

令和 5 年 4 月 28 日現在

機関番号：32607

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K02493

研究課題名(和文) 遊びの場・生活の場での高精度運動データで鮮明化する極低出生体重児の運動発達

研究課題名(英文) Motor development of very-low-birth-weight infants clarified by highly accurate motor data in play and life situations

研究代表者

野村 優子 (Nomura, Yuko)

北里大学・大学病院・主任

研究者番号：50790755

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、極低出生体重児(VLBWI)の運動能力を高精度データで鮮明化し、正常出生体重児(NBWI)と比較することで、VLBWIの運動の特徴を調査した。その成果は、以下の3点にまとめられる。(1) VLBWIは、体幹運動の屈曲・伸展の運動の範囲がNBWIよりも小さい。(2) VLBWIの静止立位バランスは、硬い/軟らかいの床条件に関わらず、NBWIよりも動揺が大きい。またVLBWIは、NBWIと体格差のない場合、時空間歩行パラメータに差を認めない。(3) NBWIの静止立位バランスと時空間歩行パラメータは、両方とも年齢に応じて改善を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

極低出生体重児は、正常出生体重児と比較して青年期においても運動能力が低下していると報告されている。本研究では、一見、正常出生体重児と同じ様に観察される幼児期の極低出生体重児の運動を小型無線多機能センサ、重心動揺計、Walk Wayを用いることで客観的データとして捉えた。今回の結果より、極低出生体重児は、正常出生体重児と比較して体幹運動は小さく、静的立位バランスは不安定である。また、体格差がない場合、歩行パラメータに差がないという特性が明らかになった。これらの特徴を把握することは、極低出生体重児の運動障害のリスクを早期に評価できる可能性が示唆され、問題の早期発見に役立つものと思われる。

研究成果の概要(英文)：This study investigated the motor characteristics of Very-Low-Birth-Weight infants (VLBWI) by sharpening their motor skills with high-precision data and comparing them to normal birth weight infants (NBWI). The results are summarized as the following three points. (1) VLBWI have a smaller range of trunk movement in flexion and extension than NBWI. (2) The static standing balance of VLBWI is more swayed than that of NBWI regardless of hard/soft floor conditions. VLBWI also shows no difference in spatiotemporal gait parameters when not physically different from NBWI. (3) Both static standing balance and spatiotemporal gait parameters of NBWI showed improvement with age.

研究分野：理学療法学

キーワード：極低出生体重児 体幹機能 小型多機能センサ 抗重力運動 静止立位バランス 歩行分析 幼児期 健常児

1. 研究開始当初の背景

早産で生まれた子どもは、成人後でも運動障害を持つことが示されている。また、早期神経学的アウトカムである粗大運動能力の獲得が乳幼児期に遅れることが報告されており、未就学児では体力や身体活動も低下することが報告されている。脳性麻痺などの中枢神経疾患を持たない極低出生体重児(以下、Very-Low-Birth-Weight Infant; VLBWI)の運動能力に着目した研究では、学齢期におけるバランス/ボールスキル/歩行などの運動能力の低下を指摘する報告が多い。そのため、粗大運動能力を獲得しても運動障害を発生するリスクのある VLBWI は、歩行獲得後もバランス/歩行について注意深く観察する必要があると考えられる。

2. 研究の目的

本研究は、高精度データによる VLBWI の運動能力を縦断的に調査し、正常出生体重児(以下、Normal Birth Weight Infant; NBWI)の運動との違いを明確にするため、次の3点を目的とした。

- (1)乳幼児期から運動能力を詳しく定量化するため、体幹の安定性および可動性に着目し、小型無線多機能センサ(以下、多機能センサ)を用いて乳幼児期の VLBWI と NBWI の座位でのリーチ動作における体幹運動の違いを縦断的に調査する。
- (2)VLBWI の幼児期の静止立位バランスや歩行能力を重心動揺計および圧センサマットを用いて定量評価し、NBWI と比較することで運動の特徴を明らかにする。
- (3)NBWI の幼児期における静止立位バランスや歩行能力を定量評価のため、重心動揺計および圧センサマットを用いて計測し、年齢による変化を調査する。

