

平成 30 年 6 月 17 日現在

機関番号：34449

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2017

課題番号：26560292

研究課題名(和文)脳性麻痺児の実用的独歩獲得に影響を与える機能障害因子の同定

研究課題名(英文)Identifying impairment-level factors which could influence the acquisition of practical walking skills in children with cerebral palsy

研究代表者

藪中 良彦(YABUNAKA, YOSHIHIKO)

大阪保健医療大学・大阪保健医療大学 保健医療学部・教授

研究者番号：60536803

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、10歩以上の独歩が可能であるが日常生活場面で実用的独歩が困難な脳性麻痺児と実用的独歩が可能な脳性麻痺児を比較し、実用的独歩に影響する因子を明らかにすることであった。

国内11施設の脳性麻痺児70名よりデータを収集した結果、10歩以上独歩が可能な痙直型両麻痺脳性麻痺児の実用的歩行レベル(室内四つ這い移動、時々壁や物に手をつきながら屋外を独歩、壁や物に手をつかずに屋外を独歩)の違いに、股関節伸筋筋力、膝関節屈筋筋力、足関節底屈筋力、足関節の選択的運動コントロール能力、片脚立位能力、後歩き能力が影響していることが明らかになった。特に膝関節屈筋筋力の影響が強いことが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to identify factors which influence the acquisition of practical walking skills in children with cerebral palsy who can take more than 10 steps without any assistance, by means of comparing those who cannot practically walk with those who can practically walk in daily life.

Based on the data from 70 children with diplegic cerebral palsy, it has been demonstrated that muscle strength in hip extensors, knee flexors and ankle plantar flexors, selective motor control in ankles, one-leg standing and backward walking influence the practical walking skill levels which are I; crawling but not walking indoors, II; walking outdoors occasionally touching walls, furniture, etc., III; walking outdoors without touching walls, furniture, etc. Among these factors, it has been suggested that the knee flexors' influence was the strongest.

研究分野：複合領域, 人間医工学, リハビリテーション科学・福祉工学・理学療法学, 脳性麻痺

キーワード：脳性麻痺 実用的独歩獲得 機能障害 機能的動作

1. 研究開始当初の背景

脳性麻痺児を粗大運動能力別に5レベルに分類する判別的尺度である粗大運動能力分類システム (GMFCS)¹⁾で脳性麻痺児を層別化し、標準化された評価の尺度である粗大運動能力尺度 (GMFM-66)²⁾で評価することで、治療介入による脳性麻痺児の粗大運動遂行能力の向上を証明できるようになっている³⁾。しかし、治療によってどの機能障害レベルの制限因子が変化した結果、粗大運動能力の改善がもたらされたのかは、ほとんどの場合不明である。そのため、ある動作の遂行が困難な場合、どの機能障害レベルの制限因子にアプローチすることが効率的であるかが明らかではない。その結果、脳性麻痺に対する理学療法治療分野においては、治療が手探りの状況で行われており、スタンダードなアプローチを確立できない状況である。この状況を打破するためには、脳性麻痺児の各基本動作遂行に影響を与えている機能障害レベルの因子を明らかにすることがまず必要であった。

2. 研究の目的

研究の目的は、10歩以上の独歩が可能であるが日常生活面で実用的独歩が困難な脳性麻痺児と実用的独歩が可能な脳性麻痺児の機能障害レベルおよび動作レベルの因子を比較し、実用的独歩に影響する因子を明らかにすることであった。

3. 研究の方法

(1) 対象児

包含基準は、8歳から19歳の年齢の者、脳性麻痺児の診断を受けている者、運動麻痺が痙直型両麻痺に分類される者、粗大運動能力分類システム (GMFCS) レベル I ~ II の者、口頭指示に従って動作が行えるだけの言語理解能力がある者、室内で10歩独歩できる者であった。

除外基準は、運動麻痺が、痙直型片麻痺、痙直型四肢麻痺、アトローゼ型、失調型に分類される者、GMFCS レベル III の者、過去1年間に整形外科的手術を受けた者、過去6ヶ月間にボツリヌス毒素療法を受けた者、その他研究代表者が対象者として不適当と判断した者であった。

