

□原著論文□

脳性麻痺直型両麻痺児におけるコンピューター用4種の ポインティングデバイス操作による入力量に関する上肢機能の検討

小畑 順一¹ 杉原 素子² 新井 光男³ 井上 善行⁴ 白谷 智子⁵

抄 録

目的：脳性麻痺直型両麻痺児にコンピュータ用マウス，トラックボール，タッチパッド，ジョイスティックのポインティングデバイス（Pointing Device; 以下 PD）操作による入力量と上肢機能の関係を検討した。

方法：対象は，脳性麻痺直型両麻痺児 34 名で，4 種の PD 操作によりディスプレイ上に平仮名を正確に入力する課題を行った。平仮名を正確に入力した数が上肢の自動運動の反復回数・ピンチ力・握力・なぞり課題といった上肢機能の要素と関連するかを統計学的に分析した（有意水準 5%）。

結果：4 種の PD 操作は，相関分析の結果より正確な入力文字数と握力及びピンチ力の間に中等度の有意な相関を認めた。特にタッチパッドとピンチ力の間には，強い相関を認めた。重回帰分析の結果，4 種の PD 操作は入力文字数と握力の間で中等度の相関を認めた。また，タッチパッドのみ，ピンチ力の間で中等度の相関を認めた。

結論：脳性麻痺直型両麻痺児における 4 種の PD 操作の入力量の増加には，握力とピンチ力の指標が関係し，特に握力の重要性が示唆された。

キーワード：脳性麻痺，ポインティングデバイス，上肢機能

A study of upper limb function related to the frequency of manipulating four types of pointing devices for computers in children with spastic diplegia

OBATA Junichi, SUGIHARA Motoko, ARAI Mitsuo, INOUE Yoshiyuki
and SHIRATANI Tomoko

Abstract

Objective: We examined whether the frequency of manipulating pointing devices (PDs) for computers, including a mouse, track ball, touch pad, and joystick, is associated with upper limb function in children with cerebral palsy and spastic diplegia.

Methods: Thirty-four children with cerebral palsy and spastic diplegia performed a task that involved inputting hiragana characters correctly to a display device by manipulating four types of PDs. The associations between the number of correctly input characters and factors related to upper limb function (repetitive upper limb automatic motor performance, pinch strength, grip strength, and tracing capacity) were statistically analyzed with a significance level of 5%.

Results: Correlation analysis revealed that both pinch strength and grip strength were moderately significantly associated with the number of correctly input characters using the four types of PDs. In particular, pinch strength was highly significantly associated with the ability to manipulate the touch pad. Multiple regression analysis revealed a moderate association between grip strength and the number of correctly input characters using the four types of PDs. Pinch strength was only moderately

受付日：2016年7月22日 受理日：2017年2月24日

¹ フリーランス

Freelance

btb267@yahoo.co.jp

² 国際医療福祉大学 成田保健医療学部 作業療法学科

Department of Occupational Therapy, School of Health Science at Narita, International University of Health and Welfare

³ 首都大学東京 健康福祉学部 理学療法学科

Tokyo Metropolitan University

⁴ 国際医療福祉大学大学院 医療福祉学研究所 先進的ケア・ネットワーク開発研究分野

Division of Advanced Care Network Development, Graduate School of Health and Welfare Science, International University of Health and Welfare

⁵ 苑田第二病院 リハビリテーション科

Department of Rehabilitation, Sonoda Second Hospital

associated with the ability to manipulate the touch pad.

Conclusion: Pinch strength and grip strength were indicators related to an increase in the frequency of manipulating four types of PDs in children with cerebral palsy and spastic diplegia. In particular, our results suggested the importance of grip strength.

Keywords : cerebral palsy, pointing device, upper limb function

I. はじめに

脳性麻痺痙直型両麻痺（以下両麻痺）児は、痙縮による下肢の運動麻痺が中心で、上肢、体幹にも軽度の運動麻痺が存在する¹⁾。鈴木ら²⁾も、両麻痺は重症黄疸を除いた低出生体重に起因することが多く、上肢よりも下肢に痙縮が強いと報告している。学童期の両麻痺児では、パーソナルコンピュータ（personal computer; 以下 PC）の有効活用が図れることが多い。そのため、筆者の作業療法経験では図1に示したマウス、トラックボール、タッチパッド、ジョイスティック等のポインティングデバイス（Pointing Device; 以下 PD）の操作技能の習得を目指した支援を早期より行っている。

マウスは、装置の把持が必要であり、机上面を水平方向に移動し、マウスカーソル（以下カーソル）を操作する。トラックボールは、手掌、もしくは示指、中指を別個に、または示指、中指、薬指を同時に使用し、装置の上面に取り付けられた球を回転しカーソル操作する³⁾。ジョイスティックは、スティックを水平方向に傾斜し、上下、左右、斜めの8方向にカーソルを移動させる。タッチパッドは、四角い盤の上で専用ペンもしくは指先で操作し、データを信号に変換し PC に伝える入力装置⁴⁾であり、母指、示指、中指の

