

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：20101

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2022

課題番号：18K17676

研究課題名（和文）幼児期における姿勢運動制御機構の発達に関する基礎的研究

研究課題名（英文）Basic research on the development of postural motor control mechanisms in early childhood

研究代表者

宮城島 沙織（Miyagishima, Saori）

札幌医科大学・医学部・研究員

研究者番号：40781274

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,400,000円

研究成果の概要（和文）：幼児期の姿勢運動制御の発達については客観的な指標を用い検討された報告は非常に限られている。本研究では、基礎的データの蓄積を目的に定型発達児における歩行、片脚立位の姿勢運動制御の発達変化を明らかにすることを目的とした。当初はさらに、発達性協調運動障害のハイリスク因子とされる早産児と定型発達児を比較し、早産児の姿勢運動制御の発達上の問題を明確化することを目指したが、感染症流行により患者データの測定は十分に行えなかった。3-10歳の定型発達児100例、早産児5例を対象に3次元動作解析システムと床反力計を用い、歩行と片脚立位動作を記録、計測した。定型発達児の姿勢運動制御の発達について検討を進めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

小児期の姿勢制御に関する報告は限られており、また、我々の研究動機は理学療法介入に直結するような基礎データを構築することであった。本研究では、小児期の姿勢制御、特に歩行の特性を明らかにすることができたことで、理学療法対象児の歩行分析、効果的な歩行練習の考案の一助となるデータとなった。また、この基礎データを元に本研究課題で達成し得なかった、発達障害や早産児といった疾患や特性を有する集団との比較を行うことで更なる発展が期待できる。

研究成果の概要（英文）：There are very few reports on the development of postural motor control in young children using objective indices. The purpose of this study was to clarify the developmental changes in postural motor control in walking and one-leg standing in children with typical development for the purpose of accumulating basic data. Initially, we further aimed to clarify developmental problems in postural motor control in preterm infants by comparing preterm and typical developmental infants, which is considered a high-risk factor for developmental dyscoordination, but the measurement of patient data did not proceed due to an infectious disease epidemic. Finally, gait and one-leg standing movements were recorded and measured using a 3-D motion analysis system and a floor reaction force meter in 100 typically developing children aged 3-10 years and 5 preterm infants. The data from the typically-developing children were used to examine the development of postural motor control in childhood.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：歩行 姿勢制御 運動発達 小児 片脚立位 歩行解析

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年我が国においては、早産低出生体重児の出生率が増加傾向にある。生存率は世界でトップレベルであり、生存限界は22週となった。しかしながら、生存し得た早産低出生体重児、特に1,500gで出生する極低出生体重児、超低出生体重児の発達予後は決して良好とはいえず、脳性まひの他、てんかん、呼吸障害、視覚障害などさまざまな後遺障害を抱えるリスクが高い。また、自閉症スペクトラム(Autistic Spectrum Disorders; ASD)、広汎性発達障害 (Pervasive Developmental Disorder; PDD)、注意欠陥多動性障害(Attention Deficit/Hyperactivity Disorder; ADHD)といった発達障害の罹患率が高いことが報告されている (Pinto-Martin et al, 2011)。発達障害を有する児はいわゆる運動不器用(clumsy)を認める発達性 協調運動障害 (Developmental Coordination Disorder; DCD)が併存することが知られている(中井ら 2015)。DCDとは手足の麻痺はないが、運動の協調が必要な動作に障害がある。著しい不器用やバランスの悪さなどがあって、日常動作や学業に支障を来す状態であり、就学後にスポーツ(体育)が苦手、作業が遅い、書字が下手などで明らかになる。一方、極低出生体重児は歩行が獲得できてもなかなか安定せず、転びやすいなどの問題が続き、ジャンプや走行困難となるケースがある(Williams et al 2010)。この特徴はDCDの乳幼児期の特徴と非常に類似している。

小児の運動発達は視覚、平衡感覚、固有感覚、触覚、聴覚といった基礎感覚を統合し、ボディイメージの形成、運動コントロール獲得が成され、運動学習が積み上げられ、完成されていく。その中でさらなる外部の感覚との相互関係が認知・言語発達を促し、より複雑な運動機能や思考力、学習機能、自己制御、コミュニケーション能力などを獲得していく。したがって、乳幼児期の粗大運動発達の遅れや不安定性はその後の発達へ影響を与え、その結果、早産低出生体重児は発達障害ハイリスクとなる可能性が考えられる。