(2) 方法

今回の研究は、文献研究、パイロット研究、本研究の3段階で実施した。

文献研究

文献研究を通して、脳性麻痺児の独歩に影響する可能性のある因子を明らかにした。

パイロット研究

まず、実用的歩行レベルを3つのレベルに分類した。そして、10歩以上独歩が可能な痙直型両麻痺脳性麻痺児6名 (各実用的歩行レベル2名) において、文献研究で明らかになった独歩に影響する可能性のある因子の測

定を行い、因子を7つに絞り込んだ。

本研究

国内11施設の協力を得て痙直型両麻痺脳性麻痺児70名より、パイロット研究で絞り込んだ7つの因子のデータ収集を行った。収集したデータを統計学的に分析し、脳性麻痺児の独歩に影響する可能性のある因子の同定を行った。

(3) 統計学的分析

統計学的解析には、IBM SPSS Statistics 23を使用し、Shapiro-Wilk検定、一元配置分散分析、Kruskal-Wallis検定、重回帰分析、多重ロジスティック分析を行った。

4. 研究成果

(1) 結果

文献研究

文献研究を通して、関節可動域 (股関節伸展、膝窩角、足関節背屈)、筋力 (股関節伸展筋/外転筋、膝関節伸展筋/屈曲筋、足関節底屈筋)、痙縮 (ハムストリングス、下腿三頭筋)、触圧覚 (足底)、位置覚 (股関節、膝関節)、運動覚 (足関節、母趾)、下肢の選択的運動コントロール [Selective Control Assessment of the Lower Extremity: SCALE] (股関節、膝関節、足関節、距骨下関節、足趾)、全身持久力、片脚立位能力、後方歩き能力が、脳性麻痺児の独歩に影響する可能性のある23個の因子として明らかになった。

パイロット研究

まず、実用的歩行レベルを、室内の50%以上を四つ這いで移動する、室内及び屋外平地移動時に50%以上独歩を行うが、壁などに手をつく必要がある時がある、室内及び屋外平地移動時に、壁などに手をつくことなく独歩で移動できるの3つに分類した。

次に、10歩以上独歩が可能な痙直型両麻痺脳性麻痺児6名 (各実用的歩行レベル2名) において、文献研究で明らかになった独歩に影響する可能性のある23個の因子をゲシュタルト的に比較した。その結果、筋力 (股関節伸筋、膝関節屈筋、足関節底屈筋)、SCALE (足関節、距骨下関節)、片脚立位能力、後方歩き能力が実用的独歩能力に影響している可能性が高いことが明らかになった。

本研究

国内11施設の痙直型両麻痺脳性麻痺児70名 (平均年齢13歳11ヶ月±3歳3ヶ月、8歳0ヶ月~19歳6ヶ月、男性39名、女性31名、平均体重41.0kg±12.1kg、GMFCS レベル II 51名、III 19名、実用的歩行レベル I 10名、II 29名、III 31名) において、筋力 (股関節伸筋、膝関節屈筋、足関節底屈筋)、SCALE (足関節、距骨下関節)、片脚立位能力、後方歩き能力の測定を実施した。筋力 (股関節伸筋、膝関節屈筋、足関節底屈筋)、足関節 SCALE、距骨下関節 SCALE、片脚立位は、

症例が痙直型両麻痺脳性麻痺児で両側性障害であるため、左右の値を合計して統計解析に使用した。

各実用的歩行レベル群の股関節伸展筋、膝関節屈筋、足関節底屈筋データの箱ひげ図を作成し、箱の上下の縁から数えて開差の1.5倍以上の値を「外れ値」として除外した。股関節伸展筋データにおいては、レベルで2データ、レベルで1データが外れ値となった。膝関節屈筋データにおいては、レベルで3データ、レベルで1データが外れ値となった。足関節底屈筋データにおいては、レベルで2データ、レベルで1データが外れ値となった。