いずれかの指で本体の接触面をなぞる操作が必要である⁵⁾。4種のPDを本研究で使用した根拠は、両麻痺型の上肢機能より、4種のPD操作の遂行が可能と判断したからである。

4種のPD操作は、机上面にて手指の屈曲・伸展運動に加え、上肢各関節の自動運動で行われる³⁻⁵⁾。PDの把持、およびクリックボタンを押す動作は、手関節を一定の肢位に保持し、手指の屈曲・伸展運動に関与する手外・手内筋群の屈筋筋力で行われる。また、4種のPD操作のクリックボタンやマウス操作は、手指の巧緻性が必要であると言われている³⁻⁵⁾。手指の巧緻課題の一つとして書字があり、その中でなぞり動作は、課題の難易度にもよるが、手指の巧緻性が必要な課題であると報告されている⁶⁾。

先行研究³⁻⁵⁾より、対象児の上肢の自動運動能力が、PD操作による正確に入力した量（以下入力量）に関与する可能性が考えられる。中井⁷⁾は痙直型脳性麻痺児に対し、示指の屈曲・伸展運動が含まれる母指と示指のピンチの反復運動回数は、ピンチ力や握力との間で高い関連性が認められたと報告している。つまり、PD操作に必要な手関節掌・背屈筋群と母指対立・手指屈筋群の筋力が入力量に関与する可能性が考えられる。手関節掌・背屈筋群で手関節を固定し、手外・手内筋の屈筋群の筋力を測定する検査法として握力検査⁸⁾があり、ピンチ力は母指と示指による指腹つまみの把持力を測定できる⁹⁾。したがって、握力やピンチ力の測定結果と4種のPD操作の正確な入力量が関連する可能性がある。また、なぞり動作の速さとPD操作の入力量が関連する可能性も考えられる。

PD操作支援で作業療法士は、PDの選定後入力量を高める治療介入を行っている。先行研究^{10,11)}では、両麻痺児にPD操作による課題遂行で入力量を高め、操作技能の習得を図ることが多い。一方、選定した



図1 本研究で使用した①マウス②トラックボール
③タッチパッド④ジョイスティック

PDの入力量に関与する上肢機能の要素が特定できれば、その要素を促進する治療介入が上肢機能を改善し、PD操作の入力量を高める可能性がある。しかし、両麻痺児における4種のPD操作の入力量に関連する上肢機能の要素は不明である。そこで本研究において、両麻痺児の自動運動能力・ピンチ力・握力・なぞる能力といった上肢機能の要素は、4種のPD操作の正確

な入力文字数と関連があるとの仮説を立て検証した。

II. 方法

1. 対象

研究の対象は、筆者の勤務先のSセンターに入院または外来で通院中の両麻痺児34名（男児22名、女児12名）である。34名の年齢は、表1に示した通り

表1 対象児のプロフィール (Erhardt 発達学的把持能力検査およびFIMの問題解決結果)

ID	性別	年齢	利き手	到達・ 上肢	棒の 把握	小球の 把握	棒・ 立方R	小球R	立方体 の把握	FIM問 題解決
1	男	7歳0か月	右	12	10	12	12	15	9	5
2	男	7歳5か月	右	12	10	12	12	15	9	5
3	女	7歳6か月	右	12	10	10	12	14	9	6
4	男	7歳8か月	右	12	10	12	12	15	9	4
5	女	7歳9か月	右	12	10	12	12	15	9	5
6	女	8歳1か月	右	12	10	12	12	15	9	6
7	男	8歳1か月	右	12	10	12	12	15	9	6
8	男	8歳2か月	右	12	10	12	12	15	9	5
9	男	8歳2か月	右	12	10	12	12	15	9	6
10	女	8歳3か月	右	12	10	12	12	15	9	5
11	男	8歳6か月	右	12	10	12	12	15	9	5
12	女	8歳7か月	右	12	10	12	12	15	9	5
13	男	9歳4か月	右	12	10	12	12	15	9	6
14	男	9歳11か月	右	12	10	12	12	15	9	5
15	女	10歳0か月	右	12	10	12	12	15	9	6
16	男	10歳4か月	左	12	10	12	12	15	9	5
17	女	10歳6か月	右	12	10	12	12	15	9	5
18	男	10歳8か月	左	12	10	12	12	15	9	6
19	女	10歳9か月	右	12	10	12	12	15	9	5
20	男	11歳9か月	右	12	10	12	12	15	9	6
21	男	12歳9か月	右	12	10	12	12	15	9	7
22	男	12歳11か月	左	12	10	12	12	15	9	5
23	男	13歳0か月	左	12	10	12	12	15	9	5
24	男	13歳5か月	右	12	10	12	12	15	9	5
25	男	13歳6か月	左	12	10	12	12	15	9	6
26	男	13歳11か月	右	10	10	12	12	15	9	6
27	女	14歳1か月	右	12	10	12	12	15	9	6
28	女	14歳8か月	左	12	10	12	12	15	9	5
29	女	15歳1か月	右	12	10	12	12	15	9	5
30	男	15歳2か月	右	12	10	12	12	15	9	6
31	男	16歳3か月	左	12	10	12	12	15	9	5
32	男	17歳4か月	左	10	9	10	10	14	8	5
33	女	17歳8か月	右	12	10	12	12	15	9	6
34	男	18歳7か月	右	12	10	12	12	15	9	5

