

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月15日現在

機関番号：32607

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2012

課題番号：21500489

研究課題名（和文） 24時間姿勢運動記述に基づく重度脳性麻痺児に対する姿勢支援の確立と変形予防効果

研究課題名（英文） 24-hour postural management program for children with severe cerebral palsy and its possibilities to prevent deformities

研究代表者

佐藤 春彦（HARUHIKO SATO）

北里大学・医療衛生学部・講師

研究者番号：30274062

研究成果の概要（和文）：寝たきりレベルの重度脳性麻痺児の日常生活における姿勢の善し悪しを客観的に判断するため、小型加速度計からなる頭部と体幹の左右対称性を評価するシステムを構築した。また、体幹の変形量を正確につかむため、骨標点の三次元位置に基づき変形量を表す手法を考案した。これらの評価法を使って重度脳性麻痺児の変形量と姿勢変換頻度を調べ、健常児との違いを明確にすることで、変形と姿勢との関わりの強さを示した。

研究成果の概要（英文）：The present study was investigated the length of time for which the body stays in the same position without any motion in the daily lives of children with severe cerebral palsy using wearable monitors. Also we demonstrated that quantitative evaluation of trunk and pelvic orientation based on 3-D measurement of anatomical landmarks. Children with severe cerebral palsy living at home showed prolonged immobilized posture during night-time sleep when their caregivers would be likely to also be asleep. This suggests the need for postural care assistance at night for these children.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学、リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：脳性麻痺・側弯・理学療法・日常生活姿勢

1. 研究開始当初の背景

（1）筋緊張の左右差で説明できない変形の存在：脳性麻痺は受胎から生後4週以内に発生した脳障害であり、通常、出生直後には筋骨格の異常は見られない。しかし、寝たきりレベルの重度脳性麻痺児では、成長するにつれ側弯に代表される変形が高頻度で見られる。なぜ側弯が必発するのか。非対称的な筋緊張がその要因と見られがちだが、筋緊張の亢進が見られる側と側弯の凸側は必ずしも

一致していない。

（2）生活でよく見られる姿勢が変形の方と一致：脳障害に基づく一次的要因だけでは説明がつかないことから、最近では固定化した姿勢といった二次的要因が側弯の進行に強く関わると見られている。重症児は自発的な姿勢変換が困難なため、非対称的な姿勢を長時間取り続けることが多い。重度脳性麻痺児を対象とした大規模な調査では、生後1年間で見られた脳性麻痺児の非対称的な姿勢

が、成長に伴って見られた変形の方向と一致しており、姿勢と変形の関係の深さが示唆されている。

(3) 日常生活における姿勢記録の困難さ：脳性麻痺児の日常生活の姿勢の記録は観察によって行われており、健常児とどれだけ異なるのか、あるいは、変形の進行と姿勢変換の頻度との間に関係があるのかは客観的に検証されて来なかった。

2. 研究の目的

(1) 小型加速度計による非拘束24時間姿勢計測システムの開発：日常生活姿勢を記録できるモニタは市販されてはいるものの、記録時間が不十分であったり、頭部に装着するには大きすぎたりと、体幹と頭部の対称性を記録するものとしては不十分であった。そこで、本研究では24時間頭部と体幹の肢位を記録すべく、小型の加速度計を使い頭部・体幹連動姿勢計測システムを構築し、その信頼性と妥当性を検証した。

(2) 体幹変形の非侵襲定量的計測法の開発：体幹変形量を客観的に表す指標として側弯の程度を示す Cobb 角が広く用いられている。しかし、脳性麻痺児に見られる体幹変形は、側弯のような前額面上の変形だけでなく、『風に吹かれた股関節』と呼ばれるような、水平面上の回旋変形も伴う。側弯と回旋の両者を定量的に計測しなければ、脳性麻痺児の体幹変形の程度を客観的に表すことはできない。この問題の解決のため、本研究では解剖学的ランドマーク位置の三次元計測に基づき上部体幹と下部体幹の傾斜と回旋の角度を幾何学的に算出し、重度脳性麻痺児の体幹変形を定量的に表すことを試みた。

(3) 在宅で暮らす重度脳性麻痺児の日常生活の運動と姿勢：在宅の重度脳性麻痺児に対して開発した非拘束システムを使用して、24時間体位と運動を記録した。また、対照として同年代の健常児についても姿勢と運動を記録し比較した。さらに、成長に伴う活動の変化と体幹変形の関係についても調査した。