外れ値除去後のデータにおいて、各実用的歩行レベル群の各筋力（股関節伸展筋、膝関節屈筋、足関節底屈筋）データが正規分布していることが、Shapiro-Wilk検定によって確かめられた。

各筋において、実用的歩行レベルによって筋力に違いがあるかどうかを、一元配置分散分析を使用して調査した。

股関節伸展筋力データは等分散していなかったため、平均値同等性の耐久性検定（Welchの検定）を行った。その結果3群の中に違いがあることが明らかになった（ $p < 0.001$ ）。その後の多重比較（Games-Howellの検定）で、レベルとの間（ $p < 0.001$ ）及びレベルとの間（ $p < 0.001$ ）に有意差があることが判明した。

膝関節屈筋筋力と足関節底屈筋筋力データは等分散していたので、分散分析を行った結果、膝関節屈筋筋力（ $p < 0.001$ ）と足関節底屈筋筋力（ $p < 0.025$ ）において実用的歩行レベル別の3群の中に違いがあることが明らかになった。その後の多重比較（Tukey HSDの検定）で、膝関節屈筋筋力においては、レベルとの間（ $p < 0.001$ ）及びレベルとの間（ $p < 0.001$ ）に有意差があることが判明した。

足関節底屈筋力においては、レベルとの間（ $p < 0.020$ ）に有意差があることが判明した。

足関節 SCALE、距骨下関節 SCALE、片脚立位、後歩きにおいて、実用的歩行レベルによって違いがあるかどうかを、Kruskal-Wallis検定を使用して調査した。

足関節 SCALE（ $p < 0.013$ ）、片脚立位（ $p < 0.001$ ）、後歩き（ $p < 0.001$ ）において、実用的歩行レベル3群の中に違いがあることが明らかになり、実用的歩行レベルが高いほど足関節 SCALE、片脚立位、後歩きの得点が高かった。距骨下関節 SCALE は $p = 0.061$ で傾向は示されたが、有意差は示されなかった。

筋力（股関節伸展筋、膝関節屈筋、足関節底屈筋）データを独立変数、順序尺度である実用的歩行レベルを従属変数として、従属変数に対する各独立変数の影響程度を、重回帰分析を使用して調査した。その結果、膝関節屈筋筋力だけが実用的歩行レベルに影響する因子として残った。その標準偏回帰係数は

0.593（ $p < 0.001$ ）であり、中程度から強い影響力があった。一方で、その「調整済み R^2 乗」は 0.339 であり（ R^2 乗 > 0.5 が理想）、モデルの予想精度はそれほど高いものではなかった。

実用的歩行レベルとの違いに影響を与えている要素を調査するために、筋力（股関節伸展筋、膝関節屈筋、足関節底屈筋）を独立変数として、多重ロジスティック分析を実施した。その結果、膝関節屈筋筋力が実用的歩行レベルとの違いに影響を与えていることが示唆された。膝関節屈筋筋力による実用的歩行レベルとの判別の的中率は、80.8%であった。

(2) 考察

実用的歩行レベル群（10歩理学療法室内で歩行できても実用的に独歩できない）およびレベル群（実用的に独歩できるが、壁等に手をつく必要がある）に比べて、レベル群（壁などに手をつかずに実用的に独歩できる）において股関節伸筋の筋力が有意に強かったことは、歩行中に股関節伸筋筋力を十分に発揮できることで、遊脚終期から立脚前期にかけて体幹を直立位に保てるようになり、バランスを崩しにくくなり、壁などに手をつくことなく独歩できることにつながると考えられる。

実用的歩行レベル群と比較してレベル群で足関節底屈筋の筋力が有意に強かったことは、脳性麻痺の若者において足関節底屈筋の筋力弱体化が著名で歩行に関係していたという研究⁴⁾や、足関節底屈筋の筋力向上により歩行速度やケイデンスや歩幅が向上したという研究⁵⁾と同様に、歩行機能に足関節底屈筋筋力が関連しており、ある程度の足関節底屈筋筋力がないと実用的な独歩が難しいことを示唆するものであった。

