

慢性期脳卒中片麻痺患者の上肢機能改善と疲労の関係

金森 雅幸¹⁾ 酒井 涼²⁾ 山田 克範¹⁾ 塩見 格一³⁾ 小林 康孝⁴⁾

要 旨：【目的】リハビリテーション経過中の疲労度を測定し，機能回復との関係を調査すること【対象および方法】60代女性，くも膜下出血後遺症による左上肢麻痺に対し，A型ボツリヌス毒素製剤注射および2週間の集中的作業療法を6年間で計11回実施した．訓練開始時および終了時に上肢機能評価を，毎日の訓練前後に発話音声分析装置により脳活性度指数の算出を行った．【結果】治療を重ねる毎に左上肢機能は改善傾向にあり，訓練前後の脳活性度指数の中央値は成人平均の500を上回っていた．【考察】適正な運動強度による適度な脳活性度は上肢機能改善の一因になる可能性が示唆された．

【Key words】脳卒中，上肢機能，疲労，CENTE

緒 言

疲労とは，身体的あるいは精神的負荷を連続して与えた時にみられる一時的な身体及び精神的なパフォーマンスの低下現象と定義されている．疲労は大きく心理・生理・行動の3つに分けられ，心理は自覚症状，生理は中枢神経系，自律神経系，内分泌・免疫系，行動は課題遂行能力と分類されている¹⁾(表1)．疲労に関する研究は古くから行われているが，疲労のメカニズムは未だ十分に解明されておらず，疲労を定量的に評価する方法も確立されていない²⁾．また，脳卒中後に生じる精神症状のひとつに脳卒中後疲労がありリハビリテーション医療(以下リハビリ)を行う上で支障となる可能性がある．

慢性期脳卒中における治療においては，A型ボツリヌス毒素製剤(以下BoNT-A)治療と集中的作業療法(以下iOT)の有効性が多数報告されているが，臨床場面においては長時間の訓練や難易度の高い訓練の反復により，患者の疲労が蓄積しやすくなると考えられ，訓練効果への影響が懸念される．しかし，訓練効果と疲労の関係性について検討した研究や論文は少なく，現状では訓練内容や難易度の設定は，療法士の経験則に委ねられている．

そこで，慢性期脳卒中片麻痺患者の上肢機能改善と疲労の関係性について発話音声分析装置(以下CENTE)を用いて調査した．

対象および方法

1. 症例

60歳代女性，くも膜下出血後遺症(図1)により左片麻痺を呈していた．杖歩行にて日常生活動作(以下ADL)は自立していたが，左上肢の痙攣が強く(上肢grade5・手指grade5)，左上肢のADL参加は乏しかった．

表1. 疲労指標の分類

分類	疲労指数
心理	自覚症状(Borg Scale)
生理	中枢神経系(フリッカー値) 自律神経系(バイタルサイン) 内分泌・免疫系(血液検査)
行動	課題遂行能力(反応時間・エラー率)

1) 福井総合病院 リハビリテーション課 作業療法室
 2) 福井医療大学 保健医療学部 リハビリテーション学科 作業療法学専攻
 3) 福井医療大学 保健医療学部 リハビリテーション学科 言語聴覚学専攻
 4) 福井医療大学 副学長
 (採択日 2019年11月)

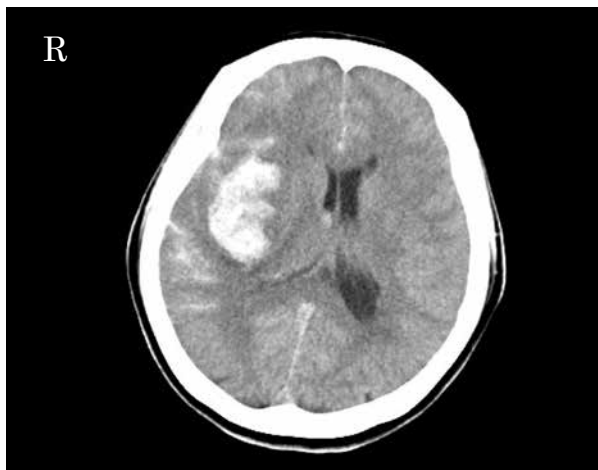


図1. 発症翌日の頭部CT画像

なお、研究に際し、対象者には研究内容を十分に説明した上、書面にて同意を得ている。また、新田塚医療福祉センター倫理審査委員会の承認を得ている（倫理審査番号30-33）。

