

発達性協調運動症に関する2023年の研究における知見

松山 郁夫*

Perspective in the Study of 2023 on Developmental Coordination Disorders

Ikuo MATSUYAMA

【要約】本研究では、2023年に発刊されたDCDに関する論文18件について、DCDに対する認識と支援のあり方について検討した。DCDにおける、診断評価の研究、生理学的研究、心理学的研究、介入研究の4つに分類され、各見解について考察した。DCD児の経験の全体像を理解し、適切な支援をするために多面的な複雑性の認識が重要になること、介入のアクセシビリティはDCD児の自律性を高めること、DCDの診断を成人期前にしておくことが、DCDのある成人の心理的問題を緩和することにつながる等が示唆された。

【キーワード】DCD（発達性協調運動症）、運動障害、介入、併発症

I はじめに

最近のDCDに対する捉え方を明確にしておくこと、保育、教育、及び療育による支援をする際の一助となるため、2022年度にDCDへの認識に関する最近の動向として、2018年から2022年までに刊行されたDCDに関する論文を検討した。使用した24件の論文は、DCDにおける、疫学的研究、発達や障害の状態、生理学的研究、ASD（自閉スペクトラム症）との関連、ASDの併発症としての捉え方、運動障害への介入の6領域に分類され、各見解について考察されている。これらの概要は次の通りである（松山, 2022）。

非定型の脳構造と機能を持っていることから、活動制限に対処する介入は、短期的に運動能力と運動技能関連のフィットネスを改善する。

運動協調性の低下と運動学習の困難、生活の質の低下を経験しているため、機能的な運動能力と参加の増加を目指した運動介入が求められる。

神経障害が感覚運動ネットワークにあり、協調運動症と聴覚処理の問題のメカニズムに関連する小脳に異常がある。

ASDと運動障害の類似があるが、同時に発生する診断であるかどうか、運動障害の相違があるかどうかについては、現時点では不明確である。

運動障害を評価することによって、運動介入に結び付け、運動技能の重要性に関する親と教育者の理解を促すようにする必要がある。

介入は心理的幸福を目標にして、発達状態に応じた支援や家族への支援がなされるように、関係機関や専門家の協力体制の構築が不可欠である。

*佐賀大学教育学部

以上が示唆されている。最近、DCD に対する研究が少しずつ進展している状況にあると考えられる。このため、本研究の目的は、DCD について研究された 2023 年に発刊された論文の内容について検討することにした。

II 研究方法

本研究では、DCD について考察された 2023 年に発刊された論文の内容について検討した。また、2024 年 1 月発行の論文も含めることにした。文献を検索するデータベースには、CiNii Research、Google Scholar、および Springer を使用した。最終検索日は、2024 年 2 月 10 日であった。このレビューで扱うキーワードについては、「autism spectrum disorder、developmental coordination disorder、complication」とした。

査読され、科学雑誌に掲載された論文から、DCD に対する研究手続きががなされているものを使用した。調査や実験による研究の手続きが明確な 18 件の論文における DCD を持つ神経発達症に対する認識と支援に関する知見や見解について考察することにした。その際、論文の主たる研究について内容で分類したところ、DCD における、診断評価の研究 (5 件)、生理学的研究 (5 件)、心理学的研究 (4 件)、介入研究 (4 件) の 4 つに分類された。これらの内容について検討することにした。

III DCD に関する 2023 年に発刊された研究に関する考察

DCD について検討された研究の概要については、次の通りであった。

1. 診断評価の研究 (5 件)

(1) DCD の診断サービスに関する親の認識

疫学的研究から、DCD は子供の 20 名に 1 名が罹患するとされている。運動技能を習得する能力に影響を及ぼす神経発達症と捉えられている。その有病率の高さにもかかわらず、DCD は十分に認知されていない。これにより、診断をされていない子供が多いため、子供への助けを求めている家族に対して、不必要な不満やストレスを与えている状況がある。したがって、DCD の早期発見・早期診断を改善するために、親がどのように診断サービスを利用しているか、また必要な支援やサービスについての親の考え方を理解する必要がある。

ブリティッシュ・コロンビア州で DCD が疑われる、または診断された子供 (18 歳未満) の親を対象に、多面的なリクルート戦略を使用して、DCD のための impACT オンライン質問紙調査票を配布した。得られた連続データについては中央値/四分位範囲、カテゴリーデータについては度数/パーセンテージを用いて分析した。自由記述形式の質問については探索的内容分析を用いて分析した。

合計 237 名の回答者データを分析した結果、「親は、DCD の病因、症状、影響に関する医療専門家や教育者の認識や理解に乏しく、診断サービスへのタイムリーなアクセスに影響を及ぼしていること、待ち時間が長いことも障壁となり、経済的に余裕のある家族は、よく民間の診断サービスを利用していることが示唆された」(Klein, Licari, Barbic, et al., 2024) と報告されている。