3. 研究の方法

(1) 非拘束頭部体幹対称姿勢計測システムの信頼性と妥当性の検証

①対象：加速度計による姿勢検出の信頼性を検証するために、4名の健常大学生(男3名、女1名、平均年齢 22.0 ± 0.8 歳)を対象に研究室での計測を実施した。さらに、10名の健常大学生(男5名、女5名、平均年齢 22.5 ± 1.4 歳)と10名の健常児(男1名、女9名、平均年齢 9.8 ± 2.9 歳)を対象に、日常生活場面での計測を行い、妥当性を検証した。②方法：頭部と体幹の肢位の決定には、小型かつ軽量の3軸加速度計 AccStick4 (シスコム社

製)と HOB0 ペンダントG ロガー (米国オンセットコンピュータ社製)を使用した。これは加速度の他、重力方向に対する加速度計の傾斜角度も出力可能なので、体幹に取りつけければ体幹の向きを計測することができる。4秒ごと5回の計測中に最も頻度の多かった向きをその時間20秒中の肢位として採用した。被験者の頭部と体幹への装着には、加速度計を収納する袋を持つ伸縮性のあるバンドを用いて、頭部は額正面に、体幹は胸骨前面に位置するよう固定した(図1)。信頼性を検証するための研究室での計測では、あらかじめ規定した姿勢(例えば、側臥位を取り、頭部は天井に向けるなど)を5分間おきに変え、6体位、合計30分計測する条件で行った。この実験で信頼性が確認できた後、健常被験者の頭部と体幹の非対称性を調査するため、健常大学生、および健常児に対し、就寝時に頭部と体幹に加速度計を装着させた。同時に本人には、何時に寝たか、起きたかを記録用紙に記入させた。得られたデータより就寝中の頭部と体幹の肢位を割り出し、健常被験者において、頭部と体幹が非対称になる時間がどれだけ見られるのかを解析した。

(2) 学齢期重度脳性麻痺児に見られる体幹変形の定量的評価

①対象：痙直型重度脳性麻痺児8名(男児5名、女児3名、平均年齢 15.0 ± 5.6 歳)を対象とした。全員歩行不能であり、GMFCS レベルは4から5であった。②方法：ランドマーク位置の三次元計測には2台の Optotrak 赤外線カメラシステムを使用した。対象児をベッド上で仰臥位を取らせた後、直径1cmの赤外発光マーカを両肩峰、両肋骨下部、両上前腸骨棘の6カ所のランドマーク位置に貼り付けた。マーカの計測周波数は30Hzとし、対象児が安静にしている間の10秒間を記録した。変形量の解析では、マーカ座標から上部体幹と下部体幹を分け、それぞれの間の相対角度を算出した。上部体幹は両肩峰の

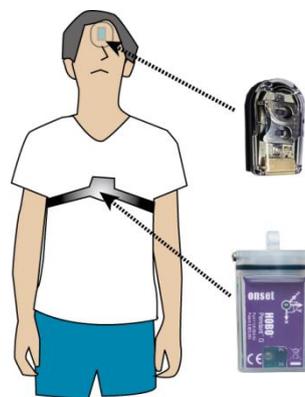


図1 加速度計の装着位置。頭部には AccStick4、胸部には HOB0 ロガーを装着した。マーカを結んだ肩のライン(肩峰ライン)と両下部肋骨マーカを結んだ下部肋骨のライ

ン（下部肋骨ライン）の角度とし、下部体幹は下部肋骨ラインと両上前腸骨棘のマークを結んだ骨盤のライン（骨盤ライン）との角度と定義した。それぞれのラインが前額面及び水平面に投影された時につくる角度で体幹変形量を表した（図2）。

（3）重度脳性麻痺児の24時間姿勢運動調査

①対象：学齢期重度脳性麻痺児15名（男性7名、女性8名、平均年齢 8.2 ± 4.4 歳）および、健常児15名（男性6名、女性9名、平均年齢 8.6 ± 4.5 歳）を対象とした。②方法：姿勢の24時間記録には姿勢モニター（BodyTrac: IM systems社）を用いた。姿勢モニターは重力方向に対する傾きを検出するセンサが内蔵されており、姿勢を5種類（坐位、背臥位、右側臥位、左側臥位、腹臥位）の中から同定する。計測間隔は30秒ごとに設定した。身体動作の24時間記録には身体動作モニター（ActiTrac: IM systems社）を用いた。身体動作モニターは2軸の加速度センサが内蔵されており、動きの大きさを記録する。計測間隔は2秒ごとに設定した。姿勢モニターと身体動作モニターは被験者の体幹に装着した。モニター同士を同期させるため、両モニターを一つのパソコンに接続し、計測開始時刻を合わせた。計測開始後、着替えなどで外す以外は装着し続けるようにした。24時間経過後にモニターを回収し、データをパソコンにダウンロードして解析に用いた。