実際、早産児の発達支援をしているとなかなか歩行が安定しない、転倒しやすい児が多く、保護者から「他の子どもと歩き方が違う」といった相談を受けることがある。リハビリテーション、特に理学療法では、粗大運動発達や運動不器用に対し、運動療法や運動指導を行うことが求められる。また、歩行獲得後のより多くの運動経験、運動学習を積み上げるべき時期の姿勢制御のパターンやその発達経過の特性を理解し、適切な理学療法介入、支援を行う必要があると考える。しかし、新生児期のケアや理学療法に関する報告は医学、看護分野でさまざまなされているが、幼児期から学童期にかけての姿勢運動制御に着目した詳細な検討は非常に少なく、基礎的研究の必要性が不可欠であると考えた。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は幼児期の歩行ならびに片脚立位動作における姿勢運動制御反応の発達変化を姿勢・動作分析およびCOM、COP解析を基に明らかにすることである。これらの知見は国内外でも報告はなく、本研究の独創的で新規的な点であり、これらを解明することは小児の発達を理解し、有疾病児に対するリハビリテーションを提供する上で非常に有益な情報となり得ると考える。

歩行ならびに片脚立位動作において、

- (1) 定型発達児の姿勢運動制御反応の発達の变化を明らかにすること
- (2) 姿勢運動制御反応、安定性に影響を及ぼす因子(体格や発達経過など)を明らかにすること
- (3) 早産児(特に極低出生体重児、超低出生体重児)や発達性協調運動障害を有する児の姿勢運動制御反応、不安定性の具体的特徴を明らかにすること

### 3. 研究の方法

#### (1) 対象

- ・ 3-10歳の定型発達児
- ・ 20歳代健常若年成人(男女)
- ・ 本学附属病院小児科にて経過観察中の3-10歳の出生体重1,500g未満で出生した早産・極低出生体重児で歩行可能な児(以下、preterm群) 各年齢5例程度 いずれの場合も中枢神経系、整形外科的疾患など歩行に影響を及ぼす疾患のない者。

#### (2) 測定手順、解析方法

3次元動作解析システム(Oxford Metrics社製VICON512)制御される10台のカメラと4台の床反力計を歩行路に配置し、歩行と片脚立位動作を記録、計測する。3次元空間で身体運動を捉えるためにマーカーを貼付する。マーカー貼付部位は頭頂、両耳介、第7頸椎棘突起、胸骨柄、両肩峰、両上腕骨外側上顆、両手関節中央(橈骨・尺骨茎状突起間の中央)、両第2中手骨頭、両ASIS、両PSIS、両大転子、両大腿骨外側上顆、両外果、両踵骨、両第2中足骨頭の計27点とする(図1)。マーカー貼付前に身長、体重の測定を貼付後に体格の測定(上肢長・下肢長・足長・足幅・ASIS間距離)を行った。

反射マーカーの軌跡の時系列データを基に算出する。各マーカーの位置情報を用いて、姿勢・動作分析を行う。全てのシグナルはオフラインでのMATLAB R2018a(MathWorks社製)を

用いて処理した。三次元データは、第4次 Butterworth low-pass filter (カットオフ周波数 20 Hz) を用いて処理した。また、Jensenら(1986)または横井ら(1986)が3-15歳児の身体計測データを報告しているので、体格に合わせた身体重量から COM を算出し、動作中の COM の軌跡から動揺の程度などを解析した。床反力計で計測された COP の軌跡からその動揺の程度などを検討した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 5つの運動機能領域から見た健常児の歩行特性 (図1)

近年、189名の高齢者の定常歩行から主成分分析を用いて、16の歩行変数が5つの機能領域に分類されることが示された(歩調(Pace): 歩幅、ステップ時間、および遊脚時間のSD; 時間因子(Rhythm): ステップ時間、支持脚時間、および遊脚時間; 左右対称性(Asymmetry): ステップ時間、支持脚時間、および遊脚時間の左右対称性; 変動性(Variability): 歩幅、ステップ速度、ステップ時間、および支持脚時間のSD; 安定性(Postural control): 歩隔、歩隔のSD、ステップ長の左右対称性)。本研究では、それらの5つの運動機能領域の側面から、3~10歳の児の歩行能力の特徴を明らかにすることを目的とした。

