

## Original Article

## 三次元動作解析装置を用いた片麻痺運動障害評価 Quantified Paralysis Performance Assessment (QPPA) の信頼性と最小可検変量の検討

尾崎健一,<sup>1,2</sup> 加賀谷齊,<sup>1</sup> 近藤和泉,<sup>2</sup> 才藤栄一,<sup>1</sup> 今井幸恵,<sup>3</sup> 園田 茂,<sup>3</sup> 伊藤慎英<sup>4</sup><sup>1</sup> 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学Ⅰ講座<sup>2</sup> 独立行政法人国立長寿医療研究センター機能回復診療部<sup>3</sup> 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学Ⅱ講座<sup>4</sup> 藤田保健衛生大学医療科学部リハビリテーション学科

## 要旨

Ozaki K, Kagaya H, Kondo I, Saitoh E, Imai S, Sonoda S, Itoh N. Reliability and minimal detectable change of Quantified Paralysis Performance Assessment (QPPA) using a three-dimensional motion analysis device. *Jpn J Compr Rehabil Sci* 2014; 5: 109-116.

【目的】三次元動作解析装置を用いた片麻痺運動障害の定量的評価法 Quantified Paralysis Performance Assessment (QPPA) を開発し、臨床場面で使用する前段階として、再現性と、最小可検変化量を検証することである。

【方法】初発脳卒中患者 66 名（男性 39 名，女性 27 名，年齢 60±12 歳（平均±標準偏差））を対象として，QPPA での計測を 2 回 1 セットで行った。計測は上肢機能（腕=QPPA-UE），下肢機能（股関節=QPPA-Hip，膝関節=QPPA-Knee，足関節=QPPA-Ankle）の 4 種類を行い，各指標マーカの拳上距離と最大速度を代表値とした。1 セットの計測の各代表値から，級内相関係数（Intraclass correlation coefficient; ICC），および，最小可検変化量（minimal detectable change）の 95% 信頼区間（以下，MDC<sub>95</sub>）を算出した。

【結果】急性期の同一症例から 2 週間以上の間隔を空けて，2 セットの計測値が得られた場合は，別のデータとして分析を行い，総計 91 セットの計測値から QPPA 指標における ICC 0.956~0.989 および MDC<sub>95</sub> 4.56~6.79% を得た。

【結論】QPPA の代表値は高い再現性を示した。また，最小可検変化量は小さく，順序尺度の評価法より臨床的变化を鋭敏に捉えられると推測された。

**キーワード：**三次元動作解析，片麻痺，間隔尺度

著者連絡先：尾崎健一

藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学Ⅰ講座

〒470-1192 愛知県豊明市杣掛町田楽ケ窪 1-98

E-mail: ozk-kety@kyf.biglobe.ne.jp

2014 年 9 月 9 日受理

本研究において一切の利益相反や研究資金の提供はありません。

## はじめに

日本での脳卒中患者総数は 123 万 5,000 人（2011 年）[1] であり，これらの患者は麻痺を中心としたさまざまな障害を抱えながら，社会生活を送ることになる。そこで急性期，回復期，維持期の各時期におけるリハビリテーションの役割が重要となってくる。

リハビリテーションを効果的，効率的に行うためには，まず正確な評価が必要である。国際機能障害分類（ICIDH; International classification of impairments, disabilities and handicaps）では障害を機能障害（impairment），能力低下（disability），社会的不利（handicap）の 3 層に分けることを提唱している [2]。脳卒中片麻痺は機能障害に分類され，機能障害レベルで麻痺を適切に評価し機能改善を図ることが重要である。

片麻痺の評価は，古くは Twitchell [3] による急性期片麻痺患者の詳細な記述レポートで試みられ，その後，いくつもの評価法が考案されてきた。才藤ら [4] は，脳卒中機能障害評価法を①筋力低下を捉えた評価法，②共同運動-分離運動という動作パターン障害を主とした評価法に大別している。①として，徒手筋力検査（MMT: Manual Muscle Testing）や，MMT から上下肢得点を算出する Motricity Index [5] などが，②として，Brunnstrom Stage [6] が挙げられる。Brunnstrom Stage は，いくつかの動作パターンの実行可否により上肢，手指，下肢を各 stage 1 から stage 6 までの 6 段階で評価するものである。この他に，片麻痺以外の所見も含めた総合的機能障害評価法が提案されており，Fugl-Meyer scale（以下 FMA）[7] や Stroke Impairment Assessment Set（以下 SIAS）[8] が挙げられる。FMA は共同運動に腱反射，協調運動を加えた上下肢評価と，感覚，関節可動域（range of motion, 以下 ROM）の評価である。一方 SIAS は運動機能，腱反射，感覚に加え，疼痛，ROM，体幹，非麻痺側，高次脳機能を 0 点から 3 点または 5 点で採点するという，より総合的な評価法である。しかし，これら評価法は診察，視診による判断で，グレーディングを行っており多分に主観的な順序尺度であると言わざるを得ない。

