

症例報告

延髄外側梗塞によりしびれが出現した症例に対する感覚運動イメージニューロフィードバックシステムの効果*

—多面的理学療法評価による検討—

片山 脩¹⁾# 児玉隆之²⁾

要旨

【緒言】延髄外側梗塞後のしびれに対する能動的な運動意図を利用する新たな感覚運動イメージニューロフィードバックシステム (imagery Neurofeedback-based multi-sensory systems; 以下, iNems) の介入効果を多面的理学療法評価から検討した。【方法】症例は約2年前に延髄外側梗塞を発症し麻痺側上肢に Numerical Rating Scale (NRS) 7のしびれが出現した85歳の男性。1日10分間のiNemsトレーニングを週2日, 6週間実施した。【結果】しびれに対する破局的思考が改善し, 麻痺側上肢の使用頻度および動作の質が向上した。さらに安静時および運動イメージ時の脳波活動にも変化を認めた。【結語】しびれに対するiNemsトレーニングが行動学的な変化に加え, 神経生理学的な変化を引き起こしたことから, iNemsが新たなニューロリハビリテーション手法となる可能性が示唆された。

キーワード 延髄外側梗塞, しびれ, 破局的思考, 脳波, 運動イメージ

はじめに

延髄外側症候群 (通称, ワレンベルグ症候群) は延髄背外側部の梗塞によって生じる嚔下障害, めまい, 吐き気や嘔吐, 眼振, 運動失調などを症状とした症候群である¹⁾。また, 四肢の灼熱痛やしびれといった症状も発症後約30%に出現し, その後も継続することから過酷な後遺症をもたらす疾病であると指摘されている²⁾。こうした脳卒中後の痛みやしびれなどの異常感覚は, central poststroke pain (以下, CPSP) と呼ばれ, 延髄外側症候群患者の25%に認められるとの報告がある³⁾。CPSPに対する取り組みとして, 薬理的アプローチ⁴⁾, 反復経頭蓋磁気刺激 (repetitive transcranial magnetic stimulation; rTMS) の有効性が報告されている⁵⁾ものの, 脳幹梗塞には効果がなかったとの報告もある⁶⁾。近年,

Mirror therapy (以下, MT) がCPSPを軽減させると報告された⁷⁾。しかしながらその効果は, “この鏡に映っている手 (健側肢) は, 自分の実際の手 (患側肢) である” と患者が思い込んでいる間に限られるとの指摘もされている⁸⁾。その要因として, MTでは患側肢の動き (鏡面に映る健側肢の動き) が, 患側肢に対する能動的な運動意図による運動の結果ではないことが考えられる。これまでも能動的な運動のイメージや意図と受動的な感覚情報に乖離が生じるとしびれなどの異常知覚が惹き起こされることが報告されている⁹⁾。そこで, 我々は患側肢への能動的な運動意図に対して感覚 (視覚) 情報を反映させることのできる新たな感覚運動イメージニューロフィードバックシステム (imagery Neurofeedback-based multi-sensory systems; 以下, iNems) を開発した。

今回, 延髄外側症候群と診断され麻痺側上肢に強いしびれが残存した症例に対する, iNemsの効果を多面的理学療法評価から検討することを本症例報告の目的とした。

方 法

1. 症例紹介

対象は約2年前に延髄外側梗塞を発症した85歳の男性。自宅にて左上下肢の脱力感が出現したため, 当院へ

* The Effect of Imagery Neurofeedback System on Numbness in a Patient with Lateral Medullary Infarction

1) 医療法人瑞心会渡辺病院リハビリテーション科

(〒470-3235 愛知県知多郡美浜町野間上川田45-2)

Osamu Katayama, PT, MSc: Department of Rehabilitation, Watanabe Hospital

2) 京都橋大学大学院健康科学研究科

Takayuki Kodama, PT, PhD: Department of Physical Therapy, Graduate School of Health Sciences, Kyoto Tachibana University

E-mail: 609.sam@gmail.com

(受付日 2018年7月13日/受理日 2018年10月30日)

[J-STAGEでの早期公開日 2019年1月31日]