(Erhardt 発達学的把持能力評価の単位は月齢, R: release の略, FIM は第3版で評定, 完全自立: 7, 修正自立: 6, 部分介助: 5, 介助: 4, 中等度介助: 3, 最大介助: 2, 全介助: 1)

7歳0か月～18歳7か月、平均年齢11歳4か月（標準偏差±3.4歳）で、利き手は左8名、右26名であった。対象児の知的能力の指標として、機能的自立度評価表¹²⁾ (Functional Independence Measure；以下FIM)の問題解決の項目で3点以上の評点を示し、平仮名を理解していることとした。上肢機能の水準は、Erhardt発達学的把持能力評価¹³⁾の6検査項目で、発達月齢が8か月以上の評点であることとした。

表1に、対象児34例のErhardt発達学的把持能力評価およびFIMの結果を示した。到達動作の際の上肢項目において、2例の発達月齢が10か月、他は12か月であった。棒の把握では、1例が9か月、他は10か月であった。小球把握では、2例が10か月、他は12か月であった。棒・立方リリースでは、1例が10か月、他は12か月であった。小球リリースでは、2例が14か月、他は15か月であった。立方体の把握では、1例が8か月、他は9か月であった。FIMの問題解決の項目では、最低点が4点、最高点が7点、中央値±四分位偏差は5.0±0.5点であった。

平仮名の理解の習熟度、認知水準、視力および語音の弁別を含む聴力の情報は、本研究の遂行に支障がなかった。本研究は、Sセンター倫理委員会第1専門部会（承認番号2010-5）で倫理的妥当性について承認を受けた後、対象児および親権者に研究の概要を説明し、参加に同意を得た対象児に実施した。

2. PD操作の測定

1) 測定課題

(1) 事前の説明

筆者は、4種のPD操作およびディスプレイ上の平仮名文字盤への入力方法を対象児に示した。

(2) PD操作の予行

対象児は、当該PDを用いて1分間、くもん出版の学習教材の「くもん式ひらがなカード」を順に見ながら入力を行った。対象児がディスプレイ上の平仮名の文字盤から該当文字を判別し、PD操作により文字入力が可能なことを筆者は確認した。

(3) PD操作の本施行

筆者は、対象児別にPDをランダム化した。筆者が自作の入力用課題も、配列した平仮名（小文字を除く46文字）をランダム化した。筆者は対象児の非利き手側後方より、課題の文字を順に口頭で読み上げた。対象児はそれを聞き、利き手でPDを操作し、ディスプレイ上の文字盤上で当該文字にカーソルを移動し、PDに付属した左クリックボタンを押し、文字の表示を行った。対象児がPD操作により文字を誤入力した場合は、消去せずに正答の文字を再入力させた。対象児が各PD操作で測定課題を1回終了する度に、ディスプレイ上に正確に入力した文字の合計数を記録した。なお、測定回数は1分間のデータ測定を1回行った。

2) 測定時のPD設定

(1) PDのカーソル調整とPD機器

各PDの左クリックボタンに、赤色の丸い紙製シールを貼り目印とした。全対象児で、4種のPD操作時のカーソルの速さは、PCのマウス項目のポインターオプションの設定で最も遅い状態にした。使用機器は14型ノート型PCを使用し、解像度は1024×768ピクセルであった。マウスは、マイクロソフト社製のモデル1113の有線タイプであった。トラックボールは、ケンジントン社製のモデル#K64374であった。タッチパッドは、ワコム社製のBAMBOO FUNモデルCTH-461であった。ジョイスティックは、こことステップ製で持ち手の球の直径が3cmであった。

3) 実験の環境設定

(1) PD操作および上肢機能の各要素の測定姿勢

対象児は、各自の車椅子または、学童用背もたれ付きの椅子に座って行った。車椅子に体幹ベルトが付属している場合は、それにより体幹を固定した。小原ら¹⁴⁾の上肢の作業範囲に基づき、PDの設置位置を決定した。つまり、対象児は上腕を体側に付け、肘関節を90度屈曲し、肩関節内外旋0度で前腕および手関節をセットした。マウス、トラックボールの球、ジョイスティックのスティックは、対象児の手掌内に設置した。タッチパッドは、本体中央に対象児の手を置いた状態とした。

(2) PD操作の測定環境の設定

車椅子のテーブルの高さは、アームレストの高さとし、学童椅子の使用児は、対象児の肘関節 90 度屈曲位の位置とした。測定課題の開始時のカーソル位置は、ディスプレイ上の文字盤「あ」の位置とした。