対象は3~10歳の定型発達児76名と14名の若年成人を対象とし、小児群は2歳毎に4群に群分けした。歩幅、歩隔、ステップ速度、ステップ時間、支持脚時間、および遊脚時間、変動係数と Symmetry Index を算出し、これら歩行変数を5つの機能領域に分類した(歩調、時間因子、左右対称性、変動性、および安定性)。

歩調は、7歳頃に成人と同等となる、時間因子および左右対称性は3-4歳頃に成人と同等となる、変動性、および安定性は、9-10歳でも成人とは異なることが示された。

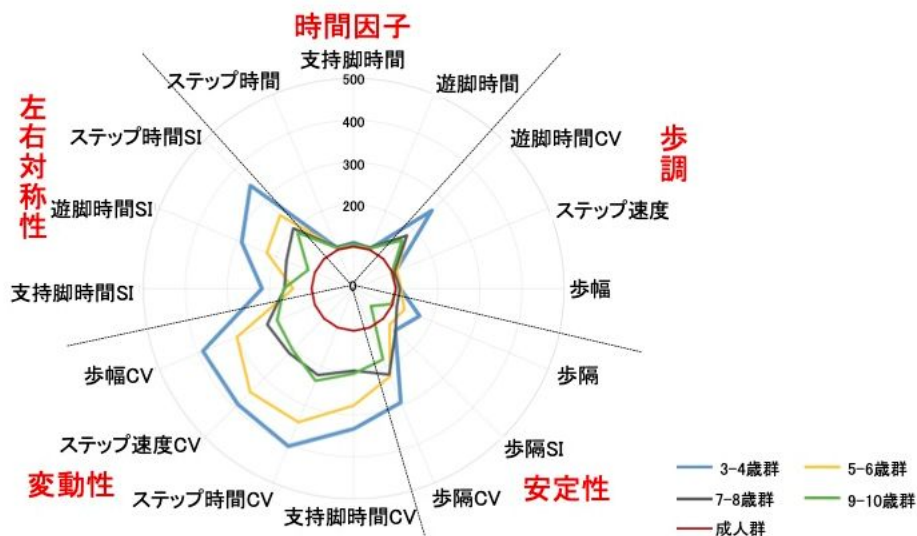


図1 各機能領域の発達過程

##### (2) 直進歩行の発達

小児期の歩行時の蛇行性や安定性の発達の变化については十分に検討されていない。安定性については近年、倒立振子モデルに基づく動的なバランス指標である推定質量中心位置(XCOM: extrapolated center of mass)を用いた解析手法が用いられている(Hof et al., 2005)。これは、COMの偏位と速度両方を加味した変数であり、大きいほど身体動揺が大きい、つまり不安定であることを示す。また、我々は今回、蛇行を定量化するための指標を考案し、上記研究(1)で明らかとした歩行の5つの運動機能領域との関連を検討することを試みた。

対象は3~10歳の定型発達児76名と14名の若年成人を対象とし、小児群は2歳毎に4群に群分けした。直進歩行の指標として、XCOMを用いて、目標に向かって直進する指標(XCOM Goal)と実際の進行方向(progress axis)に向かって直進できているかを評価する指標(XCOM P)を算出し(図2)、各群間で比較した。さらに、直進歩行の2つの指標と歩行変数との関係を重回帰分析を用いて検討した。

XCOMGoalとXCOMPは共に年齢とともに徐々に減少し、成人群と比較し、3-4歳群、5-6歳群では有意に大きかった。また、歩調(ステップ速度)と安定性(ステップ幅とステップ幅の変動係数)は、XCOMGoalに影響を及ぼすこと、安定性と対称性は、XCOMPに影響することが示され、それぞれ異なる姿勢制御能が関連している可能性が示された。

