

姿勢制御・粗大運動機能に障害をもった子どものための機器開発

高塩 純一 第一びわこ学園

口分田 政夫 第一びわこ学園

内山 伊知郎 同志社大学文学部

Joseph J. Campos University of California, Berkeley

David Anderson San Francisco State University

連絡先：〒525-0072 滋賀県草津市笠山 8-3-113 高塩純一 (Tel/Fax:077-566-0709)
j_takashio@biwakogakuen.or.jp

要旨

出生体重が 1,000g 以下で生まれた新生児の約 10% は脳性まひと診断される。その子どもたちは脳室周囲白質軟化症 (PVL) や頭蓋内出血により、運動発達や認知面の発達にも障害をもったまま、その後の人生を歩まなければならない。子どもたちが受けた中枢神経系の損傷は個々で異なるため予後の予測も困難である。また機能訓練単独の効果に関しては、その限界が指摘されている。特に粗大運動能力分類システム (Gross Motor Function Classification System)^[1] でレベル IV・V の子どもたちの中には、早期から補完的な技術を導入することで自力移動に達するケースもいる。今回、脳性まひ (PVL) により 2 歳の誕生日の前日までに腹臥位および座位での頭部と体幹の抗重力的な肢位を保持することが困難で且つ、下肢の痙性まひと両上肢の運動にも障害のある乳児を担当した。その子どものために姿勢制御を助ける機器 Postural Control Support System と移動経験を援助する移動機器 Multilocomotor を開発した経過を報告する。

1 はじめに

「脳性まひ」とは、単一の診断名ではなく、運動や姿勢制御の発達異常を引き起こす多数の神経学的損傷状態を包括する用語である。定義としては「発達の初期の段階で起こる脳の損傷や異常による非進行性の、しかし臨床像はしばしば変化する運動機能障害を示す症候群の総称である」ということでコンセンサスが得られている^[2]。

2004 年にメリーランド州 Bethesda で開催された、脳性まひの定義と分類に関する国際ワークショップでは、発達生物学を理解し、能力機能・『参加』の概念を加えた脳性まひの定義と分類の最新版評価を急務とした^[3]話し合いがなされた。

一方、その治療法に関して英国のボバースセンターの所長である Mayston, M. は、「理学療法は脳性まひ児のマネージメントに重要な役割があると考えられる。しかし、どのような治療法をどれくらいの期間、どれくらい熱心におこなうのか。これらは容易に答えられない問題であり、科学的根拠と効果となる証拠が不足しているため、いわゆる〇〇法といったアプローチに多くの批評が向けられている。どんな特定のアプローチにも有効性を示唆する確かな根拠はなく、他の治療法の上に 1 つのアプローチの優越を示すだけの証拠もない。」と述べている^[4]。

2006 年 4 月の 医療法改正により、セラピストは根拠に基づいた介入を採用するように促されているが、可能にするための適切な根拠は示されていない。最近では、筋力強化や Constraint-induced movement therapy^[5]、課題学習などのような方法を支持するた

めの根拠も少し出てきてはいるが、それらの方法をすべての脳性まひの子どもたちに用いることはできない。特にGross Motor Function Classification SystemでレベルIV・Vとして分類される子どもたちは、環境への適応に問題があるように思われる。今川は、著書^[6,7]の中で障害児にかかわるすべての関係者に対して、過去の文脈に囚われることなく勇気を持ってパラダイムの変革を推し進めることを提唱してきた。