2. 方法

1) 治療内容

左上肢麻痺に対し、BoNT-A注射および2週間のiOTを6年間で計11回実施した。

(1) A型ボツリヌス毒素製剤治療

施注筋や施注量については、患者と主治医、作業療法士が相談して決定し、エコーガイド下で行った。BoNT-A治療の施注筋は、11回の内の前半では上腕二頭筋や上腕筋に多く施注したが、肩や肘の分離運動が向上し、頭部や前方へのリーチ動作の範囲が拡大してきたため、後半では円回内筋や深指屈筋、浅指屈筋、長母指屈筋、母指内転筋等に多く施注し、リーチ動作に付随した前腕や手指の運動に着目したアプローチへと切り替えていった。

(2) 集中的作業療法訓練

iOTは2週間の入院治療であり、平日10日間を治療期間とし、1日5時間（個別訓練2時間、自主訓練3時間）を実施し、週末は外泊を推奨した。Taubら³⁾が設けたConstraint-induced movement therapy（以下CI療法）の適応基準を満たしていなかったが、課題指向型訓練やTransfer package（麻痺手の使用頻度を促進するための行動戦略）の行動契約、自主訓練などといったCI療法のプロトコルを取り入れた。関節可動域訓練やストレッチ、促通反復療法、電気刺激療法、装具療法に加え、

iOT期間中及び外泊中は、ADL上での麻痺手の使用を促すため、行動契約を取り入れ、ドアの開け閉めや電気のスイッチを押す動作、エレベーターのボタンを押すなどの動作を意識的に行うよう指導した。

課題指向型訓練では、状態に合わせて、前半はタオルやサンディングを使用した粗大なリーチ動作課題を多く取り入れ、後半には手指伸展補助装具や随意介助型電気刺激装置を併用しながらブロック積など物品を使用した巧緻動作を伴うリーチ動作課題へと切り替えていった。

訓練中は、疲労や上肢の筋緊張が亢進し易くなるため、自己ストレッチや休憩の指導を行った。また、自主練習では症例のニードやADL場面での麻痺側上肢の使いにくさなどを考慮し5～6種類の内容に分け、集中して取り組めるように難易度を調整した。

2) 臨床評価

(1) 上肢機能評価

上肢機能評価では、BoNT-A治療前と2週間の訓練後に上田式12段階片麻痺機能テスト、Fugl-Meyer Assessment（以下FMA）、Wolf Motor Function Test（以下WMFT）：Functional Ability Scale（以下FAS）/Time、Motor Activity Log（以下MAL）：Amount Scale（以下AS）/How Well Scale（以下HW）の評価を実施した。

(2) 疲労度評価

訓練前後の疲労度を測定するため、訓練前後にCENTEを使用し、脳活性度指数：Cerebral Exponent Macro（以下：CEM）を算出した。

CENTEとは、塩見⁴⁾が開発したアプリケーションであり、カオス論的な手法により声のゆらぎを数値化し、発話者の脳活性度及び疲労度（負の活性度）を客観的かつ簡易的に測定することが可能であると、実験的に検証されているものであり⁵⁾、実臨床においても、CENTEによる疲労度の測定が用いられている⁶⁾⁷⁾。CENTEはパソコンをプラットフォームとしてそのディスプレイに朗読用のテキストを表示し、被験者による朗読音声を収録して脳活性度に相関する診断値としてのCEM値を計算している。本研究では、朗読テキストは、5秒程度で読めるもの（図2-a）と、10～15秒程度で読めるもの（図2-b）との2種類を組み合わせており、毎回違ったテキストがランダムに表示される仕様となっている。朗読テキストを音読すると、パソコンに録音され解析後、CEM



