

脳卒中後上肢麻痺の客観的な活動量測定手法の開発
とリハビリテーション応用

花田 恵介

保健医療学研究科 保健医療学専攻

博士後期課程 作業療法学分野

平成 29 年度入学

主研究指導教員 平山 和美 教授

要旨

脳卒中患者に対する日常生活での麻痺手の使用頻度を向上させる方法として、リストバンド型活動量計を用いた行動心理学的介入を検討するため、以下の二つの研究を行なった。

- ① 活動量計を用いた麻痺側上肢活動の客観的な計測手法について検討した。脳卒中患者 37 名の両手首に、活動量計（Actigraph Link GT9X）を装着し、24 時間内で麻痺手が非麻痺手に比べてどの程度動いているかを種々の方法で算出した。また、その値を既存の運動機能評価に照らし合わせて妥当性を検証した。
- ② 失語症のある片麻痺患者 1 例および外来通院の片麻痺患者 1 例を対象に、上記の計測手法を用いた行動心理学的介入を行った。麻痺側上肢に対する課題指向型トレーニングと並行して、活動量計を用いて上肢活動量を継続的にモニターし、患者にフィードバックすることで日常生活における麻痺手使用を促した。その結果、いずれの症例においても麻痺手の上肢機能および使用頻度が改善した。

キーワード

脳血管障害、日常生活、行動評価、セルフモニタリング

Cerebral vascular disease, Daily Living, Behavioral assessment, self-monitoring

緒言

1. 脳卒中上肢リハビリテーションにおける問題提起

脳卒中は本邦における死因第3位であり¹、その後遺症が日常生活に重大な障害を与える疾患である。脳卒中患者の55～75%に運動麻痺による上肢機能障害が起こり²、発症後のQuality of Life (QOL) 低下に多大な影響を与える³。また、日常生活における麻痺手の使用頻度の改善は、麻痺手の機能的な改善以上に、脳卒中片麻痺患者のQOLを左右する⁴とされている。したがって、日常生活での麻痺手の使用頻度を改善するためのリハビリテーション介入は非常に重要である。脳卒中患者が日常生活で麻痺手を再び使用できるようにするためには、訓練室で機能訓練を行うだけでは不十分であり⁵、麻痺手の使用行動を変容させるような何らかの関わりが必要と考えられている^{6,7}。

近年の脳卒中リハビリテーションで注目されている経頭蓋磁気刺激や機能的電気刺激、ロボティクス、Brain Computer interface といった工学技術は、リハビリテーションの効果を底上げしたり人的資源を代替したりする形で、脳卒中後上肢麻痺の改善促進に寄与する。その一方で、実生活における麻痺手の使用行動に反映されにくいとの指摘がある⁸。リハビリテーション場面におけるパフォーマンスと実生活場面における行動の乖離は、以前より問題とされている⁹が、これを埋めるリハビリテーション手法は今日においても十分発展しているとは言いがたい。

2. 麻痺手の使用行動の改善を目的としたリハビリテーションの現況と問題点

日常生活における麻痺手の使用行動の改善を目的とした介入の中で、これまでにエビデンスが確立されている手法としては、Constraint-induced movement therapy (CI療法)^{2,7}が挙げられる。CI療法は、脊髄後根を切除されたサルがその後の実生活において障害手を使わなくなる“学習性不使用 (Learned nonuse)”現象に着目して開発された、基礎実験に依拠する介入手法である。それを脳卒中患者へと応用する際に、1) 非麻痺手の使用の制限、2) 集中的な課題指向型訓練の反復、3) 麻痺手の日常的使用を促す行動心理学的介入 (通称:Transfer Package) という3つの要素を含む複合的な訓練へと体系化された^{10,11}。

脳卒中上肢リハビリテーションのレビューでは、CI 療法は 1) や 2) のような側面を中心に記述されるが、元来の主目的は実生活における麻痺手使用の改善である。Transfer Package (TP) は健康信念モデルに基づいており、麻痺手の行動に関する日記を記す、麻痺手を使用する生活場面を細かく決めて実際に試みるなどの手続きを通して、患者自身が麻痺手の振舞いをモニタリングできるように促していく¹⁰。TP が十分に機能した群とそうでなかった群の介入効果を比較した先行研究では、TP を十分に実施した群のほうが、上肢操作能力ならびに日常生活における麻痺手の使用頻度が有意に改善した^{6,7}。

しかし、こういった行動心理学的介入は患者の病態や心理的背景に左右されやすい欠点がある。まず、治療者と患者が密に意見を交わすことが前提となるため、発話や言語理解が難しい失語症患者や、過去の出来事を覚えていられない記憶障害患者には用いにくい^{12,13}。また、主観に依存する治療セッションでは、実際にはあまり上手くいっていなかったとしても、担当セラピストには良い成果を見せてあげたいという社会的望ましさのバイアス^{14,15}が生じやすい。東洋人は西洋人に比べ、主観的評価を実際より過少に見積もりやすいという文化的背景¹⁶も、正確な状況把握を困難にするバイアスとなりうる。

3. 活動量計を用いた客観的な上肢活動計測

それらを補完するために、近年積極的に使用されているのが活動量計である。万歩計などのセルフモニタリング機器はそれを装着すること自体が行動変容を促進する^{17,18}として、以前より推奨されていたが、センシング機器の小型軽量化、高容量化に伴い数日にわたる連続した活動量測定が可能になったことで、実用性が向上した。脳卒中患者を対象とした研究では、発症後の身体活動量や歩容の計測のほか、両手首に 3 軸加速度計を装着することで麻痺手の活動を客観的に捉える試みも数多く報告されている¹⁹⁻²³。計測の多くは、連続 24~72 時間装着し麻痺手が非麻痺手に比べてどのくらいの量や時間、活動したかを算出している。最近では、麻痺手の活動量の継時的変化を可視化し、それをもとに患者に麻痺手の積極的使用を促すアプローチも報告されている²⁴⁻²⁶。

主観に依存することなく患者の行動を評価できることが活動量計の大きな利点であるが、課題もある。先行研究の多くは両手関節に活動量計を装着し、非障害側上肢に比べて障害側上肢がどの程度活動しているかを計測している¹⁹⁻²²（2点計測法）が、この手法では歩行や起居動作などに伴う全身活動が左右両方の手の活動比率を変動させる可能性を除外できない。例えば、歩行や自動車、あるいは車椅子といった移動に関わる行動の際に、左右手に同程度の加速度がかかり続けることになる。そのため、これらの時間が多ければ多いほど、見かけ上、両上肢が同程度に動いているように見えてしまい、麻痺手の使用状況を過大評価してしまう可能性がある²³。活動量計を用いて患者の行動を適切に評価するためには、過大評価の可能性の有無や程度について正しい見積もりを得る必要がある。

4. 博士研究の目的

そこで博士研究では、まず脳卒中片麻痺患者を対象に活動量計を用いた上肢活動量計測を実施し、上肢機能評価との関係を見ることで、計測方法の妥当性を検証した。具体的には、先行研究でよく用いられる2点計測法と、竹林ら²⁷が以前に1症例で報告した3点計測法、すなわち左右手および前胸部に活動量計を装着し、各々の手から測定した値を体幹部で測定した値で減じる方法とで行った。その結果から、2点計測法と3点計測法に違いがあるか、あるとしたらどちらの方法がより正確に片麻痺上肢の活動量を計測できるかを調べた（**研究Ⅰ**）。

次に、その結果をもとに脳卒中患者に対して活動量計の臨床応用を試みた。具体的には、失語症のある片麻痺患者1例（**研究Ⅱ**）および外来通院の片麻痺患者1例（**研究Ⅲ**）を対象に、その計測手法を用いた行動心理学的介入を行った。麻痺側上肢に対する課題指向型トレーニングと並行して、活動量計を用いて上肢活動量を継続的にモニターし患者にフィードバックすることで、日常生活における麻痺手使用を促した。

研究 I

脳卒中片麻痺患者を対象とした活動量計（Actigraph Link GT9X）による上肢活動量計測の試み

方法

研究デザインは、単一施設における横断研究とした。山形県立保健医療大学倫理委員会の承認（承認番号: 1806-09）、および筆頭著者の所属施設の承認を受けたのち、対象者より本研究に関するインフォームド・コンセントを得た上で評価および測定を行った。

1. 対象

2018年6月27日～2018年10月31日までに穂翔会村田病院リハビリテーション科を受診し、以下の取り込み基準を満たす者を対象とした。取り込み基準は、(1) 20歳以上90歳以下であること、(2) 脳梗塞もしくは脳出血による片麻痺があること、(3) 2段階の動作命令に従えること、(4) 全身状態が安定しており、離床が可能であること、(5) 活動量計装着中に点滴治療する必要がないこと、(6) 入浴時を除いた連続24時間の活動量計装着が可能であること、とした。他の神経疾患や精神疾患の既往を持つ者、および失語症により後述の上肢機能評価が行えない者は対象から除外した。

2. 上肢活動量計測

(1) 使用機器および装着方法

機器は Actigraph 社製の Actigraph Link GT9X（以下、Actigraph. 国内総販売元：アクチジャパン株式会社）を用いた。Actigraph は身体活動によって発生した加速度を計測できるデバイスで、 $\pm 8\text{ G}$ の加速度レンジを持つソリッドステート型の活動量計である。竹林ら²⁷の報告に準じて、これらの機器をリストバンドによって左右の尺骨茎状突起近位部に1ヶ所ずつと前胸部1ヶ所の計3ヶ所に装着した。前胸部の活動量計は、患者の煩わしさを考慮して固定はせず、機器を入れたポーチを首からぶら下げるようにした（**図 1**）。

対象者に装着する際は、事前に活動量計を専用ソフトウェア ActiLife 6 で初期化し、左右手と前胸部の3機が同期して駆動するよう設定した。

(2) 装着期間

活動量計の装着期間は連続24時間とした。睡眠中も計測対象とした。ただし、入浴時は機器を取り外すよう依頼した。先行研究では測定期間を3日間(72時間)に定めた報告もある¹⁹が、治療経過を追うことなどを目的として複数回測定を行う場合、対象者の負担を考慮して1日間(24時間)の測定が妥当であるとの見解^{21,23}がある。そのため、今回は後者を採用した。なお、データの算出は、2点計測法、3点計測法とも同一日に測定したデータを用いた。