3. 上肢機能の各要素の測定

1) 肘関節の屈曲・伸展の自動運動回数

対象児は、利き手で木製の棒（直径 1.5 cm、長さ 8 cm）を把持し、体側に上腕を付けて肘関節を 80 度程度屈曲した状態を出発肢位とした。その肢位から、肘関節を最大伸展した位置を運動の終点とした。筆者の合図で、対象児は可能な限り速く肘関節を伸展し、目印のカラーテープに近位指節間関節が触れてから、元の体側の位置（肘関節 80 度屈曲位置）に戻した。肘関節を伸展した状態を 1 回と数え、3 回の予行後 10 秒間の施行回数を測定した。

机上面に前腕掌側面を滑らせ肘関節を屈曲・伸展するか、または肘関節を僅かに空間に挙げたまま屈曲・伸展するかは、対象児の意向に従った。なお、実験の環境設定として、出発および終末肢位の中指の近位指節間関節が、机上面で接触する位置に予めカラーテープを貼った。

2) 手関節背屈の自動運動回数

対象児は、手関節用計測ボックス（縦 15 cm、横 11 cm、高さ 8.5 cm）の中央において、利き手で前述の棒を把持した。筆者の合図で対象児は、可能な限り速く手関節を背屈し、示指または中指の中手指節関節の背側面でボックスの上部にタッチし、元のボード上の位置に手を戻した。ボックスの上端に手関節背側部が触れた状態を 1 回と数え、3 回の予行後 10 秒間の施行回数を測定した。

3) 示指の屈曲・伸展の自動運動回数

対象児は、手指用計測ボックス（縦 19 cm、横 11 cm、高さ 5 cm）の中央で、利き手の中指から小指は屈曲し、示指の中手指節関節を伸展した。筆者の合図で、示指を可能な限り速く近位指節より末梢部の背側面でボックスの上部にタッチし、中手指節関節を屈曲し、ボード上の紙製のシール（直径 2 cm）の位置

に戻した。ボックスの上端に示指背側面が触れた状態を 1 回と数え、3 回の予行後 10 秒間の施行回数を測定した。

上肢の自動運動回数の測定において、予め計測ボックスは、テープにより机上に固定した。筆者は、対象児の上肢の自動運動の測定場面をデジタルビデオカメラに録画した後、再生し目視で運動回数を数え記録した。手関節背屈、および示指の屈曲・伸展の自動運動回数の試行時に、計測ボックスと対象児の手関節背側面の距離が目視で 1 cm 以下の場合には、ボックスを使用せずに机上で行った。手関節背屈で対象児 10 名、示指の屈曲・伸展で 1 名が、ボックスを使用しなかった。

4) ピンチ力の測定法

対象児のピンチ力の測定は、利き手の肩関節を約 30 度外転、肘関節を約 60 度屈曲し、上腕の延長線上に前腕および手関節をセットした。母指と示指の間に球型のピンチ計を設置し、1 回の予行後装置を 3 秒間把持させた。ピンチ計は、Martin Vigorimeter で 3 種類の球の中で最小の直径 4 cm の型を使用した。

5) 握力の測定法

対象児は、利き手の上腕を体側に添って下方に伸ばし、肘関節を伸展した位置で握力計の水平の持ち手を 3 秒間把持した。本研究で用いたスメドレー型握力計の握り幅は、各対象児の示指先端から母指基根部間の距離の 1/2 に調整し、1 回の予行後測定した。握力計は、松宮医科精器製作所小児用スメドレー式握力計を使用した。

6) 円なぞり課題の速さの測定法

対象児は、テーブル上で肘関節を約 60 度屈曲し赤鉛筆を把持した。筆者は、対象児の把持した赤鉛筆の先端を円上端の開始位置に置いた。課題は、直径 10 cm で線の太さが 2 mm の黒い円であり、対象児に線から外れて描かないように口頭指示後、円上端より右回りでなぞらせた。1 回の予行後、筆者はストップウォッチで課題の遂行時間を測定した。円なぞり課題において、図形より 1 cm 以上離れて描かれたデータは無効とした。

7) 使用ソフトウェア

ディスプレイ上の文字盤は、オンスクリーンキーボードでフリーソフトのハーティラダー (<http://takaki.la.coocan.jp/heartly/>) を使用した。

4. 分析方法

4種のPD操作の正確な入力文字数と上肢機能の各要素との関連は、スピアマンの順位相関係数で分析した。次に、 $r=0.4$ 以上の上肢機能の各指標を説明変数とし、重回帰分析（ステップワイズ法）により検証した。統計ソフトは、Spss12.0jを使用した。なお統計検定の有意確率（probability value; 以下 p ）は5%未満とした。