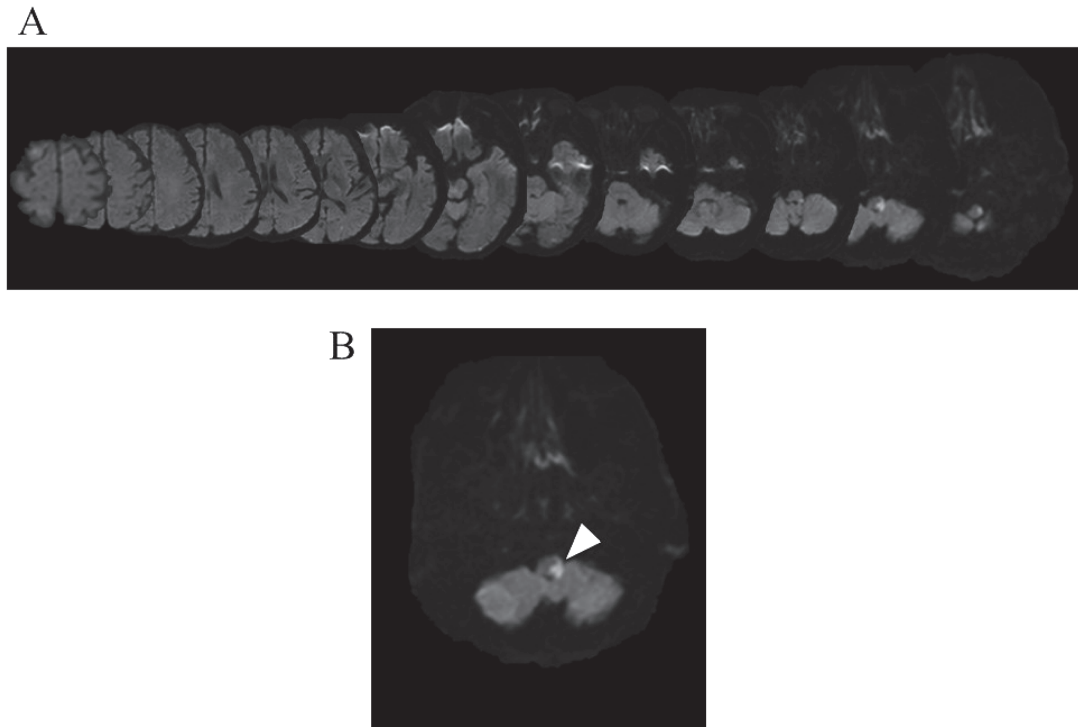


図1 当院搬送時のMRI画像 (Diffusion Weighted Image ; DWI)
延髄の左背外側に高信号域を認めた。A : 全脳の水平断, B : 延髄レベルの水平断

救急搬送され頭部MRIにて延髄の左背外側に梗塞を認めた(図1A, B)。嚥下障害と左上下肢の運動失調が出現したことから、延髄外側症候群と診断された。Mini-Mental State Examination (MMSE) は29/30点であった。Fugl-Meyer Assessment (以下, FMA) の上肢運動項目は57/66で運動失調がみられた。感覚項目は6/12で鈍麻を認めた。左上肢にはNumerical Rating Scale (以下, NRS) (0:まったく感じない, 10:きわめて強く感じる) で8/10のきわめて強いしびれが出現していた。発症から約6ヵ月間、当院の回復期リハビリテーション病棟にて理学療法, 作業療法, 言語聴覚療法を週7日, 1日約3時間実施した。入院中のリハビリテーションは在宅復帰に向けた起居動作練習, 歩行練習, 更衣練習, 摂食機能療法が中心であった。退院時のFMAやしびれに変化はなかった。

退院後は、理学療法士が訪問リハビリテーションにて立ち上がり練習, 歩行練習を週4日, 言語聴覚士が外来リハビリテーションにて摂食機能療法を週2日実施した。

発症から約2年経過した時点で本人の希望により、言語聴覚士による外来リハビリテーションで当院に来院された際に担当理学療法士が麻痺側上肢のしびれに対するリハビリテーションとしてiNemsを10分間実施することとなった。

2. 理学療法初期評価

1) 心身機能

発症後約2年経過した時点で理学療法初期評価を実施した。FMAの上肢の運動項目は57/66, 感覚項目は6/12であり発症時から大きな変化はみられなかった。麻痺側上肢のしびれは, NRSで7/10であり依然として強いしびれが残存していた。しびれを多面的に評価するため、情動的側面の評価としてHospital Anxiety and Depression Scale (以下, HADS) を実施したところ、不安が3/21, 抑うつが3/21であり情動的側面に異常はみられなかった。認知的側面の評価であるPain Catastrophizing Scale (以下, PCS) では反芻13/20, 無力感13/20, 拡大視2/12であり破局的思考が疑われた。

さらに、症例からは麻痺側上肢について「自分で動かしている感覚があまりしない」、「自分の手ではないように感じる」といった自己の身体に対する意識の低下が疑われる発言が聞かれた。そこで、「自己の運動を実現しているのは自分自身である」という主体の意識(以下, 運動主体感)¹⁰⁾と「この身体は私の身体である」という意識(以下, 身体所有感)¹⁰⁾が低下していると考えた。NRS(0:まったく感じない, 10:きわめて強く感じる)にて運動主体感について「自身の運動を行っているのは自分自身であるという感覚はどれくらい感じますか」、身体所有感については「しびれのある腕が自分自身の身体であるとどれくらい感じますか」とそれぞれ聴取し

