

【課題番号：EECS2522】

DCD サッカー競技者における足部形態及び感覚機能と足底荷重圧が
バランス機能に与える影響についての検討
—東北圏域における横断研究—

木村寛太^{1) 3) *}、漆畑俊哉²⁾、永井蒼¹⁾

1) 青森県立保健大学大学院、2) 青森県立保健大学健康科学部、3) 青森新都市病院

Key Words ①発達性協調運動症 ②足部機能 ③粗大協調運動

I. はじめに

発達性協調運動症 (DCD; Developmental Coordination Disorder) は協調運動の困難を特徴とする発達性の運動障害であり、DCD のバランス機能は定型発達者で確認されない姿勢や応答戦略の異質性が存在する¹⁾。背景には中枢性要因に加え、足底感覚や足部形態など末梢要因の関与が示唆されているが、先行研究の多くはバランス能力、足底感覚、足部形態などの個別要因を検討した報告にとどまり、これらの末梢要因を含めた個別要因が DCD で障害される粗大協調運動に影響を与えているかは明らかとなっていない²⁾。

II. 目的

本研究では、東北圏域の DCD と定型発達者において、動的バランス能力、足底感覚、足部形態の比較および粗大協調運動能力に影響する要因を明らかにすることを目的とした。

III. 研究方法

対象は、16-21 歳の大学生および東北圏内の知的サッカー клуб所属者 57 名とした。本研究では、定型発達者を Typically Developing (TD)、粗大協調運動の障害が優位な者を probable DCD (p-DCD) と定義した。群判定は Adult Developmental Coordination Disorder Questionnaire 日本語版 (ADC) および Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, Second Edition Gross Motor Composite (BOT-2) を用い、両基準を満たす者を p-DCD 群、いずれにも該当しない者を TD 群とした。

動的バランス能力は下肢長で正規化した Star Excursion Balance Test (SEBT) 合計値を用いて評価した。足底感覚は Semmes-Weinstein monofilament により母趾部・踵部・内側部・外側部を測定し、足部形態はフットプリントより Clarke's angle (CA)、Chippaux-Smirak Index (CSI)、Staheli Index (SI)、Arch Index (AI) を算出した。足底荷重圧は F-scan II (ニッタ株式会社製) にて足趾、前足部、中足部、後足部で 4 領域別の平均ピーク圧を算出した。

動的バランス能力、足底感覚、足部形態、粗大協調運動能力の群間比較は、左右平均値を代表値とする対応のない t 検定またはマン・ホイットニーの U 検定 (Mann-Whitney U test) を用いた。TD 群及び p-DCD 群における粗大運動能力に影響を及ぼす要因の検討は、群別に線形回帰分析の変数減少法を用いた。回帰分析の従属変数は BOT-2 Gross Motor Composite score を、独立変数は SEBT 合計値、足部形態、足底感覚、足底荷重圧の群間比

*連絡先：〒030-8505 青森市浜館間瀬 58-1 E-mail: 2481002@auhw.ac.jp

較で有意差が認められた指標を選択した。なお、統計解析には SPSS および R Commander を使用し、有意水準はすべて 5%未満とした。

IV. 結果

ADC 日本語版および BOT-2 の両基準に基づき、最終的に 37 名 (TD 群 23 名、p-DCD 群 14 名) を解析対象とした。BOT-2 Gross Motor Composite Score は、p-DCD 群で有意に低値を示した (TD 群: 56.04±7.20 点、p-DCD 群: 34.07±3.69 点、 $p < 0.01$)。ADC 総得点は p-DCD 群で有意に高値を示した (TD 群: 20.69±13.02 点、p-DCD 群: 70.07±12.16 点、 $p < 0.01$)。ADC 総得点は p-DCD 群で有意に高値を示した (TD 群: 20.69±13.02 点、p-DCD 群: 70.07±12.16 点、 $p < 0.01$)。身体特性の比較では、p-DCD 群は年齢で有意差を認め、TD 群よりも有意に低かった (TD 群: 20.65±0.63 歳、p-DCD 群: 18.00±1.71 歳、 $p < 0.01$)。上記を除いて、両群に有意差はいずれも認められなかった。

(1) 研究課題 1: 定型発達者と p-DCD 群の各要因における比較

SEBT 合計値では p-DCD 群では TD 群と比較して有意に低値を示した (p-DCD 群: 72.17±11.18、TD 群: 91.49±6.04、 $p < 0.01$)。足底感覚閾値は母趾部及び踵部において p-DCD 群で有意に高値を示した (母趾部 p-DCD 群: 4.40±0.97、TD 群: 3.60±0.56、踵部 p-DCD 群: 4.76±0.75、TD 群: 4.17±0.26、 $p < 0.01$)。足部形態指標及び各領域での足底荷重圧には、両群間で有意差は認められなかった。