図2-a. 朗読テキスト5秒

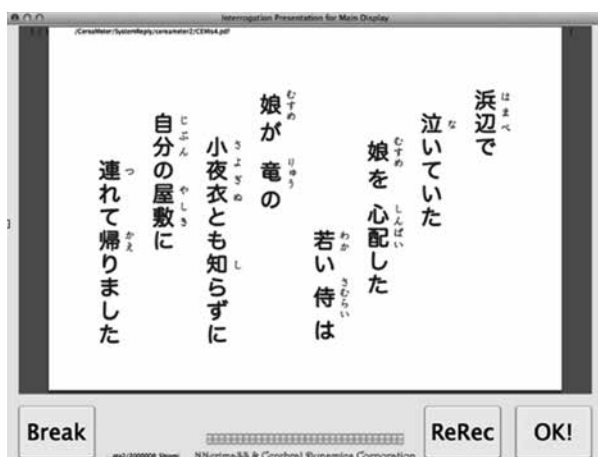


図2-b. 朗読テキスト10～15秒

値が算出される。その値で疲労度を判定する。CEM値については成人健常者の平均値を500と正規化しており、ガンマ分布のように右側の裾が広がった分布を示すので、健常者の一般的な日常生活動作時においては90%程度以上の発話音声から400～700のCEM値が算出される。また、CEM値が300を下回る場合には、発話者はひどく消耗している状態にあると考えられている。

結 果

初回入院時と最終退院時の評価では、上田式12段階片麻痺機能テストは上肢grade5からgrade10(図3)。FMA15点から41点(図4)。WMFT : FAS21点から41点(図5)。WMFT : Time 1,498秒から827秒(図6)。MAL : AS0.0点から2.7点(図7)。MAL : HW0.0点から1.6点(図7)。と改善が見られた。

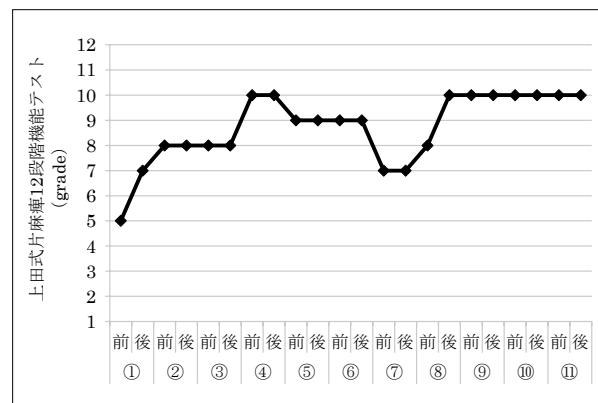


図3. 上田式12段階片麻痺機能テスト

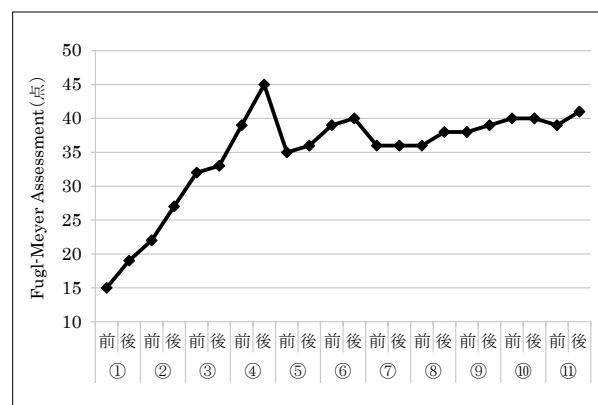


図4. Fugl-Meyer Assessment

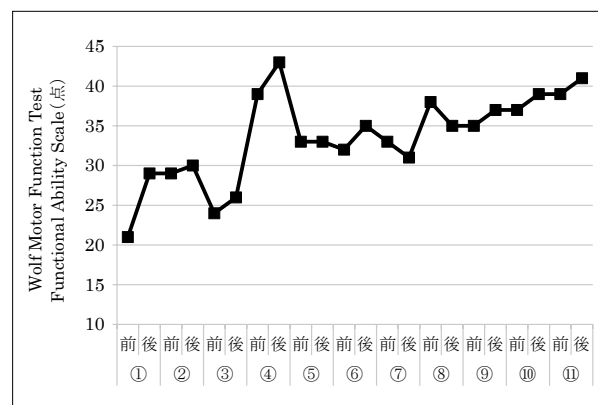


図5. Wolf Motor Function Test : Functional Ability Scale

CEM値は1回目、2回目、5回目の入院期間中は体調不良・機械の不具合により測定できなかったが、その他の期間については、全てのCEM値が480～580付近で推移しており(図8)、日常生活動作活動時の平均値である400～700の範囲内であった。また、中央値が成人平均値である500を上回っていた。さらに、訓練前と訓練後の値に大きな差は見られなかった。特に8回目、9回目ではCEM値が高く標準偏差が小さい傾向であった。