III. 結果

1. PD操作の1分間施行データの正確な入力文字数の結果

図2に示した通り、マウス操作による正確な入力文字数の平均値±標準偏差は、 11.8 ± 4.8 個、トラックボール操作の正確な入力文字数は、 11.4 ± 3.9 個、タッチパッド操作の正確な入力文字数は、 8.4 ± 3.7 個、ジョイスティック操作の正確な入力文字数は、 3.2 ± 0.7 個であった。

2. 上肢の自動運動回数、ピンチ力、握力、円なぞり課題の速さの結果

表2に示した通り、肘関節の屈曲・伸展の平均値±標準偏差は、 8.3 ± 3.1 回、手関節背屈は、 14.0 ± 6.3 回、

示指の屈曲・伸展は、 14.5 ± 5.8 回であった。表3に示した通り、ピンチ力の平均値±標準偏差は、 27.5 ± 10.2 kPa、握力は 11.9 ± 6.8 kg であった。円なぞり課題における対象児全員の施行データは、図形からの逸脱程度が1cm以内であり、全データが有効で、遂行時の速さは 14.2 ± 6.8 秒であった（表4）。

3. 4種のPD操作の正確な入力文字数と上肢機能の要素の相関分析結果

4種のPD操作の正確な入力文字数と、上肢機能の分析結果を表5に示す。

マウス操作による正確な入力文字数の相関分析の結果、示指の屈曲・伸展の相関は $r=0.35$, $p=0.045$, ピンチ力の相関は $r=0.52$, $p=0.00$, 握力の相関は $r=0.56$, $p=0.00$, でいずれも有意な正の相関が認められた。

トラックボール操作による正確な入力文字数の相関分析の結果、示指の屈曲・伸展の相関は $r=0.38$, $p=0.03$, ピンチ力の相関は $r=0.61$, $p=0.00$, 握力の相関は $r=0.59$, $p=0.00$, でいずれも有意な正の相関が認められた。

タッチパッド操作による正確な入力文字数の相関分析の結果、年齢との相関は $r=0.42$, $p=0.01$, ピンチ力の相関は $r=0.70$, $p=0.00$, 握力の相関は $r=0.57$, $p=0.00$, でいずれも有意な正の相関が認められた。

ジョイスティック操作による正確な入力文字数の相関分析の結果、手関節背屈の相関は $r=0.34$, $p=0.046$, 示指の屈曲・伸展の相関は $r=0.43$, $p=0.01$, ピンチ

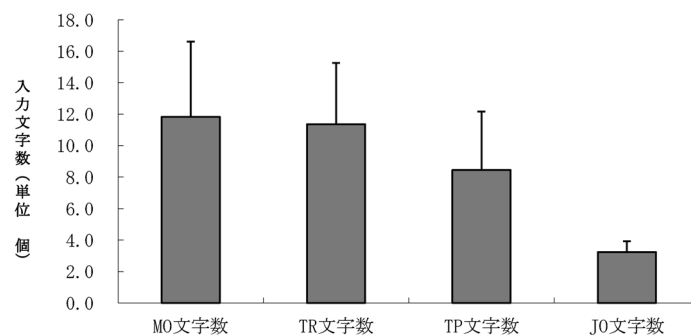


図2 4種のPD操作の入力文字数の平均値の結果

※MO, TR, TP, JOはマウス, トラックボール, タッチパッド, ジョイスティック操作を示す。

表2 肘関節屈曲伸展, 手関節背屈, 示指屈曲伸展のデータ結果

ID	(単位 回)		
	肘関節屈伸	手関節背屈	示指屈伸
1	16	19	24
2	10	27	20
3	5	10	8
4	8	11	9
5	10	18	13
6	4	8	7
7	10	19	23
8	11	15	21
9	11	14	14
10	7	12	15
11	11	10	11
12	7	10	8
13	5	9	11
14	11	25	21
15	7	11	10
16	10	17	21
17	8	13	12
18	12	24	22
19	9	25	16
20	6	10	23
21	6	20	13
22	8	11	14
23	7	10	14
24	14	31	20
25	6	11	11
26	6	9	10
27	6	10	10
28	6	10	10
29	7	11	13
30	6	11	16
31	6	8	8
32	4	6	7
33	7	8	10
34	16	14	29
平均	8.3	14.0	14.5
標準偏差	3.1	6.3	5.8

表3 ピンチ力と握力のデータ結果
(単位 ピンチ力 kPa, 握力 kg)

ID	ピンチ力	握力
1	14	10
2	28	10
3	18	4
4	20	7
5	10	6
6	14	3
7	20	15
8	24	6
9	18	9
10	26	8
11	16	6
12	18	8
13	24	11
14	28	12
15	24	14
16	34	9
17	16	9
18	30	11
19	46	11
20	46	19
21	32	12
22	36	20
23	26	12
24	30	12
25	24	12
26	30	10
27	38	10
28	32	16
29	30	15
30	46	20
31	32	11
32	16	5
33	40	22
34	48	40
平均	27.5	11.9
標準偏差	10.2	6.8