また、「脳性まひ児の早期治療」^[8]では、「脳性まひは筋骨格系の状態の障害というより、発達障害としてみなされるほうがより適切である。」と述べている。子どもの発達分野における認知発達について知られてきたのはここ10年の間である。身体発達と心理的発達は相互関係があり、早期経験はすべてのその後の行動に影響を及ぼすといわれてきた。運動、認知、社会、情緒領域の発達に制限や遅れや障害があれば、他の発達の分野に悪影響を及ぼす。生後3年間の間に急速に発達する運動機能は、学習や社会性のための最初的手段である。それらは、言語能力や自主性を育てる。また、運動の相互作用を通して、乳幼児は彼らの世界の物事や人について学ぶ。そして、起こった出来事の原因を発見することができる。彼らは経験を受身的に受容するのではなく、むしろ、能動的に開始したり参加したりする。脳性まひを持つ乳幼児は、しばしば、環境に関心を持ち、働きかけることを可能にするために必要な移動、操作性、言語に欠けている。そのため学習の機会を妨げられる。また、自らの行動によって環境に働きかけ、変化や影響を与えることができないことで、自分たちの世界を調整することをあきらめてしまい、無気力な状態になってしまう^[9]。環境を探索したり折り合いをつけたりすることに繰り返し失敗すると、「できない」という自己認識をもち、再び試みることをあきらめてしまう^[10]。この無力感（役に立たないという感覚）は、4歳までに確立してしまう^[11,12]と報告されている。

しかし、我が国の現状は医療保険制度の関係上、医療モデルを中心としたリハビリテーションが主流であり、病院や施設といった子どもの生活とかけ離れた場所で支援がおこなわれている。そのため、治療時間の大部分を既存の訓練法に費やし、新たな方法を試みることができない。

2 脳性まひの病因

かつては、脳性まひの三大原因は、仮死、低出生体重児、核黄疸であった。黄疸は、まれな疾患となったが、仮死に伴う低酸素性虚血性脳症や、低出生体重児、早産児の虚血性脳障害（脳室周囲白質軟化症）が、脳性まひの原因として重要であることが、知られてきた。

米国National Institute of Neurological Disorders and Stroke^[13,14]によると、低酸素性虚血性脳症（分娩期の仮死が原因）は、脳性まひの原因の10%前後を占めるに過ぎないという。脳性まひになるのは、新生児仮死によって、低酸素性虚血性脳症を来たすことが主な原因ではなく、新生児仮死以外の原因が多い。

脳室周囲白質軟化症（periventricular leukomalacia : PVL）は、在胎32週以下の早産児の脳障害パターンとして多い。脳室周囲白質軟化症は、低出生体重児（早産児）が、脳性まひとなる原因である。早産児では、脳血管と、グリア形成が未熟であるため、脳の血流（灌流）が低下すると、脳室周囲白質軟化症を起こす。脳室周囲白質軟化症は、側脳室の三角部から後角（上部と外側部）の脳室周囲白質に好発する。脳室周囲白質軟化症の好発部位には、脊髄から大脳皮質の感覚野に上行する感覚神経と大脳皮質から脊髄に下行する運動神経（錐体路）が含まれているため、脳室周囲白質軟化症(PVL)は、

下肢の感覚障害と痙性まひになることが多い。脳室周囲白質軟化症が原因の脳性まひは、痙直型両まひが、最も多い。脳室周囲白質軟化症が原因の脳性まひは、精神発達の遅れは、低酸素性虚血性脳症が原因の脳性まひに比べて、軽度である。特に痙直型両まひ児は、知的能力に低下を認めないこともある。しかし四肢まひのケースでは、中等度から重度の知能障害を認めることが多い。そして、一部の四肢まひでは、West 症候群などのてんかん、視空間認知の障害、学習障害を合併する。脳室周囲白質軟化症では、脳血流の低下が発生した3時間後から、虚血性凝固壊死が生じる。そして、発症3時間後~1日後には、ミクログリアが活性化され、2日目から壊死巣の周囲に軸索変性が生じ、3~5日目には脂肪顆粒細胞が出現し、次いで、反応性アストログリアや血管新生が出現し、傷害発生13~14日頃に、空洞形成が見られる。

3 障害をもちながら成長する子ども

筋緊張や運動発達の異常が、支持面の的確な利用や空間での姿勢保持を難しくし動きを制限する。さらに環境との相互作用を育む力にも影響をおよぼす。運動障害によって運動範囲が制限され、障害が固定化されることで、機能的制限や社会参加にも制限がおこる可能性がある。そのため、早期からの生活管理と治療のハビリテーションが必要になる。