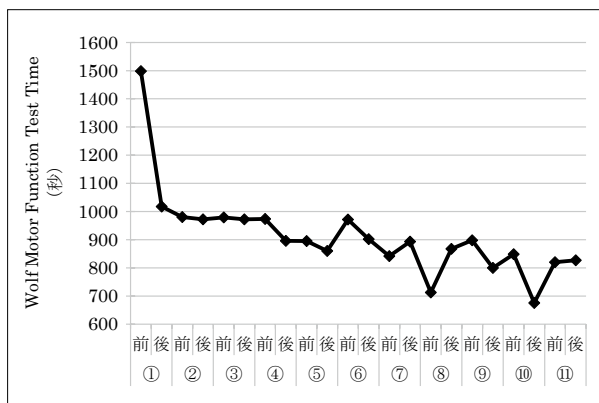


図6. Wolf Motor Function Test : Time

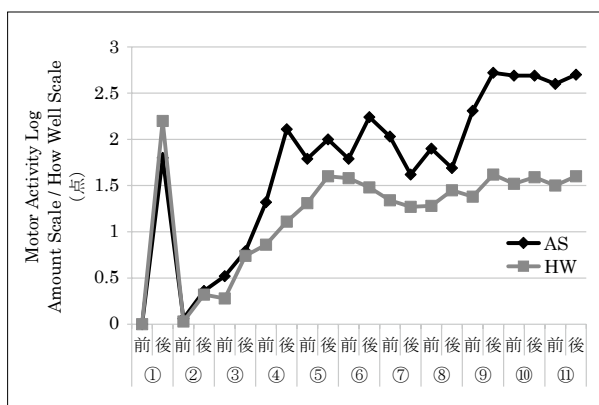


図7. Motor Activity Log : Amount Scale / How Well Scale

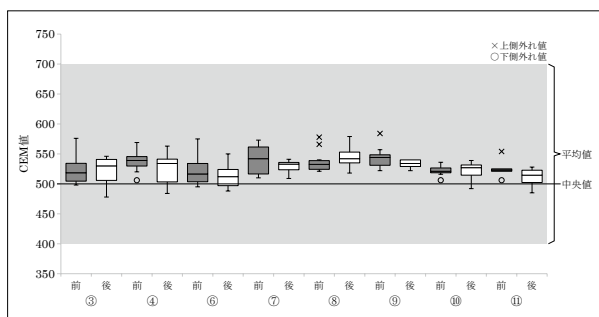


図8. CEM値 結果一覧

考 察

上肢機能の改善について、BoNT-A複数回投与と外来作業療法による上肢機能改善を認める⁸⁾⁹⁾と報告があり、症例においても、6年間で、計11回治療を継続したことで、先行研究同様、上肢機能改善につながったと考えられる。また、反復的な治療においても、同一の治療を機械的に反復するのではなく、症例の希望や作業療法士の評価も含めて決定し、個別性のあるアプローチを行ったことが、長期的な改善に繋がっているものと推察す

る。さらに、一定の間隔で反復的にBoNT-A療法を行ったことで、効果の持続が得られ、iOTについても症例の麻痺の状態に合わせた治療法を選択し、提供出来たことが上肢機能の改善や麻痺側上肢の使用頻度向上に繋がったものと考えられる。

Taubら¹⁰⁾は、CI療法においてTransfer packageが麻痺手の使用頻度に与える影響について検討し、Transfer package非使用群に比べ2.4倍、麻痺手の使用頻度を示すMALのASの得点が向上したと報告しており、Transfer packageの行動契約を使用したことや自宅退院後の自主訓練指導など、麻痺側上肢の意識付け出来たことが上肢機能改善に寄与したものと思われる。

