

令和 2 年 6 月 23 日現在

機関番号：32607

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01519

研究課題名(和文)脳性麻痺児の生活に潜む変形リスクを見える化してケアする関節肢位記録システムの構築

研究課題名(英文)Constructing hip joint position monitoring system to reveal risk of deformities in daily life of children with cerebral palsy

研究代表者

佐藤 春彦 (Sato, Haruhiko)

北里大学・医療衛生学部・准教授

研究者番号：30274062

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、小型の加速度計を使い、股関節肢位を24時間記録するシステムを開発した。まず、健康な若年成人9名でシステムの信頼性を検証し、次に、脳性麻痺を持つ26名の児と12名の健常児で普通の生活における股関節肢位を24時間記録した。その結果、次のことが明らかとなった。1) 構築した股関節肢位システムは、装着容易で股関節肢位を正しく計測できた。2) 風に吹かれた股関節肢位は、夜間睡眠時においては重度の脳性麻痺児だけでなく、健常児においてもよく見られた。3) 自ら姿勢を変えられない重度の脳性麻痺児は、風に吹かれた股関節肢位に偏りがあり、その姿勢が長時間続く傾向が見られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

仰向けで下肢が右か左かに倒れる風に吹かれた股関節肢位は、脳性麻痺を持つ児によく見られる。本研究で構築した3つの加速度計による股関節肢位記録システムは、胸部前面と両大腿に装着するだけで姿勢を同定できるという利点を持つ。今回実施した様々な運動障害レベルの脳性麻痺児、および健常児の計測結果から、風に吹かれた股関節肢位のような変形につながる非対称的な肢位が健常児にも見られることがわかり、変形予防における姿勢変換の重要性を強く認識させるものである。股関節肢位記録システムは変形予防に向けた姿勢への介入の効果を明確にする上でも役立つものと思われる。

研究成果の概要(英文)：A windswept hip position (WHP) is often seen in children with severe cerebral palsy (CP). However, it is still unclear how long children with CP remain in the WHP in their daily life. We developed a triple-accelerometer system for detecting it over 24 hours. First, we assessed the reliability of our system in 9 healthy young adults, and then we assessed WHP and other positions over 24 hours in 26 children with spastic CP and 12 typical developing (TD) children. The results revealed as follows: 1) The proposed monitoring system is a reliable and valid approach for assessing WHP in free-living setting. 2) During nighttime sleep, the WHP was commonly seen in children with TD as much as in children with severe CP. 3) Severe CP children were less able to volitionally shift in and out of WHP. Therefore, the key to preventing the development of the deformity may be to avoid the posture or change positions frequently during sleep.

研究分野：理学療法学

キーワード：脳性麻痺 粗大運動脳力分類システム ウエアラブルセンサ 日常生活姿勢 変形予防

## 様式 C - 19, F - 19 - 1, Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

脳性麻痺とは、受胎から生後1か月の間に発生した脳の損傷に起因する姿勢と動作の障害と定義されている<sup>1)</sup>。通常、出生時に体幹や四肢に変形は見られないが<sup>2,3)</sup>、成長につれて変形が顕れ、風に吹かれた股関節変形と呼ばれるような見た目にもはっきりとわかる変形が著明になる<sup>4,5)</sup>。変形のうち、一側の股関節が内転、もう一側が外転を呈する「風に吹かれた股関節変形」は、筋緊張の左右差により引き起こされると見られている<sup>6)</sup>。しかしながら、自発的な動きが乏しい重度の脳性麻痺児では、仰向けで膝を曲げた下肢が左右どちらかに倒れた「風に吹かれた股関節肢位」に陥った際、その姿勢を変えられずにいることも、変形を助長するとの指摘もある<sup>7,8)</sup>。

代表者らは、脳性麻痺児の日常生活姿勢を装着型のセンサを用いて記録し、同じ姿勢のままでの時間などを調べてきた。本研究では、股関節肢位を中心に記録できるシステムを構築し、不良な姿勢と捉えられている「風に吹かれた股関節肢位」について、運動障害の重症度も踏まえて調査し、不良姿勢が変形につながる可能性を明らかにすることを着想した。