3.1 神経系の成熟の不調和

中枢神経系の非進行性障害は脳幹に作用し、筋緊張や原始反射、姿勢運動パターンなどの出現や統合に影響を与える。運動発達と感覚刺激に対する受け入れが同等に障害される可能性がある。これらの障害の出現はさまざまであり、発達面の不均衡もしばしば観察される。子どもたちは周りの状況に対してよく反応しているにもかかわらず、その反応が弱かったり定型的な運動パターンであったりするため、子どもの反応を理解することが難しい。子どもはある程度の能力を持っているが、普通の発達段階を経て成長していくことはない。あるいはすべての面で子どものもつ障害は重度であるが、時が経つにつれ成長を見せることもある。しかし、ときに発達の後退が観察される。

3.2 異常な筋緊張の影響

子どもが示す過剰な低緊張や高緊張は日常生活のなかでしばしば家族を困惑させる。これは、身体が不安定で抱き難い、さまざまな姿勢に馴染み難いという場面で直感する。子どもが成長発達していくことで筋緊張の異常性は筋肉の運動性や関節の可動性をさらに制限し、構築学的な変形を引き起こすことがある。

3.3 感覚障害と機能

感覚の問題として、視覚・聴覚・体性感覚などが単独もしくは重複して障害を受けている場合がある。視覚障害では末梢性の障害である白内障、先天性緑内障やその他の構造的な視覚異常、視索そのものの問題や視覚皮質が関与する中枢性障害がある。目の協調運動の障害により視-空間知覚の問題が出現する。聴覚障害としては伝導性や感覚神経から聴覚経路を含む中枢性に及ぶ障害が複雑に関係している。また触覚は選択性感覚(側方/周辺抑制)がいつまでも未成熟であり、二重触覚刺激への過剰防衛反応が継続し、感覚の組織化が遅々として進まないだけでなく、左右の認識や方向性の獲得に不可欠な深部知覚や空間認識の計算処理が成り立たないため、身体図式を構築ができない。

3.4 異常運動パターンと行動制限

発達の初期に負った神経損傷と結びつくことで自発運動や姿勢運動パターンの異常がその後の発達において重大な制限因子になり、環境との相互作用や自ら自発的に環境に働きかけていくことを障害する。そのため、子どもは、自発的に周りとやり取りができるようになるまでは、受身的かつ依存的でなってしまう。このように身体面と感覚面の双方に障害を持ちながら、日々の生活を営んでいる。

4 機器開発に伴う理論的背景

4.1 姿勢制御の発達

Pountney TE,らは、『姿勢のコントロールの発達は、支持面を変化させていく能力を獲得していく過程』^[15]であると述べている。言い換えれば、中枢神経系における姿勢制御のメカニズムは支持面を的確に利用することで発達すると定義できる。しかし中枢神経系に障害をかかえる子どもたちにとって、手掛かりとなる支持面を的確に利用することは困難である。

4.2 構造体としての身体の発達

発達に必要な条件としては、人を含めた環境への最適適応である。これは機能障害を含む本人の能力・環境・課題が合致することで生じ、適応行動という主体的な形として表れる。構造体としての発達を考える際、構成的手法による発達という分野からの提案も重要になると思われる。國吉康夫は、日本赤ちゃん学会第4回学術集会の講演『胎児学習と初期認知発達の構成論的モデル化の試み』^[16]のなかで胎児の胎内活動に伴う情報入力、胎児の脳を形作るという側面から、ロボットおよび計算シミュレーションにより、非常に単純な学習システムが、感覚運動体験を通してより高次の認知能力を獲得していく可能性を示唆している。このなかで、不規則な動きをする二つの物体間を一本のベルト繋ぐことにより、その動きの幅は小さくなり、ベルトを三本に増やすことで、動きは微小になる。

言い換えると体幹を構成する胸郭と骨盤帯という二つの物体を制御することが出来ず不安定なままで崩れてしまう脳性まひ児の脊柱と筋肉を外部から補うことで、身体と環境情報による姿勢制御に必要な学習が形成される可能性を示唆している。