(2) 研究課題 2: TD 群及び p-DCD 群における粗大運動能力に影響を及ぼす要因の検討

p-DCD 群では、初期モデルは有意傾向を示した ($R^2=0.45$, 調整済み $R^2=0.29$, $p=0.099$)。変数減少法の結果、SEBT 合計値は除外され、母趾および踵の感覚閾値からなるモデルが最終モデルとして選択された ($R^2=0.43$, 調整済み $R^2=0.33$, $p=0.045$)。母趾の感覚閾値は粗大運動能力に対して正の影響を示した ($\beta=0.64$, $p=0.026$)、踵は負の影響を示した ($\beta=-0.55$, $p=0.048$)。VIF は 1.184~1.757 であり、多重共線性は認められなかった。TD 群では回帰モデルは有意に至らなかった。

表1 TD群とp-DCD群におけるDCD評価の比較

| | | TD群 (n=23) (Mean±SD) | p-DCD群 (n=14) (Mean±SD) |
|-------------------------|-----|-------------------------|----------------------------|
| BOT-2 standard score ** | | | |
| Gross Motor Composite | (点) | 56.03 ± 7.20 | 34.07 ± 3.69 |
| ADC-total ** | (点) | 20.69 ± 13.02 | 70.07 ± 12.16 |

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

表2 TD群とp-DCD群における身体特性の比較

| 測定項目 | | TD群 (n=23) (Mean±SD) | p-DCD群 (n=14) (Mean±SD) |
|--------|----------------------|-------------------------|----------------------------|
| 年齢** | (歳) | 20.65 ± 0.63 | 18.00 ± 1.71 |
| 身長 | (cm) | 167.05 ± 9.05 | 170.38 ± 6.95 |
| 体重 | (kg) | 62.11 ± 10.59 | 70.60 ± 14.98 |
| 体脂肪率 | (%) | 19.03 ± 6.90 | 26.41 ± 12.62 |
| BMI | (kg/m ²) | 22.20 ± 2.93 | 24.30 ± 4.97 |
| 足長横(R) | (cm) | 10.10 ± 0.59 | 10.10 ± 1.21 |
| 足長横(L) | (cm) | 10.00 ± 0.61 | 9.91 ± 0.95 |
| 足長縦(R) | (cm) | 24.75 ± 1.48 | 25.25 ± 1.84 |
| 足長縦(L) | (cm) | 24.80 ± 1.49 | 25.30 ± 1.82 |
| 足囲(R) | (cm) | 22.43 ± 1.65 | 23.00 ± 1.80 |
| 足囲(L) | (cm) | 22.42 ± 1.79 | 22.90 ± 1.42 |

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

表3 TD群とp-DCD群における各測定項目の比較

| 測定項目 | | TD群 (n=23) (Mean±SD) | p-DCD群 (n=14) (Mean±SD) |
|-----------------|-----|-------------------------|----------------------------|
| CA: 左右平均 | (°) | 34.30 ± 17.81 | 30.79 ± 13.16 |
| CSI: 左右平均 | (%) | 42.61 ± 14.26 | 48.44 ± 15.76 |
| SI: 左右平均 | (%) | 78.45 ± 26.43 | 82.47 ± 25.51 |
| AI: 左右平均 | (%) | 0.23 ± 0.05 | 0.26 ± 0.06 |
| SEBT合計: 左右平均 ** | (%) | 91.49 ± 6.04 | 72.17 ± 11.18 |
| 母趾: 左右平均 ** | | 3.60 ± 0.56 | 4.40 ± 0.97 |
| 踵: 左右平均 ** | | 4.17 ± 0.26 | 4.76 ± 0.75 |
| 内側: 左右平均 | | 3.48 ± 0.36 | 3.77 ± 0.75 |
| 外側: 左右平均 | | 4.01 ± 0.36 | 4.03 ± 0.62 |
| 足趾ピーク圧: 左右平均 | | 2.01 ± 0.41 | 2.13 ± 0.51 |
| 前足部ピーク圧: 左右平均 | | 2.42 ± 0.54 | 2.72 ± 0.68 |
| 中足部ピーク圧: 左右平均 | | 1.93 ± 0.36 | 1.97 ± 0.45 |
| 後足部ピーク圧: 左右平均 | | 1.65 ± 0.23 | 1.79 ± 0.18 |

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

注1) CA = Clarke's angle, CSI = Chippaux-Smirak index, SI = Staheli index, AI = Arch index.