3. 研究の方法

(1)幼児期の遊びの場での体幹運動の計測

対象は VLBWI 21 例(男児 14 例、女児 7 例)と NBWI 14 例(男児 8 例、女児 6 例)とし、計測時期は修正 12 か月、修正 18 か月とした。除外基準は染色体異常、多発奇形、脳性麻痺と診断された児とした。計測には、多機能センサ(TSND121: ART-Promotions)を用い、両側肩甲骨中央(肩甲帯)と仙骨中央(骨盤)に装着した。参加者にあぐら座位をとらせ、目標物に手を伸ばす運動(リーチ動作)を、おもちゃを用いて左右へ誘導し、2 つの多機能センサの相対角度から体幹の運動角度(屈曲、伸展、回旋)を算出した。また、粗大運動は、運動発達アルバータ乳幼児運動発達検査法(以下、Alberta Infant Motor Scale; AIMS)を用いて評価した。

(2)VLBWI の幼児期における静止立位バランスおよび歩行の計測

対象は VLBWI 11 名(男児 8 名、女児 3 名)、VLBWI と年齢、身長、体重、性別をマッチさせた NBWI 11 名(男児 8 名、女児 3 名)とした。静止立位バランスの評価には、重心動揺計を使用した。参加者は、足間 10cm の台の上に立ち、上肢を体側に自然に下ろした。計測中は、プラットフォームから 2m 離れた場所に設置されたアイパッドに視線を固定するよう指示した。計測条件は、重心動揺計(床上)と厚さ 10cm のバランスマット(マット上)とした。重心動揺計のサンプリングレートは 100Hz に設定した。各条件とも 1 回のみ計測した。計測パラメータは、足圧中心(以下、Center of pressure; COP)の全軌跡長、外形面積、平均速度、最大振幅(前後方向; A-P、内側-外側; M-P)とした。

歩行分析には、圧センサマットを用いて歩行の空間的・時間的パラメータを計測した。歩行は、1m の加減速歩行路を圧センサマットの両端に設置し、反対側にはマーカーを設置した。参加者にはマーカーまで快適なペースでまっすぐ歩くよう指示し、2 回計測した。途中で立ち止まったり、見た目の歩行速度が変化した場合は、再計測を行った。計測項目は、歩行速度、ケイデンス、歩隔、歩幅、ステップ長、立脚時間割合とした。

(3)NBWI の幼児期における静止立位バランスと歩行の年齢による変化の計測

対象は地域の保育園に通園している 2~6 歳の幼児 105 例(男児 57 例、女児 48 例)とした。静止立位バランスと歩行評価は、参加者が在籍している保育園の部屋で行った。

静止立位バランスは、重心動揺計を用いて評価した。計測は重心動揺計の上に立って目を開いた状態(床条件)と、バランスマット上に立って目を開いた状態(マット条件)の 2 つの条件で計測した。データ記録は、各条件で参加者が静止した後に開始し、30 秒間記録した。静止立位バランスパラメータは、立位時の圧力中心(COP)の位置を用いて計算し、平均二乗距離(COP-length)、平均 COP 速度(COP-speed)、COP 動揺面積(COP-area)の平均値である。

歩行時の時空間パラメータは、圧センサマットを用いて計測した。参加者には、7m の歩行路を快適な速度で直線的に歩くよう指示した。計測は、歩幅、歩幅、立脚時間、ケイデンス、歩幅の変動(歩幅の変動係数(CV))、立脚時間の変動(立脚時間の CV)については、少なくとも 10 歩を分析した。