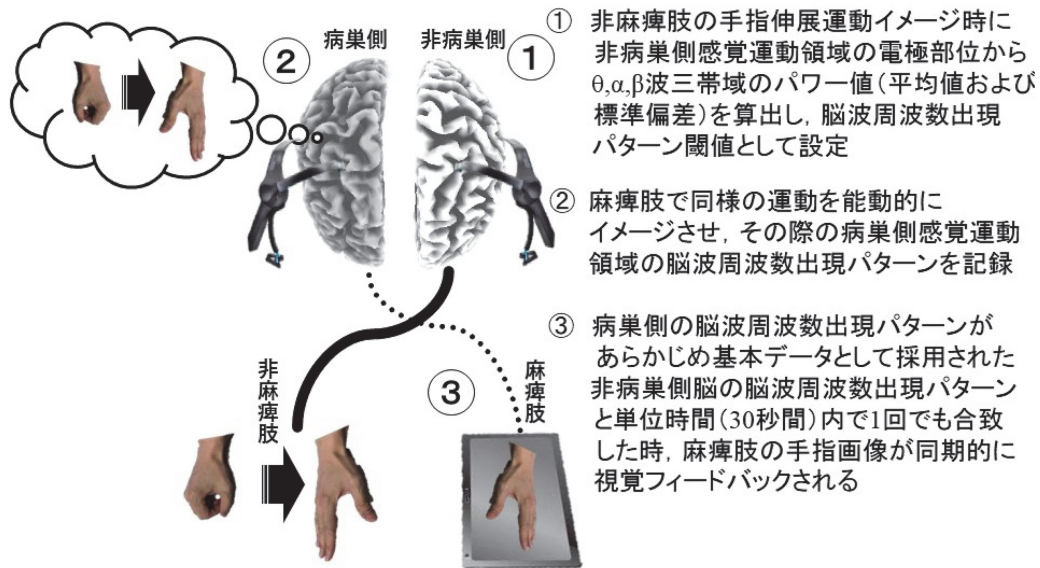


図2 imagery Neurofeedback-based multi-sensory systems : iNems の概要

た。その結果、運動主体感と身体所有感がともに5と低下していたことから、自己の身体に対する意識の低下が疑われた。さらに麻痺側上肢の身体知覚異常を評価するため The Bath CRPS body perception disturbance scale (以下、BPDS)¹¹⁾にて身体知覚異常の評価を実施したところ 21/57であった。自画像を描画させたところ、しびれのある麻痺側手部が不鮮明に描かれた。麻痺側/非麻痺側の二点識別覚閾値は手背が25/25 mm、手掌では59/15 mmであり、麻痺側手掌での二点識別覚閾値が非麻痺側に比べ大きくなっていった。

日本語版 Motor Activity Log (以下、MAL)は、使用頻度 (amount of use ; 以下、AOU) が12、動作の質 (quality of movement ; 以下、QOM) が5であり、運動麻痺が軽度にもかかわらず、日常生活での麻痺側上肢の使用頻度および動作の質が低下していた。

2) 安静時脳波活動

安静時における背景脳波活動は、脳波計 (Neurofax, 日本光電社製) を用い2分間を測定時間域として設定した。初期評価時、症例は1分53秒で閉眼位となったため、眼電図 (EOG) 計測から閉眼してしまった時間までのデータを安静脳波データとし解析対象とした¹²⁾。計測部位は、国際10-20法に基づいて両耳朶を基準電極としたF3, F4, F7, F8, Fz, C3, C4, Cz, P3, P4, Pz, O1, O2, Oz, T3, T4, T5, T6の18部位より導出した。バンドパスフィルターは0.5~60 Hz, サンプリング周波数は1,024 Hzとした。計測された各電極の脳波データについて高速フーリエ解析による周波数スペクトル解析を行い、 θ 波帯域3.5~6.75 Hz, α 波帯域7.5~11.75 Hz, β 波帯域13~29.75 Hzの各周波数帯域における積分値 ($\mu\text{V}\cdot\text{msec}$) を算出した。

解析の結果、左前頭部 (電極部位F3) の θ 波帯域は $9,315.1 \mu\text{V}\cdot\text{msec}$, α 波帯域は $2,949.1 \mu\text{V}\cdot\text{msec}$, β 波帯域は $13,584.6 \mu\text{V}\cdot\text{msec}$ であり、 α 波帯域における値に比べ θ および β 波帯域の値は高値を示した。

3) 麻痺側の手指運動イメージ時脳波活動

運動イメージ時には感覚運動領域のHigh-alpha波帯域 (μ 波) が減衰することが知られている¹³⁾。そこで、麻痺側の手指伸展運動イメージ時の脳波活動として右の感覚運動領域 (電極部位C4) の μ 波の減衰を評価した。解析には exact low-resolution brain electromagnetic tomography (以下、eLORETA) 解析を用いた。eLORETAはPascual-Marqui RDら¹⁴⁾によって開発された三次元脳機能イメージングフィルターである。本手法を用いて、6週後の神経活動データから初期評価時の神経活動データを減じ神経活動の変化を算出描画した。

3. 介入方法

1) iNemsの概要 (図2, 3A, B)

我々は、症例がしびれに加え自己の身体に対する意識の低下を認めることに注目した。運動主体感は、“運動の意図によって生成される感覚情報の予測と実際の感覚情報が一致”することによって生まれると考えられている¹⁵⁾¹⁶⁾。また、身体所有感は、“視覚や体性感覚などの多種感覚統合”により生まれると考えられている¹⁷⁾。FMAの感覚項目の結果、上肢の触覚および位置覚が低下しており、この感覚鈍麻が身体に対する意識を低下させていると考えた。また健常者を対象とした先行研究において、運動の意図と感覚情報との間に不一致 (感覚と運動の不一致) が生じるとしびれなどの様々な異常知覚が惹起されることが明らかにされている⁹⁾¹⁸⁾。したがっ

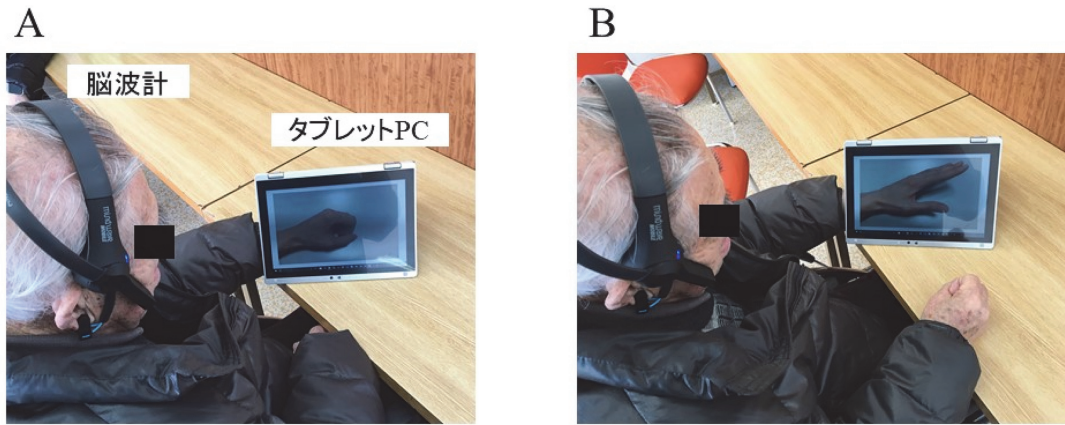


図3 iNems トレーニング風景
A: 麻痺側の手指伸展運動イメージ時, B: 運動イメージ成功時

て、症例のしびれは、延髄外側梗塞による求心性伝導路の器質的变化に加え、感覚鈍麻による感覚情報の予測と実際の感覚情報との不一致が関与していると考えた。そこで、能動的に創出した運動の意図（運動イメージ）と同期的に視覚情報として入力される感覚情報を脳内で協応（感覚と運動の一致）させる能力の向上をめざすべく、その際の脳波活動を基本データとして利用したシステムを考案し、介入を開始した。