(3) データ抽出

Actigraphには、3軸加速度計に加えてジャイロセンサと地磁気センサも搭載されているが、後二者の機能は省き、3軸加速度計測機能のみを利用した。サンプリングレートは30Hzとした。加速度データは、開発元のアクチグラフ社が定義する「アクティビティカウント^{21,28}」という任意の加速度積算単位で数値化されている。アクティビティカウントを切り出す時間間隔(エポック)は、Randら²⁹の報告に準じて15秒とした。また、活動量計からは、各軸(X軸/Y軸/Z軸)のアクティビティカウントとともに、これらを二乗和平方根($\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$)で結合したベクトル値(Vector Magnitude、以下VM)も併せて算出される。今回はこのVMをActiLife 6からダウンロードして解析に用いた。なお、ActiLife 6は装着期間中に適切な加速度値を記録できていたか否かを目視で確認するためにも使用した。

(4) 活動量計データの解析

(3)の手順で抽出したVMをMATLAB R2018a(MathWorks; Natick, MA)にエクスポートした。今回は計測方法の妥当性を検証する目的で、2点計測法と3点計測法の2条

件で後述する 4 変数をそれぞれ算出した。つまり 2 点計測法の場合は、前胸部に装着した活動量計の値は用いず、左手、および右手から得られた VM の値をそのまま用いた。一方の 3 点計測法では、左手の VM から前胸部の VM を減じた値を真の左手の VM、右手の VM から前胸部の VM を減じた値を真の右手の VM とし、のちの解析へと繋げた。

この手続きを経たのち、先行研究^{21,27,30}に準じて、両手動作時の総活動量 (Bilateral Magnitude)、両手動作時における左右手の活動量比 (Magnitude Ratio)、全体における左右手の活動時間比 (Use Ratio)、全体における左右手の活動量比 (Laterality Index) という 4 種の変数を算出した。Bilateral Magnitude と Magnitude Ratio は測定期間に生じた両手動作を対象にした指標、Use Ratio と Laterality Index は両手動作や一側動作に関係なく、測定期間内の上肢動作全体を対象にした指標である。以下に各変数の定義を示す。

Bilateral Magnitude 両手動作を行なった際に、両上肢全体がどのくらい大きく活動したかを表した数値である。以下の計算式で算出した。

Bilateral Magnitude

$$\begin{aligned} &= (1 \text{ エポックあたりの麻痺手の VM}) \\ &+ (1 \text{ エポックあたりの非麻痺手の VM}) \end{aligned}$$

なお、個々の対象者の Bilateral Magnitude は Kolmogorov-Smirnov 検定によって正規分布に従わないことが確認されたので、全エポックの中央値を Bilateral Magnitude と規定した。

Magnitude Ratio 両手動作を行なった際に、左右手がどのくらいの割合で活動したかを示した数値である。以下の計算式で算出した。

$$\text{Magnitude Ratio} = \log_e \frac{1 \text{ エポックあたりの麻痺手の VM}}{1 \text{ エポックあたりの非麻痺手の VM}}$$

つまり、負の値をとれば麻痺手に比べて非麻痺手が優位に活動していることを示し、正の値をとればその逆を示すことになる。また、Magnitude Ratio が 0 の場合は、両上肢が均

等に活動していることを示す。Magnitude Ratio は一側手のみが活動すると値が ∞ （あるいは $-\infty$ ）となってしまうため、これも Bailey らの報告²¹に準じて、非麻痺手のみが活動した際の値は-7、麻痺手のみが活動した際の値は+7として計測値に上限（下限）を設定した。左右手のどちらも活動していない場合の値（Bilateral Magnitude が0の場合）は解析から除外した。なお、個々の対象者の Magnitude Ratio は Kolmogorov-Smirnov 検定によって正規分布に従わないことが確認されたので、全エポックの中央値を Magnitude Ratio と規定した。同様の算出方法を用いて健常者の活動を観察した先行研究では、利き手、非利き手に関係なく、平均値（標準偏差）は-0.1（0.3）であった²¹と報告されている。

Use Ratio 測定期間内に麻痺手が非麻痺手に比べてどの程度活動していたかを、時間を基準に示した数値である。以下の計算式で算出した。

$$\text{Use Ratio} = \frac{0 \text{ より大きい値を示した麻痺手のエポック数}}{0 \text{ より大きい値を示した非麻痺手のエポック数}}$$

同様の算出方法を用いて健常者の活動を観察した先行研究では、利き手、非利き手に関係なく、平均値（標準偏差）は0.95（0.06）であった³¹と報告されている。

Laterality Index 測定期間内に麻痺手が非麻痺手に比べてどの程度活動していたかを、VMの総量を基準に示した数値である。以下の計算式で算出した。

$$\text{Laterality Index} = \frac{\text{麻痺手の VM の総量} - \text{非麻痺手の VM の総量}}{\text{麻痺手の VM の総量} + \text{非麻痺手の VM の総量}}$$

値が大きくなるほど、上肢活動の中で麻痺手の使用比率が高いことを示している。

(5) 測定結果の可視化

対象者に計測結果をフィードバックするため、測定期間内における左右手の活動量の継時的変化と両手活動時の左右手の活動割合を可視化した（**図2**）。特に、両手活動時の

左右手の活動割合は、これも先行研究²¹に準じて、1 エポック毎に Magnitude Ratio を X 軸、Bilateral Magnitude を Y 軸とした密度プロットによって図示した。

3. 上肢機能評価

上肢機能評価は、Fugl-Meyer Assessment の上肢運動項目 (FM-UE)、Action Research Arm Test (ARAT)、Motor Activity Log (MAL) を用いた。Fugl-Meyer Assessment は脳卒中後片麻痺の回復過程に基づく、脳卒中特異的な評価尺度である。FM-UE は 33 項目から成り、各々を 3 段階で採点する。最高点は 66 点である³²。ARAT は、障害側上肢の物品操作能力を評価する目的で実施した。ARAT は 4 つのサブテスト、合計 19 項目で構成されており、各項目を 0~3 点の 4 段階で採点する。最高点は 57 点である^{33,34}。MAL は日常生活で行う 14 項目の動作に関して、麻痺手をどの位の頻度で使用できているか (Amount of Use: AOU)、あるいはどの位上手く使えているか (Quality of Movement: QOM) を、対象者の主観によって評価する。AOU、QOM ともに各項目を 0~5 点で採点し、(合計点) ÷ (非該当項目を除いた項目数) を値とする。最高点は 5 点、最低点は 0 点である³⁵。

4. 分析方法

本研究で採用した活動量計計測結果の妥当性を検証するために、基準関連妥当性を FM-UE、ARAT、MAL との相関により検討した。統計解析は IBM SPSS Statistics ver.25 と R ver.3.5.1 (The R Project for Statistical Computing) を使用した。

対象者の各上肢機能評価と各活動量計データに対し、Kolmogorov-Smirnov 検定をおこなったところ、FM-UE、ARAT、MAL-AOU、2 点計測法による Magnitude Ratio と Bilateral Magnitude、3 点計測法による Magnitude Ratio において正規性が否定された (上肢機能評価: FM-UE $p=.013$, ARAT $p=.002$, MAL-AOU $p=.020$, MAL-QOM $p=.200$ 、2 点計測法: Magnitude Ratio $p=.030$, Bilateral Magnitude $p=.001$, Use Ratio $p=.200$, Laterality Index $p=.200$ 、3 点計測法: Magnitude Ratio $p<.001$, Bilateral Magnitude $p=.073$, Use Ratio $p=.200$, Laterality

Index $p=0.200$) ため、これらの関係性については Spearman の順位相関係数 (rs) を求めた。さらに 2 点計測法、および 3 点計測法における rs の差が有意であるか否かを、上肢機能評価ごとに検定した。統計学的有意水準は 5%未満とした。

結果

上記期間内にリハビリテーション科を受診した 281 名のうち、取り込み基準を満たし、対象者の同意を得て正確なデータを計測できたのは 37 名であった。対象者のフロー図を **図 3** に、対象者の属性を **表 1** に示す。

上肢機能評価と活動量計データの相関係数を **表 2** に示した。2 点計測法と 3 点計測法のどちらにおいても、Magnitude Ratio、Use Ratio、Laterality Index は全ての上肢機能評価と有意な相関関係を示した (2 点計測法による Magnitude Ratio: FM-UE $rs=0.694$, ARAT $rs=0.731$, MAL-AOU $rs=0.870$, MAL-QOM $rs=0.853$ 、3 点計測法による Magnitude Ratio: FM-UE $rs=0.762$, ARAT $rs=0.784$, MAL-AOU $rs=0.871$, MAL-QOM $rs=0.857$)。特に Magnitude Ratio、Use Ratio、Laterality index と MAL-AOU、Magnitude Ratio、Use Ratio、Laterality index と MAL-QOM との rs は、2 点計測法と 3 点計測法ともに 0.8 を超えていた。2 点計測法と 3 点計測法の Bilateral Magnitude は、いずれの上肢機能評価とも有意な相関がなかった。また、上肢機能評価ごとに 2 点計測法、および 3 点計測法における rs を比較したところ、いずれの上肢機能評価でも、両者の計測法に有意な差はなかった。ただし、MAL-AOU と Magnitude Ratio の関係を見たところ、MAL-AOU が低い場合の Magnitude Ratio が 3 点計測法に比べて 2 点計測法でより大きく分散し、計測法によって異なっていた (**図 4**)。

なお、測定結果を対象者ごとにフィードバックしたところ、「思ったより麻痺手を使えていないことがわかった」「(今回の結果をもとに) 日常生活で麻痺手をもっと使えるようにチャレンジしたい」などの発言が複数の対象者から聞かれた。