このようにリハビリテーション医学で用いられる評価に順序尺度が多く，結果的に正しい解釈が行われて

いない可能性があるという問題が提起され [9, 10], Rasch 分析などを用いた間隔尺度への変換や, 定量的な新たな評価手段の導入が推奨されている。そこで, 計測装置を用いた客観的な間隔尺度による障害評価により, 従来の順序尺度評価では変化を捉えることができなかつた臨床的变化がより鋭敏に検出可能となると期待される。本研究の目的は, 三次元動作解析装置を用いた片麻痺運動障害の定量的評価法を開発し, その再現性および最小可検変化量を検討することである。なお, この新しい評価法を Quantified Paralysis Performance Assessment (以下 QPPA) と呼ぶことにしている。

## 対象

本研究は前向き研究として行われ, エントリー基準は初発脳卒中患者 (テント上, 一側性病変) で車椅子での座位保持が可能であり, 指示動作が理解可能な者とした。除外基準は, コントロール不良の高血圧, 心不全, 呼吸不全を有する者と, 重度失語および重度認知症にて指示動作不能な者とした。

研究参加への同意の得られた対象 66 名の内訳は, 男性 39 名, 女性 27 名, 年齢  $60 \pm 12$  (平均  $\pm$  標準偏差) 歳であった。疾患の内訳は, 脳梗塞 34 名, 脳出血 30 名, くも膜下出血 2 名, 病変は左側 34 名, 右側 32 名, 初回計測時の発症後日数平均は 173 日であった。研究への参加に対するインフォームドコンセントは, 全ての対象者またはその家族に対して事前に研究参加の危険性や途中で研究参加の中止を要求しても対象者には一切の不利益がおこらないことを十分に説明した後, 書面をもって行った。なお, 本研究は当院倫理委員会の承認 (第 08-098 号) を得て行われた。

## 方法

三次元動作解析装置にて 4 種類の動作の計測を行い, 評価項目とした。具体的には, 上肢機能 (腕), 下肢機能 (股関節, 膝関節, 足関節) を評価した。それぞれを QPPA-UE, QPPA-Hip, QPPA-Knee, QPPA-Ankle と呼ぶ。

### 1. 計測機器

三次元動作解析装置は KinemaTracer<sup>®</sup> (キッセイコムテック社, 松本市, 日本) を使用した。このシステムは, 複数台の CCD カメラを 1 台の収録・解析用 PC に IEEE1394 で接続しただけのシンプルな機器構成となっており, コントロールオブジェクトを用いてキャリブレーションを行い, 指標マーカを被検者に装着すれば計測を開始することができる。計測環境としては, サンプリング周波数は 60 Hz とし, コントロールオブジェクトは通常の  $120 \times 60 \times 50$  cm フレーム, マーカは標準的な 30 mm の全球マーカとした。簡便性を考慮して全ての計測を座位姿勢で行うよう統一した。CCD カメラは三次元化に必要な最少台数である 2 台とし, カメラ同士をフレームで固定した。計測環境を図 1 に示す。上下肢を同一条件で撮影可能とするためにカメラ間距離を 1 m, カメラ-被検者間距離を 2 m とした。指標マーカの視認性, 解析の容易さから麻痺側 (計測側)  $45^\circ$  から撮影とした。

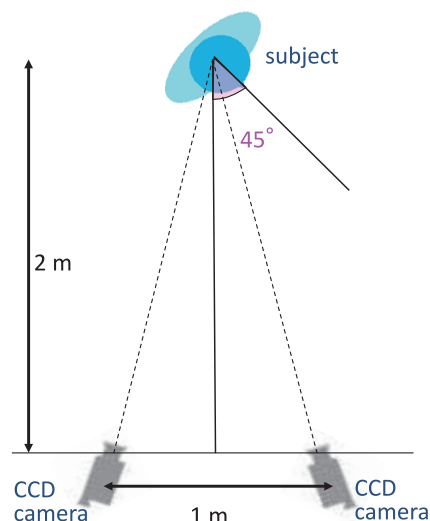


図 1. 計測環境

フレームを用いて二つの CCD カメラを 1 m の距離で固定している。被験者とフレームの距離は 2 m, 麻痺側 (計測側) 前方  $45^\circ$  から撮影。