### 2. 研究の目的

本研究は日常生活の中で「風に吹かれた股関節肢位」がどの程度、どのくらい長く続くのかを明らかにするため、その計測手法の開発と臨床調査で構成される。

- (1) 開発：胸部と両大腿に装着した加速度からなるシステムを構築し、「風に吹かれた股関節」と呼ばれる肢位が正しく計測できるのか、健常若年成人を対象に、信頼性と妥当性を検証した。
- (2) 調査：計測システムを用い、軽度から重度まで様々な運動機能レベルの脳性麻痺児と健常児を対象に、日常生活の中で「風に吹かれた股関節肢位」の持続時間と頻度を詳細に検討した。

### 3. 研究の方法

#### (1) 加速度計による股関節肢位計測システムの構築

股関節肢位を含む姿勢は、胸部と両大腿の前面に小型の加速度ロガーを貼り付け(図1)、記録された加速度情報を元に同定した。計測された重力加速度の方向を頼りにロガーの傾斜角度を算出し、胸部のロガーに対する右大腿のロガーの傾斜から右股関節角度、胸部のロガーに対する左大腿のロガーの傾斜から左大腿の角度を算出した。体幹と股関節角度、および運動加速度も加味し、11の肢位と運動(風に吹かれた股関節肢位(左右)、腹臥位、側臥位(左右)、仰臥位、坐位、車いす移動、歩行、階段昇降、運動)を判別し、1分間ごとに最も多く見られたものをその時間の姿勢あるいは活動と同定した。

#### (2) 計測システムの信頼性と妥当性の検証

健康な大学生9名を対象とした。対象者に想定した13種類の姿勢と運動から12種類を選び、3分ごとに姿勢を変えながら連続36分間計測した。13種類の姿勢は前述の11種類に、両股関節を開くあぐら坐位と仰臥位での「がに股」も試行に加え、それぞれ坐位や仰臥位に同定されるかも確認した。また、普段通りの生活についても記録し、前述の11種類の姿勢を同定した。これを対象者自身がつけた行動記録と照らし合わせ、「臥位」、「坐位」、「活動」の総時間が、推定したものと一致するかで妥当性を検証した。

#### (3) 脳性麻痺児の日常生活における風に吹かれた股関節肢位

26名の脳性麻痺児と12名の健常児を対象に日常生活における股関節脳性麻痺児の筋緊張のタイプは全て痙直型で、移動能力は自由に動き回れる児から寝たきりレベルまで様々であった。ここでは、大きく、補装具などの助けを借りれば自力で移動できる軽度脳性麻痺群9名と自分ではほとんど移動できない重度脳性麻痺群17名に分けた。開発した股関節肢位記録システムを装着し、普段通りの生活における姿勢を記録した。結果は軽度と重度の脳性麻痺群と健常群の3つについて、日中と夜間睡眠時の姿勢に分けて比較した。

### 4. 研究成果

本研究では、脳性麻痺児の体幹変形の予防に向けて、日常生活で見られる姿勢のうち、股関節が不安定な「内転・内旋位」を呈する「風に吹かれた股関節肢位」を同定し、重度の脳性麻痺児が如何に変形のリスクを抱えているかを明らかにした。

#### (1) 絆創膏で貼付可能なパッチサイズの股関節肢位計測システム(図1)

体幹と大腿の肢位を測る加速度ロガーとして、Accstick(質量6g、大きさ33×16×10mm)を採用した。この基盤を別注したプラスチックケースに収納し、装着部位に絆創膏で貼り付けることで、違和感なく長時間連続してデータを得ることに成功した。計測に対する参加者の負担も少ない。あらかじめ設定した日時にロガーが自動で記録を開始するので、参加者は決められた時刻に装着するだけでよい。取得したデータから「風に吹かれた股関節肢位」を含む日常生活姿勢を同定するプログラムは、研究責任者が独自に作成したもので、市販の運動計測装置にはないものである。加速度ロガーの性能が上げれば、例えば歩行中の関節運動角度の計測が可能になるなど、応用の範囲も広がるのが期待できる。

#### (2) 計測システムの高い信頼性(図2)

健康な人に肢位計測ロガーを貼り付け、様々な姿勢を判別できるかを検討したところ、誤った認識はなく、正解率は100%であった。24時間装着させた時の装着者本人の活動の記録(眠っている、座っている、移動中など)と照らし合わせても、本システムで同定された姿勢は妥当なもの