考察

本研究の目的は、活動量計を用いて日常生活における上肢活動量の計測を行い、2点計測法と3点計測法に違いがあるか、あるとすればどちらがより妥当な手法であるかを検討することであった。その結果、活動量計の計測結果は測定法の違いによらず、FM-UEとの間に中等度の相関関係を、ARATやMALとの間に強い相関関係を示した。今回の計測結果が、麻痺手の運動機能を評価するFM-UEよりも、麻痺手の操作能力を評価するARATや、日常生活における麻痺手の使用頻度を聴取するMALと強く相関したことは、研究の目的に合致しており、妥当であると思われた。すなわち、2点計測法、3点計測法とも有用であることが示された。さらに2点計測法による結果は、先行研究²³で示されたMALとの相関係数に近い数値であった。このことは、本邦においても、活動量計による上肢活動量計測が麻痺手の使用頻度の評価として活用できることを示すと思われた。

2点計測法、および3点計測法と上肢機能評価の相関関係を見ると、どちらも同じ程度の相関があり、3点計測法による優位性はみられなかった。この結果は、2点計測法であっても、3点計測法であっても、上肢活動量の計測結果に差を生じず、上肢以外の体動にさほど影響されないことを示しているのかもしれない。

しかし、MAL-AOUが低い場合に、Magnitude Ratioが2点計測法と3点計測法とで分離していく傾向がうかがわれた(図4)ことは考慮すべき点である。特に、脳卒中上肢リハビリテーションの代表的な手法であるConstraint-induced movement therapy (CI療法)は、MAL-AOUが2.5以下の対象者を適応としている。MAL-AOUがこの範囲にある対象者の上肢活動量を正確に把握し訓練の適応や効果判定の基準などを明確にするためには、さらに方法を変えた検討を行い、両測定法それぞれの特徴を明らかにしていく必要があると考える。

上記の点を考慮して、以下の研究Ⅱ、研究Ⅲでは活動量計による評価に3点計測法を用いた。

研究Ⅱ

失語症を合併した右片麻痺例に対する活動量計を併用した上肢機能訓練の試み

左半球の脳梗塞後に、拙劣症を右手に、道具の使用方法に合わせた適切な把握ができない症状を両手に呈した症例を経験した。亜急性期の本例に対し、代償方略の指導を含めた上肢機能訓練を行なった結果、右手での食事・整容動作の獲得と、生活における右手の使用頻度の増加を認めた。本論文では、本例の症状把握とそれに応じた具体的な練習方法について、考察とともに報告する。本報告に際しては、ヘルシンキ宣言に則り、文書と口頭による説明の後、対象者から署名による同意を得た。

方法

1. 症例

80歳代の右利き女性である。夜間に右手の脱力を自覚し、救急搬送された。搬送時には脱力が改善しており、神経学的異常はなかった。第7病日に一過性の右完全片麻痺と全失語が出現し、頭部MRIで左の前頭葉と頭頂側頭葉に梗塞巣を認めた(図5)。第8病日までに麻痺はごく軽度となったが、後述するような動作の拙劣さを右手に、道具把握の障害を両手に認めたため、作業療法が開始された。

2. 作業療法評価(第14病日)

右上肢にはごく軽度の麻痺があった。麻痺の程度はBrunnstrom Recovery Stageで上肢VI手指V、FM-UEは57/66点であった。握力は右8.3kg、左12.1kgであった。腱反射は右上肢で軽度亢進していた。指折りなど手指分離動作は十分可能で、協調運動障害もなかった。しかし、チョコキやキツネなどの手指形態構成は、言語指示でも視覚性模倣でもその形になるよう正しく指を動かすことができず、手本の形に到らなかった。対象に到達したときの指の開きが対象の大きさに一致しない、把握の障害が右手に見られた。要素的な体性感覚である触覚や振動覚は正常だった。複雑な体性感覚では、立体覚や肌理(手触り)の

知覚にも左右差を認めなかった。母指探し試験は I 度であった。対象者から見えないようにして触れると、右手ではどの指に触れられているか答えられず、触点定位が障害されていることが示された。左上肢には、麻痺、手指模倣の困難さ、把握の障害、体性感覚障害のいずれも認められなかった。

機能的自立度評価（以下、FIM）は運動項目 61 点、認知項目 21 点であった。独歩は可能で状況理解も保たれており、病棟内セルフケアは自立していた。しかし、日常生活で右手を使うことが少なかった。拙劣症の評価として臨床的に用いられる衣服のボタンの掛け外し動作や手袋に手指を滑らかに入れる動作は、右手において困難であった。食事場面では右手で箸やスプーンを持たず、左手でスプーンをつまむように持ちながら食べた。左手使用時も右手ほどではなかったが、正しい持ち方ができず、「持ちにくい」と訴えた。このため、食器内の食べ物を左手づかみで食べることも時折みられた。整容動作では、右手で歯ブラシを持たず、左手で行っていた。作業療法場面では右手で字を書こうと努力するが、鉛筆が上手く持てず握りこむようにして把握した。

知能は、レーヴン色彩マトリックス検査で 23/36 点、Kohs 立方体組み合わせテストで IQ 75.5 であった。Kohs 立方体組み合わせテストの結果からは構成障害もないことが示された。発話は少なく、しばしば喚語困難や音韻性錯語といった失語症状があり、聴理解も軽度低下していた。5 種の社会的慣習動作（バイバイ、おいでおいで、軍隊式の敬礼、静かに、あっかんべー）を求めると運動の誤りを主とする空間的な誤反応がみられた。また、物品を持たずに道具を使うフリをする道具使用のパントマイム動作（くし、歯ブラシ、金づち、ハサミ、鍵の 5 物品）は、くしや歯ブラシにおいて持つフリをした手指の形に誤りが見られた。さらに、金づちやハサミ、鍵は手を動かして逡巡したのち、「わからない」と動作をやめてしまう無反応がみられた。症状はいずれも両手に見られたが、右手でより強かった。これらは模倣であっても困難さが残った。すなわち、観念運動性失行を認めた。Behavioral Inattention Test の線分二等分試験は 9/9、線分抹消試験は 36/36、Catherine Bergego Scale は 0/30 で、半側空間無視はなかった。右手右視野で視覚性運動失調を認めた。

10種の道具（コップ、くし、ねじ回し、歯ブラシ、スプーン、鍵、栓抜き、鉛筆、金槌、ハサミ）と対応する使用対象を見せ、「これを使ってください」と指示して実際に使う場面を観察した結果、ハサミ、歯ブラシ、ねじ回し、鉛筆、スプーンの把握に問題がみられた。右手では、手や指の動きが拙劣であることに加えて、物体の形状に対して正しい手の形がとれず、道具の正しい位置に正しい指を当てることができなかった。右手の中で道具を持ち替えることも困難だった。

作業療法介入

本例は発症後より右手を日常生活でほとんど使用できていなかったため、学習性不使用に陥る可能性が高いと思われた。そのため、まずは日常生活における右上肢の使用を改善するような介入を早期に行う必要があると考えた。介入期間は第25病日から14日間であった。介入期間の前後に評価を実施した。具体的な訓練場面を図6に示す。

1. 課題指向型訓練

日用道具の実使用を反復する練習を60分、自主的な巧緻動作練習を30分、併せて1日90分行った。日用道具の実使用練習では、日常生活場面で把握が困難だったスプーンや箸、ハサミ、歯磨き、鉛筆を把握し操作する練習を重点的に行った。介入開始時には、対象者に右手に通常形状の箸や鉛筆を持たせると一旦は適切に把握して操作できたが、長い時間使用すると持ち直しができず持ち方が変化してしまった。このため、はじめは把握しやすい形になるよう補助具（持ち方矯正箸や柄を太くするためのスポンジ）を付加して練習し、徐々に通常形状でも適切な把握ができるように段階づけた。介入期の後半は上記の道具に対する練習も続けながら、退院後の生活に必要なと思われる食器洗いや洗濯物たたみ、洗濯物干し、包丁操作の練習をした。この場合も必要に応じて、道具を正しく把握できるよう、本人が把握する手にもう一方の手で道具を持たせる方略を指導した。

自主的な巧緻動作練習は、Kammら³⁶やVanbellingenら³⁷に準じた。ブロックやペグ、硬貨をつまんで移動する課題からはじめ、徐々にボルトやペットボトルの開け閉め、洗濯

バサミ留めといった手指の操作を要する課題へと段階づけた。また、対象の把握や操作に指尖を使うよう促すために、同じ物品の中でも徐々に小さいものへと段階づけた。サイフからコインを1枚ずつ取り出す、ボタンを留める、ファスナーを締めるなど、実場面を想定した巧緻動作の課題も行った。

2. 活動量計を用いた右上肢の使用状況のフィードバック

本例には失語があるので、Motor Activity Log³⁵のような質問形式の行動評価は適さなかった。そのため、HITACHI社製の3軸加速度計（商品名：UW-301BTリストバンド型生活モニタ装置「ライフ顕微鏡」）を使用して、上肢活動量を客観的に測定した。この機器は腕時計式で、発生した加速度をもとに上肢の運動頻度を計測できる。1分毎に、その間の運動頻度が記録される。これを本例の左右の手首に装着すると、左上肢に比べて右上肢をどの程度使用しているかを知ることができる。装着は上記研究Iおよび竹林ら²⁷の3点計測法で行い、解析の方法は上記研究Iおよび竹林ら²⁷、Baileyら²¹に準じた。竹林ら²⁷、Baileyら²¹の研究では、3日間（72時間）であるが、本研究では対象者の煩わしさを軽減するために、介入前、介入後とも上記の研究I同様、午後12時～翌日の午後12時までの1日間（24時間）のみ装着した。計測は睡眠中も行った。入浴時は装置を外すよう依頼した。

介入前後の各24時間について、左右手のMagnitude RatioおよびLaterality Indexを求めた。これらの値が、0に近いほど左右手が均等に動いていたことを示し、マイナスに振れるほど左手に、プラスに振れるほど右手に運動が偏っていたことを表す。これを介入開始時に計測し、日常生活における左右手の使用が左手に偏っていることをフィードバックした。