力の相関は $r=0.36$, $p=0.04$, 握力の相関は $r=0.51$, $p=0.00$, でいずれも有意な正の相関が認められた。一方, 肘関節屈曲・伸展回数と円なぞり課題の速さは, 4種のPD操作の正確な入力文字数との間で有意な相関が認められなかった。

4. 4種のPD操作の正確な入力文字数と上肢機能の要素の重回帰分析結果

4種のPD操作の正確な入力文字数と上肢機能の重回帰分析の結果を表6に示す。

マウス操作による正確な入力文字数に対する握力の重回帰分析の結果は, 偏相関係数 $r=0.51$, $p=0.00$,

表4 円のなぞり課題の
遂行時間の結果
(単位 秒)

ID	遂行時間
1	10.1
2	13.0
3	17.7
4	15.1
5	11.8
6	20.6
7	12.8
8	8.6
9	17.8
10	9.5
11	7.7
12	11.0
13	19.4
14	11.6
15	7.9
16	9.4
17	11.8
18	15.7
19	9.3
20	14.4
21	16.3
22	17.0
23	6.1
24	13.2
25	20.7
26	30.7
27	18.2
28	7.8
29	4.9
30	25.9
31	6.9
32	35.8
33	12.3
34	11.0
平均	14.2
標準偏差	6.8

で有意な正の相関が認められたが、決定係数 $R^2=0.24$ で、回帰式のデータに対する適合性は低かった。また、ピンチ力との間には、有意な相関が認められなかった。

トラックボール操作による正確な入力文字数に対する握力の重回帰分析の結果は、偏相関係数 $r=0.65$, $p=0.00$, 決定係数 $R^2=0.40$ で有意な正の相関が認められた。しかし、ピンチ力との間には、有意な相関が認められなかった。

タッチパッド操作による正確な入力文字数に対する握力の結果は、偏相関係数 $r=0.36$, $p=0.04$, 決定係数 $R^2=0.50$ であり、ピンチ力の重回帰分析の結果は、偏相関係数 $r=0.38$, $p=0.03$, 決定係数 $R^2=0.44$ であり、いずれも有意な正の相関が認められた。しかし、年齢との間には偏相関係数 $r=0.15$, $p=0.40$ で有意な相関が認められなかった。

ジョイスティック操作による正確な入力文字数に対する握力の重回帰分析の結果は、偏相関係数 $r=0.42$, $p=0.01$ で有意な正の相関が認められたが、決定係数 $R^2=0.15$ で、回帰式のデータに対する適合性は低かった。また、示指の屈曲・伸展との間には偏相関係数 $r=0.27$, $p=0.13$ で有意な相関が認められなかった。

IV. 考察

1. 4種のPD操作の正確な入力文字数と上肢機能の要素の関連について

相関分析の結果、4種のPD操作の正確な入力文字数と握力・ピンチ力の間で正の相関が認められた ($p < 0.05$)。また、重回帰分析の結果、4種のPD操作の正確な入力文字数と握力の間で正の相関が認められた ($p < 0.05$)。つまり、4種のPD操作の入力量に

表5 4種のPD操作の入力量と上肢機能の要素のスピアマンの相関分析結果(数値は相関係数 r)

PD種類	年齢	肘屈伸回数	手背屈回数	示指屈伸回数	ピンチ力	握力	円のなぞり
MO	0.25	0.19	0.27	0.35*	0.52**	0.56**	-0.25
TR	0.31	0.07	0.27	0.38*	0.61**	0.59**	0.00
TP	0.42*	0.11	0.23	0.30	0.70**	0.57**	-0.03
JO	0.26	0.22	0.34*	0.43*	0.36*	0.51**	0.09

※PDはポインティングデバイス、MOはマウス、TRはトラックボール、TPはタッチパッド、JOはジョイスティックの略、*は $p < 0.05$, **は $p < 0.01$ で有意を示す。

表6 4種のPD操作の入力量と上肢機能の要素の重回帰分析結果

PD 種類	相関が認められた指標	相関が認められなかった指標
MO	握力 (偏相関 $r=0.51$, $p=0.00$, $R^2=0.24$)	
TR	握力 (偏相関 $r=0.65$, $p=0.00$, $R^2=0.40$)	
TP	握力 (偏相関 $r=0.36$, $p=0.04$, $R^2=0.50$) ピンチ (偏相関 $r=0.38$, $p=0.03$, $R^2=0.44$)	年齢 (偏相関 $r=0.15$, $p=0.40$)
JO	握力 (偏相関 $r=0.42$, $p=0.01$, $R^2=0.15$)	示指屈曲・伸展 (偏相関 $r=0.27$, $p=0.13$)

※MOはマウス, TRはトラックボール, TPはタッチパッド, JOはジョイスティックの略, R^2 =調整済み決定係数

手指筋力の指標が関与していた。その理由として、本研究の対象児は、Erhardt 発達学的把持能力評価の小球の把握検査で10か月以上を示した(表1)。小球の把握検査で10か月の判定基準は、母指と示指の指腹つまみと手関節背屈が可能であった。Hazeltonら¹⁵⁾は、健常者の握力測定で手関節掌屈位よりも手関節中間位、あるいは背屈位の方が、手指屈筋群の筋力は優れていると述べている。つまり、対象児らは、握力やピンチ力を遂行できる手関節背屈を有していたと考えられる。