2) 機器システムの概要

脳卒中患者の神経機能状態においては、感覚運動障害を呈する場合半球間抑制の不均衡が生じ、非病巣側半球から病巣側半球への抑制が強くなっている¹⁹⁾²⁰⁾。そのことを踏まえ、本システムによるiNemsトレーニングの目標は、健常脳では運動イメージ創出時、補足運動野が両側同期的に活動する²¹⁾ことを神経学的基盤として、脳神経機能の再編成をめざすものとなっている。

トレーニング時のシステム設定条件として、脳波機器 (MindWave Mobile, Neurosky 社製) により非麻痺側の手指伸展運動イメージ時の θ 、 α 、 β 波の脳波周波数出現パターンについて非病巣側脳の感覚運動領域（電極部位 C3 もしくは C4）から計測したデータをウェルチのパワースペクトル密度推定法により分析し、手指伸展運動イメージ時の脳波活動の基本データとしている。

$$E\{P_{welch}\} = \frac{1}{f_s L_s U} \int_{-f_s/2}^{f_s/2} P_{xx}(\rho) |W(f-\rho)|^2 d\rho$$

本データを三帯域の多周波数帯域で捉える理由として、これまで本システムのような Brain computer interface を利用したトレーニングでは、運動イメージなどにより感覚運動領域直上で減衰する μ 波 (10 ~ 13 Hz 付近の High α 帯域成分)¹³⁾ のみの単周波数帯域が利用

されている²²⁾²³⁾。しかしながら、運動イメージの脳内での運動準備状態に関して、 μ 波の減衰¹³⁾のみならず β 波帯域でのパワー値が減衰することが報告されており²⁴⁾²⁵⁾、さらに θ 波帯域での神経活動性は運動イメージ創出に必要なワーキングメモリ機能の活動に関連していることが明らかにされている²⁶⁾。これらのことから、多周波数帯域中でも θ 波、 μ 波帯域を含む α 波および β 波帯域で捉えることが必須となる。そこで本システムでは、非病巣側脳における合計20回的手指伸展運動イメージ時の θ 、 α 、 β 波三帯域のパワー値（平均値および標準偏差）を算出し、脳波周波数出現パターン閾値として設定する。その後、病巣側脳において麻痺側の手指伸展運動イメージを実施する。その際出現する病巣側脳の脳波周波数出現パターンが、設定された非病巣側脳の運動イメージ時のパターンと単位時間（30秒間）内で1回でも合致したとき、麻痺側手指の運動としてタブレットPC上に表示された画像が同期的に視覚フィードバックされるトレーニングシステムとなっている。そのため、視覚フィードバックは誤差を教示するものではなく、非病巣側脳と病巣側脳の脳波周波数出現パターンが合致したことを示すために用いた。

なお、タブレットPCのOSはWindows 10を使用した。基本データと病巣側脳で計測された脳波周波数出現パターンとの照合後に視覚フィードバックが得られるまでに0.05 ~ 0.1秒のタイムラグが存在した。そこで、毎トレーニング終了時、成功した際、運動の意図とイメージ画像のフィードバックが整合したかについて確認し、すべてにおいて問題がなかったことを確認した。

3) プロトコル

しびれの強さ、運動主体感、身体所有感をNRSでiNemsトレーニング前に毎回聴取した。トレーニングは、1日10分間とし週2日、6週間実施した。10分間で脳波周波数出現パターンが合致し、視覚フィードバック

表1 理学療法評価

	初期評価		6 週後	
	FMA 運動 (上肢)	57/66		57/66
触覚 (上肢)	2/4		2/4	
位置覚 (上肢)	4/8		4/8	
しびれの強さ (NRS)	7		7	
HADS	不安 3, 抑うつ 3		不安 3, 抑うつ 6	
PCS	反芻 13, 無力感 13, 拡大視 2		反芻 10, 無力感 3, 拡大視 0	
運動主体感 (NRS)	5		7	
身体所有感 (NRS)	5		5	
BPDS	21/57		18/57	
二点識別覚閾値 (mm)	手背	手掌	手背	手掌
麻痺側 / 非麻痺側	25/25	59/15	21/11	29/12
MAL	AOU 12, QOM 5		AOU 14, QOM 11	

FMA; Fugl-Meyer Assessment, NRS; Numerical Rating Scale, HADS; Hospital Anxiety and Depression Scale, PCS; Pain Catastrophizing Scale, BPDS; The Bath CRPS body perception disturbance scale, MAL; 日本語版 Motor Activity Log, AOU; Amount of use, QOM; Quality of movement

クとして画像が切り換わった回数を運動イメージ成功回数とし記録した。

倫理的配慮

本症例報告は医療法人瑞心会渡辺病院倫理委員会の承認後（承認番号：H29-01）、対象に症例報告の趣旨を十分に説明し、理学療法評価および経過について記載することならびに写真の掲載について書面にて同意を得て実施した。

