

令和 2 年 7 月 8 日現在

機関番号：25503  
研究種目：若手研究(B)  
研究期間：2016～2019  
課題番号：16K21416  
研究課題名（和文）高度な立位姿勢を達成する制御メカニズム バレエ経験および発育発達に伴う可塑性  
研究課題名（英文）Postural control mechanism during challenging upright standing: plasticity accompanied by motor development, growth, and prolonged practice of ballet  
研究代表者  
大庭 尚子（Oba, Naoko）  
山陽小野田市立山口東京理科大学・共通教育センター・講師  
研究者番号：70762037  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、発育発達にともなう姿勢制御の可塑性を明らかにすることとした。4-9歳の健常小児を対象に両脚立位中の足圧中心（COP）速度およびCOP変位から、制御パフォーマンスおよび、制御コスト、制御効率を評価した。制御コストは、年齢とともに有意に減少し、制御効率は年齢とともに減少する傾向にあった。本研究結果は、少なくとも思春期前の小児では、立位姿勢制御の制御コストが減少し、制御効率が向上することが示唆された。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、COPの標準偏差および平均速度を、それぞれ姿勢制御のパフォーマンスと制御コストと解釈し、その比から制御効率を評価した点、および制御効率が年齢とともに減少する傾向が示された点が新たな知見である。加齢や疾病にともなう姿勢制御の差異を評価する指標として有用である可能性が期待できる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to clarify postural control plasticity accompanied by motor growth and development. Four- to nine-year-old children maintained upright standing quietly on a force platform. We evaluated performance, cost and efficiency of postural control calculated by center of foot pressure. Results of this study suggest that, in preadolescent children at least, the cost of postural control decreases with age, and that upright stance has tendency to be controlled more efficiently with age.

研究分野：運動制御

キーワード：立位姿勢制御 小児 足圧中心動揺 発育発達 静的立位 制御効率

## 1. 研究開始当初の背景

立位姿勢の維持は、日常生活の中で最も基本的な動作の一つであり、あらゆる身体運動はこの姿勢を基に遂行される。ただし、ヒトの立位姿勢は、構造的に不安定であり、生まれてから自立まで約 1 年要し、その後十数年かけて成人並みの立位姿勢制御を獲得していく。姿勢制御能力やその背景となる神経メカニズムは、発育発達・加齢や疾病、運動経験によっても変化し、可塑性が存在する。

片脚立位やつま先立位などの高度な立位姿勢保持が要求されるプロバレエダンサーと非ダンサーとの間には反射応答 (Nielsen et al. 1993) や脳の構造 (Hanggi et al. 2010) などの神経系に違いがあるとの報告がある。動作特異性や神経系の違いから、ダンサーと非ダンサーとでは姿勢制御が異なることが予想されるものの、一致した見解は得られておらず、バレエダンサーの姿勢制御およびその獲得過程については十分に解明されていない。その理由の一つとして、従来の研究では、足関節を中心として回転運動する倒立振り子という過度に単純化されたモデルを基に制御則を検討していることにある。しかし実際は、静止しているように見受けられる静的立位姿勢保持であっても、足関節だけでなく全身の関節が協調して制御されている多関節運動であり (Sasagawa et al. 2009; Sasagawa et al. 2014; Yamamoto et al. 2015, etc) 静的立位よりも難易度が高く関節角度変位のより大きい片脚立位やつま先立位などの姿勢制御メカニズムを解明するには、特に複数関節を考慮にいれた全身レベルでの評価が求められる。

倒立振り子モデルを基に姿勢動揺の指標として従来使用されてきた足圧中心 (COP) 動揺は、逆動力学的に考えると、足関節トルクと比例関係にある。つまり COP は単一関節の運動出力を反映している。一方で、身体重心 (COM) 加速度は全身の関節角加速度の加重和であり、各関節の角加速度は、全身の関節に作用する関節トルクと重力トルクによって決まる。つまり、COM 加速度は、全身の関節間協調や力学的相互作用を反映した指標である。

## 2. 研究の目的

全身の姿勢制御を反映する身体重心 (COM) 加速度とそれを生み出す関節運動や筋活動を分析することによって、高度な立位姿勢を達成する制御メカニズムに関して、バレエという特殊な運動経験による可塑的变化を、発育発達の年齢軸を基軸として、浮き彫りにすることを目的とする。

## 3. 研究の方法

### 小児の静的立位姿勢制御の評価

足圧中心 (COP) 変位の振幅は、姿勢制御の被制御変数である身体重心 (COM) 変位の振幅と類似した値を示す (Masani et al. 2014) ことから姿勢制御のパフォーマンスを反映していると解釈できる。一方で、COP の平均速度や総軌跡長は、COM 加速度と比例関係にあり (Masani et al. 2014) COM 加速度は姿勢制御の主動筋の 1 つである下腿三頭筋の筋長と類似してある (Loram et al. 2005) これらのことから、COM 加速度は間欠的制御における姿勢修正活動の大きさ、すなわち制御コストを反映していると解釈できる。そこで、COP 標準偏差 (パフォーマンス) と COP 平均速度 (コスト) の関連、すなわちコスト/パフォーマンス比 (制御効率) から小児の安静立位姿勢制御の発達を明らかにすることを目的とした。

4~9 歳の健常小児 (男児 23 名、女児 20 名) を対象にフォースプレート上で開眼および閉眼の 2 条件からなる 30 秒間の静的立位姿勢保持を課した。課題遂行中に床反力を記録し、足圧中心 (COP) を算出した。

## 4. 研究成果

### (1) 小児の静的立位姿勢制御の評価

COP の変動は、年齢とともに減少する傾向があった。身長で規格化した COP 標準偏差は、閉眼において年齢との間に有意な負の相関があったことから、閉眼においては制御のパフォーマンスが向上したことが示唆された。身長で規格化した COP 平均速度は、開眼および閉眼において年齢との間に有意な負の相関があった。このことは、両資格条件において、制御コストが減少したことを示唆する。COP 平均速度/COP 標準偏差比は、開眼では年齢と共に減少する傾向があり、閉眼では有意に減少した。本研究結果は、思春期前の小児では立位姿勢制御のコスト/パフォーマンス比から評価した制御効率が年齢とともに向上することを示唆するものである。一方、申請者らの先行研究の成人のデータと比較すると、制御効率は 10 歳程度で成人と同程度発達している可能性が考えられた。

本研究では、COP の標準偏差および平均速度を、それぞれ姿勢制御のパフォーマンスと制

御コストと解釈し、その比から制御効率を評価した点、および制御効率が年齢とともに減少する傾向が示された点が新たな知見である。

## (2) 今後の方向性

助成期間後半は、申請者の所属機関が変更になったことから、申請当初に計画した難易度の高い立位姿勢保持課題中の姿勢制御を研究するにあたり、研究環境の整備が必要になった。そのため、助成期間中に難易度の高い立位姿勢保持課題中のデータの取得・分析には至らなかった。今後は、片脚立ちやつま先立ちなどの姿勢保持課題中の筋活動、床反力および3次元座標を取得・分析し高度な立位姿勢を達成する制御メカニズムについて、バレエダンサーおよび非ダンサーを対象にして研究を進める予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大庭尚子、山本暁生、萩尾耕太郎、 笹川俊、中澤公孝
2. 発表標題 足圧中心動揺による小児の安静立位姿勢制御の評価
3. 学会等名 第24回日本バイオメカニクス学会大会
4. 発表年 2016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	中澤 公孝  (Nakazawa Kimitaka)		
研究協力者	笹川 俊  (Sasagawa Shun)		