3. 日常生活における右手使用を促す取り組み 2.の手続きを踏まえて、訓練室外でも積極的に右手を使うよう促した。洗面台の蛇口、引き出し、病室のカーテンの開閉など、複雑な手指操作を要しない活動は、拙劣症のある右手でも行えるようになりやすいと考え

た。そこで、介入当初は病棟や病室で右手を使用した活動を療法士と実際に行い、訓練室外でも右手を使うように促した。また、訓練によって実用性が向上した道具があれば、その都度、生活場面で使用するよう促した。本例に指導した内容を病棟看護師にも伝え、生活場面で実行できているか否かをチェックするよう依頼した。

介入前後の評価

1. 上肢機能 FM-UE³²、ARAT^{33,34}、簡易上肢機能検査（以下、STEF）³⁸を介入前後に行った。
2. 日常生活能力 介入前のFIMは先に記した通りであった。介入後もFIMを評価した。
3. 活動量計評価 先述の通り、介入前後の24時間について、活動量計から得られた数値をもとに、Magnitude Ratio および Laterality Index を求めた。
4. 道具の実使用評価 介入前に行った道具使用障害に関する評価を、介入後も同様の方法で行った。

結果

介入前後の変化を表3に示した。右上肢機能は、FM-UEが57点から59点とあまり変化はなかったが、ARATが30点から56点に改善した。STEFも右手が1点から54点、左手が80点から91点に向上した。日常生活能力を示すFIMの運動項目は、64点から77点に改善した。活動量計を用いた上肢活動量計測では、Magnitude Ratioが-0.88から-0.52に、Laterality indexが-0.31から-0.18と有意に0に近づいた。

介入前の道具使用は、スプーンや歯ブラシ、鉛筆操作、食事、整容動作を左手で行っていたが、介入後の道具使用は左手で右手に持たせる代償手段を用いて、右手使用が定着した。

一方で、右手の手指形態模倣は介入後も手本の形に到らないことがあった。また、右手の形や指の配置を道具に合わせてたり、右手の中で道具を持ち替えたりすることにも困難

が残った。社会的慣習動作や、物品を持たずに道具を使うフリをする動作においても誤反応は変わらなかった。

考察

今回、左脳梗塞後に右手動作の拙劣さと両手の道具把握の障害を呈した症例に対し、集中的な上肢機能訓練と日常生活における右手使用を促す取り組みを行った。その結果、STEF や ARAT といった麻痺手の操作能力を評価する検査において大きく改善した。ARAT は手指の巧緻動作を要する grip や pinch の項目で大きく改善し、Lang ら²⁰⁾ が示す急性期患者における臨床的に意義ある最小変化量 (Minimal Clinically Important Difference: MCID) を上回る改善を得た。また、活動量計の値も有意な改善を得ており、実際に日常生活でも右手で道具を再び使用できるようになった。このことは疾患の自然回復のみでは説明し難く、作業療法介入に依る可能性を示すものと思われた。

研究 III

リストバンド型活動量計による経時的な上肢活動量計測の臨床応用

方法

右片麻痺を呈した脳卒中亜急性期の外来患者に対して、活動量計による経時的な上肢活動量計測を用いた作業療法介入を行なった。本報告に際しては、ヘルシンキ宣言に則り、文書と口頭による説明の後、対象者から署名による同意を得た。

(1) 症例

40歳代右利き男性。起床時に上下肢の麻痺と失語症状を認め、受診した。左内頸動脈解離による左半球の散在性脳梗塞と診断され、保存的治療を受けた。作業療法（以下、OT）は入院当日より開始した。発症時のBrunnstrom Recovery Stage（BRS）は、上肢IV手指IV下肢Vであった。右下肢の麻痺は保存的治療によって消失したが、右上肢と手指にはBRS Vレベルの不全麻痺が残った。体性感覚障害ならびに失語、失行、失認はなかった。本例は自営の鉄工所で貴金属を製作しており、職務上、手指の巧緻動作が必要であった。また、早期の職場復帰を望んでいたことから、自宅退院したのちに外来で集中的なOTを行うこととなった。

(2) 介入方法

保存的治療が終了した第15病日に退院し、第17病日から外来OTを開始した。第17病日から第45病日まで介入を行った。1回2時間のOTを週3回、計10回行った。外来OTの内容は、課題指向型上肢トレーニングとTPを1時間、自主練習を1時間とした。これらに加えて、日常生活における麻痺手の活動量計測を、週1回行った。課題指向型上肢トレーニングと自主練習は、自宅での家事動作や仕事で扱う機器の操作を模した作業課題を中心に行った。TPは、日常生活で手の使用を促すためのアプリであるADOC for Hand³⁹の内容や、アラバマ大学CI療法グループのHome skill assignment list⁴⁰（麻痺手の

使用場面を細かく列挙したリスト)を参考に、麻痺手で行う作業活動を毎回10項目割り当て、紙面に記載し手渡した。割り当てられた作業活動を、次回来院までに行うよう約束し、その間の状況報告をもとに自宅や職場における麻痺手の使用頻度が向上するよう促した。

活動量計は、アクチグラフ社製の Actigraph Link GT9X (Actigraph. 国内販売元: アクチジャパン株式会社) を用いた。計測方法は上記の研究 I および竹林ら²⁷の報告に準じた。1回あたりの装着期間は、先行研究^{21,41}に準じて連続24~36時間とした。睡眠中も計測対象とし、入浴時のみ機器を取り外すよう依頼した。活動量計は次の外来時に持参するよう依頼した。専用ソフトウェア (ActiLife 6) がインストールされた PC を用い、本人に Magnitude Ratio の数値および研究 I で図 2A に示した Magnitude Ratio (X 軸) と Bilateral Magnitude (Y 軸) による密度プロットを見せて、即日フィードバックした。また、活動量計の数値をもとに、装着期間内の生活状況、およびその際、麻痺手をどのように使用していたかを聴き取った。また、この解析結果を踏まえて練習内容や TP の手続きを再考した。介入期間終了の約一か月後 (第 84 病日) と二か月後 (第 115 病日) にフォローアップの評価を行った。活動量計測は第 8 病日、第 17 病日、第 24 病日、第 31 病日、第 38 病日、第 45 病日、第 84 病日、第 115 病日の 8 回行った。

(3) 上肢機能評価

本症例へのアプローチの効果検証を行う目的で、介入の前後とフォローアップ時に麻痺手の機能を評価した。機能評価には、FM-UE³²、ARAT^{33,34}、STEF³⁸、MAL³⁵、Stroke Impact Scale (SIS)⁴²の5つを用いた。

(4) 上肢活動量計測

介入前後とフォローアップ時にも麻痺手の活動量計測を行い、Magnitude Ratio、Use Ratio、Laterality Index を求めた。

経過（図7）

第1期：入院診療から外来診療に移行した時期（入院時から第24病日まで）

外来開始当初に面接を行ったところ、箸や鉛筆が右手で使用できるようになること、趣味である投げ釣りができるようになること、仕事に復帰できることなどが作業療法介入後の目標に挙げられた。目標動作を達成するためには麻痺側上肢の肩関節周囲筋と手関節・手指筋群の不全麻痺、（特に、肩関節の屈曲、外転、外旋運動の低下や手関節背屈運動、手指伸展運動の低下、手指の分離運動の低下）が妨げになると思われた。そのため、指腹や指尖でのつまみを必要とするブロックやコインなどの小物品を用いて、肩関節の外転、外旋方向へ物品を移動する課題、ならびに手掌内で小物品を操作する課題を行った。不十分な関節運動を補う目的で、当該筋群に対し、OG wellness 社製の随意運動介助型電気刺激装置（IVES+, GD-612）を課題指向型練習に適宜併用した。また、補助具を用いながら箸や鉛筆の操作練習を行った。

初回の上肢活動量計測は、点滴加療終了時の第8病日に、2回目の上肢活動量計測は自宅退院した直後の第17病日に行った。計測結果を見る前、本例は「自宅でも右手を使っているので良い結果だと思う」と述べていたが、実際は第8病日より第17病日の値の方が非麻痺手に偏っている計測結果となっていた。結果を知ると本例は「使っていたと思っていたのにショックです」と、内省と実際の乖離に驚いていた。この結果をふまえ、担当療法士は自宅や職場での生活状況、およびその際の麻痺手の使用状況を聴き取り、麻痺手を使用できていない場面がないかを調べた。すると、補助箸を使った食事動作やタオルを使った清拭動作といった、典型的なセルフケア場面では積極的に麻痺手を使用していたが、家のドアや鍵の施錠、冷蔵庫の開閉といった動作では非麻痺手を使用していたことが分かった。そのためTPでは、前記のような動作に加え、カーテンの開閉や電気スイッチの切替えなど、自宅で毎日行う些細な動作も、麻痺手を積極的に使用するよう奨励した。

3回目の上肢活動量計測は、第24病日に行った。本例は、隔日で復職することとなり、計測した日も出勤していた。計測結果を見る前、本例は「仕事では右手をあまり使えなかった」との消極的な内省であった。しかし、装着期間全体の活動量の計測値は、2回

目の計測時とほとんど変わらなかった。計測時間内における麻痺手の活動量変化をみると、「仕事で扱う機器のボタンやダイヤルの操作は右手でやると凄く遅くなるし、間違えてはいけないから左手で操作していた。」と本例が述べていた通り、業務中は非麻痺手の活動が優位になっていたが、自宅で過ごす夜間や朝方の麻痺手の活動量は2回目の計測時よりも良くなっていた。この部分については賞賛し、自宅内での麻痺手使用は引き続き積極的に行うよう、職場ではまず無理のない範囲で麻痺手を使用するように指導を行った。また、どのような作業であれば職場でも麻痺手を使えそうかを試みるように促した。来院時の訓練は、前述の肩関節、手・手指関節の運動課題に加えて、ボタンやダイヤル操作を模擬的に想定した作業課題や、上肢操作にスピードを要求する作業課題を追加導入した。