4. 研究成果

(1) 幼児期の遊びの場での体幹運動

VLBWI の体幹運動は、修正 12 か月時の体幹屈曲・伸展角度は NBWI よりも運動の範囲は小さく (VLBWI vs NBWI : 28° vs 39°、 $P < 0.05$)、修正 18 ヶ月の時点でも VLBWI の体幹屈曲・伸展角度の小ささは残存していた (VLBWI vs NBWI : 42° vs 52°、 $P < 0.05$)。しかし、体幹の回旋角度は修正 12 か月では差を認めなかったが、修正 18 か月では有意に VLBWI の回旋運動が NBWI よりも小さかった (VLBWI vs NBWI : 55° vs. 69°、 $P < 0.01$)。修正 18 か月時に多機能センサにて計測した、リーチ動作中の体幹屈曲・伸展および左右への回旋運動の軌跡を図 1 に示した。AIMS 総スコアは、修正 12 か月および修正 18 か月とも両群間で差を認めなかった(表 1)。

VLBWI は、NBWI と同様に自立して座れるようになって、リーチ動作時の体幹の可動域は NBWI より小さい傾向があった。体幹屈曲・伸展角度を多機能センサで定量的に解析することは、自然な状態での体幹運動を評価するうえで有用であると思われる。

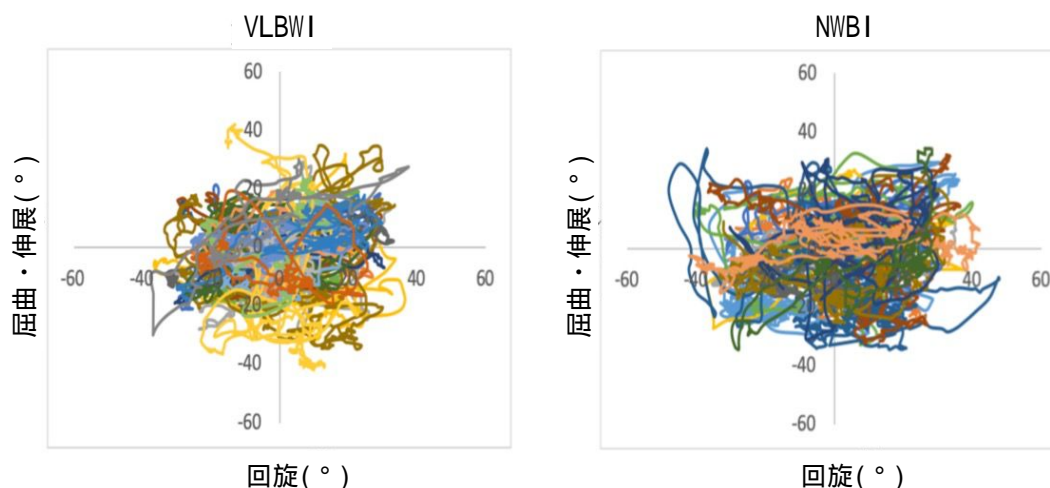


図 1 生後 18 ヶ月時における VLBWI と NBWI のリーチ動作における体幹運動の違い。屈曲・伸展および回旋運動の軌跡を示した。VLBWI の軌跡(左)は、NBWI の軌(右)よりも狭くなっていた。VLBWI:極低出生体重児、NBWI:正常出生体重児

表 1 修正 12 か月と修正 18 か月における VLBWI と NBWI の AIMS 総スコア

	VLBWI	NBWI	P 値
修正 12 か月	49 ± 5	51 ± 3	$P > 0.05$
修正 18 か月	57 ± 1	58 ± 0	$P > 0.05$