### 2. 計測方法

教示動作は従来の片麻痺評価法を参考にした。動作が simple task であることから, 評価肢位が座位での撮影条件と一致することから, 動作は SIAS 運動項目 (SIAS-Motor; SIAS-M) の動作に準じて設定した。QPPA-UE では, まず反対側の膝に置いた手を肩外転, 肘屈曲し口に運ぶという SIAS knee-mouth test を行わせ, さらにこの状態から手を拳上させた後に口に戻るという系列課題を設定した。加えて, 口から手を拳上し口に戻る動作は可能な限り速く, 高く 5 回行わせた。下肢機能評価は当初各動作を組み合わせる系列動作とすることを検討したが, 動作が複雑になりすぎて被検者が遂行困難であったため, SIAS-M にならって, 股関節機能評価 (QPPA-Hip), 膝関節機能評価 (QPPA-Knee), 足関節機能評価 (QPPA-Ankle) を個別に計測することとした。QPPA-Hip は股関節を  $90^\circ$  屈曲位より最大屈曲させる動作を可能な限り速く, 高く 5 回行わせた。QPPA-Knee は膝関節を  $90^\circ$  屈曲位から可及的に伸展させる動作を可能な限り速く, 高く 5 回行わせた。また, この際に大腿が椅子から離れないように指示した。QPPA-Ankle は足関節を 10 度底屈位から踵部を床につけたまま, できるだけ最大背屈位まで, 背屈・底屈を可能な限り速く 5 回行わせた。

マーカは教示動作を最も反映する位置に設定した。QPPA-UE では手関節マーカ (手関節背側中央), QPPA-Hip は膝関節マーカ (大腿骨外側上顆), QPPA-Knee は足関節マーカ (腓骨外果; 以下, 外果), QPPA-Ankle は足尖マーカ (第 5 中足骨頭) とした。実際の撮影場面とマーカ位置を図 2 に示す。

QPPA の指標は各マーカの垂直方向の移動距離 (拳上距離) と最大速度 (拳上速度) とし, 5 回動作中の 3 回の平均値を採用した。麻痺が重度で 5 回動作が実施できない場合は, 施行回数中の最大値を採用した。拳上距離では, 体格差の補正のために各肢長で補正を行った。具体的には, KinemaTracer<sup>®</sup> での解析時の画像上から, QPPA-UE は上肢長 (肩峰外側端~橈骨茎

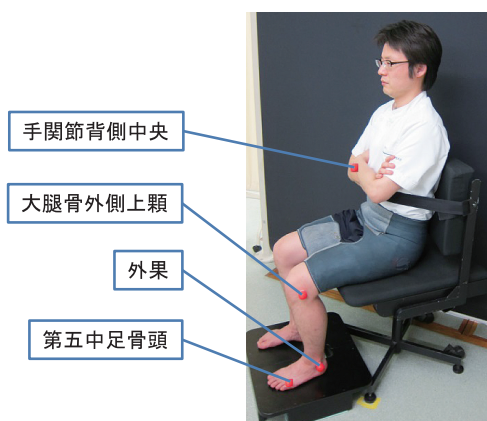


図2. 撮影風景とマーカ位置

状突起), QPPA-Hip は大腿長 (大転子~大腿骨外側上顆), QPPA-Knee は下腿長 (大腿骨外側上顆~外果), QPPA-Ankle では外果~第5中足骨頭を計測し, 拳上距離を除いた。QPPA-Knee では, 健常人による予備的検討で股関節屈曲が起り, 拳上距離が不当に長くなるがあったため, 膝関節マーカ拳上距離を引いて, 股関節屈曲分の補正を行った。さらに健常人計測で得られた計測上限値 (QPPA-UE: 1.9, -Hip: 0.9, -Knee: 0.9, -Ankle: 0.7) で除し 100 を乗することで%表示とした。拳上速度は健常人計測で得られた平均値 (QPPA-UE: 214.1 cm/s, -Hip: 157.9 cm/s, -Knee: 268.8 cm/s, -Ankle: 56.6 cm/s) で除し 100 を乗することで%表示とした。距離 (Distance) を D, 速度 (Velocity) を V とし, QPPA-UE は QPPA-U(D), -U(V), -Hip は -H(D), -H(V), -Knee は -K(D), -K(V), -Ankle は -A(D), -A(V) と表記し, これら 8 指標を使用した。教示および指標マーカ位置, 指標を表 1 に示す。

