも良い。以上のように、患者における状態や希望に応じて適切な治療法を選択することが重要である。

今回の報告は1症例における検討であるため、多数例において同様の結果が得られるのか、STNとHAL治療のどちらが良かったのか、また対照としてHALを用いない歩行トレーニングなど他の治療との比較をしていないため、リハビリテーション治療におけるHALの優位性については、今後さらなる検証が必要である。

IV. 結 語

脳卒中後の右下肢痙縮に対してSTNとロボットリハビリテーションを組み合わせ、良好な結果が得られた症例を経験した。STNは足関節の筋緊張を急激に改善するため、新たな身体機能をいかに動作の改善につなげるか術後リハビリテーションが重要である。

文献

- 1) Dimitrijevic MR, Nathan PW, Sherwood AM: Clonus: the role of central mechanisms. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 43: 321-32, 1980
- 2) Decq P, Cuny E, Filipetti P, et al: *Neurochirurgie* 44: 175-82, 1998
- 3) Deltombe T, Gustin T: Selective tibial neurotomy in the treatment of spastic equinovarus foot in hemiplegic patients: a 2-year longitudinal follow-up of 30 cases. *Arch Phys Med Rehabil* 91: 1025-30, 2010
- 4) Morishita T, Inoue T: Interactive Bio-feedback Therapy Using Hybrid Assistive Limbs for Motor Recovery after Stroke: Current Practice and Future Perspectives. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 56: 605-12, 2016
- 5) Bollens B, Deltombe T, Detrembleur C, et al: Effects of selective tibial nerve neurotomy as a treatment for adults presenting with spastic equinovarus foot: a systematic review. *J Rehabil Med* 43: 277-82, 2011
- 6) Saita K, Morishita T, Hyakutake K, et al: Combined therapy using botulinum toxin A and single-joint hybrid assistive limb for upper-limb disability due to spastic hemiplegia. *J Neurol Sci* 373: 182-7, 2017
- 7) Yatsugi A, Morishita T, Fukuda H, et al: Feasibility of Neurorehabilitation Using a Hybrid Assistive Limb for Patients Who Underwent Spine Surgery. *Appl Bionics Biomech*: 7435746, 2018
- 8) 日本脳卒中学会脳卒中ガイドライン [追補2019] 委員会: 脳卒中治療ガイドライン2015 [追補2019] (2021年4月15日最終閲覧), https://www.jsts.gr.jp/img/guideline2015_tuiho2019_10.pdf
- 9) Bollens B, Gustin T, Stoquart G, et al: A randomized controlled trial of selective neurotomy versus botulinum toxin for spastic equinovarus foot after stroke. *Neurorehabil Neural Repair* 27: 695-703, 2013
- 10) Deltombe T, Gilliaux M, Peret F, et al: Effect of the neuro-orthopedic surgery for spastic equinovarus foot after stroke: a prospective longitudinal study based on a goal-centered approach. *Eur J Phys Rehabil Med* 54: 853-9, 2018