

論文要旨

Evaluation of skilled arm movements in patients with stroke using a computerized motor-skill analyser for the arm

コンピューターを用いた上肢機能評価装置による脳卒中患者の上肢機能評価

山中 弘子

【背景および目的】

健常者を対象とした運動技能の評価法は多数あるが、片麻痺患者の麻痺上肢の細かなコントロールを要する運動技能の評価法は少ない。これまでの評価法は麻痺が軽度で肩や肘、手指の機能が実際の物品の操作が可能な例を対象としたもので、介助なしでは上肢挙上が出来ない例や手指機能が無い例を対象とした定量的な評価法は少ない。しかし、片麻痺上肢への新たな治療法の開発やその効果の評価には出来るだけ麻痺が軽度から重度までの例を対象にできる新たな評価法が待たれている。今回の検討の目的は、我々が新たに開発した軌道追従という視覚運動課題を用いた上肢機能評価・訓練装置を用いた上肢機能測定の実現性ならびに、この装置による測定結果とこれまでの麻痺の評価法や物品操作能の評価法との関連を明らかにすることである。

【対象と方法】

対象は健常者13名と片麻痺のリハビリテーション目的で入院した脳卒中患者25名である。14名は新たに開発した上肢機能評価・訓練装置による測定の実現性の検討に、20名はこの装置による評価法と従来の評価法との関連の検討に割り振られた。

上肢機能評価・訓練装置は二次平面上のフレーム上を自由に滑動する手部固定装置に手を固定し、その位置をコンピューター画面上に手部マーカーとして呈示し、手部マーカーで同一画面上に呈示される8字形の目標軌道を正確になぞる課題や目標軌道上を動くマーカーを追従する課題を実施できる。軌道追従の正確さの指標として、一周に要した所要時間(LT : Lap time)、目標軌道と実際の軌道との間の誤差面積である幾何学誤差(TEg : Geometric trajectory error)、目標軌道と実際の手部マーカーの距離を時間積分した運動時間誤差(TEidt : Trajectory error integrated distance over time)、目標軌道上を移動するマーカーと手部マーカーの距離を時間積分した追従運動時間誤差(marker TEidt : Marker Trajectory error integrated distance over time)を算出した。

再現性の検討は同一被験者において初回と2回目の測定結果の関係を近似直線と相関係数、級内相関係数および Paired T 検定を用いて検討した。また、従来の片麻痺上肢の機能の評価として、麻痺の重症度の指標である Brunnstrom stage と上

肢での対象物の操作能力を評価する STEF を用い、上肢機能評価・訓練装置での測定とこれらの評価法との関係とをスピアマン順位相関係数を用いて求めた。いずれも $p < 0.05$ 以下を統計学的有意とした。

【結果】

再現性の検討では、すべてのパラメーターで近似直線との間に相関を認めた。また、13名の健常者では級内相関係数が 0.45(NS)-0.91($P < 0.01$)、14名の患者では級内相関係数が 0.62($p < 0.05$)-0.90($p < 0.01$)であった。健常者の TEidt のみ $r = 0.45$ と再現性を認めず、近似直線も傾きが 0.48 と小さかった。脳卒中患者の TEg も $r = 0.62$ と相関はあるものの他と比べると低めで傾きも 0.43 と小さかった。Paired T 検定では LT や TEidt では初回と2回目とに有意差が見られたが、TEg と marker TEidt では有意差を認めなかった。

従来の評価法との関連は、脳卒中患者の患側上肢において軌道追従課題で得られた TEg と TEidt は Brunnstrom stage ならびに STEF との間に負の相関を示した。マーカー追従課題では marker TEidt が STEF と負の相関を示した。

【考察】

上肢機能評価・訓練装置を用いた測定結果は健常者より脳卒中患者が多くのパラメーターで高い再現性を示した。再現性が悪くなる要因として、この装置を用いた測定自体が練習効果を生むためと考えられた。また、脳卒中患者の TEg の級内相関係数が低いのは測定時の痙性の变化等で上肢の随意性が変動した症例が含まれたためと考えられる。

上肢の重さを手部固定装置によって一部免荷した形で運動機能の評価する本装置で得られた測定結果が、対象物の操作能力を評価している STEF と高い相関を示したことは、対象物を目標の位置まで素早く運ぶには肩と腕の随意性が重要であることを示している。

【結論】

軌道追従課題を用いた上肢機能評価・訓練装置は、従来の上肢機能評価法に比べて運動の早さや正確さを定量的に測定することに優れており、上肢運動機能の定量的評価に有用である。

論文審査の要旨

報告番号	医論第 1440 号	氏名	山中 弘子
審査委員	主査	納 光弘	
	副査	有田 和徳	小宮 節郎

Evaluation of skilled arm movements in patients with stroke
using a computerized motor-skill analyser for the arm
(コンピューターを用いた上肢機能評価装置による脳卒中患者の上肢機能評価)