表 1. QPPA の教示動作とマーカ位置, 指標

| 評価項目   | 教示動作   | マーカ位置   | 指標                                 |
|--------|--|---------|------------------------------------|
| -UE    | 反対側の膝に置いた手を肩外転, 肘屈曲し口に運ぶ。そこから可能な限り速く, 高く手を挙げ, 口に戻す動作を 5 回行う。       | 手関節背側中央 | 拳上距離=U(D)<br>最大速度=U(V)             |
| -Hip   | 股関節を 90° 屈曲位より最大屈曲させる動作を可能な限り速く, 高く 5 回行う。                         | 大腿骨外側上顆 | 拳上距離=H(D)<br>最大速度=H(V)             |
| -Knee  | 膝関節を 90° 屈曲位から十分伸展させる動作を可能な限り速く, 高く 5 回行う。この際, 大腿が椅子から離れないように注意する。 | 外果      | 拳上距離=K(D)<br>(膝拳上分補正)<br>最大速度=K(V) |
| -Ankle | 足関節を 10 度底屈位から踵部を床につけたまま, できるだけ最大背屈位まで, 背屈・底屈を可能な限り速く 5 回行う。       | 第五中足骨頭  | 拳上距離=A(D)<br>最大速度=A(V)             |

拳上距離 = 5 回中の中 3 回の拳上距離の平均 [cm] × 100 / 各肢長 [cm] / 計測上限値

(各肢長 U(D) : 肩峰外側端~橈骨茎状突起, H(D) : 大転子~大腿骨外側上顆

K(D) : 大腿骨外側上顆~外果, A(D) : 外果~第五中足骨頭間

計測上限値 U(D) : 1.9, H(D) : 0.9, K(D) : 0.9, A(D) : 0.7)

拳上速度 = 5 回中の中 3 回の最大拳上速度の平均 [cm/s] × 100 / 健常者平均値 [cm/s]

(健常若年者平均値 U(V) : 214.1 cm/s, H(V) : 157.9 cm/s, K(V) : 268.8 cm/s, A(V) : 56.6 cm/s)

### 3. 解析方法

対象者の QPPA 計測を, 日を改めて 2 回行った。計測は三次元動作解析装置 KinemaTracer® を用い, 計測方法の項で決定した方法に従い, QPPA-UE, -Hip, -Knee, -Ankle を撮影した。2 回の計測は, 急性期から亜急性期患者 (発症後 180 日以内) では 3 日以内に行い, 慢性期患者 (発症後 181 日以上) では 7 日間以内に行った。また, 計測日と同一日に計測者以外の者により SIAS-M を評価し, 麻痺の変化が無いことを確認した。急性期から亜急性期患者において, 前回の計測から 14 日以上計測間隔を空けて再度計測可能だった場合, 別データとして扱い, 計 91 計測を対象とした。