数値は平均値と標準偏差

VLBWI:極低出生体重児、NBWI:正常出生体重児、AIMS:アルバータ乳幼児運動発達検査法

(2) VLBWI の幼児期における静止立位バランスおよび歩行

参加者は、月齢 (VLBWI vs NBWI : 38 (35-47) vs 39 (34-44)、 $P > 0.05$)、身長 (VLBWI vs NBWI : 90.7cm (89.5-95.7) vs 92.0cm (90.5-99.0)、 $P > 0.05$)、体重 (VLBWI vs NBWI : 13.5kg (11.5-15.0) vs 13.4kg (13.0-14.5)、 $P > 0.05$) と VLBWI と NBWI の両群間に有意差を認めなかった。静止立位バランスの結果を表 2 に示した。統計解析は、床条件 (床上/マット上) と群 (VLBWI/NBWI) について二元配置分散分析を行った。結果として、VLBWI は NBWI に比べ、COP の全軌跡長は長く、外形面積は大きく、平均速度は速く、最大振幅 (A-P, M-P) は大きかった。さらに、VLBWI と NBWI の群間比較したところ、すべての項目で有意な主効果が認められた。しかし、グループ (VLBWI/NBWI) と床条件 (床上/マット上) の交互作用は見られなかった。歩行分析の結果は、NBWI と体格差のない VLBWI の場合、歩行速度、ケイデンス、歩隔、歩幅、ストライド長、立脚時間割合は、いずれも統計的に有意差は見られなかった(表 3)。

以上より、VLBWI は床面の硬さに関わらず不安定性を示し揺れが大きかった。また、NBWI と体格に差がない VLBWI の場合、歩行ではなく静止立位バランスを評価することで運動障害を明らかにできる可能性が示唆された。今回、COVID-19 感染拡大の時期と調査時期が重なったことで参加者が少数であったため、今後、症例数を増やし更に検討していく必要がある。

表2 VLBWI とNBWI における床上とマット上での静止立位バランスの二元配置分散分析の結果

	VLBWI		NBWI		Main effect		Interactions			
	床上	マット上	床上	マット上	群 (F 値)	P 値	床条件 (F 値)	P 値	群×床条件 (F 値)	P 値
全軌跡長 (mm)	1693.6 ± 508.6	2054.6 ± 561.6	1180.8 ± 265.9	1571.4 ± 337.7	385.774	<0.001	19.868	<0.001	0.031	0.862
外形面積 (mm ²)	5830.7 ± 2649.4	8860.0 ± 5664.9	2714.6 ± 2381.7	5199.2 ± 3270.4	72.166	<0.001	10.112	0.005	0.099	0.757
平均速度 (mm/s)	60.7 ± 17.0	68.5 ± 18.7	39.4 ± 8.9	52.4 ± 11.3	482.062	<0.001	8.356	0.009	0.515	0.481
最大振幅(A-P) (mm)	67.6 ± 15.3	87.4 ± 41.9	49.3 ± 17.4	63.2 ± 24.5	199.618	<0.001	6.789	0.017	0.025	0.655
最大振幅(M-P) (mm)	85.2 ± 28.4	95.9 ± 34.0	49.4 ± 21.4	75.1 ± 33.5	223.352	<0.001	5.86	0.025	1.001	0.329

数値は平均値と標準偏差

床上：重心動揺計上での計測

マット上：厚さ 10cm のバランスマット上での計測

VLBWI：極低出生体重児

NBWI：正常出生体重児

表3 VLBWI と NBWI における歩行パラメータの違い

	VLBWI	NBWI	P 値
歩行速度(cm/sec)	93.2 (81.9-100.2)	86.9 (61.2-90.1)	0.116
ケイデンス(steps/min)	169.0 (149.3-172.0)	153.0 (110.0-194.8)	0.606
歩隔(cm)	9.2 (9.0-10.2)	7.8 (6.0-9.4)	0.101
歩幅(cm)	34.4 (30.9-36.1)	33.4 (25.0-35.2)	0.243
ストライド長(cm)	69.1 (61.8-72.2)	66.7 (48.8-70.0)	0.217
立脚時間割合(%)	59.0 (57.0-61.0)	60.0 (58.0-62.0)	0.217

数値は中央値(四分位範囲)