第2期：麻痺手の使用に関わる内省が具体的にになってきた時期（第31病日から外来終了時まで）

第31病日に4回目の上肢活動量計測を行った。結果は過去3回の計測値を上回っており、日常生活で麻痺手を使用する頻度が増えていることが伺えた。この頃、介入開始当初の聴取で麻痺手を使用できていなかった生活場面でも、常に使用できるようになってきたため、皿洗いや風呂の掃除といった家事動作も右手で積極的に試みるように促した。すると、「家で皿洗いする時に右手ではなくて左手が動いてしまっていた」などと麻痺手に関する具体的な内省が活動量計測の結果を伝える前から得られるようになった。また、「左手で食事をすることはなくなった。右手で毎回食事をするようにしている」と語り、右手での食事動作が定着していることが伺えた。

第38病日に行った5回目の上肢活動量計測では、「仕事でも右手を使っている」「外来開始時と比べて右手がしっかりしてきたと思う」と麻痺手に関する前向きな発言が多く聞かれたため、活動量計の数値も向上していると思われたが、結果は4回目の計測時と同程度であった。これは本例にとっても療法士にとっても予想外の結果であったため、本例と再度相談し、今まで自宅内で麻痺手を使用することを勧めた動作をすべて列挙したシートを作成し、麻痺手の使用状況を再度点検した。加えて、スマートフォンの操作や自転車の施錠、買い物袋を持つ、ペットの猫を撫でるなど、無意識に行っていた上肢動作も、意

識して右手を使用するよう勧めた。来院時は、箸動作や書字といった実用的な動作の精度を向上させる訓練を継続した。また、箸操作に関して「麺類も食べられるようになった。でも、硬いものを切ったり、ほぐしたりはまだやりにくい」と発言があったことから、箸で粘土を切るなど、抵抗を伴う箸の操作練習を重点的に行った。

外来終了時（第45病日）には「仕事の細かな動作も右手で出来るようになった」との発言があった。また、仕事でも麻痺手を使用できていると思われたが、「腕を挙げたまま作業する時は手が揺れるときがある」との訴えがあったため、肩甲帯・上肢の筋力増強を目的とした自主練習として指導した。外来終了から1ヶ月後（第84病日）や2ヵ月後（第115病日）には、上肢機能評価の値が外来終了時よりも更に改善し、Use Ratio や Magnitude Ratio も維持されていた。

結果

発症直後から外来終了2ヶ月後までの上肢機能評価および活動量計データを表4に示す。全ての上肢機能評価に改善がみられた。特にMAL-AOUは、外来開始時に比べ、外来終了時には1.47点、外来終了2ヶ月後には1.81点の改善を示した。SISのHand function項目も100となり、主観的な上肢の使用感も病前と変わらない程度にまで改善した。活動量計におけるUse RatioやLaterality Indexは、外来開始時に比べて外来終了時に向上し、外来終了2ヶ月後にはほぼ左右手の使用量や使用時間が均等になった。Magnitude Ratioも外来終了後には偏りが減り、その程度は外来終了2ヶ月後にも維持されていた。

考察

脳卒中亜急性期の右片麻痺患者に、活動量計によって上肢活動量を継続的に計測しながら上肢機能訓練とTPを行なった結果、FM-UE、ARAT、MALが改善した。その値は、先行研究で示されている脳卒中急性期の臨床的に意味ある最小変化量(MCID)⁴³⁻⁴⁵を上回っていた。さらに、Use Ratioは、同様の解析手法を用いてBaileyらが示した健常者の平均値(0.95±0.06)²¹と同等にまで改善した。

Whitford ら²⁵は、慢性期脳卒中患者を対象に、活動量計を用いた上肢活動量のモニタリングを在宅で3週間実施し、その間で計7回、計測結果のフィードバックを行った。その結果、MALは有意に改善したものの、麻痺手の操作能力（Wolf Motor Function Test）や活動量計による客観的数値は介入前後であまり変化しなかったと報告している。彼らはフィードバック介入のみでは不十分であり、身体的な介入を同時に行うことが肝要であると結論づけた。またDa-Silva ら²⁴は、亜急性期脳卒中患者を対象に、通常のリハビリテーションに加えて、活動量計による継続的な麻痺手の活動量計測を週2回、4週間行っている。彼らは、麻痺手が規定された活動量を下回ると振動アラームが作動する活動量計を用いて麻痺手使用をリアルタイムに喚起するとともに、対象者に日々の麻痺手使用に関して日記を書くよう促したり、計測結果に応じて具体的な麻痺手の使用方法をアドバイスしたりした。その結果、麻痺手の操作能力（ARAT）やMALは有意に改善したと報告している。本介入で用いた機器はアラーム性能を持たなかったが、日々の麻痺手使用に関して日記を書いたり、対象者に計測結果に応じて具体的なアドバイスを与えたりした点はDa-Silva らの報告と同じであり、ARATやMALも彼らの介入群と同程度に改善した。本例においても、継続的な上肢活動量計測が奏功した背景には、単なる計測結果のフィードバックのみでなく、それに基づいて具体的に生活動作の方法をアドバイスしたり、練習内容を漸次変更したりしたことが寄与したものと考えられる。

また上肢活動量計測を開始した当初は、本例や療法士の予想に反して麻痺手があまり活動していなかったことがわかり、この事実が本例と療法士で麻痺手の使用状況を詳しく振り返るきっかけになった。Morris ら¹⁰も、日常生活における麻痺手使用が促進される要因の一つに、対象者が正確に麻痺手の使用状況を内省できることを挙げている。つまり、継続的に活動量を計測することで、対象者、療法士の双方が麻痺手を活用できていない生活場面を正確に捉え直し、内省を深めることができた可能性がある。一般臨床において、患者の経過に応じた機能評価は担当療法士が担うことが多い。この時点で担当療法士は対象者に関する先入観を持つため（実行バイアス）、特にMALのような半構造的評価はその結果に偏りを生む可能性を孕んでいる。一方の対象者側にも、「介入を受けたのだから良

くなっているはずだ」「良くなったことを担当療法士（あるいは周囲の援助者）に見せたい」という社会的望ましきのバイアスや、対象者の思い起こしに頼って回答を得ることによる想起バイアスが生じて、不正確な結果となる可能性がある。継時的な活動量計計測はそれらのバイアスの是正に繋がり、双方がより適切に対象者の行動をモニタリングできたことは特記すべき点と考える。

三研究のまとめ

研究ⅠではActiGraph Link GT9Xを用いた上肢活動量の3点計測法の妥当性が示された。研究ⅡとⅢでは、その3点計測法を用いて、日常生活で麻痺手の使用頻度を増やすための行動心理学的介入を試みた。失語症を合併した脳梗塞後右片麻痺患者1例に対する介入を検討した研究Ⅱでは、麻痺手の使用状況を言語的に聴取できなくても、活動量計を用いることでそれが推測でき、介入につながる可能性が示された。脳梗塞後亜急性期の右片麻痺患者1例に対する介入を検討した研究Ⅲで、活動量計測を定期的に行うことで、外来であっても麻痺手の使用状況を把握でき、有益な患者指導につながる可能性が示された。

本研究で確立した上肢活動量計測の手法は、脳卒中患者における麻痺手の日常生活動作評価の一つとして活用でき、また、継時的な上肢活動量計測そのものが既存の行動心理学的介入を促進するものと考えられた。

本研究の限界

研究Ⅰの限界は、少なくとも2点考えられる。1点是对象者を入院、外来の診療区分で限定しなかったことである。入院患者と外来患者では、身体活動量や上肢全体の活動頻度が明らかに異なる。外来患者は上肢麻痺が比較的軽度であったとしても、非麻痺手を優位に活動させなければいけない生活場面が多いことが考えられ、そのことが活動量計データと上肢機能評価の相関関係に影響を与えた可能性がある。今後は、環境の違いによってどの程度数値に差が生じるかを検討する必要がある。もう1点は活動量計数値の解析方法である。本研究ではエポック値を15秒としたが、VMを抽出する際のエポック値によって

算出される数値は異なる²³。脳卒中患者における“実行状況”の正確な測定に最適な解析方法は今後も検討すべき課題である。また、研究ⅡとⅢは症例報告であり、自然回復の影響も大いに考えられる。今後はケースシリーズ研究や比較研究を引き続いて行う必要がある。

結語

Dobkin⁴⁶は、神経疾患のリハビリテーションにおいて、トレーニングの自己管理を促すような関わりが重要であることを指摘している。今後は、脳卒中上肢リハビリテーションにおいても、先端機器を用いた機能的介入の発展と並行して、その機能障害をより効果的に日常生活に汎化していくための介入の精緻化が必要と思われる。

利益相反

開示すべき利益相反関係にある企業などはない。

謝辞

ご協力いただいた患者様ならびに穂翔会村田病院リハビリテーション部のスタッフに感謝いたします。また博士後期課程を通して、多くのご指導を賜りました山形県立保健医療大学作業療法学科教授平山和美先生に深謝いたします。

なお本報告の一部は、一般社団法人古川医療福祉設備振興財団における平成29年度「医療・福祉等設備の先進的研究及び調査活動の研究助成」を受けて実施したものです。

引用文献

1. 厚生労働省：平成28年国民生活基礎調査の概況-IV介護の状況.
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa16/dl/05.pdf>（参照2019-11-22）.
2. Wolf SL, Winstein CJ, Miller JP, et al. Effect of constraint-induced movement therapy on upper extremity function 3 to 9 months after stroke: the EXCITE randomized clinical trial. *JAMA*. 2006;296(17):2095-2104. doi:10.1001/jama.296.17.2095.
3. Nichols-Larsen DS, Clark PC, Zeringue A, Greenspan A, Blanton S. Factors Influencing Stroke Survivors' Quality of Life During Subacute Recovery. *Stroke*. 2005;36(7):1480-1484. doi:10.1161/01.STR.0000170706.13595.4f.
4. Kelly KM, Borstad AL, Kline D, Gauthier LV. Improved quality of life following constraint- induced movement therapy is associated with gains in arm use, but not motor improvement. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2018;25(7),467-474.
doi:10.1080/10749357.2018.1481605.
5. Waddell KJ, Strube MJ, Bailey RR, et al. Does Task-Specific Training Improve Upper Limb Performance in Daily Life Poststroke? *Neurorehabil Neural Repair*. 2016;31(3):290-300. doi:10.1177/1545968316680493.
6. Takebayashi T, Koyama T, Amano S, et al. A 6-month follow-up after constraint-induced movement therapy with and without transfer package for patients with hemiparesis after stroke: a pilot quasi-randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2013;27(5):418-426.