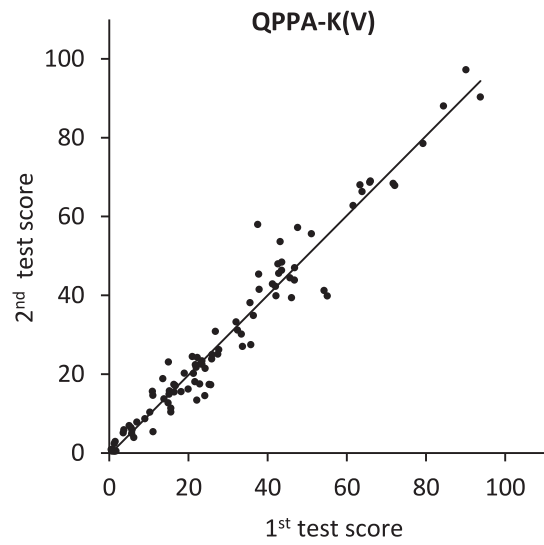
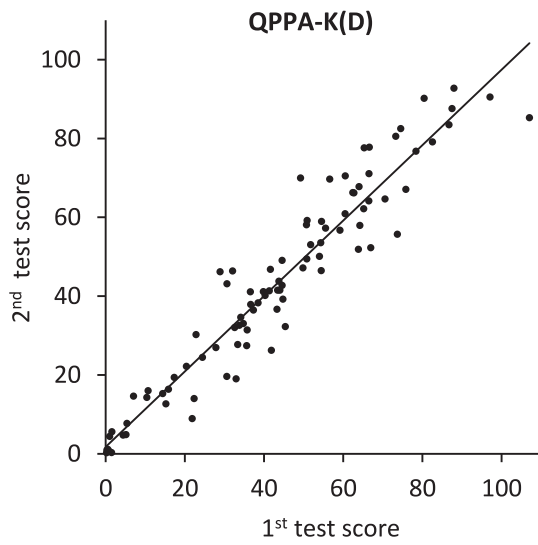
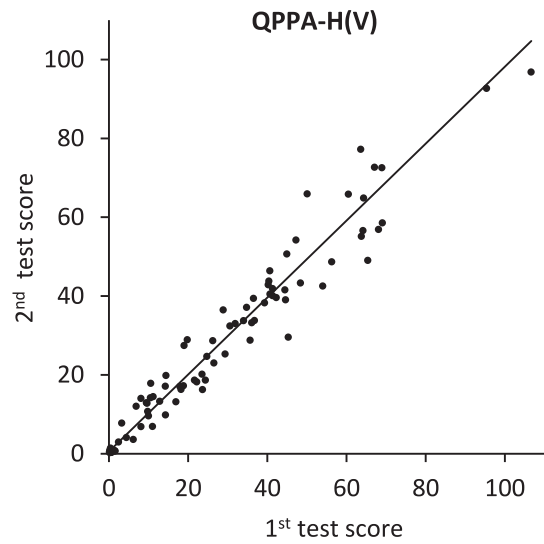
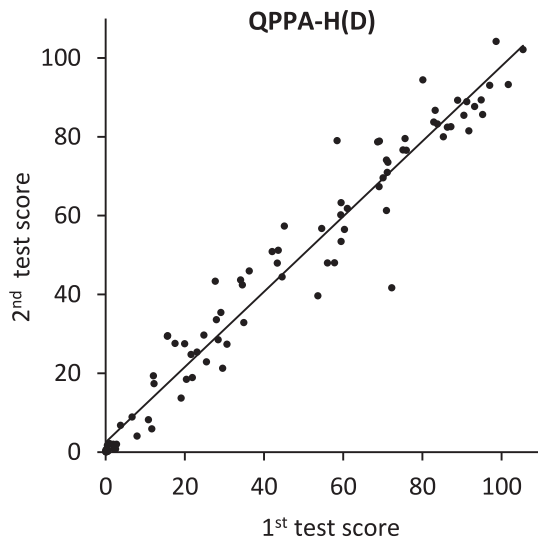
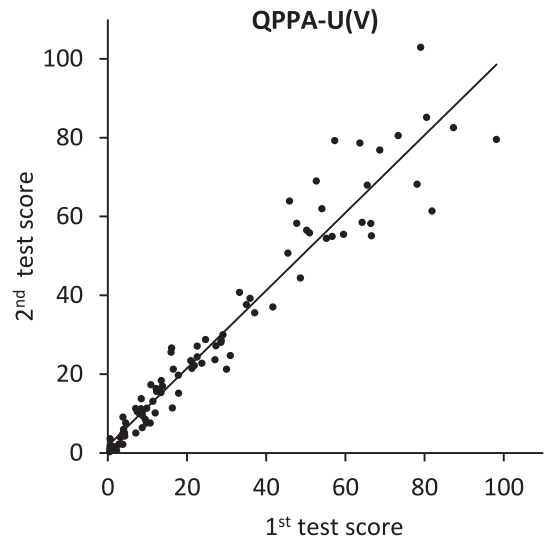
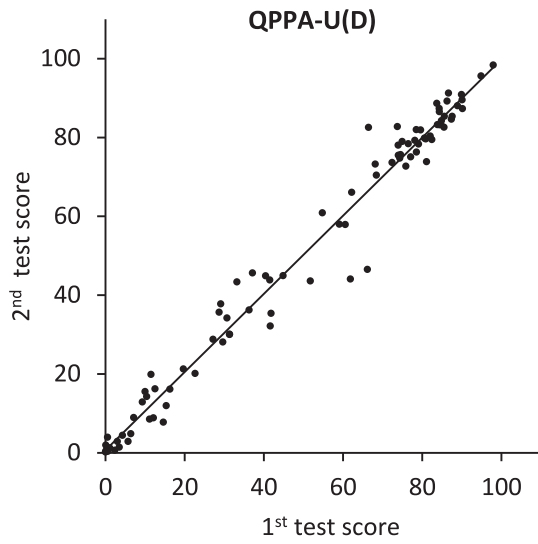
2 回計測分のデータを用い, 各指標の級内相関係数 (Intraclass correlation coefficient; ICC), および, 最小可検変化量 (minimal detectable change; MDC) の 95% 信頼区間 (以下, MDC<sub>95</sub>) を算出した。本研究は同一装置による検者内信頼性を検討するデザインであるため ICC は ICC(1, 1) を用いた。MDC<sub>95</sub> は, 測定標準誤差 (standard error of measurement; SEM) を求め, 以下の式により算出した。