4.3 認知面からの発達

Campos, J.J.は、第2回「新・赤ちゃん学国際シンポジウム」の講演「移動経験が赤ちゃんの認知世界を作り出す」^[17]のなかで、遺伝情報として組み込まれ7~8ヶ月で出現する赤ちゃんのハイハイ(Crawling)は、生まれた時期、気候、地域、育て方によって発現する時期が変化すると述べている。これは、初夏に生まれた赤ちゃんはハイハイを始める時期が冬になるため、冬に生まれたこどもに比べ開始時期が3週間遅れる。また1995年よりアメリカでは乳児突然死症候群(Sudden Infant Death Syndrome)を予防するために背臥位で育てることを推奨したことでハイハイの開始は1ヶ月遅れたなど、発達における環境因子の重要性を指摘している。またハイハイという移動経験がもたらす影響として1)空間定位。2)隠したものを探せる。3)指さしや視線の先を見る(言語獲得の基盤)。4)姿勢の視覚的コントロール。5)高さに対する恐怖などを挙げている。これらは移動をおこなうことで周辺視野からの情報が増え姿勢制御に視覚情報^[18]が関与し、社会的参照や情動的コミュニケーションが増えることが認知機能の発達を促すためである。移動経験に障害を持つ赤ちゃんが移動経験を獲得することで指さしや視線の先を見る課題が12%から50%に改善していた。ま

た行動を変えるのは年齢ではなく経験である。移動は発達を促すものではあるけれど発達を生じさせるものではない。自らの力では移動が困難な子どもたちに対して、電動の移動機器を用いても移動の経験を行うことはニューロンネットワークの構築を促すためにも他の子どもたちが移動経験を開始する時期から開始することが重要であると考えられる。

Butler,C は 20～36 ヶ月の乳児でも電動移動機器を用いて自己制御による移動を身につけることができるとしている^[19-22]。そのことで自立度が高まり、無力感の軽減、社会性や情緒、認知発達の機会が促される。親たちも満足と積極的心理的効果があったことを報告している。また「移動補助具選択の結果が歩行発達の可能性を妨げることはなく、同様に子どもたちが、代替手段を利用したとしても、歩くことを『諦めない』」と述べている。

5 機器開発の経緯

5.1 CanChild での研究

カナダMcMaster 大学のCanChild Center for Childhood Disability Research^[23]が開発したGross Motor Function Classification System for Cerebral Palsy(GMFCS)では、障害のレベルを 5 段階に分け最も軽いグループをレベル I に最も運動障害の重いグループをレベル V に位置づけている。レベル V の子どもたちは補完的な技術(電動車いすや環境制御装置)を使っても自力移動が非常に制限されるといわれ、『2 歳～12 歳の誕生日の前日まで：身体的な障害が随意的な運動の制御と、頭部と体幹の抗重力的な肢位を保持する能力を制限している。立つことおよび坐ることの能力の制限は適合機器や補完的な技術を使っても完全には代償されない。レベル V では、子どもは極短距離這うか、寝返りして移動できることもあるが、独立した実用的移動能力を持つことはなく、移送される。高度に調整した電動車椅子を使って自力移動を達成する子どももいる』『レベル V の子どもは基本的な抗重力的な姿勢のコントロールですらも自立性に欠ける。自力による実用的移動は、子どもが電動車いすを操作する方法を覚えたときだけ達成される』と記載されている。

5.2 瑠菜ちゃんのプロフィール

2001.7.22.切迫早産にて 26W、730g で帝王切開にて出生する。

修正 4 ヶ月の EEG 異常はなく、MRI にて脳室の拡大と形状異常が認められ、PVL の恐れがあるため当院を紹介される。5 歳での GMFCS レベル V、上肢機能は Bimanual Fine Motor Function(BFMF)ではレベル IV である。

2002.4.17.理学療法開始。初期評価の要約と治療目標、背臥位では緊張性頸反射の影響を受けており姿勢制御と運動コントロールのタイミングが合っていない。運動の開始は伸筋群(押し付け)での対応を選択してしまう。頸部のコントロールは不十分で、上下肢共に高緊張である。下肢のシエマ化(気付き)はされてない。目標として、①下肢のシエマ化を促し自己の身体意識を高める。②効率的な上肢機能の獲得に主眼をおいた。