全ての治療期間でCEM値の中央値は500以上であり、脳が軽度の活性状態であったことが考えられる。特に8回目、9回目はCEM値が高く標準偏差も小さかった。CEM値については、適度な運動が精神活動を活性化させる¹¹⁾とされており、この期間の訓練時は、脳が適度な活性状態であったことを反映している。また、この期間では、上田式12段階片麻痺機能テストやMAL:ASの点数向上が見られていることから、上肢機能改善に伴い、上肢全体の過緊張が軽減されスムーズに訓練出来ていたことで、より疲労度が少なくなったのではないかと考えられる。

Jurkiewicz¹²⁾はリハビリに対するモチベーションに関連する因子として、機能的能力の改善、全体的健康状態の改善、自信の改善、筋骨格系の問題の減少をあげている。本症例でも、反復的な治療による上肢の長期的な機能改善が、モチベーションの維持に繋がっており、6年以上の治療が継続して出来ていたのではないかと考えられる。また、回復程度に合わせた課題指向型訓練の施行や、BoNT-A療法を併用したことで痙縮の減弱効果がもたらされ、適切な疲労度の調節に結びついたものと思われる。

以上のことから、本症例の慢性期脳卒中上肢麻痺に対するBoNT-A療法とiOTの併用療法が有用であり、CEM値から脳が軽度の活性状態であったものと考えられた。今後はCENTEをリアルタイムに使用することで疲労度を主体とした課題難易度の調整が行える可能性がある。

結 語

リハビリを実施する上で、適正な運動強度による、適度な脳活性度は、上肢機能改善の一因になる可能性が示

唆された。また、CEM値は簡易的かつ客観的に疲労を評価出来るため、疲労を考慮しながら適正なリハビリが実施できる可能性がある。

今後、症例数を増やし上肢機能改善とCEM値の関係をより明確にし、CEM値が疲労を示す程度の訓練を行った際の上肢機能改善の有無を検証していくことが課題である。

著者全員に本論文に関連し、開示すべきCOI状態にある企業、組織、団体はいずれも有りません。

文 献

- 1) 鈴木綾子, 佐藤清. 発話音声から疲労を知る. Railway Research Review特集 材料の疲労・人間の疲労. 財団法人鉄道総合技術研究所. 2008 ; 30-33.
- 2) 木目良太郎. 疲労の客観的な評価法1 全身運動時における疲労の評価. 体力科学 2014 ; 63(1):33.
- 3) Taub E, Uswatte G, King DK, Morris D, Crago JE, Chatterjee A : A placebo-controlled trial of constraint-induced movement therapy for upper extremity after stroke. Stroke 2006 ; 37 : 1045-1049.
- 4) 塩見格一. 発話音声から算出する脳活性化指数値の信頼性. 電子航法研究所発表会 2010 ; 55-58.
- 5) Shiomi K, and et.al. Experimental Results of Measuring Human Fatigue by Utilizing Uttered Voice Processing, Proc. of IEEE-SMC 2008, Singapore, Oct. 2008 : 557.
- 6) 東伸英, 堀秀昭, 石田登貴代, ほか. 漸増負荷運動後の疲労度の定量化. 理学療法福井 2013 ; 24-26.
- 7) 小林康孝. 高次脳機能障害者の自動車運転再開とリハビリテーション3. 第1版. 京都 : 金芳堂 ; 2016 ; 70-74.
- 8) 伊東寛史, 池ヶ谷正人, 竹川徹, ほか. A型ボツリヌス毒素の複数回投与と外来作業療法の併用療法により上肢機能の改善を認めた1症例. 慈恵医大誌 2016 ; 41-47.
- 9) Meythaler JM, Vogtle L, Brunner RC. A preliminary assessment of the benefits of the addition of botulinum toxin a to a conventional therapy program on the function of people with longstanding stroke. Arch Phys Med Rehabil 2009 ; 90 : 1453-1461.
- 10) Taub E, Uswatte G, Mark VW, Morris DM, Barman J, et al. Method for enhancing real-world use of a more affected arm in chronic stroke:Transfer package of constraint-induced movement therapy. Stroke 2013 ; 44(5):1383-1388.
- 11) 塩見格一. 発話音声で個々人の日常的健全性の確認を. 電子航法研究所発表会 2016 ; 116-119.
- 12) Jurkiewicz MT, Marzolini S, Oh P. Adherence to a home-based exercise program for individuals after stroke. Top Stroke Rehabil 2011 ; 18(3):277-284.