実用的歩行レベルによって足関節の選択的運動コントロール（selective motor control: SMC）に違いがあるという結果は、SMCが脳性麻痺児の歩行能力に関係しているという研究⁶⁾と一致するものであった。足部の内外反も歩行中のバランスをコントロールするために重要であるため、距骨下関節 SCALE も実用的歩行レベルによって違いがあることを予想していたが、統計学的な分析結果は有意差を示さず、傾向を示しただけであった。この結果は、距骨下関節 SCALE の評価が微妙で、検者間信頼性が高くなかったために生じた可能性がある。

実用的歩行レベルによって片脚立位能力と後歩き能力に違いがあるという結果は、実用的歩行レベルを向上するために片脚立位能力と後歩き能力を高めることが有効である可能性および実用的歩行能力の評価として片脚立位と後歩きを使用できる可能性を示唆するものであった。

実用的歩行レベルとに比べてレベルにおいて膝関節屈筋筋力が有意に強かつ

た結果、3つの実用的歩行レベルの違いに膝関節屈筋筋力が影響しているという結果、レベルと の違いに膝関節屈筋筋力が影響しているという結果は、実用的独歩獲得に最も影響する可能性のある因子が膝関節屈筋筋力であることを明らかにした。この結果は、膝屈曲力(ハムストリングス: Hamstrings)を膝伸展力(大腿四頭筋: Quadriceps)で除したHQ比率が高い方が粗大運動能力が高く、姿勢筋である膝屈筋の方が抗重力筋である膝伸筋よりも粗大運動機能に影響するという研究結果⁷⁾と一致するものであった。しかし、股関節屈筋の主な働きは、歩行中遊脚期から立脚期への変換期に、遊脚相の下肢の振り子運動を減速して運動の方向を変える働きと、大腿四頭筋と同時に働くことで股関節や膝関節の安定性を保持する働きである。そのため、膝関節屈筋の筋力が上がることで歩行機能が直接的に向上するとは考えにくい。

Wileyら⁸⁾は、脳性麻痺児の筋力の弱さの原因として、筋肉の硬さや拘縮によって筋力を発揮するために効果的な筋肉の長さがないことおよび筋肉の機械的構造の変化に加えて、主動作筋の収縮時に拮抗筋が緩まないために筋力の発揮が妨げられる可能性に言及している。また、膝関節屈筋が、主動作筋として膝関節を随意的に屈曲しようとするときよりも、大腿四頭筋が主動作筋、膝関節屈筋が拮抗筋となり膝関節を伸展しようとした時のほうが筋電図の振幅が大きくなることを発表している。このように脳性麻痺児の膝関節屈筋は選択的、分離的収縮が難しい筋肉であり、随意的に筋力を発揮しにくい筋肉である。そのため、筋力測定時のような随意的収縮時に膝関節屈筋が筋力を発揮できることは、筋力だけでなく、筋肉を選択的に収縮できる選択的運動コントロール能力を表しているのではないかと考える。すなわち、非常に選択的運動コントロールが難しい膝関節屈筋を選択的に収縮させて筋力を発揮できるということは、下肢の選択的運動コントロール能力が優れており、その結果実用的独歩機能が高いことにつながっているのではないかと考える。

もしそうであるならば、ここで問題になるのが、膝関節のSCALEの結果である。パイロット研究において膝関節SCALEの測定を行ったが、その結果と実用的歩行レベルとの間に一定の傾向がなかった。膝関節SCALEは、端座位で測定を行うため、膝関節伸展は抗重力方向の動きであるが、膝関節屈曲は従重力方向の動きである。脳性麻痺児にとって膝関節伸展は同時収縮パターンを使って比較的簡単に行うことができる。また、膝関節屈曲は下腿部の重さも使用してあまり膝関節屈筋を強く収縮しなくても可能である。そのため、下肢のSMC能力の低い被験者も膝関節の屈伸を行うことができ、実用的歩行レベルの3群で差が出なかった可能性がある。