脳卒中片麻痺へのリハビリ治療の効果を評価するには、さまざまな麻痺レベルの運動機能を定量的に評価する方法が必要である。我々が開発したコンピューター化上肢機能評価・訓練装置は、重力を免荷して運動機能を評価できるため中等度の片麻痺からでも定量的評価が可能である。本装置は軌道追従課題・目標マーカー追従課題の正確さから運動機能を測定するものである。今回の研究の目的は、本装置を用いた運動機能測定の再現性を検証し、本装置による運動機能の測定結果と従来の片麻痺上肢機能評価法との関連を検討することである。

(1) 本装置による測定の再現性の検討は、健常者 13 名と脳卒中片麻痺患者 14 名を対象に 2 回の測定値の linear regression analysis と intra-class correlation coefficients を求めた。測定反復による練習効果の検討は 2 回の測定値の差を paired t-tests を用いて検定した。(2) 本装置による測定結果と従来の片麻痺上肢機能評価法との関連の検討は、脳卒中片麻痺患者 20 名を対象に、本装置による測定結果と Brunnstrom stage ならびに簡易上肢機能検査(STEF: simple test for evaluating hand function)の測定結果との相関を Spearman's rank correlation coefficient を用いて検定した。

本装置は水平面上を自由に滑走する手部固定装置とその位置を手部マーカーとして目標課題とともに提示する画面からなる。被験者は、軌道追従課題では 8 字状の目標軌道上を手部マーカーで「出来るだけ正確に、かつ早く」なぞるように指示される。運動機能の指標としては軌道一周当たりの所要時間、目標軌道と実際の手部マーカー軌跡とのズレである幾何学誤差、軌道からはずれた距離を時間で積分した運動時間誤差を用いた。目標マーカー追従課題では 8 字状の軌道上を動く目標マーカーに手部マーカーを「重ねる」ように指示された。運動機能の指標としては 2 つのマーカーの距離を時間で積分したマーカー運動時間誤差を用いた。

本研究で得られた知見は次の 5 点である。

1. コンピューター化上肢機能評価・訓練装置は腕の重さを免荷するため、上肢を空中に保持できないレベルの片麻痺上肢を含めて定量的に運動機能評価が可能である。
2. 本装置の再現性はおおむね良好であったが、一部に測定反復による練習効果が認められた。
3. 幾何学誤差と運動時間誤差は Brunnstrom stage と負の相関を示した。つまり、共同運動からの分離度がよい程、誤差は少ない。
4. 幾何学誤差と運動時間誤差、マーカー運動時間誤差は STEF の得点と負の相関を示した。つまり、対象物の操作能力が高い程、誤差は少ない。
5. 本装置は、共同運動の分離度を表す Brunnstrom stage test とよりも、対象物の操作能力を表す STEF とのほうがより高い相関を示した。

本研究は、リハビリテーションの新しい評価訓練装置として開発されたコンピューター化上肢機能評価・訓練装置の再現性と従来の評価法との関連を明らかにすることで、本装置の上肢運動機能の評価装置としての有用性を示した。よって、本研究は学位論文として十分な価値を有するものと判定した。

試験(学力確認)の結果の要旨

報告番号	医論第 1440 号	氏名	山中弘子
審査委員	主査	納 光弘	
	副査	有田 和徳	小宮 節郎

主査および副査の3名は、平成18年11月21日、学位請求者 山中弘子君 に面接し、学位請求論文の内容に説明を求めると共に、関連事項について試問を行った。具体的には、以下のような18項目の質疑応答がなされ、いずれについても満足すべき回答を得ることができた。

【質問1】 対象者数が13名から20名であるが、対象者数は妥当か？

回答： 測定結果の再現性や他の指標との関連を検討する場合、対象数が多いほど信頼性は高まるので多数例での検討が理想的である。本研究では本機器の特性を早く明らかにするため、統計処理が出来る対象数で研究結果をまとめた。

【質問2】 この装置を用いた測定に要する時間はどれくらいか？

回答： 練習と測定を合わせて軌道追従課題に要する時間は1分から5分と被験者が「正確さ」と「早さ」のいずれを重視するかに影響されるが、目標マーカ―追従課題の時間は4分と一定である。

【質問3】 初回と再測定の間隔はどのくらいか？

回答： 測定間隔は健常者が4日から42日、片麻痺患者が3日から15日であった。

【質問4】 脳卒中患者での再測定時の幾何学誤差の改善はリハビリテーションの効果で正確さが向上したことによるのか？

回答： 再測定時に幾何学誤差が大きく改善した例は所要時間の増加があり、運動時間誤差の減少がないことから、再検時の課題遂行を「早さ」より「正確さ」を重視する戦略で行ったことによると考えられる。