【1歳6ヶ月、頭部はネックロールにて保持】

2歳を過ぎても姿勢筋緊張は低く、座位での姿勢保持は困難であった。だが本人が環境に対して働きかけたいという気持ちは育ってきているため、身体機能とのギャップは拡大してきた。そのため中枢部を代償的固定し使用する場面が増えてきた。体幹の活動性を高めるために抗重力姿勢を用いての治療を進めてきたが、易疲労性が強く不応反応が増え、セラピストとの関係性にも支障をきたしてしまった。既存の治療法という文脈だけの介入に限界を感じた。治療計画の見直しの中で、障害を環境に対する適応障害と考え再構築をおこない。瑠菜ちゃんにとって、重力はどのような影響を及ぼしているのか。自分の重さが軽くなることで、立位場面における足底からの圧・重心移動情報の調整は可能になり、情報処理が的確におこなえればそれに見合った運動出力は可能になるのではないかと考えた。しかし、人の手を介しての操作には限界があるため、EVENFLO社製のJohnny jump-upを用いて吊り下げを試みた。吊り下げ式では使用環境にもおのずと制約を受けてしまい継続使用に限界をきたした。

そこで、体重の免荷と姿勢制御をサポートするための機器 Postural control support system (PCSS) と多目的電動移動機器(Multilocomotor) の開発を思い立った。



【2歳8ヶ月 Johnny jump-up を用いての遊び】

6 Postural Control Support System

6.1 構造と特徴

PCSSの構造は骨盤帯を支えるユニットと胸郭を支えるユニットから構成されている。それぞれのユニットは板バネにて連結され、且つ板バネに平行して左右からベルトでもユニットを支え、骨盤帯ユニットにある連結部を介して躯体に固定される。これらの機構は体幹が横方向に崩れた際に復元力として作用し、立ち直り反応を手助けすることにつながる。このユニットと躯体による体重免荷をおこなうことで、安心して足底からの感覚情報を受け取ることが可能になる。そのため過剰な姿勢制御による下肢筋緊張の亢進は減少し運動の制御を可能にする。それらを可能にするため躯体部の支柱に、4節リンク機構と封入式ガスダンパーが取り付けられた。このPCSSは従来からある体幹コルセットやHart Walkerとは異なり姿勢制御を学習する時に必要な身体の立ち直りの援助することで、セラピストがハンドリングとして行っていた行為を日常生活場面でも可能にした。また、ハンドリングは、子どもの動きをセラピストの手が感じ取り、セラピストの中枢神経系を介して子どもの動きを制御するため、時として動きを止められたり方向を変えられたりしてしまう。一定の秩序がなければ自ら姿勢や運動の制御を行ったという学習につながらないことを考えると熟練した技術を持ち合わせているか否かで治療効果に大きな差が生じてしまう。しかし、PCSSの制御機構は板バネとゴムひもといった極めてシンプル構造であり子どもの動きに対しても一定の応答が得られるため、中枢神経系における学習モデルの一つとされる誤差情報に基づくfeedbackやfeed forward機構^[24]の活性化にもつながる。



【PCSS 前面】



【PCSS 後面】

6.2 PCSSの開発過程

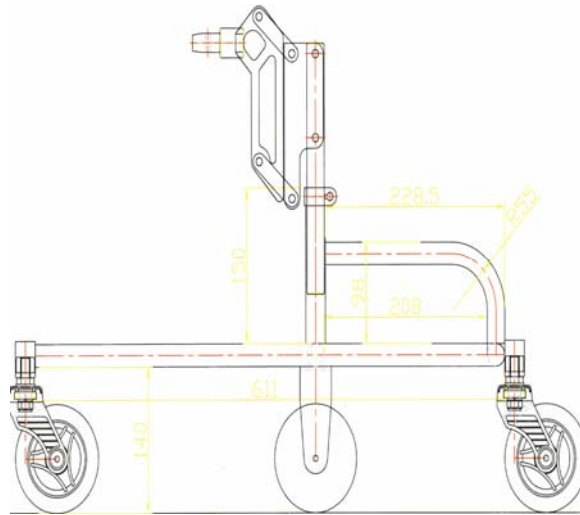
当初のPCSSユニット部では、左右一対のベルトが胸郭ユニット連結部から出ていたため横方向への崩れに対して復元力に欠けていた。また、骨盤帯ユニット接合部の構造的な強度不足によりガスダンパー自体が撓んでしまいサスペンションとしての効果を得ることができなかった。