と考えられた。

(3) 風に吹かれた股関節肢位は健常児にもよく見られる(図3)

風に吹かれた股関節変形と呼ばれる、一側の下肢が外転・外旋、もう一側が内転・内旋をとる非対称的な肢位は、脳性麻痺児に見られることから、「特殊な姿勢」と見られがちであった。しかし、本研究の脳性麻痺児と健常児の日常生活姿勢を24時間記録する調査によって、健常児でもよく見られる姿勢であることが明らかになった。健常児では睡眠時に見られていたが、これは、仰臥位姿勢から側臥位への寝返りの途中で止まり、そのままの姿勢が続くと考えられた。ただし、健常児では自ら姿勢を変えることができるので、このままの姿勢が長時間続くことはなく、右か左に偏ることもなかった。重度脳性麻痺児では一度ある肢位に陥ると、そこから姿勢を変えられないため、そのままの姿勢が長く続くと思われた。非対称的な姿勢が長く続くことは、変形を助長するものと考えられる。今回開発したシステムは、こうした変形リスクを明確に捉えることができ、また、姿勢への介入による効果検証においても役立つものと思われる。

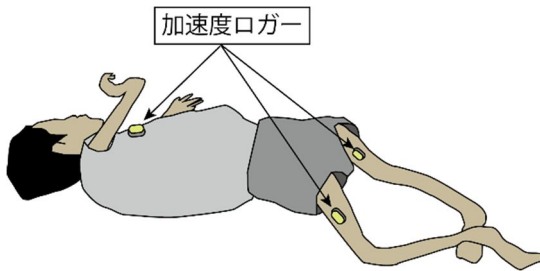


図1 風に吹かれた股関節肢位とロガーの装着位置。右股関節外転・外旋、左股関節内転・内旋した「風に吹かれた股関節肢位(右)」の例と装着するロガーの位置(胸部と両大腿)。

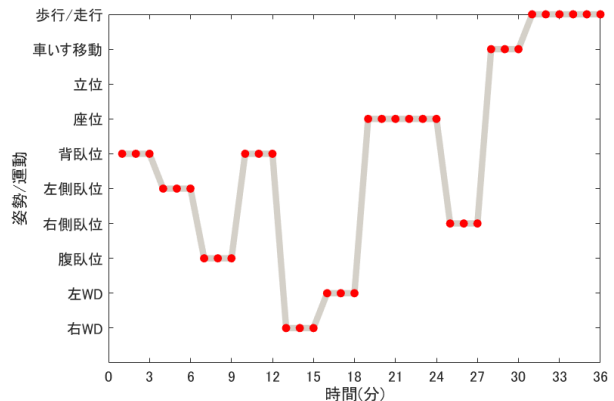


図2 指示した姿勢と同定した姿勢の時間推移(1例)。WD: 風に吹かれた股関節姿勢。ラインが指示した姿勢、●が同定した姿勢

(4) 脳性麻痺児の股関節の運動範囲は偏り縮小する(図4)

今回開発したシステムは、静止状態であれば加速度ロガーの傾斜角度から関節角度が推定できるという特色を持つ。そこで、睡眠時の股関節角度について脳性麻痺児と健常児を比較した(図4)。健常児は睡眠時も股関節の動きの範囲が大きいが、重度の脳性麻痺児ではその範囲が狭まっていた。さらに、健常児は様々な姿勢を取りつつも、基本肢位である0°付近に位置することが多いが、脳性麻痺児、特に重度の脳性麻痺児では、0°から大きく逸脱した位置に長くとどまることも確認された。こうした詳細な関節運動情報は、拘縮の発生との関連を見る上でも重要な情報になる。