7. Taub E, Uswatte G, Mark VW, et al. Method for Enhancing Real-World Use of a More Affected Arm in Chronic Stroke. *Stroke*. 2013;44(5):1383-1388.
doi:10.1161/STROKEAHA.111.000559.
8. Kwakkel G, Kollen BJ, Krebs HI. Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: a systematic review. *Neurorehabil Neural Repair*. 2008;22(2):111-121. doi:10.1177/1545968307305457.
9. Andrews K, Steward J. Stroke recovery: He can but does he? *rheumatology*. 1979;18(1):43-48.
10. Morris DM, Taub E, Mark VW. Constraint-induced movement therapy: characterizing the intervention protocol. *Eura Medicophys*. 2006;42(3):257-268.
11. 道免和久 : ニューロリハビリテーション. 医学書院, 東京, 2015
12. Bradburn NM, Rips LJ, Shevell SK. Answering autobiographical questions: the impact of memory and inference on surveys. *Science*. 1987;236(4798):157-161.
doi:10.1126/science.3563494.
13. Tatemichi TK, Desmond DW, Stern Y, Paik M, Sano M, Bagiella E. Cognitive impairment after stroke: frequency, patterns, and relationship to functional abilities. *J Neurol, Neurosurg Psychiatr*. 1994;57(2):202-207. doi:10.1136/jnnp.57.2.202.
14. Prince SA, Adamo KB, Hamel ME, Hardt J, Connor Gorber S, Tremblay M. A comparison of direct versus self-report measures for assessing physical activity in adults: a systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2008;5:56. doi:10.1186/1479-5868-5-56.
15. Adams SA, Matthews CE, Ebbeling CB, et al. The effect of social desirability and social

- approval on self-reports of physical activity. *Am J Epidemiol*. 2005;161(4):389-398.
doi:10.1093/aje/kwi054.
16. Kim S-Y, Jeon E-Y, Sok SR, Oh HK, Kim K-B. Quality of life of Korean and Korean American older adults: a comparison. *J Gerontol Nurs*. 2009;35(6):28-34.
doi:10.3928/00989134-20090428-06.
17. Nelson RO, Hayes SC. Theoretical explanations for reactivity in self-monitoring. *Behavior Modification*. 1981;5(1):3-14. doi:10.1177/014544558151001
18. Bravata DM, Smith-Spangler C, Sundaram V, et al. Using pedometers to increase physical activity and improve health: a systematic review. *JAMA*. 2007;298(19):2296-2304. doi:10.1001/jama.298.19.2296.
19. Uswatte G, Foo WL, Olmstead H, Lopez K, Holand A, Simms LB. Ambulatory monitoring of arm movement using accelerometry: An objective measure of upper-extremity rehabilitation in persons with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(7):1498-1501. doi:10.1016/j.apmr.2005.01.010.
20. de Niet M, Bussmann JB, Ribbers GM, Stam HJ. The Stroke Upper-Limb Activity Monitor: Its Sensitivity to Measure Hemiplegic Upper-Limb Activity During Daily Life. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2007;88(9):1121-1126.
doi:10.1016/j.apmr.2007.06.005.
21. Bailey RR, Klaesner JW, Lang CE. Quantifying Real-World Upper-Limb Activity in Nondisabled Adults and Adults With Chronic Stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2015;29(10):969-978. doi:10.1177/1545968315583720.
22. Narai E, Hagino H, Komatsu T, Togo F. Accelerometer-Based Monitoring of Upper Limb Movement in Older Adults With Acute and Subacute Stroke. *J Geriatr Phys Ther*.

2016;39(4):171-177. doi:10.1519/JPT.0000000000000067.

23. Hayward KS, Eng JJ, Boyd LA, Lakhani B, Bernhardt J, Lang CE. Exploring the Role of Accelerometers in the Measurement of Real World Upper-Limb Use After Stroke. *Brain Impairment*. 2015;17(01):16-33. doi:10.1017/BrImp.2015.21.
24. Da-Silva RH, Moore SA, Rodgers H, et al. Wristband Accelerometers to motivate arm Exercises after Stroke (WAVES): a pilot randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2019;33(8):1391-1403. doi:10.1177/0269215519834720.
25. Whitford M, Schearer E, Rowlett M. Effects of in home high dose accelerometer-based feedback on perceived and actual use in participants chronic post-stroke. *Physiotherapy Pract*. 2018:1-11. doi:10.1080/09593985.2018.1493759
26. Held JPO, Luft AR, Veerbeek JM. Encouragement-Induced Real-World Upper Limb Use after Stroke by a Tracking and Feedback Device: A Study Protocol for a Multi-Center, Assessor-Blinded, Randomized Controlled Trial. *Front Neurol*. 2018;9:2145–11. doi:10.3389/fneur.2018.00013.
27. 竹林崇, 天野暁, 花田恵介, 内山侑紀, 道免和久 : 慢性期の脳卒中後上肢麻痺を呈した患者の麻痺手の使用頻度を定量化する試み. *作業療法*, 2017;36(1): 74-80.
28. アクチ・ジャパン株式会社 : 活動量測定方法.
<http://actigraphcorp.jp/activitycount/index.html> (参照2019-11-21) .
29. Rand D, Eng JJ. Predicting Daily Use of the Affected Upper Extremity 1 Year after Stroke. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2015;24(2):274-283. doi:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2014.07.039.

30. Waddell KJ, Birkenmeier RL, Bland MD, Lang CE. An exploratory analysis of the self-reported goals of individuals with chronic upper-extremity paresis following stroke. *Disabil Rehabil.* 2015;38(9):853-857. doi:10.3109/09638288.2015.1062926.
31. Bailey RR, Lang CE. Upper-limb activity in adults: Referent values using accelerometry. *JRRD.* 2013;50(9):1213-1222. doi:10.1682/JRRD.2012.12.0222.
32. Amano S, Umeji A, Uchita A, et al. Clinimetric properties of the Fugl-Meyer assessment with adapted guidelines for the assessment of arm function in hemiparetic patients after stroke. *Topics in Stroke Rehabilitation.* June 2018:1-9. doi:10.1080/10749357.2018.1484987.
33. Lyle RC. A performance test for assessment of upper limb function in physical rehabilitation treatment and research. *Int J Rehabil Res.* 1981;4(4):483-492. doi:10.1097/00004356-198112000-00001
34. van der Lee JH, de Groot V, Beckerman H, Wagenaar RC, Lankhorst GJ, Bouter LM. The intra- and interrater reliability of the action research arm test: A practical test of upper extremity function in patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(1):14-19. doi:10.1053/apmr.2001.18668.
35. 高橋香代子, 道免和久, 佐野恭子, 竹林崇, 蜂須賀研二, ほか: 新しい上肢運動機能評価法日本語版 Motor Activity Log の信頼性と妥当性の検討. *作業療法,* 2009;28(6): 628-636.
36. Kamm CP, Mattle HP, Müri RM, et al. Home-based training to improve manual dexterity in patients with multiple sclerosis: A randomized controlled trial. *Mult Scler.* 2015;21(12):1546-1556. doi:10.1177/1352458514565959.
37. Vanbellinghen T, Nyffeler T, Nigg J, et al. Home-based training for dexterity in Parkinson's disease: A randomized controlled trial. *Parkinsonism Relat Disord.* 2017;41:92-98. doi:10.1016/j.parkreldis.2017.05.021.

38. Shindo K, Oba H, Hara J, Ito M, Hotta F, Liu M. Psychometric properties of the simple test for evaluating hand function in patients with stroke. *Brain Inj.* 2015;29(6):772-776. doi:10.3109/02699052.2015.1004740.
39. Ohno K, Tomori K, Takebayashi T, et al. Development of a tool to facilitate real life activity retraining in hand and arm therapy. *British Journal of Occupational Therapy.* 2017;80(5):310-318.
40. UAB CI therapy research group. UAB CI therapy research group: University of Alabama, Birmingham(UAB), 2011
41. 花田恵介, 竹林崇, 河野正志, 市村幸盛, 平山和美 : 脳卒中片麻痺患者を対象とした加速度計 (Actigraph Link GT9X) による上肢活動量計測と活動量可視化の試み: 3点計測法の妥当性の検討. *作業療法*, 2019;38(5): 550-558.
42. 越智光宏, 大橋浩, 蜂須賀研二, 佐伯覚 : Stroke Impact Scale version3.0の日本語版の作成および信頼性と妥当性の検討. *Journal of UOEH*, 2017; 39(3): 215-221.
43. Shelton FD, Volpe BT, Reding M. Motor impairment as a predictor of functional recovery and guide to rehabilitation treatment after stroke. *Neurorehabil Neural Repair.* 2001;15(3):229-237. doi:10.1177/154596830101500311.
44. Narayan Arya K, Verma R, Garg RK. Estimating the minimal clinically important difference of an upper extremity recovery measure in subacute stroke patients. *Top Stroke Rehabil.* 2011;18(sup1):599-610. doi:10.1310/tsr18s01-599
45. Lang CE, Edwards DF, Birkenmeier RL, Dromerick AW. Estimating Minimal Clinically Important Differences of Upper-Extremity Measures Early After Stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008;89(9):1693-1700. doi:10.1016/j.apmr.2008.02.022.
46. Dobkin BH. Behavioral self-management strategies for practice and exercise should be included in neurologic rehabilitation trials and care. *Curr Opin Neurol.* 2016;29(6):693-699. doi:10.1097/WCO.0000000000000380.