4. 研究成果

（1）就寝中の頭部と体幹の左右対称性を計測するシステムの信頼性と妥当性を検証した。

①信頼性の検証実験では、指定した姿勢条件と加速度計から割り出された姿勢の一致度（実際の姿勢と加速度計が検出した姿勢が

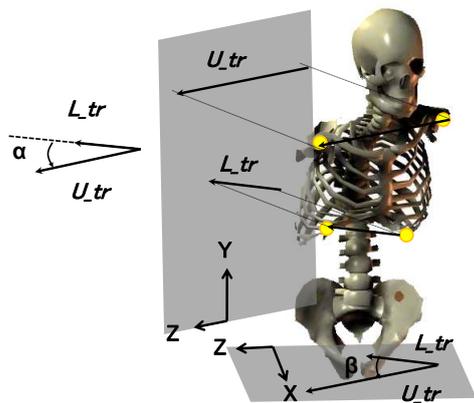


図2 体幹変形量の解析方法。胸部および骨盤に貼付したマーク座標を水平面および前額面に投影して角度を算出した。

一致した合計の時間／実際の姿勢の合計の時間 $\times 100$ ）は90%以上であった（図3）

②健常児10名の計測で、体幹に対し頭部が左右どちらかに回旋した姿勢を取ることはあっても、常に同じ向きであることはなく（図4）、また、2時間以上継続することがないことを明確にした。

（2）重度脳性麻痺児を対象に、体幹変形の新侵襲定量的計測を実施し、脳性麻痺児の体幹変形は傾斜方向と同等、あるいは、それ以上に回旋方向の変形が大きいことを明らかにした（図5）。