【質問5】 本機器の測定法と従来の検査法との相関がとびぬけて成績の悪い症例に影響されて統計学的有意となっているかにも見えるが、症例数を増した場合の影響はどのように考えるか？

回答： 対象数が増えれば相関が高くなると考える。

【質問6】 亜急性期から慢性期にある患者の初回と再検時の測定値の多くで有意の改善があったが、この改善はリハビリの効果によるものか？

回答： 全般的な改善傾向は練習効果によると考えられ、健常者でも同様の傾向があった。

【質問7】 4種類の評価指標があるが、あえて選ぶならどの指標が一番有用か？

回答： 運動時間誤差が所要時間と目標軌道からのズレの距離の両方を評価できることから最も有用だと考える。いずれも測定間隔を空けるなど練習効果を避ける工夫が必要である。

【質問8】 この装置で測定出来るのは急性期の何日目からか、また、測定値がプラトーとなるまでの期間はどれ位か？

回答： 意識正常で坐位がとれ、上肢の屈伸が可能になれば本装置での測定が可能である。したがって、多くの場合は亜急性期から慢性期までの患者が測定対象である。自験例では発症1ヶ月までは測定不能で、その後軌道追従課題が、次いで目標マーカ―追従課題が可能となり、いずれも治療開始後6カ月程は改善が継続した例がある。

試験(学力確認)の結果の要旨

【質問 9】 脳卒中患者には右麻痺と左麻痺がいるが、検査した手が利き手であるか否かが、従来の評価法である麻痺重症度との相関に影響は与えていないか？

回答： 対象の脳卒中患者では右麻痺、左麻痺の数は大差なく、麻痺の重症度も左右で偏りはなく、今回検討した相関に利き手の影響はない。

【質問 10】 STEF はどのくらいの時間を要する検査か？

回答： 健側と麻痺側の両上肢で行うので15分から20分ほど要す。本装置は患側のみだが2つの課題を施行した場合でも検査時間は5分から10分程である。

【質問 11】 この装置は手指の機能は反映せず、あえて肩と肘の機能に特化して、しかも重力を免荷した状態で評価しているが、患者の実用的な上肢機能全般を十分に評価できるのか？

回答： この装置は上肢全体の実用的な機能の評価するものではないが、上肢での物の操作能力を表す STEF と相関が高いことから、患者にとっての上肢の実用性を反映した指標であると考え。なぜなら実用的な上肢の使用には肩と肘の随意性の高さも手指機能と同じく重要な為である。

【質問 12】 リハビリをする上で上肢機能と手指機能を分けて評価し、それぞれにリハビリを行うということか？

回答： 治療用機器として見た場合、手指機能の回復が悪い段階でも、肩と肘の随意性を高める治療が十分出来る。患者が免荷なしに空中に上肢を保持しようとする時、上肢の座縮が高まり共同運動のみを繰り返すことになるが、免荷することで共同運動から分離した随意運動が可能になり、その反復によって麻痺回復への促進効果が期待できる。

【質問 13】 具体的にリハビリの進捗の評価にこの装置を使った例はあるか？

回答： 視覚運動失調など興味ある症例やパーキンソン病などの疾患、新たな治療法の開発の際に、治療の前後で測定している。

【質問 14】 背側視覚路の障害や小脳失調の評価に使用できるか？

回答： 運動障害の指標として用いることが出来る。小脳失調では治療により運動誤差が減少した。

【質問 15】 診療報酬改訂との関連で脳卒中患者へのリハビリテーション効果が発症後どれ位まで期待できるか関心を持たれているが、この機器での測定結果はリハビリテーション治療継続の必要性を判断することに役立つか？

回答： 本機器は麻痺の改善を定量的に評価出来るので、参考になると考える。しかし、より幅広い麻痺の程度までを対象にするためには、更に機器の工夫が必要である。

【質問 16】 実際の訓練に既に用いているのか？

回答： 自主訓練用の装置として一日100周の軌道追従訓練を行い、高い患者の満足度を得ている。

【質問 17】 これまでは医師が項目を設けて点数化し治療を評価してきたが、最近は患者自身が治療を評価する時代になった。今回の機器による評価と患者の実感との乖離はなかったか？

回答： 今回は測定間隔が短いので、その面の評価はできなかった。再測定までの間に麻痺の改善があれば、この装置の測定値の改善と患者さんの麻痺改善の実感は相関すると考える。

【質問 18】 患者のリハビリテーションへのモチベーションに良い影響が期待できるか？

回答： 検査終了時に患者の軌道追従の軌跡が画面上に現れるので、患者も改善を実感できる。

以上の結果から、3名の審査委員は本人が大学院博士課程修了者と同等の学力と見識を十分に具備しているものと判断し、博士(医学)の学位を与えるに足る資格をもつものと認めた。