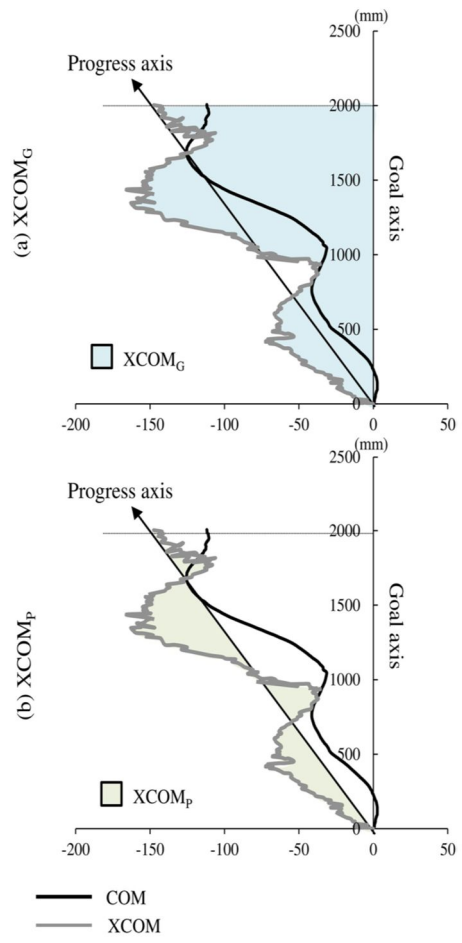


図2 2つの直進歩行の指標

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Miyagishima Saori, Mani Hiroki, Sato Yui, Inoue Takahiro, Asaka Tadayoshi, Kozuka Naoki	4. 巻 18
2. 論文標題 Developmental changes in straight gait in childhood	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e281037 ~ e281037
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0281037	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 -

1. 著者名 Mani Hiroki, Miyagishima Saori, Kozuka Naoki, Inoue Takahiro, Hasegawa Naoya, Asaka Tadayoshi	4. 巻 15
2. 論文標題 Development of the Relationships Among Dynamic Balance Control, Inter-limb Coordination, and Torso Coordination During Gait in Children Aged 3?10 Years	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnhum.2021.740509	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 -

1. 著者名 Mani Hiroki, Miyagishima Saori, Kozuka Naoki, Takeda Kenta, Taneda Kenji, Inoue Takahiro, Sato Yui, Asaka Tadayoshi	4. 巻 75
2. 論文標題 Development of temporal and spatial characteristics of anticipatory postural adjustments during gait initiation in children aged 3?10?years	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Human Movement Science	6. 最初と最後の頁 102736 ~ 102736
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.humov.2020.102736	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 -

1. 著者名 萬井 太規, 宮城島 沙織, 小塚 直樹, 種田 健二, 井上 貴博, 佐藤 優衣, 武田 賢太, 浅賀 忠義	4. 巻 47
2. 論文標題 5つの運動機能領域から見た健常児の歩行特性 3-10歳児と成人との比較	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 理学療法学	6. 最初と最後の頁 560-567
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hiroki Mani , Saori Miyagishima , Naoki Kozuka , Yuya Kodama , Kenta Takeda , Tadayoshi Asakaa	4. 巻 68
2. 論文標題 Development of postural control during single-leg standing in children aged 3-10 years	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Gait & Posture	6. 最初と最後の頁 174-180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gaitpost.2018.11.024	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3件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 宮城島 沙織, 萬井 太規, 佐藤 優衣, 福本 幹太, 小塚 直樹
2. 発表標題 小児期の直進歩行の発達変化
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 萬井 太規, 宮城島 沙織, 小塚 直樹, 浅賀 忠義
2. 発表標題 定常歩行時の四肢間協調運動の発達過程
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 福本 幹太, 萬井 太規, 宮城島 沙織, 佐藤 優衣, 小塚 直樹
2. 発表標題 小児を対象とするStabilogram diffusion analysis の適した長時間領域の解析時間の検討
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

〔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
研究協力者	萬井 太規  (Manu Hiroki)  (10765514)	大分大学・福祉健康科学部・講師   (17501)	
研究協力者	小塚 直樹  (Kozuka Naoki)  (90225459)	札幌医科大学・保健医療学部・教授   (20101)	
研究協力者	浅賀 忠義  (Asaka Tadayoshi)  (60241387)	北海道大学・保健科学研究院・名誉教授   (10101)	

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
---------	---------