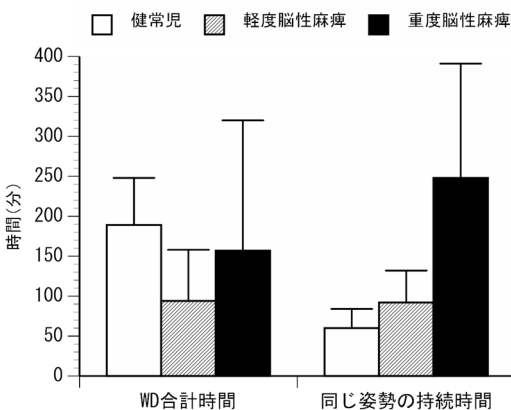


図3 睡眠時の風に吹かれた股関節肢位(WD)の合計時間と持続時間 WD 時間は健常児と重度脳性麻痺児で差がないが、持続時間では大きな差が見られる。

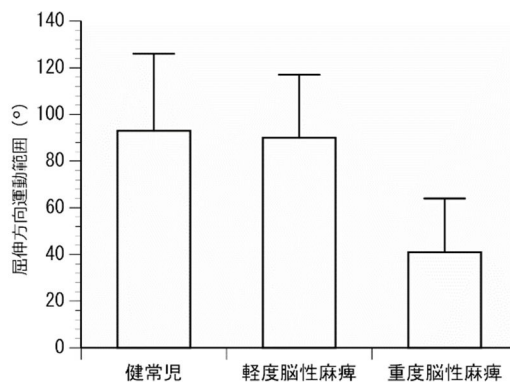


図4 睡眠中の股関節運動範囲(屈伸方向)の比較。重度の脳性麻痺児は股関節の運動範囲が他の児と比較して縮小している。

< 引用文献 >

- [1] Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Bax M, Damiano D, Dan B, Jacobsson B. A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Dev Med Child Neurol Suppl* 2007;109:8-14.
- [2] Gudjonsdottir B, Stemmons-Mercer V. Hip and spine in children with cerebral palsy: musculoskeletal development and clinical implications. *Pediatric Physical Therapy* 1997;9:179-85.
- [3] Scrutton D, Baird G, Smeeton N. Hip dysplasia in bilateral cerebral palsy: incidence and natural history in children aged 18 months to 5 years. *Dev Med Child Neurol* 2001;43:586-600.
- [4] Holmes C, Brock K, Morgan P. Postural asymmetry in non-ambulant adults with cerebral palsy: a scoping review. *Disability and Rehabilitation* 2019;41:1079-88.
- [5] Hägglund G, Lauge-Pedersen H, Persson Bunke M, Rodby-Bousquet E. Windswept hip deformity in children with cerebral palsy: a population-based prospective follow-up. *J Child Orthop* 2016;10:275-9.
- [6] Chan G, Miller F. Assessment and treatment of children with cerebral palsy. *Orthop Clin North Am* 2014;45:313-25.
- [7] Goldsmith J, Goldsmith L. Physical management. In: Lacey P, Ouvry C, editors. *People with profound and multiple learning disability: a collaborative approach to meeting complex needs*. London, UK: David Fulton Publishers; 1998. p 15-28.
- [8] Scrutton D. Position as a cause of deformity in children with cerebral palsy (1976). *Dev Med Child Neurol* 2008;50:404.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Sato H	4. 巻 23
2. 論文標題 Postural deformity in children with cerebral palsy: why it occurs, how we care	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Therapy Research	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 佐藤春彦, 二瓶愛実, 小林愛
2. 発表標題 脳性麻痺児の1日で見られる風に吹かれた股関節肢位の頻度と時間
3. 学会等名 第37回関東甲信越ブロック理学療法士学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤春彦, 田嶋凌, 西谷亮
2. 発表標題 日常生活で見られる不良肢位の同定を目指した3軸加速度ロガーによる姿勢記録
3. 学会等名 第38回バイオメカニズム学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Haruhiko Sato
2. 発表標題 Daily duration of asymmetric windswept posture in children with cerebral palsy
3. 学会等名 Australasian Academy of Cerebral Palsy and Developmental Medicine Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	岩崎 俊之 (Iwasaki Toshiyuki) (70265627)	北里大学・医学部・准教授  (32607)	
研究分担者	岩瀬 大 (Iwase Dai) (30406946)	北里大学・医学部・助教  (32607)	
研究分担者	井上 剛伸 (Inoue Takenobu) (40360680)	国立障害者リハビリテーションセンター(研究所)・研究所 福祉機器開発部・研究部長  (82404)	
研究分担者	白銀 暁 (Shirogane Atsushi) (90404764)	国立障害者リハビリテーションセンター(研究所)・研究所 福祉機器開発部・研究室長  (82404)	
研究分担者	高嶋 淳 (Takashima Atsushi) (90711284)	国立障害者リハビリテーションセンター(研究所)・研究所 福祉機器開発部・研究員  (82404)	