結論として、実用的歩行レベルに最も影響

している因子は膝関節屈筋の筋力であったが、膝関節屈筋の筋力が強いことで直接的に実用的独歩機能が向上するとは考えにくい。膝関節屈筋の筋力が発揮しやすいことは、下肢のSMC能力が高いことを表し、その結果として独歩機能が高くなっていると考えられる。

(3) 研究の限界と今後の研究の展望

本研究の最大の限界は、10歩歩くことはできるが実的に歩行できない実用的歩行レベルの被験者が10名と、他の実用的歩行レベルの群に比べて少なかったことである。そのため、今後も研究を継続し、後20名実用的歩行レベルの群の被験者を増やし、再度統計学的分析を行う必要がある。また、SCALEの判定が難しい場合が多かったので、評価者に対するSCALEの研修を増やすと共に、基準動画の判定との一致度を確認するテストを行い、ある一定以上の一致度に達した評価者だけが評価を行うようにする必要がある。

また、今回の結果は、実用的歩行レベル3群の間でいくつかの因子に差があることが明らかになっただけで、差が見つかった因子と実用的歩行レベルの間に因果関係があるかどうかは不明である。そのため、今回見つかった因子に対して介入を行った結果実用的歩行レベルが向上するかどうかを確かめるための前方視的介入研究を実施する必要がある。

(4) まとめ

股関節伸筋と足関節底屈筋の筋力増強トレーニングを行い、足関節の選択的運動コントロールと選択的な運動の中で膝関節屈筋の筋力発揮を促す練習を行うことで、効率的に実用的歩行レベルを向上できるかもしれない可能性が明らかになった。また、実用的歩行能力の向上の評価は、片脚立位能力と後歩き能力を評価することで実施できる可能性も示唆された。

引用文献

- 1) 藪中良彦, 園田茂, 近藤泉, 川原田里美: 粗大運動能力分類システム(GMFCS)レビュー 信頼性, 妥当性, 有効性, 総合リハビリテーション. 2010; 38: 779-783
- 2) 藪中良彦: 粗大運動能力尺度(GMFM), OTジャーナル 2004; 38: 603-612
- 3) Yabunaka Y, Kondo I, Sonoda S, Saitoh E, Tsuruta Y, Konaka M, Konaka T, Kawarada S: Evaluating the effect of intensive intervention in children with cerebral palsy using a hypothetical matched control group: A preliminary study. Am J Phys Med Rehabil 2011; 90: 128-136
- 4) Dallmeijer AJ et al.: Association between isometric muscle strength and gait joint kinetics in adolescents and young adults with cerebral palsy. Gait

- & Posture 2011; 33: 326-332
- 5) Jung JW et al.: Effect of strength training of ankle plantarflexors on selective voluntary motor control, gait parameters, and gross motor function of children with cerebral palsy. J Phys Ther Sci 2013; 25: 1259-1263
 - 6) Eek MN et al.: Muscle strength and kinetic gait pattern in children with bilateral spastic CP. Gait & Posture 2011; 33: 333-337
 - 7) Hong WH et al.: Knee muscle strength at varying angular velocities and associations with gross motor function in ambulatory children with cerebral palsy. Research in developmental disabilities 2012; 33: 2308-2316
 - 8) Wiley ME, Damiano DL: Lower-extremity strength profiles in spastic cerebral palsy. Dev Med Child Neurol 1998; 40: 100-107.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

藪中良彦, 特集エキスパートが語る小児理学療法 脳性麻痺研究, 理学療法ジャーナル, 査読有, 51巻, 2017年, 1067 - 1077, DOI[<https://doi.org/10.11477/mf.1551201055>]

〔学会発表〕(計0件)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

特になし

6. 研究組織

(1)研究代表者

藪中 良彦 (YABUNAKA, Yoshihiko)
大阪保健医療大学・保健医療学部・教授
研究者番号: 60536803

(2)研究分担者

近藤 和泉 (KONDO, Izumi)
国立研究開発法人国立長寿医療研究センター・その他部局等・その他
研究者番号: 50215448

中 徹 (NAKA, Tohru)
群馬パーズ大学・保健科学部・教授
研究者番号: 50278975