【4節リンク付 PCSS】



【4節リンク付 PCSS 後面】



【PCSS 躯体部の設計図】



【PCSS ユニットに前方制御ベルト装着】



【PCSS を用いて PC マウス操作】



【完成した連結部】



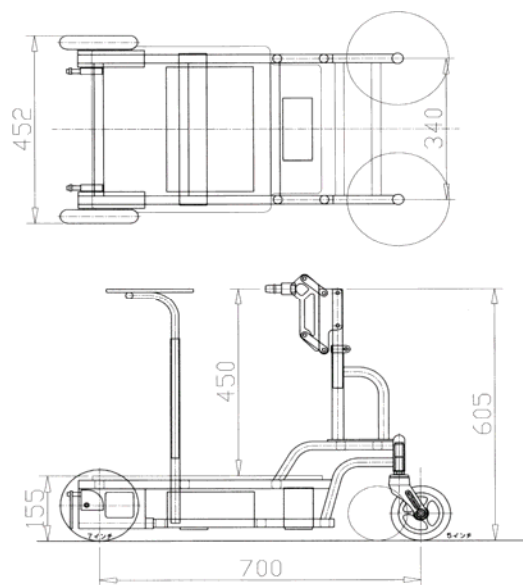
【完成した PCSS】

PCSS は自宅でも使用しているが、移動ができる Multilocomotor を好む。

7 Multilocomotor の開発過程

姿勢の制御をサポートした状態での移動経験をおこなうために、新たに移動機器の開発した。開発にあたり市販化され入手可能な電動ユニットとして YAMAHA JW-2 の駆動系を用いて試作を製作した。しかし駆動系が大掛かりなものになってしまい、低速でのスピード調節機能が無いため移動機器として使用することを断念した。再度、開発するにあたり駆動系および制御システム、バッテリー等をコンパクトに出来ることを前提に再検討した。その結果、前・後と回旋の速度を 0~1 km/h の範囲で無段階調節ができ、動き始めの衝撃が少ない有菌製作所社製の電動ユニットを用いることにした。

Multilocomotor は、縦 700mm ・ 幅 452mm ・ 高さ 400mm、総重量 24kg と試作機してはコンパクトに仕上がった。このことは、Multilocomotor の用途を室内に限定するものではなく多目的に使用する可能性を生みだした。



【Multilocomotor の設計図】



【各種コントローラーを製作】

金属性のレバーは感覚異常(原初的感覚)から触れることができなかった。そのため、レバーに毛糸を巻いたり、ビニールのキャップで覆ったりして対応した。

8 Multilocomotor を用いて移動経験の獲得過程

Multilocomotor という新奇課題を導入するにあたり以下のことに配慮した。

- ① Multilocomotor は PCSS と構造的には同じものであり、今まで経験してきた姿勢制御方法と変わらないことを理解できるまで電動ユニットを使用しない条件下で今まで行ってきた遊びを繰り返しながら姿勢制御の普遍性を学習した。
- ② Multilocomotor の操作時に経験する因果関係の理解を高めるため、自宅でもマウスを用いての PC 操作を積極的におこなった。
- ③ コントローラー使用に際しては、大人が操作方法を示し、視覚的情報を基に自らの行動における予期を促すことで適応性を高めた。
- ④ 使用時間は 40 分間とし、頻度は週 1 回でおこなった。
導入期から操作期までに 3 セッションの時間をかけた。



【Multilocomotor の導入】



【Multilocomotor 上での輪投げ】



【Multilocomotor を用いての PC 操作】



【Multilocomotor の初回操作】

8.1 移動経験獲得の経過

初回操作時にはコントローラーを動かすことにより姿勢制御に乱れを感じ驚きの表情を示したが、PCSS を使用している事から来る安心感がすぐに生まれ、情動面での崩れを生むことはなかった。