VLBWI: 極低出生体重児

NBWI: 正常出生体重児

(3) NBWI の幼児期における静止立位バランスと歩行の年齢による変化

参加者 105 例、合計 170 件のデータを 3 歳児 (n=39)、4 歳児 (n=39)、5 歳児 (n=46)、6 歳児 (n=46) の 4 つの年齢群に分類した。年齢、身長、体重、歩行速度については、各年齢層で性差は見られなかった。静止立位バランスパラメータでは、両条件(床条件/マット条件)における平均 COP 速度は、6 歳児群よりも 3 歳児群の方が高かった。さらに、床条件下での平均 COP 速度は、5 歳児よりも 3 歳児、6 歳児よりも 4 歳児が有意に高かった。歩行パラメータは、年齢が上がるにつれて成人の値になる傾向を示した。特に、歩幅は、身長で正規化しても 2-4 歳では 10%、2-6 歳では 15% 増加した。年齢と静止立位バランスパラメータ (COP 速度: $r=-0.301$) および年齢と歩行(歩幅: $r=0.409$, $p<0.001$ 、歩幅の CV: $r=-0.352$, $p<0.001$) の間に中程度の関連が見られた。年齢と歩行パラメータの関係については、時空間パラメータ(歩行速度)、空間パラメータ 2 つ、歩行変動パラメータ 1 つに、年齢との中程度の相関 ($r>0.3$) が認められた(歩行速度: $=0.445$, $p<0.001$ 、ストライド長: $r=0.735$, $p<0.001$ 、正規化ストライド長: $p<0.001$ 、歩幅の変動性: $r=-0.424$, $p<0.001$)。また、年齢で調整した静止立位バランスと歩行の時間的パラメータの変動性(立脚時間の変動性と床条件下での二乗平均平方根 左右方向: $r=0.305$, $p=0.002$ 、床条件下での動揺面積: $=0.320$, $p<0.001$)には、中程度の相関が見られた。静止立位バランスパラメータと歩行パラメータの変動性との間には、弱い相関が認められた。

以上より、静止立位バランスパラメータと時空間歩行パラメータの両方が年齢に応じて改善を示し、姿勢動揺が減少し、ストライド長が増加し、歩幅変動が減少することがわかった。逆に、年齢の影響を調整すると、静止立位バランスパラメータのみがステップ長の変動と関連し、ストライド長は関連しなかった。この関係から、中枢神経系の成熟は、ストライド長の拡大よりも歩行変動の縮小に大きく影響することが示唆された。

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 0件）

1. 著者名 Sato Haruhiko	4. 巻 96
2. 論文標題 Relationship between static balance and gait parameters in preschool children	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Gait & Posture	6. 最初と最後の頁 143 ~ 148
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.gaitpost.2022.05.029	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Yuko Nomura
2. 発表標題 Standing balance is superior to gait parameters for motor impairment risk assessment in preterm and very-low-birth-weight toddlers
3. 学会等名 75th American Academy for Cerebral Palsy and Developmental Medicine (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野村優子
2. 発表標題 超低出生体重児における発達経過の評価としてのアルバータ乳幼児運動発達検査法の有用性
3. 学会等名 第8回 日本小児理学療法学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuko Nomura
2. 発表標題 Kinematic analysis of static balance and temporal and spatial characteristics of gait in 2- to 3-year-old preterm and full-term infants
3. 学会等名 74th American Academy for Cerebral Palsy and Developmental Medicine (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Haruhiko Sato
2. 発表標題 Rotational movement between trunk and pelvis during rolling in preterm, very low birth weight, and full-term infants
3. 学会等名 74th American Academy for Cerebral Palsy and Developmental Medicine (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野村優子
2. 発表標題 超低出生体重児の発達フォローアップにおけるアルパータ乳幼児運動発達検査法の試用 新版K式発達検査の結果との比較検討
3. 学会等名 第6回 日本小児理学療法学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 YUKO NOMURA
2. 発表標題 Kinematic analysis of trunk movements during reaching in preterm, very-low- birth weight and full-term infants
3. 学会等名 73th American Academy for Cerebral Palsy and Developmental Medicine (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野村優子
2. 発表標題 極低出生体重児と健常児の座位リーチ動作における体幹運動の分析
3. 学会等名 第63回 新生児成育医学会・学術集会
4. 発表年 2018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	佐藤 春彦 (Sato Haruhiko) (30274062)	関西医科大学・リハビリテーション学部・教授 (34417)	
研究分担者	鋤持 学 (Kemmochi Manabu) (60317039)	北里大学・医学部・講師 (32607)	
研究分担者	大岡 麻理 (Ooka Mari) (90458852)	北里大学・医学部・助教 (32607)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------