注2) SEBT平均: 下肢長で正規化したANT, AL, L, PL, P, PM, M, AM08方向到達距離の平均値

注3) ピーク圧: 各領域のピーク圧は体重、領域荷重割合、および接地面積を用いて正規化した指標として算出。

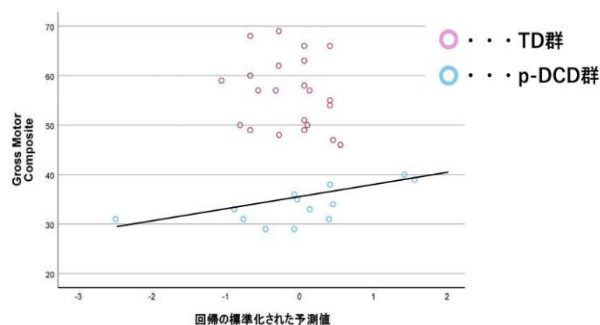


図1 TD群およびp-DCD群における足底感覚 (母趾・踵) と粗大運動能力 (BOT-2 Gross Motor Composite) との関係 (線形回帰分析)

V. 考察

研究課題 1 では TD 群及び p-DCD 群を対象に、動的バランス能力、足底感覚閾値、足部形態、足底荷重圧を多面的に評価した。その結果、p-DCD 群では動的バランス能力が低下し、母趾部及び踵部で感覚閾値の上昇が認められた。動的バランス能力の低下は、先行研究でも報告されてきた DCD 児における姿勢制御の不安定性と一致する所見であり、本研究の結果から成人期においても動的バランス能力の低下が持続する可能性が考えられた³⁾。足底感覚については、p-DCD 群において末梢感覚入力が一様に低下しているのではなく、姿勢制御への依存度が高い部位において選択的に感覚精度の低下が生じていることが考えられる。また、研究課題 2 において p-DCD 群では、予測的姿勢制御の低下により運動遂行時の感覚入力への依存度が高く、足底感覚の精度が粗大運動能力を直接的に規定したと解釈できる。一方、SEBT 合計値は筋力や柔軟性など複数要素を含む総合指標であるため回帰モデルには残らず、DCD では運動出力よりも感覚入力段階の特性が運動成績に強く反映されたと考えられる。TD 群では線形回帰モデルが成立せず、SEBT 合計値や足底感覚など単一の末梢機能指標では粗大運動能力を説明できなかつた。以上より、p-DCD 群では粗大運動能力が足底感覚特性に関連する一方、TD 群では単一指標では説明できない対照的な特徴が示され、DCD における末梢感覚および感覚統合の重要性が示された。

本研究では、p-DCD の粗大運動能力と母趾部および踵部の足底感覚閾値との関連が確認されたが、解析では左右平均値を代表値として用いた。今後は対象者数を拡大し、左右差を考慮した足底感覚およびバランス機能の検討を行う必要がある。

VI. 文献

- 1) Wilson, P.H., et al. (2017). Understanding performance deficits in developmental coordination disorder: A meta-analysis of recent research. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 59(7), 699-705
- 2) Blank, R., et al. (2019). European Academy for Childhood Disability (EACD): Recommendations on the definition, diagnosis, assessment, intervention, and psychosocial aspects of developmental coordination disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 61(3), 242-285.
- 3) Tsai, C.L., et al. (2008). Static and dynamic balance in children with developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, 27(1), 142-153.

VII. 発表

- 1) 木村寛太、漆畑俊哉、永井蒼：発達性協調性運動障害の立位バランス能力は足部形態と関連するかーフットプリントと SEBT を用いた検討ー，第 8 回日本 DCD 学会，2025 年。
- 2) 木村寛太、漆畑俊哉、永井蒼、西村大樹：発達性協調運動障害の運動技能と足底感覚機能の関連性-Bruinink-0seretsky Test of Motor Proficiency, Second Edition とセメスワインスタインモノフィラメントによる検討ー，第 43 回東北理学療法学会，2025 年。
- 3) Kanta KIMURA, Toshiya URUSHIHATA, Aoi NAGAI, Daiki NISHIMURA : Regional Characteristics of Plantar Sensation in Developmental Coordination Disorder: A Comparative Study with Typically Developing Adults, Focusing on the first metatarsal head and Calcaneal, The 16th International Conference on Developmental Coordination Disorder (DCD-16), Hong Kong, 2026., 2026 年 2 月採択。