$$MDC_{95} = SEM \times 1.96 \times \sqrt{2}$$

### 結果

計測時の SIAS-M を表 2 に示す。中央値は U/E (proximal), L/E (proximal, hip), L/E (proximal, knee) で score 3, L/E (distal) で score 2 であり, L/E (distal) がやや重度な対象群であった。

各 QPPA 指標の散布図を図 3, 算出した ICC(1, 1), SEM, MDC<sub>95</sub> を表 3 に示す。ICC(1, 1) は 0.956 ~ 0.989 といずれも 0.95 を超え, 高い再現性を認めた。MDC<sub>95</sub> は 4.563 ~ 6.791 であった。今回 QPPA の指標は % 表示としているので, MDC<sub>95</sub> から指標全体中の



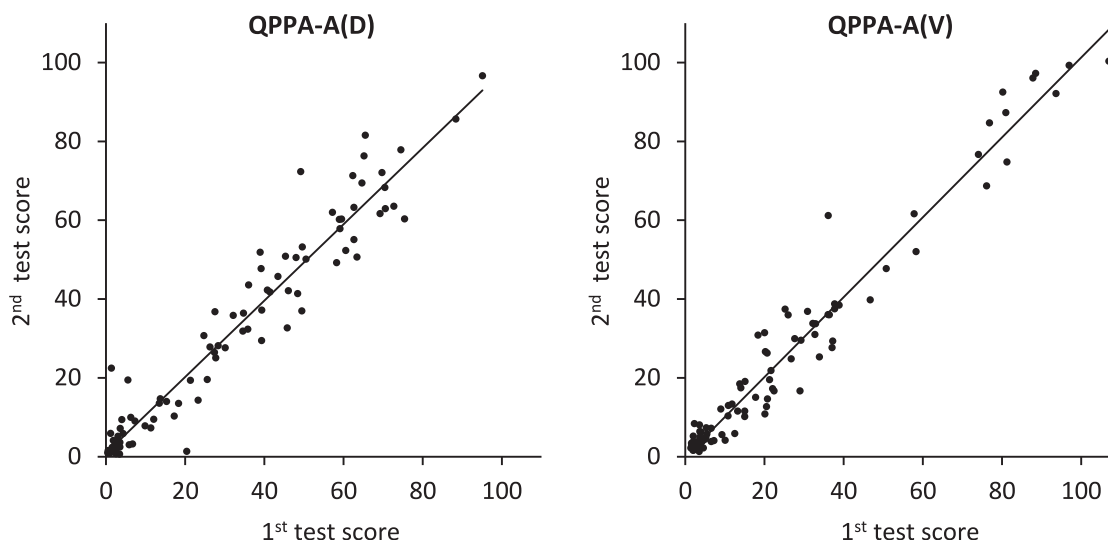


図3. QPPA 指標の再現性

横軸を1回目計測, 縦軸を2回目計測とした散布図を示す. いずれも ICC(1, 1) は0.95以上で高い再現性を認めた. QPPA-UE 拳上距離=U(D), 最大速度=U(V), QPPA-Hip 拳上距離=H(D), 最大速度=H(V), QPPA-Knee 拳上距離=K(D), 最大速度=K(V), QPPA-Ankle 拳上距離=A(D), 最大速度=A(V).