結 果

1. 心身機能（表1）

6 週後（発症後約 2 年 1 ヶ月後）の麻痺側上肢の FMA は 57/66、しびれの NRS は 7/10 であり変化はなかった。HADS の不安は 3 から 3 と変化はなく、抑うつが 3 から 6 となったが問題となるレベルではなかった。PCS は反芻が 13 から 10、無力感が 13 から 3、拡大視が 2 から 0 と破局的思考に改善を認めた。

麻痺側上肢の運動主体感は NRS で 5 から 7 に向上を認め、身体所有感は 5 のまま変化はなかった。BPDS は 21 から 18 に改善し、自画像では不鮮明であった麻痺側手部が鮮明に描かれた（図 4A, B）。麻痺側の二点識別覚閾値は手背が 25 から 21 mm、手掌では 59 から 29 mm に改善を認めた。MAL は、AOU が 12 から 14、QOM が 5 から 11 に向上し、日常生活での麻痺側上肢の使用頻度および動作の質が改善した。

2. 安静時脳波活動（図 5A, B, C）

6 週後の測定時、症例は 1 分 56 秒で閉眼位となったた

め、EOG 計測から閉眼してしまつた時間までのデータを安静脳波データとし解析対象とした¹²⁾。左前頭領域（電極部位 F3）の θ 波帯域が 9,315.1 から 4,752.6 $\mu\text{V}\cdot\text{msec}$ 、 α 波帯域が 2,949.1 から 7,430.7 $\mu\text{V}\cdot\text{msec}$ 、 β 波帯域が 13,584.6 から 3,960.1 $\mu\text{V}\cdot\text{msec}$ となり、 α 波帯域の値は θ および β 波帯域の値に比べ高値を示した。

3. 麻痺側手指の運動イメージ時脳波活動（図 6）

麻痺側手指の運動イメージ時における μ 波帯域での右感覚運動領域（電極部位 C4）の神経活動性は、6 週後では強く認められた。

4. 運動イメージ成功回数（図 7）

iNems トレーニングの初回介入時には、10 分間で 0 回であったが、トレーニングを通して徐々に増加し 6 週後には 66 回となった。また、毎トレーニング終了時、成功した際、運動の意図とイメージ画像のフィードバックが整合したかについて確認し、すべてにおいて問題がなかったことを確認した。

考 察

症例は約 2 年前に延髄外側梗塞を発症してから左上肢に強いしびれが出現した。さらに自己の身体に対する意識の低下も疑われたことから、運動の意図と感覚フィードバックとの不一致が生じていると考えた。そして、この感覚と運動の不一致が梗塞による求心性伝導路の器質的変化によるしびれを助長し、慢性化させていると考えた。近年、痛み経験からの不安や破局的思考が痛みを慢性化させるといった恐怖-回避モデルが提唱されてい