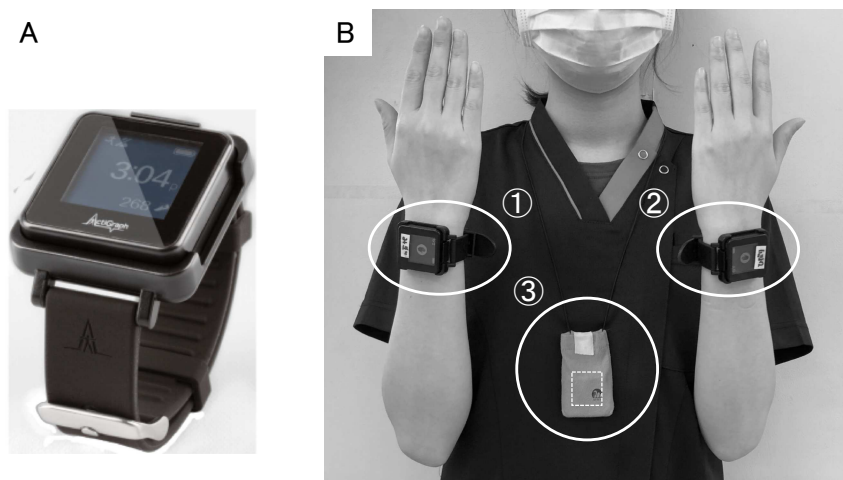


図1 活動量計センサーの装着方法

A. Actigraph Link GT9X の外観。機器の大きさは $35 \times 35 \times 10 \text{mm}^3$ で、重さは 14g である。本体はリストバンドから取り外しが可能である。

B. リストバンド型の活動量計を左右の尺骨形状突起近位部に 1ヶ所ずつ、活動量計本体を入れたポーチ付ネックレスを用いて前胸部に 1ヶ所、計 3ヶ所に装着した。

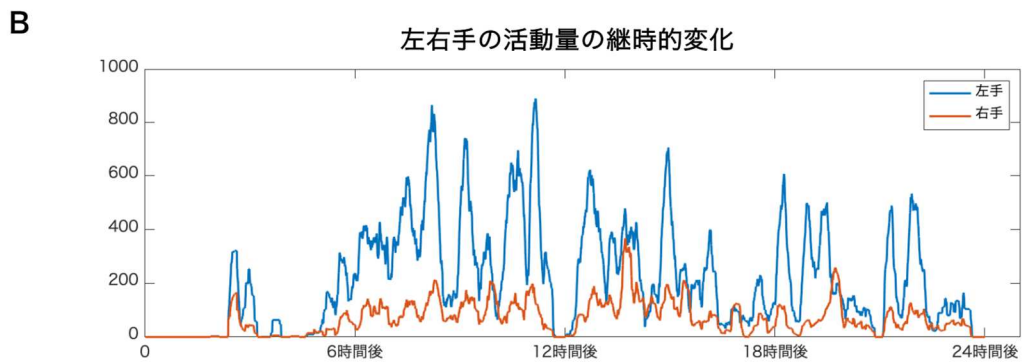
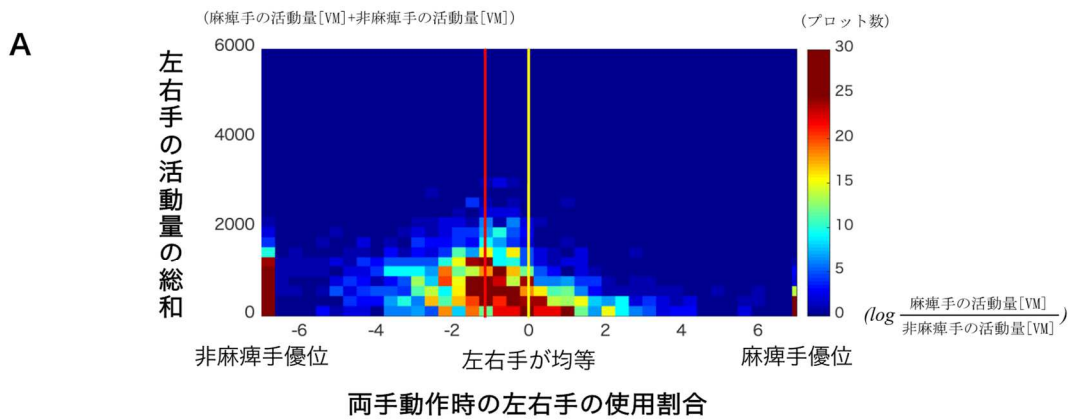


図2 計測結果の可視化 (右片麻痺患者の一例)

A は Magnitude Ratio(X 軸)と Bilateral Magnitude(Y 軸)による密度プロットである。Magnitude Ratio の値がゼロ(0)となる位置を黄線、対象者の Bilateral Magnitude が最大値を示す部分に赤線を引いた。この赤線が左に寄るほど、両手動作時に非麻痺手が優位になっていることを示し、より黄線に近づくほど、両手動作時に左右手が均等に使用できていることを示している。

B は測定期間内(24 時間)における左右手の活動量の継時的変化を表した折れ線グラフである。

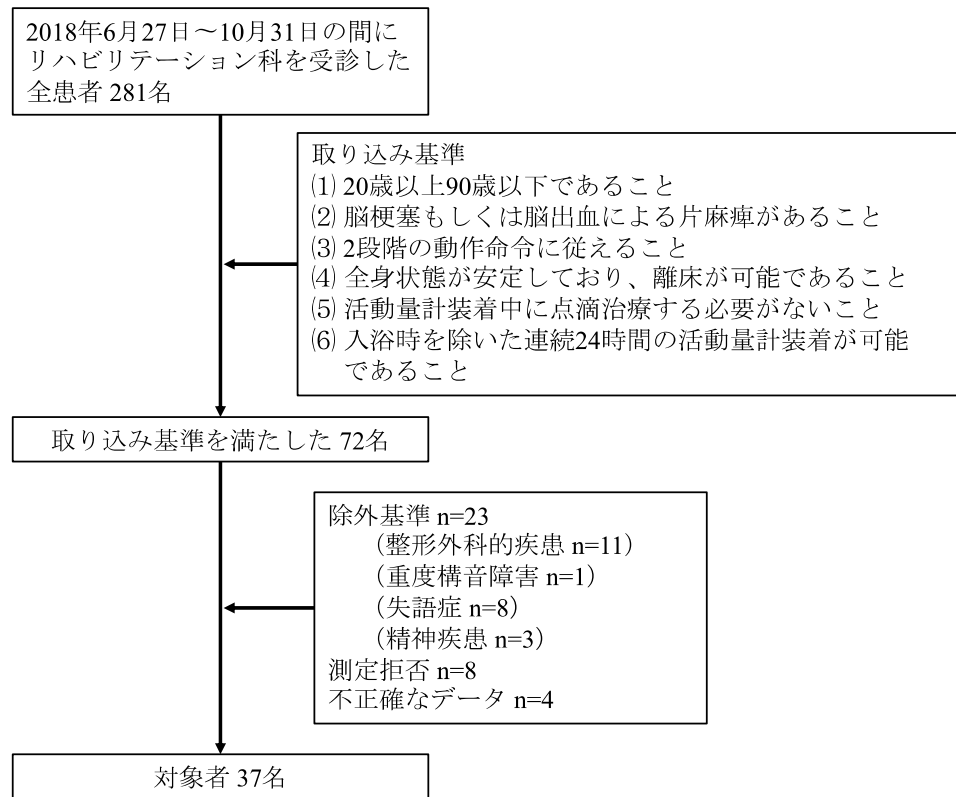


図3 対象者のフロー図

表1 研究Iの対象者属性

平均年齢 (標準偏差)	67.5 (11.8)歳
性別	女性 14 例 男性 23 例
診療形態	入院 26 例 外来 11 例
利き手	右利き 33 例 左利き 4 例
脳卒中のタイプ	脳出血 5 例 脳梗塞 32 例
発症から評価日までの平均期間 (標準偏差)	596.8 (1031.2)日
MMSE 平均得点 (標準偏差)	26.9 (2.5)点
計測時の FM-UE 平均 (標準偏差)	50.2 (14.1)点

表 2 活動量計データと各上肢機能評価の相関

2点計測法	FM-UE	ARAT	MAL-AOU	MAL-QOM
Bilateral Magnitude	-0.002	0.115	0.175	0.197
Magnitude Ratio	0.694*	0.731*	0.870*	0.853*
Use Ratio	0.655*	0.699*	0.850*	0.839*
Laterality Index	0.772*	0.764*	0.855*	0.838*
3点計測法				
Bilateral Magnitude	0.075	0.156	0.2	0.216
Magnitude Ratio	0.762*	0.784*	0.871*	0.857*
Use Ratio	0.731*	0.758*	0.869*	0.851*
Laterality Index	0.786*	0.756*	0.833*	0.811*

Abbreviation: FM-UE, Fugl-Meyer Assessment 上肢運動項目; ARAT, Action Research Arm Test; MAL, Motor Activity Log; AOU, Amount of Use; QOM, Quality of Movements,