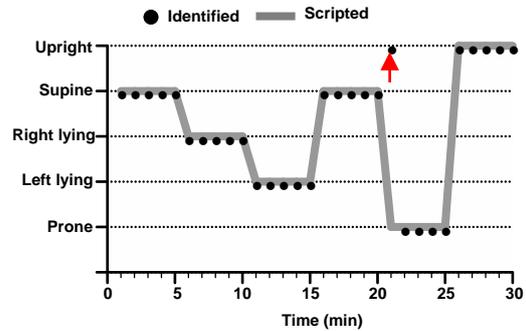


図3 指定した姿勢と計測から同定された姿勢。●が同定された姿勢で灰色の線が指定した姿勢を示す。赤の矢印で示されているのは一致が見られなかった時間。

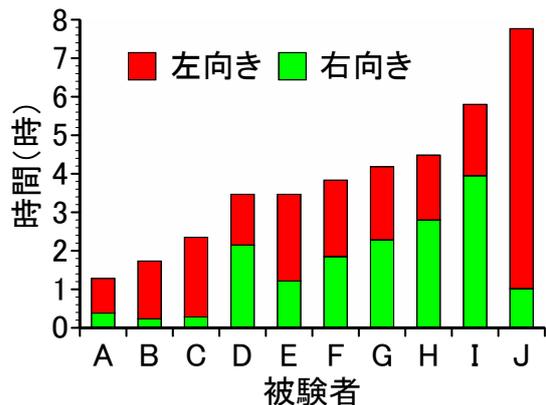


図4 就寝中の体幹に対する頭部の向き。全ての被験者において、頭部が右だけ、あるいは、左だけに偏ることはなかった。

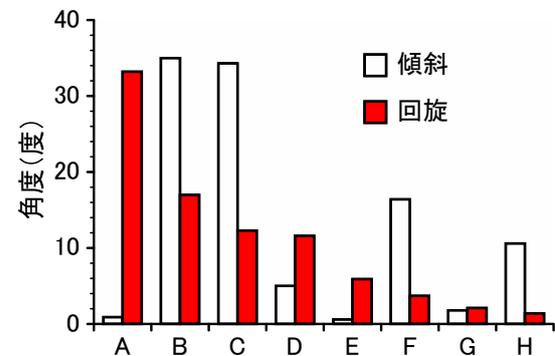


図5 各被験者における変形方向の比較。体幹変形は回旋方向が大きい児が多かった。

表1 姿勢と運動の日中と夜間就寝中の違い

	日中			夜間就寝中		
	脳性麻痺	健常	p 値	脳性麻痺	健常	p 値
姿勢変換回数	207.9 (107.8)	179.5 (68.4)	0.395	7.0 (7.9)	36.3 (22.3)	<0.001
姿勢変換頻度 (毎時)	23.2 (13.8)	28.0 (15.6)	0.369	0.8 (0.8)	4.5 (1.9)	<0.001
同一姿勢最長時間 (時)	1.9 (1.1)	1.6 (0.7)	0.517	5.6 (3.5)	1.6 (1.2)	<0.001
最長無動時間 (時)	0.6 (0.3)	0.3 (0.3)	0.021	1.4 (0.8)	0.7 (0.3)	0.007

(3) 24時間姿勢運動調査で重度脳性麻痺児の特徴が明らかになった。

①脳性麻痺児は夜間において姿勢変化がほとんど見られなかった(脳性麻痺児平均 0.8回/時、健常児平均 4.5回/時)。一方、日中は健常児と変わらない頻度で姿勢変化が見られた(脳性麻痺児平均 23.2回/時、健常児平均 28.0回/時)。このことから、在宅で暮らす脳性麻痺児は介助者も休む時間帯である夜間に動かず固定した姿勢が続きやすいことが示唆された(表1)。②体幹変形評価と日常生活記録を縦断的に評価した脳性麻痺児5名(男3名、女2名、平均年齢 14.6 ± 5.7歳)について、平均1年の観察期間で、側弯の程度を示す側弯角度が10度以上進行したのは5名中3名で、平均 16.3度傾斜が大きくなっていった。側弯角度に大きな変化が見られなかった2名のうち、1名は成長期を過ぎた23歳の女兒であり、もう1名は夜間の寝返りが14回と他の児の1回あるいは0回と比較して頻回であった。このことから、夜間の固定化した姿勢と成長期の変形の進行には強い関係があることが伺えた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① Sato H and Hirai T: A preliminary study describing body position in daily life in children with severe cerebral palsy using a wearable device. *Disability & Rehabilitation* 33: 2529-2534 2011. DOI: 10.3109/09638288.2011.579221
- ② 田中孝祥, 佐藤春彦: ジャイロ併用型加速度計による歩行中の体幹加速度計測の信頼性: 傾斜角に基づく重力加速度補正. *バイオメカニズム学会誌*, 36, 36-41, 2012.

[学会発表] (計5件)

- ① 佐藤春彦: 運動計測技術を活用したリハビリテーション評価支援. 第24回生

体・生理工学シンポジウム, 2009年9月24日, 東北大学(仙台市)

- ② Sato H and Iwasaki T: Quantitative measurement of trunk deformity in non-ambulant children with cerebral palsy: is the deformity greater on the transverse plane? World Confederation for Physical Therapy Congress, 2011年6月22日, アムステルダム・オランダ
- ③ 佐藤春彦, 岩崎俊之: 学齢期重度脳性麻痺児に見られる体幹変形の定量的評価: 回旋変形を無視してよいか? 第46回日本理学療法学会大会, 2011年5月27日, シーガイアコンベンションセンター(宮崎市)
- ④ 佐藤春彦, 飯倉大貴: 頭と体幹の対称性に着目した3軸加速度計による24時間姿勢記録. 第33回バイオメカニズム学会講演会, 2012年12月16日, 東北大学(仙台市)
- ⑤ Sato H, Iwasaki T, Yokoyama M, Inoue T: Day and night body position and movement in children with severe cerebral palsy. 4th International Cerebral Palsy Conference, 2012年10月13日, ピサ・イタリア

[その他]

ホームページ等

<http://csnw.ahs.kitasato-u.ac.jp/~haru/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 春彦 (SATO HARUHIKO)
北里大学・医療衛生学部・講師
研究者番号: 30274062

(2) 研究分担者

井上 剛伸 (INOUE TAKENOBU)
国立障害者リハビリテーションセンター
研究所・福祉機器開発部・部長
研究者番号: 40360680
横山美佐子 (YOKOYAMA MISAKO)
北里大学・医療衛生学部・講師
研究者番号: 70439149

(3) 連携研究者

岩崎 俊之 (IWASAKI TOSHIYUKI)

北里大学・医学部・講師

研究者番号：70265627