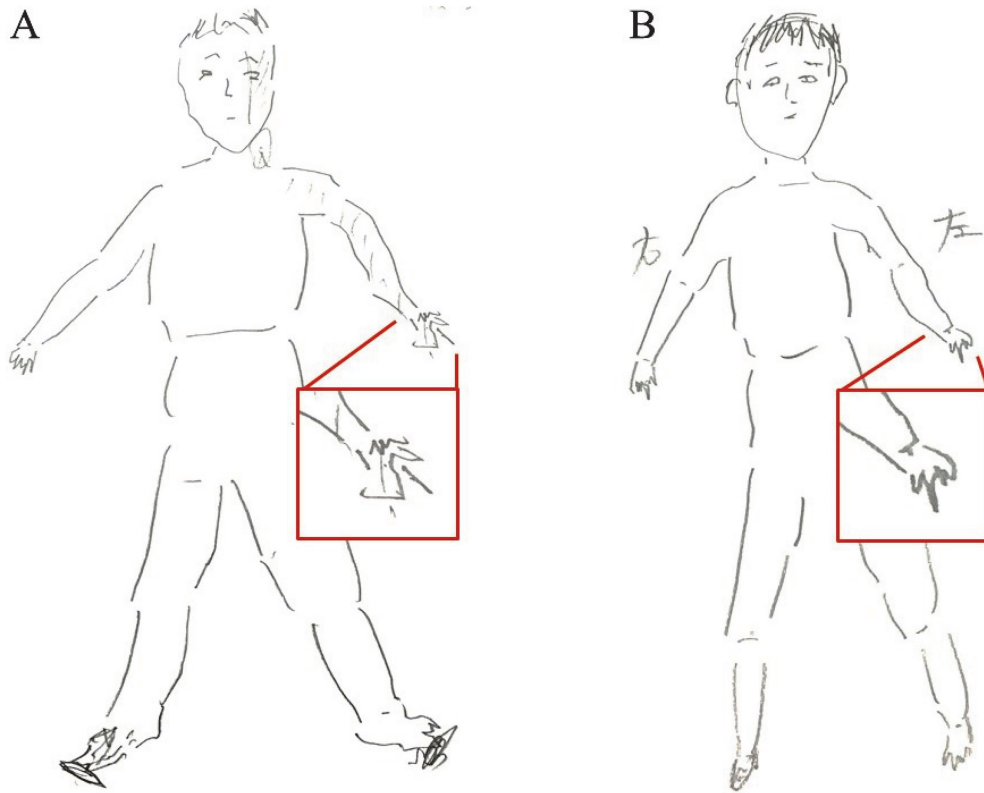


図4 iNemsトレーニング前後の自画像

しびれのある左上肢が初期評価時には不鮮明であったが、6週後には鮮明に描けるようになった。
A：初期評価，B：6週後

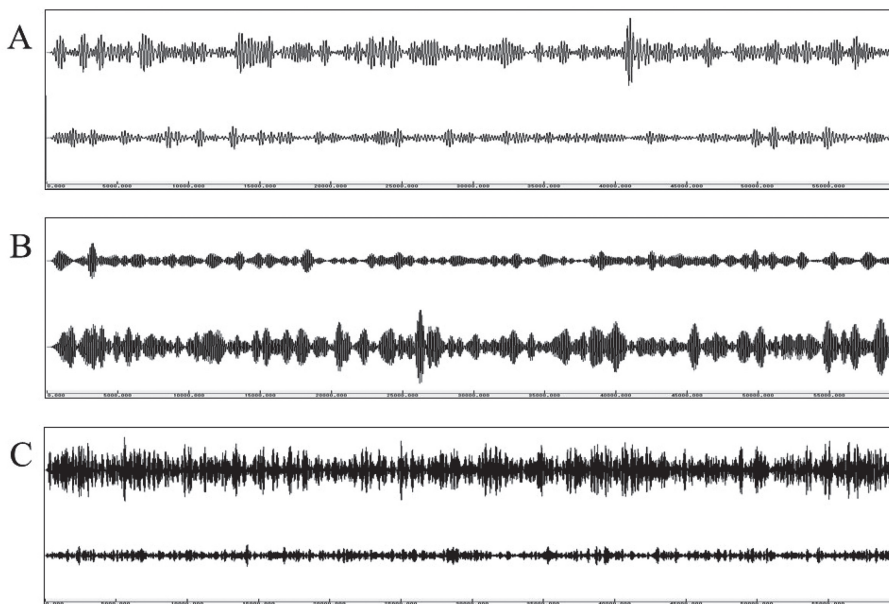


図5 安静時脳波活動の比較

左前頭部（電極部位F3）から導出した脳波活動の波形解析の結果、6週後には θ 波帯域および β 波帯域の神経活動は減少し、かつ α 波帯域の神経活動は増加した。

A： θ 波帯域（3.5～6.75 Hz），B： α 波帯域（7.5～11.75 Hz），C： β 波帯域（13.0～29.75 Hz）
それぞれ上段が初期評価，下段が6週後の波形。

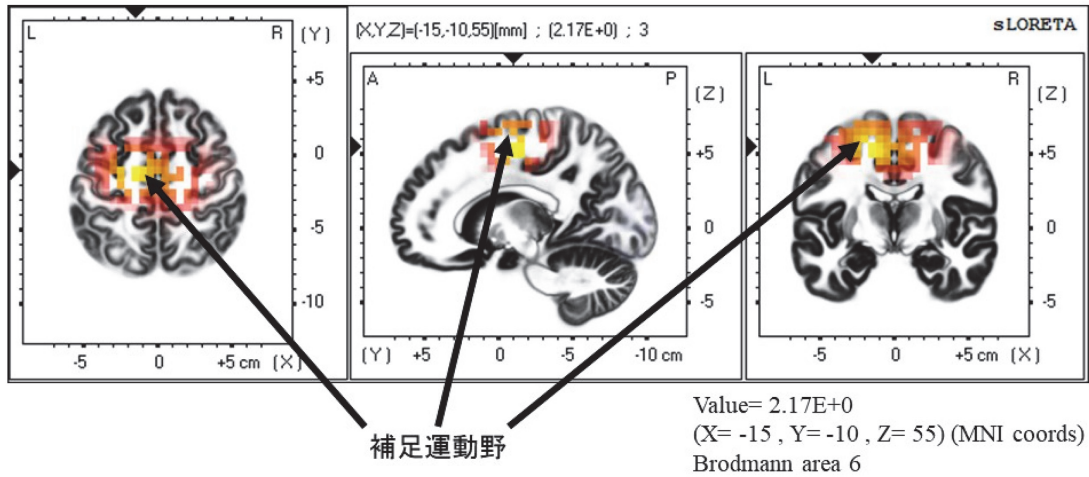


図6 麻痺側手指の運動イメージ時脳波活動

初期評価時の感覚運動関連領域の神経活動性を基準に6週後の神経活動性を示す。6週後の病巣側の補足運動野を中心とした領域の μ 波の減衰が強く認められた。

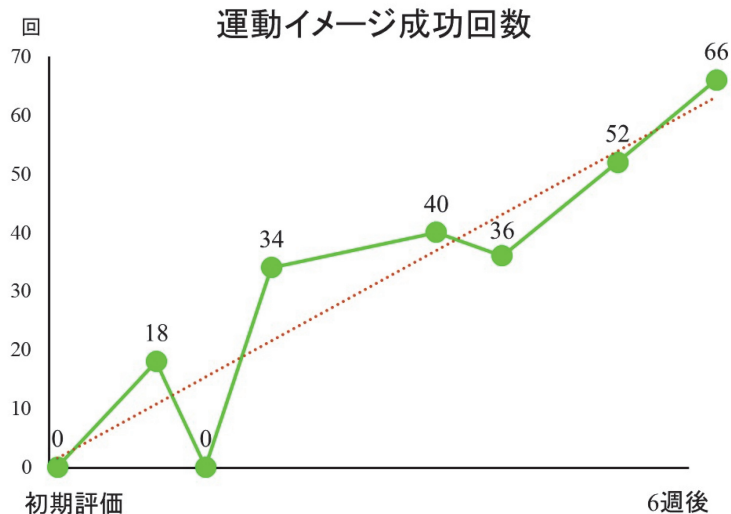


図7 運動イメージ成功回数の経過

iNems トレーニングの初回介入時には、10分間で0回であったが、トレーニングを通して徐々に増加し6週後には66回となった。また、毎トレーニング終了時、成功した際、運動の意図とイメージ画像のフィードバックが整合したかについて確認し、すべてにおいて問題がなかったことを確認した。