その後、自らの操作で空間が変化することに気付き始めた。操作を獲得する過程で訓練室の隅の方に行くことを好むようになってきた。それは、移動経験の初期にあらわれる自ら動くことで空間内の地図を作り始めているように思われる。また、壁に設置してある棚を見上げながら高さに対する興味も出現してきた。

セッション 1 :

操作開始の引き金は、輪投げで遊んでいるときにコントローラーに触れ動いたことがきっかけだった。



【輪投げで遊ぶのは楽しいな】



【ねえ、動いたよね：共感関係】

セッション10：

十字型のレバーに改良して操作が容易になった。金属製のレバーを握ることは苦手であるため、毛糸を巻いて対応した。



【レバーを押したら前に進むよ】



【ねえ、見ていてね】

セッション16：

静止している対象物に目印を位置づけ、対象物との距離や関係に気付き始めている。認知面や情緒面での成長もみられ子どもらしくなってきた。後方が気になり振り替えることが増えてきた。



【Multilocomotor を用いての移動】



【スタッフルームを覗いている】

ロッカーに貼ってある象のシールに気付き、ロッカーの前を行き来している。大人が見過ごすような些細なことに注目する子どもの世界に感激した。



【ロッカーの象のシールを発見】



【シールを見ながら前進・前進】

8.2 Multilocomotor のコントローラーの改良

Campos は来園の際、彼女の体力面を考えると 8～10 分で休憩をすること、上肢機能から考えるとタッチスイッチに改良することを提案した。



【タッチスイッチの Multilocomotor】



【タッチスイッチ操作の練習】

現在、地域の保育園に通うようになり環境への適応性も良くなってきている。発語は、ママ・取って・バイバイ、などが限られてはいるが、保育園の先生や友だちの名前を呼ぼうとしている様子が見られるそうです。また、訓練終了後には両手を合わせて『ありがとう』とサインで表現してくれます。最近では、リハ室から廊下に出て、すれ違う人にバイバイと声をかけることが楽しみになっています。まだまだ環境への適応性に弱さは感じますが、少しずつ「環境適応の窓」^[25]を開いていくためのお手伝いできればと思う。

9 まとめ

子どもたちの発達にとって初期の移動経験が果たす役割は大変重要である。しかし、運動障害が重度であるため、自らの動きで移動を経験できない子どもたちに出会うことがある。このような子どもたちにとって人を含む環境が常に迫ってくる世界はどのように映り、どのように感じるのだろうか。運動障害により早期から介助を受け続けることで、子どもたちの心は常に受身の状態に陥り、自己の有能性や自立性は容易に失われる。そのため、主体的に他人とかかわり社会参加をすることに対しても制約が起こる。

Beckung,Eらは、5～8歳の脳性まひ児の176名に対して、神経損傷と活動制限および参加の制約を調査した。その結果、GMFCSとBFMFの間には強い相関があり、GMFCSレベルVの場合、運動に関しては、80%弱の子どもがほとんど困難か深刻な状態であった。教育に関しては、大部分の子どもが深刻な状態であった。しかし、社会的制約になると10%の子どもは中等度の障害であった。また、BFMFレベルIVの場合、運動に関しては66%が深刻で、10%が中等度であった。教育に関しては、33%が中等度であった。社会的制約に関しては、中等度を中心にすべてのレベルに分布していた^[26]。このことは、重い運動障害があっても、社会性の制約に関しては改善する可能性を示唆している。

しかし、我が国においては、電動車椅子の交付年齢は7歳以上に決められている。また

安全な操作ができない限り交付決定はされない。言い換えれば早期からの導入は自費で購入しないかぎり事実上困難である。制度が無いことは、このような取り組みをおこなうことの必要性を誰も感じていない。今回、開発した PCSS と Multilocomotor を用いたことで子どもたちが能動的に環境とのかかわりを持つ場面を数多く経験した。近年、脳科学やロボット工学などの科学技術が進歩するなかで、運動障害をもつ子どもたちが自らの力で環境とのかかわりを楽しむことができる機器の開発には是非とも日本赤ちゃん学会に参加している諸先生方の協力を熱望する。