握力・ピンチ力と4種のPD操作の入力量が関連した理由として、対象児らは、課題遂行のため手指の屈曲・伸展で頻回にクリックボタンやカーソル操作を行う必要があった。そのため、対象児らは手外・手内筋の屈筋群の筋力を強めつつ、カーソル操作やクリックボタン操作を行っていた結果、4種のPD操作による正確な入力文字数と握力・ピンチ力の間で正の相関を示した可能性が考えられた。

相関分析において、タッチパッド以外の施行データは、正確な入力文字数と示指の屈曲・伸展の間で正の相関が認められた。トラックボール操作は、手掌、もしくは示指、中指を別個に、あるいは示指、中指、薬指を同時に使用し、装置の上面に取り付けられた球を回転し操作する。一方、マウスとジョイスティック操作は、手指の把持が必要なPDであると言われている³⁾。したがって、示指の屈曲・伸展はマウスとジョイスティック操作において、クリックボタン操作に関与し、トラックボール操作では、クリックボタンとカーソル操作に関与していた可能性が高い。

2. PDの入力量と自動運動回数、円なぞり課題の速さの関連

相関分析において、4種のPD操作による正確な入力文字数と円なぞり課題の速さは、相関が認められなかった。小野瀬¹⁶⁾は、就学前の健常児になぞり課題と視写課題間の筆圧と速度を比較した。その結果、なぞり課題は模写課題に比べ筆記具を線上から逸脱しないように、運筆の速度と方向について上肢の運動制御が必要である。そのため、対象児は模写課題に比べ筆圧は小さく、速度も遅くなったと報告している。本研究の対象児は、円なぞり課題の遂行で、一定時間を費やした結果、PD操作の正確な入力文字数とは、相関が認められなかったと推察した。

上肢の自動運動回数において、肘関節屈曲・伸展と手関節背屈は、4種のPD操作の正確な入力文字数と相関が認められなかった。この理由として、対象児らはPD操作の際に肘関節屈曲、手関節掌屈で操作した結果、肘関節屈曲・伸展、手関節背屈の自動運動回数の指標とPDの入力量の間では、相関が認められなかったと推察した。ボバース¹⁷⁾は、両麻痺児の上肢動作時の特徴として、肘関節屈曲と手関節の掌屈運動を示す場合があると述べている。

3. 本研究結果の臨床への示唆

本研究の結果より、4種のPD操作の入力量の増加に関連する上肢機能の要素は、ピンチ力と握力の指標であった。つまり、両麻痺児のPD操作支援において、治療的活動を介し母指対立と示指から小指の屈曲に関与する手内筋・手外筋群の筋力を促進することが、入力量の増加に有効であると考えられた。上肢の痙縮筋

群に対する筋力強化の有効性について Carmick¹⁸⁾ は、脳性麻痺の片麻痺児に、痙縮が認められる手指屈筋群の筋力強化を目的に、神経筋電気刺激と手関節装具を併用し9か月後、対象児は靴紐を装具なしで結ぶことが可能になったと報告している。痙縮筋群の程度と上肢の協調性について、ボバース¹⁹⁾ は、痙縮筋群の筋緊張の程度により、運動の協調性が障害を受けると述べている。また、筆者ら²⁰⁾ の研究によって、両麻痺児に対し操作効率が高いPDは、マウスとトラックボールであることが明らかになっている。

先行研究¹⁸⁾ において、痙縮といった筋緊張の異常はあるが、脳性麻痺児の協調的な上肢動作の獲得と筋力強化には、関連性があることが示唆されている。筋力強化による治療では、最大筋力の70%以上の筋力で継続的に筋収縮を得る必要がある²¹⁾。しかし、この負荷量は発達過程の脳性麻痺児にとって高負荷であり、治療の継続が困難なことが予想される。石塚ら²²⁾ は、痙直型脳性麻痺者の下肢筋群に対して、緩徐な低負荷の筋力強化の有効性を指摘している。痙縮を伴う手指の協調性改善のための効果的な負荷量は、今後の解明が必要ではあるが、作業療法では、両麻痺児に低負荷で反復可能な活動、例えば弾性ボールの把持動作や、組み立てパズルの脱着など手関節背屈位を保持し、手指の屈曲・伸展運動を繰り返し行える活動を介入手段として用いることができる。したがって、今後両麻痺児に低負荷の活動を用いた手指の筋力強化が、操作効率の高いマウスあるいはトラックボール操作の入力量に与える影響を検証する必要がある。