る²⁷⁾。症例においてもPCSが高く、しびれが慢性化していたと考えられた。

1. 心身機能

運動麻痺、しびれの強さ、情動的側面に変化を認めなかった。症例のしびれの要因には延髄梗塞による器質的なものと感覚と運動の不一致による要因が考えられた。今回、身体知覚異常に関しては、BPDSが21から18に改善し、自画像にて麻痺側手部が鮮明化された。加えて、麻痺側の二点識別覚閾値が手掌で大きく改善を認めた。BPDSと二点識別覚閾値の間には、有意な相関関係があることが明らかにされている²⁸⁾。さらに自己身体イ

メージに歪みが生じている症例では、二点識別覚閾値が大きいことも報告されている²⁹⁾。症例は、自画像においてしびれの出現した麻痺側手部が不鮮明であったことから、身体知覚異常(身体イメージの低下)が疑われ、二点識別覚閾値も非麻痺側に対して大きくなっていったと考えられる。症例は日常生活での麻痺側上肢の使用頻度が増えたことで、身体イメージの歪みが改善し、自画像や二点識別覚閾値の改善がみられたと考えられた。これらの結果から、症例のしびれは器質的なものだけでなく、感覚と運動の不一致の改善による自己の身体に対する意識が向上することで軽減する可能性が考えられた。一方、PCS、MALのAOUおよびQOMが向上し、日

常生活での麻痺側上肢の使用頻度および動作の質が改善した。急性期のPCSが罹患肢の使用頻度を減少させることが明らかにされている³⁰⁾。本症例においても、介入初期にはしびれに対するPCSが高く、日常生活での麻痺側上肢の使用頻度と動作の質に低下がみられていた。今回、週2日であるが麻痺側上肢に対するiNemsトレーニングを実施した。リハビリテーションでの試行回数と上肢の自発的使用回数には関係があると報告されている³¹⁾。家族からは、「新聞を両手で持つようになった」、「ボタンは両手を使ってとめるようになった」とのコメントも得られた。これらのことから、週2日であるが、麻痺側上肢に対するリハビリテーションが追加されたことで日常生活での麻痺側上肢の使用頻度が向上したと考えられる。さらに、麻痺側上肢の運動主体感と身体所有感では、運動主体感のみに改善がみられた。運動主体感は“運動の意図によって生成される感覚情報の予測と実際の感覚情報との一致”によって生まれると考えられている¹⁵⁾¹⁶⁾。iNemsトレーニングでは能動的に創出した運動の意図と同期的に視覚情報がフィードバックされることから、運動主体感に改善を認めたと考えられる。また、「自己の運動を実現しているのは自分自身である」という主体の意識である“運動主体感”が改善したことにより、日常生活における麻痺側上肢の動作の質が向上した可能性がある。しかしながら、身体所有感は“視覚や体性感覚などの多種感覚統合”により生まれると考えられている¹⁷⁾。iNemsは、感覚情報として視覚のみを利用していることから、多種感覚統合により生じられる身体所有感の向上が得られなかったと考えられる。我々は、iNemsに固有感覚を同期させる新たなシステムの開発をはじめており、今後さらなる検討をしていく予定である。

2. 安静時脳波活動

慢性疼痛患者と健常者の安静時脳波活動を比較した報告では、慢性疼痛患者では前頭前野を含む疼痛関連領域において、 θ および β 波帯域の過活動が認められている³²⁾。症例においても、初期評価では左前頭領域（電極部位F3）において θ および β 波帯域の神経活動が、 α 波帯域に対して高値となっていた。しかし、初期評価と比較して6週後には θ および β 波帯域の神経活動は減少し、かつ α 波帯域の神経活動は増加した。6週後にはPCSにも改善を認めており、安静時脳波活動の変化はしびれに対する破局的思考の改善を示す神経生理学的な特性指標としての変化である可能性が考えられた。

3. 麻痺側の手指運動イメージ時脳波活動と運動イメージ成功回数

麻痺側の手指伸展運動イメージ時の右感覚運動領域

（電極部位C4）の μ 波の減衰が初期評価と比較し、6週後では強く認められた。さらにiNemsトレーニング時の運動イメージ成功回数も増加した。運動イメージ時には感覚運動領域の μ 波が減衰することが知られている¹³⁾。iNemsは、非麻痺側の手指運動イメージ時に μ 波の減衰を含む多周波数帯域におけるパターンをセンシングしている。今回、6週後に病巣側の補足運動野を中心とした領域の μ 波の減衰が強く認められたことから、iNemsトレーニング時の運動イメージ成功回数が増加したと考えられた。

結 語

延髄外側症候群と診断され麻痺側上肢に強いしびれが残存した症例に対する、iNemsトレーニングの効果を多面的理学療法評価から検討することを本症例報告の目的とした。

週2日、6週間のトレーニングにより、しびれに対する破局的思考が改善され日常生活での麻痺側上肢の使用頻度および動作の質が向上した。その要因として、運動主体感や身体知覚異常の改善が考えられ、安静時脳波活動にも変化がみられた。麻痺側上肢のしびれに対するトレーニングが行動学的な変化を与えるだけでなく、神経生理学的な変化を引き起こしたことから、iNemsがCPSPなどに対する新たなニューロリハビリテーション手法となる可能性が示唆された。