* $p < 0.01$

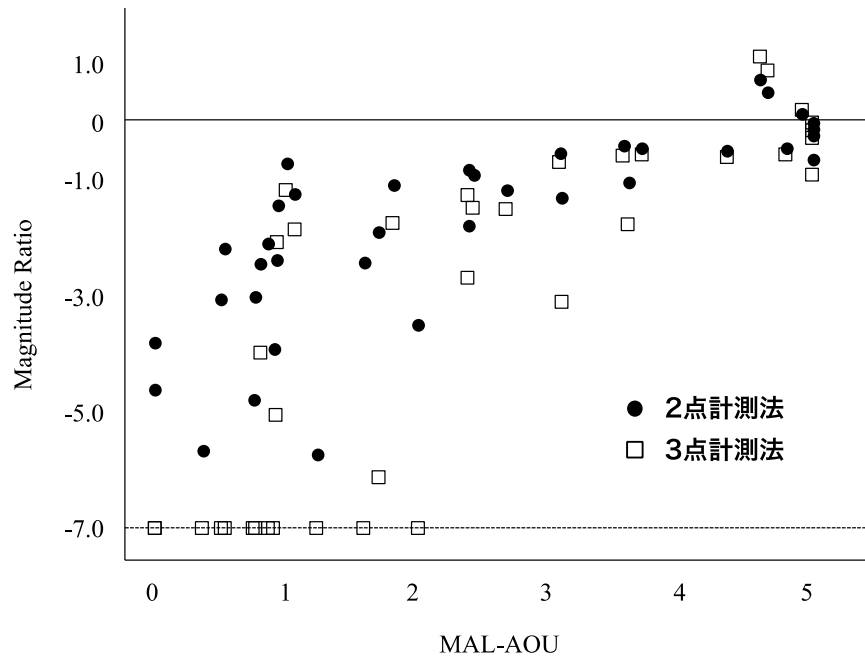


図4 MAL-AOU(X軸)と Magnitude Ratio(Y軸)の分布

計測法ごとの分布を示した。MAL-AOUが低くなるほど、計測法によって Magnitude Ratio に違いが生じている。



図5 研究IIの症例の第14病日の頭部MRI

A) 拡散強調画像水平断 B) FLAIR 画像水平断

左の前頭葉（中前頭回と中心前回手の領域近くの深部白質）と頭頂側頭葉（縁上回、角回、頭頂間溝、上、中側頭回）に梗塞巣を認めた。

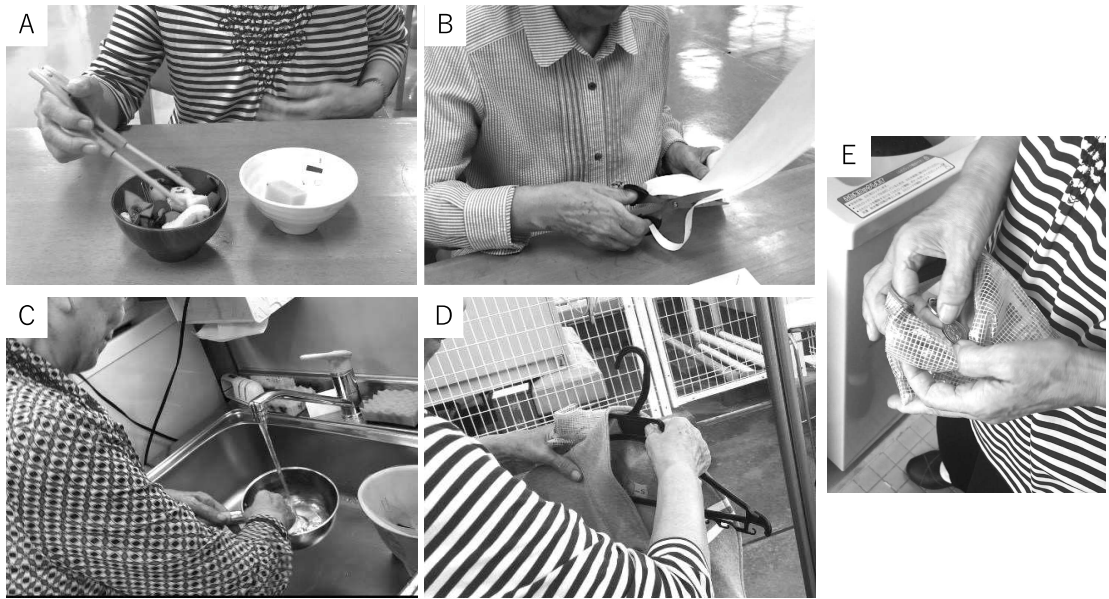


図6 研究Ⅱの症例の訓練場面の一例

日用道具の実使用練習の具体例：A 補助箸（箸蔵くん）でつまむ、B ハサミで紙を切る

日常生活における右手使用を促す取り組みの具体例：C 食器洗い、D 洗濯物干し、E 財布からコインを出す

表3 研究IIの症例における介入前後の変化

	介入前	介入後
運動機能評価		
FM-UE Total (/66)	57	59
category A/B/C/D *	35/7/11/4	35/7/13/4
ARAT Total(/57)	30	56
Grasp/Grip/Pinch/Gross movement **	14/5/2/9	17/12/18/9
STEF (/100)	右 1 点 左 80 点	右 54 点 左 91 点
FIM 運動項目(/91)	61	79
活動量計		
Magnitude Ratio	-0.88	-0.52
Laterality Index	-0.31	-0.18

Abbreviation: FM-UE, Fugl-Meyer Assessment の上肢運動項目; ARAT, Action Research Arm Test; STEF, 簡易上肢機能検査; FIM, 機能的自立度評価法

* Fugl-Meyer Assessment 上肢運動項目における下位検査項目の各点数を示した。

**ARAT における下位検査項目の各点数を示した。

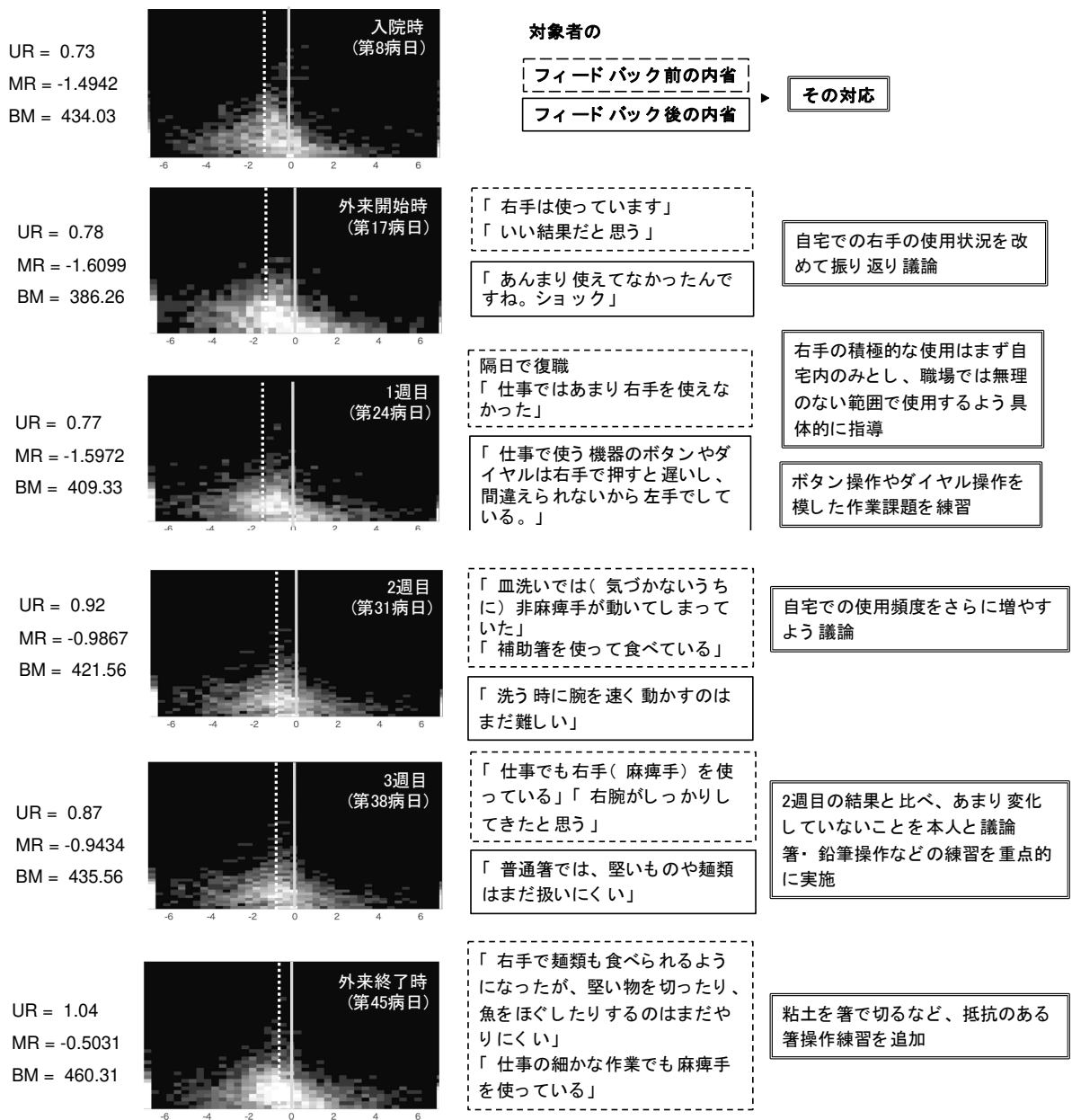


図7 研究Ⅲの症例の上肢活動量フィードバックの経過

モノクロ表示であるが、グラフが示すものは図2Aと同様である。Abbreviation: Use Ratio(UR), 24時間の左右手の使用時間比; Magnitude Ratio(MR), 単位時間あたりの活動量比; Bilateral Magnitude(BM), 単位時間あたりの両手の活動量の総和

表4 研究Ⅲの症例における機能評価と活動量計数値の推移

	第8病日	第17病日 (外来開始)	第45病日 (外来終了)	第84病日 (外来終了 1ヵ月後)	第115病日 (外来終了 2ヵ月後)
機能評価					
FM-UE total	51	56	59	62	62
category A	31	32	32	35	35
category B	8	8	10	10	10
category C	12	13	14	14	14
category D	0	3	3	3	3
ARAT	32	41	47	57	57
STEF	11	70	85	87	90
MAL-AOU	2.42	2.79	4.26	4.7	4.6
MAL-QOM	3.5	3.29	4.34	4.6	4.3
SIS Hand	95	95	95	100	100
活動量計					
Use Ratio [†]	0.73	0.77	1.04	0.94	0.98
Magnitude Ratio [‡]	-1.49	-1.61	-0.5	-0.71	-0.55
Laterality Index [§]	-0.45	-0.54	-0.29	-0.32	-0.26

Abbreviation: FM-UE, Fugl-Meyer Assessment の上肢運動項目; ARAT, Action Research Arm Test; MAL, Motor Activity Log; AOU, Amount of Use; QOM, Quality of Movement; SIS Hand, Stroke Impact Scale の Hand function 項目

[†] 値が大きいほど、麻痺手を多くの時間で使っていたことを示す。

[‡] 0に近いほど、左右手を均等に使っていたことを示す。

[§] 値が大きいほど、麻痺手が非麻痺手に比べて、より多く動いていたことを示す。