4. 研究の限界

本研究のPDは、筆者の勤務先の作業療法士が両麻痺児に使用する代表的な製造業者の製品を使用した。しかし、同一種類のPDにおいても市販の各製品は、装置を構成する部品、装置のサイズ、形態、クリックボタンの配置等が均一ではなく機能差があり、入力量に差異を生じる可能性も考えられる。したがって、本研究の知見は、今回使用したPDに限定した見解である。

V. 結論

両麻痺児34名に4種のPDを使用し、平仮名入力時の各PD操作の入力量と上肢機能の要素の関連を検証した。その結果、4種のPD操作の入力量に関連する上肢機能の要素は、ピンチ力と握力の指標であった。つまり、上肢の発達月齢が8か月以上の両麻痺児の4種のPD操作の入力量の増加に必要な上肢機能は、手関節固定筋および母指対立と示指から小指の屈曲に関与する手外・手内筋の屈筋群の筋力が関与していた。両麻痺児が4種のPD操作により該当文字に正確にカーソルを合わせることや、クリックボタンを押す動作では、手外・手内筋の屈筋群の筋力を強めつつ、カーソル操作やクリックボタン操作を行っていた可能性を推察した。

謝辞・付記

本研究の論文作成に際し、データの収集に快くご協力頂いた対象児、御両親、並びにSセンター作業療法科の職員に心より深謝いたします。なお、本研究は第25回日本保健科学学会学術集会の演題抄録を加筆、修正し報告した。

文献

- 1) 岩崎清隆, 岸本光夫. 発達障害と作業療法(実践編). 東京: 三輪書店, 2001:47
- 2) 鈴木良平, 樽林博太郎, 伊藤鉄夫ら. 脳性麻痺(整形外科MOOKNO20). 東京: 金原出版, 1981:32
- 3) Books Llc. Pointing Devices: Mouse, Trackball, Pointing Device, Joystick, Graphics Tablet, Pointing Stick, Remote, Apple Mouse, Razer Usa, Novint. Memphis: General Books LLC, 2010: 51-151
- 4) 若松親光. 最新コンピュータ辞典. 東京: 西東社, 1995: 499
- 5) Turpin G, Armstrong J, Frost P, et al. Evaluation of alternative computer input devices used by people with disabilities. *J. Med. Eng. Technol.* 2005; 29(3):119-129
- 6) 小野瀬雅人. なぞり及び視写練習の組み合わせが幼児・児童の書字技能に及ぼす効果. *教育心理学研究* 1988; 36(2):129-134
- 7) 中井滋. 脳性まひ児のバルブピンチ・精密把握・握力把握に関する研究. *心身障害学* 1983;8(1):73-80
- 8) 岩倉博光, 松澤正. 理学療法評価法. 東京: 金原出版, 1989:49
- 9) 岩崎テル子, 小川恵子, 福田恵美子ら. 標準作業療法学 専門分野 作業療法評価学. 東京: 医学書院, 2005:385
- 10) 小畑順一. コンピューター操作用ポインティングデバイスの操作支援. 第37回日本作業療法学会誌 2003:338

- 11) 小畑順一. 脳性麻痺児におけるコンピューター用ポインティングデバイスの操作支援 (第2報). 第39回作業療法学会誌 2005:91
- 12) 千野直一編. 里宇明元. 園田茂ら. 脳卒中患者の機能評価 SIAS と FIM の実際. 第13版. 東京: シュプリンガー・ジャパン(株), 2011: 43-51
- 13) Erhardt RP (紀伊克昌訳). 手の発達機能障害. 東京: 医歯薬出版, 1988:53-61
- 14) 小原二郎, 内田祥哉, 宇野英隆. 建築室内人間工学. 東京: 鹿島出版会, 1983:116
- 15) Hazelton FT, Smidt GL, Flatt AE, et al. The influence of wrist position on the force produce by the finger flexors. J. Biomech. 1975;8:301-306
- 16) 小野瀬雅人. 書字モードと筆圧・筆速の関係について. 教育心理学研究 1995;43(1): 100-107
- 17) カレルボバース (寺沢幸一, 梶浦一郎監訳). 脳性麻痺の運動障害 (原著第2版). 東京: 医歯薬出版, 1988:73
- 18) Carmick J. Use of neuromuscular electrical stimulation and dorsal wrist splint to improve the hand function of a child with spastic hemiparesis. Phys. Ther. 1997; 77(6): 661-671
- 19) ベルタボバース (紀伊克昌, 中村酉子ら訳). 片麻痺の評価と治療. 東京: 医歯薬出版, 1976: 3-4
- 20) 小畑順一, 杉原素子. 脳性麻痺児におけるパーソナルコンピュータ用4種のポインティングデバイスの操作効率の相違. 日本保健科学学会誌 2012;15(2):89-100
- 21) 蜂須賀研二. 理学療法における筋力増強: 廃用, 過用, 誤用. 理学療法学 1997; 24(3):201-204
- 22) 石塚和重, 中村直子. 脳性麻痺の科学的トレーニング. 筑波技術大学テクノレポート 2010;18(1):116-122