表2. 対象者の計測時の SIAS-M

| SIAS-M               | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | Total |
|----------------------|----|----|----|----|----|----|-------|
| U/E (proximal)       | 9  | 16 | 11 | 23 | 21 | 11 | 91    |
| L/E (proximal, hip)  | 4  | 15 | 21 | 19 | 17 | 15 | 91    |
| L/E (proximal, knee) | 4  | 7  | 19 | 27 | 25 | 9  | 91    |
| L/E (distal)         | 18 | 12 | 17 | 24 | 10 | 10 | 91    |

表3. QPPA 指標の ICC(1, 1), SEM, MDC<sub>95</sub>

| QPPA   | ICC(1, 1) | SEM   | MDC <sub>95</sub> |       |
|--------|-----------|-------|-------------------|-------|
| -UE    | U(D)      | 0.989 | 2.431             | 6.738 |
|        | U(V)      | 0.965 | 1.898             | 5.260 |
| -Hip   | H(D)      | 0.977 | 2.450             | 6.791 |
|        | H(V)      | 0.971 | 1.840             | 5.101 |
| -Knee  | K(D)      | 0.956 | 1.843             | 5.109 |
|        | K(V)      | 0.976 | 1.645             | 4.563 |
| -Ankle | A(D)      | 0.965 | 1.911             | 5.299 |
|        | A(V)      | 0.978 | 1.994             | 5.528 |

何%の変化が有意であるかを推測することができる.

### 考察

麻痺を原因とする筋力低下は, 基本的には筋張力の実測値を測定するべきである. しかし, MMT:3の定義が「関節を重力に抗して全可動域で動かせること」とあるように, 実際には動作によって評価している部分も多い. さらに中枢性麻痺の評価では, 運動パターン, すなわち, 動作が重視される. 従来はこの動作を, 視診という主観的な採点によって評価していた. 本研究は, 麻痺という機能障害を臨床実用的な三次元動作解析法で客観的に定量化するという目的で行った. 実際, これまでに行われてきた動作解析装置を用いた研

究は, 下肢ではそのほとんどが歩行を対象としており [11], 機能障害レベルの評価は少ない [12]. 上肢はリーチ動作の報告が多く [13, 14], 症例数の少ない予備的検討か, 訓練ロボットなど特定の訓練効果の一指標として用いられていることが多い.

ICCは推測統計学の創始者の一人である Fisher によって提唱され, Shrout によって定式化された [15]. ICCには (1) 一人の検者が複数の被検者を評価したときの検者内信頼性 ICC(1, 1), (2) 複数の検者によって複数の被検者を測定する場合の検者間信頼性 ICC(2, 1), および (3) 技量の異なる検者 (変数要因) が脳卒中患者 (年齢, 性別, 病巣, 入院期間などを規定した) (変数要因) を評価するときの検者間信頼性 ICC(3, 1) がある. 本研究は同一装置による検者内信頼性を検討するデザインなので, ICC(1, 1) を用いた. 動作解析の再現性検討として, Wagner ら [16] の報告がある. これは, 慢性期片麻痺患者 14 名でリーチ動作の動作解析指標の再現性を検討しており, リーチ距離 (ICC: 0.93~0.99), 最大速度 (0.74~0.95), 最大関節角度変化 (0.93~0.99) で高い再現性を認めたと報告している. 本研究でも ICC: 0.956~0.989 と高い再現性を認め, 同様の結果となった.

SEM や MDC は, 臨床的に意義のある最小変化量 (minimal clinical important difference; MCID) の指標の一つである [17]. 近年, リハビリテーション分野の評価法においてもこれらの検討が行われている. Hiengkaew ら [18] は, 慢性期脳卒中患者において各

種下肢機能評価のMDC<sub>95</sub>を検討しており、Berg Balance Scaleは5点(全体の10%)、Fugl-Meyer Assessmentの下肢項目は4点(全体の16%)だったと報告している。順序尺度の評価法は、再現性が必ずしも高くなかったり尺度の段階が少なかったりするため、臨床上、主観的な変化を感じ取れる以上に変化しないとMCIDを超えることができない。他方、間隔尺度であるQPPA指標のMDC<sub>95</sub>は4.563~6.791(≒全体の%)であり、有意な変化を捉えやすいと推測される。

本研究の限界として、一つ目に計測の簡便化が挙げられる。今回、カメラ台数の最少化および上下肢の撮影環境統一により計測の簡便化を図っている。しかし、SIAS-MやBrunnstrom Stageといった従来の片麻痺評価法と比較して短時間で評価できるわけではなく、機器の自動解析化や計測方法の更なる簡略化を検討する必要がある。二つ目に手指機能評価がないことが挙げられる。手指動作は動きが小さく、同一条件での撮影が困難であるため本研究に盛り込まなかった。今後、手指機能評価の開発を行う予定である。三つ目に動作による麻痺の評価であることが挙げられる。関節運動が起こらない重度麻痺の評価が困難で、床効果となってしまう可能性がある。四つ目に外的妥当性が検証されていないことが挙げられる。今回、再現性やMDCが良好な評価法であることは明らかとなったが、指標が本当の意味で片麻痺を評価しているかは不明である。SIAS-MやFugl-Meyer Assessmentといった従来の片麻痺評価法との基準関連妥当性の検証を行う必要がある。