利益相反

本症例報告について開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) Wallenberg's Syndrome Information Page. National Institute of Neurological Disorders and Stroke, National Institutes of Health, Web site. Available at: <https://www.ninds.nih.gov/Disorders/All-Disorders/Wallenbergs-Syndrome-Information-Page>. Accessed July 7, 2018.
- 2) Kim JS, Choi-Kwon S: Sensory sequelae of medullary infarction: differences between lateral and medial medullary syndrome. *Stroke*. 1999; 30: 2697-2703.
- 3) MacGowan GJL, Janal MN, *et al.*: Central poststroke pain and Wallenberg's lateral medullary infarction: frequency, character, and determinants in 63 patients. *Neurology*. 1997; 49: 120-125.
- 4) Flaster M, Meresh E, *et al.*: Central poststroke pain: current diagnosis and treatment. *Top Stroke Rehabil*. 2013; 20: 116-123.
- 5) Khedr EM, Kotb H, *et al.*: Longlasting antalgic effects of daily sessions of repetitive transcranial magnetic stimulation in central and peripheral neuropathic pain. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2005; 76: 833-868.
- 6) Lefaucheur JP, Drouot X, *et al.*: Neurogenic pain relief by repetitive transcranial magnetic cortical stimulation depends on the origin and the site of pain. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2004; 75: 612-616.
- 7) Corbetta D, Sarasso E, *et al.*: Mirror therapy for an

- adult with central post-stroke pain: a case report. *Arch Physiother.* 2018; 8: 4.
- 8) Franz EA, Fu Y, *et al.*: Fooling the brain by mirroring the hand: Brain correlates of the perceptual capture of limb ownership. *Restor Neurol Neurosci.* 2016; 34: 721-732.
 - 9) Katayama O, Osumi M, *et al.*: Dysesthesia symptoms produced by sensorimotor incongruence in healthy volunteers: an electroencephalogram study. *J Pain Res.* 2016; 9: 1197-1204.
 - 10) Gallagher S: Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science. *Trends Cogn Sci.* 2000; 4: 14-21.
 - 11) Lewis J, McCabe C: Body Perception Disturbance (BPD) in CRPS. *Practical Pain Management.* 2010; 60-66.
 - 12) Kikuchi M, Koenig T, *et al.*: EEG microstate analysis in drug-naive patients with panic disorder. *PLoS One.* 2011; 6: e22912.
 - 13) Pfurtscheller G, Aranibar A: Evaluation of event-related desynchronization (ERD) preceding and following voluntary self-paced movement. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1979; 46: 138-146.
 - 14) Pascual-Marqui RD: Standardized low-resolution brain electromagnetic tomography (sLORETA): technical details. *Methods Find Exp Clin Pharmacol.* 2002; 24: 5-12.
 - 15) Frith CD, Blakemore SJ, *et al.*: Explaining the symptoms of schizophrenia: Abnormalities in the awareness of action. *Brain Res Brain Res Rev.* 2000; 31: 357-363.
 - 16) Blakemore SJ, Wolpert DM, *et al.*: Abnormalities in the awareness of action. *Trends Cogn Sci.* 2002; 6: 237-242.
 - 17) Ehrsson HH, Spence C, *et al.*: That's my hand! Activity in premotor cortex reflects feeling of ownership of a limb. *Science.* 2004; 305: 875-877.
 - 18) McCabe CS, Haigh RC, *et al.*: Simulating sensory-motor incongruence in healthy volunteers: implications for a cortical model of pain. *Rheumatology.* 2005; 44: 509-516.
 - 19) Asanuma H, Okuda O: Effects of transcallosal volleys on pyramidal tract cell activity of cat. *J Neurophysiol.* 1962; 25: 198-208.
 - 20) Palmer LM, Schulz JM, *et al.*: The Cellular Basis of GABAB-Mediated Interhemispheric Inhibition. *Science.* 2012; 335: 989-993.
 - 21) Kodama T, Nakano H, *et al.*: The association between brain activity and motor imagery during motor illusion induction by vibratory stimulation. *Restor Neurol Neurosci.* 2017; 35: 683-692.
 - 22) Haufe S, Tomioka R, *et al.*: Localization of class-related mu-rhythm desynchronization in motor imagery based brain-computer interface sessions. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2010; 2010: 5137-5140.
 - 23) Bundy DT, Souders L, *et al.*: Contralesional Brain-Computer Interface Control of a Powered Exoskeleton for Motor Recovery in Chronic Stroke Survivors. *Stroke.* 2017; 48: 1908-1915.
 - 24) Pfurtscheller G, Lopes da Silva FH: Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles. *Clin Neurophysiol.* 1999; 110: 1842-1857.
 - 25) Bai O, Mari Z, *et al.*: Asymmetric spatiotemporal patterns of event-related desynchronization preceding voluntary sequential finger movements: a high-resolution EEG study. *Clin Neurophysiol.* 2005; 116: 1213-1221.
 - 26) Gundel A, Wilson GF: Topographical changes in the ongoing EEG related to the difficulty of mental tasks. *Brain Topogr.* 1992; 5: 17-25.
 - 27) Vlaeyen JW, Linton SJ: Fear-avoidance and its consequences in chronic musculoskeletal pain: a state of the art. *Pain.* 2000; 85: 317-332.
 - 28) Lewis JS, Schweinhardt P: Perceptions of the painful body: the relationship between body perception disturbance, pain and tactile discrimination in complex regional pain syndrome. *Eur J Pain.* 2012; 16: 1320-1330.
 - 29) Peltz E, Seifert F, *et al.*: Impaired hand size estimation in CRPS. *J Pain.* 2011; 12: 1095-1101.
 - 30) Punt TD, Cooper L, *et al.*: Neglect-like symptoms in complex regional pain syndrome: learned nonuse by another name? *Pain.* 2013; 154: 200-203.
 - 31) Han CE, Arbib MA, *et al.*: Stroke rehabilitation reaches a threshold. *PLoS Comput Biol.* 2008; 4: e1000133.
 - 32) Stern J, Jeanmonod D, *et al.*: Persistent EEG over-activation in the cortical pain matrix of neurogenic pain patients. *Neuroimage.* 2006; 31: 721-731.