10 謝辞

今回「財団法人 フランスベット・メディカルホームケア研究・助成財団」からの研究助成金をいただき機器の開発が出来たことに心から感謝いたします。また研究開発の良きパートナーである瑠菜ちゃんのご両親にも心から感謝いたします。

尚、論文のなかで使用している写真および協力者の氏名に関しては、個人情報保護法に基づき親御さんの許可を得て掲載させていただきました。

参考文献

- [1] Palisano,R et al : Development of validation of a gross motor function classification system for children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology* 39,214-223(1997).
- [2] Mutch, L. Alberman, E. Hagberg, B. Kodama, K, Perat, MV. : Cerebral palsy epidemiology: where are we now and where are we going? . *Developmental Medicine & Child Neurology* 34,547-551(1992)
- [3] <http://www.castangfoundation.net/home.asp>
- [4] Mayston,M : Evidence-based physical therapy for the management of children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology* 47, 795-795 (2005).
- [5] Charles JR : Efficacy of a child-friendly form of constraint-induced movement therapy in hemiplegic cerebral palsy: a randomized control trial. *Developmental Medicine & Child Neurology* 48,635-42(2006)
- [6] 今川忠男：発達障害児の新しい療育 三輪書店(2000)
- [7] Ketelaar,M : Children with cerebral palsy: A functional approach to physical therapy.(Eburon Academic Publishers,1999).(今川忠男監訳「脳性まひ児と両親のための機能的治療アプローチ」三輪書店, 2004)
- [8] Scherzer,A : Early Diagnosis and Interventional Therapy in Cerebral Palsy: An Interdisciplinary Age-Focused Approach, third edition.(Marcel Dekker,2001).(今川忠男監訳「脳性まひの早期治療 第2版」医学書院 2003)
- [9] Rosenbloom,L : Consequences of impaired movement: A hypothesis and review. In: Holt KS, ed. *Movement and Child Development*. Philadelphia: Lippincott, 159-162(1975)
- [10] Lewis,M : Perceptual-cognitive development in infancy: A generalized expectancy model as a function of the mother-infant interaction. *Merrill-Palmer Q* 81-100(1969)
- [11] Harter,S : Effectance motivation revisited: Toward a developmental model. *Human Development* 34-64(1978)
- [12] Safford,P : *Developmental Intervention with Young Physically Handicapped Children*. Springfield, IL: Chaeles C Thomas, (1975)
- [13] <http://www.ninds.nih.gov/index.htm>

-
- [14] <http://www.twinenterprises.com/cp/>
- [15] Pountney ,TE : Early developmental of postural control. *Physiotherapy* 799-802 (1990)
- [16] 國吉康夫 : 『胎児学習と初期認知発達の構成論的モデル化の試み』 日本赤ちゃん学会 第4回学術集会 (2004)
- [17] Campos,J.J. : 「移動経験が赤ちゃんの認知世界を作り出す」. 新・赤ちゃん学国際シンポジウム(2003)
- [18] Campos,J.J. Uchiyama,I : Responsiveness to terrestrial optic flow in infancy: does locomotor experience play a role? *Human Movement Science.* 4-17. (2006)
- [19] Butler C : Effects of powered mobility on self-initiated behaviors of very young children with locomotor disability *Developmental Medicine & Child Neurology* 325-32(1986)
- [20] Butler C : Powered mobility for very young disabled children. *Developmental Medicine & Child Neurology* 472-474 (1983)
- [21] Butler C : Effects of powered mobility on self-initiated behaviors of very young children with locomotor disability. *Developmental Medicine & Child Neurology* 325-332 (1986)
- [22] Tefft D : Cognitive predictors of young children's readiness for powered mobility. *Developmental Medicine & Child Neurology* 665-670(1999)
- [23] <http://www.canchild.ca/Default.aspx?tabid=36>
- [24] Imamizu,H : Modular organization of internal models of tools in the human cerebellum *Proc Natl Acad Sci U S A.* 5461-5466(2003)
- [25] Bateson,P: How do sensitive periods arise and what are they for? *Animal Behaviour* 470-486(1979)
- [26] Beckung,E : Neuroimpairments,activity limitations, and participation restrictions in cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology* 309-316 (2002)