もし、これら課題が解決されれば、治療群間および施設間でのリハビリテーション効果判定や、片麻痺患者への麻痺の変化の詳細なフィードバックとしてQPPAが利用でき、客観的なデータを与えることになるであろう。

### 謝辞

信頼性研究に協力いただいた、理学療法士の加藤嘉隆さん、大橋綾乃さん、作業療法士の首藤智一さん、尾中寿江さんに感謝いたします。また、KinemaTracer®の撮影環境設定に協力いただいたキッセイコムテック社の田口勇次郎さん、青木健光さんに感謝いたします。

### 文献

1. 2011 Summary of Patient Survey. Ministry of Health, Labour and Welfare of Japan. Available from: [http://www.mhlw.go.jp/english/database/db-hss/sps\\_2011.html](http://www.mhlw.go.jp/english/database/db-hss/sps_2011.html) (accessed 2014 Jan 9).
2. World Health Organization. International Classification of Impairments, Disabilities, and Handicaps: A Manual of Classification Relating to the Consequences of Disease. Geneva: WHO; 1980.
3. Twitchell TE. The restoration of motor function following hemiplegia in man. *Brain* 1951; 74: 443-80.
4. Saitoh E, Chino N. Physical function assessments for patients with stroke impairments. *Sogo Rehabil*. 1989; 11: 481-9.
5. Demeurisse G, Deml O, Robaya E. Motor evaluation in vascular hemiplegia. *Eur Neuro* 1980; 19: 382-9.
6. Brunnstrom S. *Movement Therapy in Hemiplegia: A Neurophysiological Approach*. New York: Harper & Row; 1970.
7. Fugl-Meyer AR, Jääskö L, Leyman I, Olsson S, Steglind S. The post-stroke hemiplegic patient. I. a method for evaluation of physical performance. *Scand J Rehabil Med* 1975; 7: 13-31.
8. Chino N, Sonoda S, Domen K, Saitoh E, Kimura A. Stroke Impairment Assessment Set (SIAS) — a new evaluation instrument for stroke patients. *Jpn J Rehabil Med* 1994; 31: 119-25.
9. Merbitz C, Morris J, Grip JC. Ordinal scales and foundations of misinference. *Arch Phys Med Rehabil* 1989; 70: 308-12.
10. Wright BD, Linacre JM. Observations are always ordinal; measurements, however, must be interval. *Arch Phys Med Rehabil* 1989; 70: 857-60.
11. Jung T, Lee D, Charalambous C, Vrongistinos K. The influence of applying additional weight to the affected leg on gait patterns during aquatic treadmill walking in people poststroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2010; 91: 129-36.
12. Yavuzer G, Oken O, Elhan A, Stam HJ. Repeatability of lower limb three-dimensional kinematics in patients with stroke. *Gait Posture* 2008; 27: 31-5.
13. Luiz AK, Sandeep KS, Bradford JM, Daniel B, Mindy FL. Kinematics of pointing movements made in a virtual versus a physical 3-dimensional environment in healthy and stroke subjects. *Arch Phys Med Rehabil* 2009; 90: 793-802.
14. Lang CE, Beebe JA. Relating movement control at 9 upper extremity segments to loss of hand function in people with chronic hemiparesis. *Neurorehabil Neural Repair* 2007; 21: 279-91.
15. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull* 1979; 86: 420-8.
16. Wagner JM, Rhodes JA, Patten C. Reproducibility and minimal detectable change of three-dimensional kinematic analysis of reaching tasks in people with hemiparesis after stroke. *Phys Ther* 2008; 88: 652-63.
17. de Vet HC, Terwee CB, Ostelo RW, Beckerman H, Knol DL, Bouter LM. Minimal changes in health status questionnaires: distinction between minimally detectable change and minimally important change. *Health Qual Life Outcomes* 2006; 4: 54.
18. Hiengkaew V, Jitaree K, Chaiyawat P. Minimal detectable changes of the Berg Balance Scale, Fugl-Meyer Assessment Scale, Timed "Up & Go" Test, gait speeds, and 2-minute walk test in individuals with chronic stroke with different degrees of ankle plantarflexor tone. *Arch Phys Med Rehabil* 2012; 93: 1201-8.