以上より、早期発見と早期介入を可能にする合理的な診断サービスの標準化が求められる。つまり、DCD を持つ子供の評価、診断、治療を行い、DCD に関連する身体的、精神的な二次的影響を軽減するためには、公的サービスによる家族を中心とする療育アプローチが不可欠だと考えられる。

(2) 低い運動能力か DCD か (子供の運動障害を理解するための概要)

DCD は、神経学的疾患やその他の疾患がないにもかかわらず、子供の運動能力の低さによって定義

される疾患である。このため、子供における低運動能力 (LMC) と DCD、および LMC と DCD の相違点と類似点を理解するための枠組みを検討する。DCD の有病率はかなり高いが (学齢期の子供の 5~6%)、ここ数十年の研究では、学齢期の子供における低運動能力 (LMC) の有意な水準 (30~77%) が記録されている。これらの数値は、運動能力の低さが蔓延していることを表している。したがって、適切な評価、介入に加えて、DCD の診断される可能性の調査や評価が求められる。

「運動能力の低さは、標準化されたアセスメントを用いて運動能力を一度だけ測定した後に明らかになるのが一般的であるが、その一方、DCD は慢性的な症状であり、幼児期から青年期を経て成人期まで続くことが明らかになっている」(Tamplain, Cairney, 2024) と示唆されている。したがって、早期における DCD の診断、介入ができる環境を整える必要があると言える。

(3) DCD 児における早期発達に関する親からの報告

DCD は、通常 5 歳以降に診断される神経発達疾患である。出生から 6 歳までの間に親が報告した DCD の早期マーカーを評価することを重視する必要がある。このため、DCD と診断された 12 名の子供の親を対象に半構造化面接を行った。1 家族につき 3 回までのインタビューを行った。インタビューは逐語的に書き起こし、帰納的主題分析法を用いて分析することにした。

「子供特有の特徴」については、多様な発達領域 (運動マイルストーン、日常生活活動、遊びと探索、疲労と睡眠、参加、感覚処理、対処スキルと友人関係、言語スキル) における子供の課題について論じた。子供ごと、領域ごとに深刻さが異なることが示された。「文脈における特徴」では、説明や治療の探求、具体的な参加の選択、他の養育者による懸念、二次的な結果の出現等、子供の直接的な環境における微妙な指標について論じた。

これらの見解から、早期発達を通して、定量的・定性的な発達情報を収集する大規模な国際的縦断的追跡調査により、「これらの早期特徴が DCD と実際に関連しているという仮説を強化できる。また、生後 1 年目からの DCD の早期特徴の存在を示唆し、DCD の診断過程において親と話し合うべき重要な話題を示すものである。親からの病歴聴取では、子供特有の特徴と状況特有の特徴の両方を尋ねることが重要である」(Roubaix, Velde, Waelvelde, 2023) と示唆された。

(4) 出生前の累積的危険因子 (RF) が子供の DCD の有無に及ぼす影響

出生前の累積的危険因子 (RF) が子供の DCD の有無に及ぼす影響を検討することを目的に、コホート研究である Coordination and Activity Tracking in Children (CATCH) の参加者 (N=589、男児 338、年齢 4.5 ± 0.5 歳) を対象とした。運動協調性は Movement Assessment Battery for Children-2nd Edition を用いて評価した。子供は、European Academy of Childhood Disability のガイドラインに基づき、DCD のリスクがある (DCDr) と分類された。RF は親が記入した調査票によって得られたものである。RF が DCD に及ぼす影響を調べるために、多重ロジスティック回帰を行うことにした。

母親の出生時年齢、子供の性別、子供の年齢、配偶者の有無、世帯年収の合計で調整した後、出生前の RF の総数が多い程、子供が DCDr になる確率が有意に高いことが示された ($OR=1.48$, $p<0.01$)。これらの所見は、複数の出生前 RF の累積的な影響や、RF の特定の組み合わせが他の組み合わせよりも、DCDj への関連性について更なる調査を行う必要があることを示している。「出生前の危険因子が子供の一般的な運動能力や認知能力に悪影響を及ぼす。DCDr の子供の母親は、定型発達児の母親よりも RF の数が多い。DCD を発症する確率は、RF への曝露が増えるほど有意に高くなる」(Babi, Maeghan, Veldhuizen, et al., 2023) と報告されている。それ故、DCD の可能性のある原因や予防、

女性の出産前のケアと周産期の RF を取り巻く知識に関する知見を示唆していると言える。

(5) DCD への理解を深める複雑性の認識

DCD の症状は、運動障害を超えて広範に及ぶことが一貫して示唆されている。それらの研究や実践の大部分は、還元主義的な枠組みで DCD の調査、診断、治療にアプローチしている状況にある。そこで、DCD のより適切な概念化、評価、治療の手段として、複雑性理論のパラダイムを提案する。複雑性理論の視点と DCD との関連性、DCD の複雑な性質を認め、捉えようとする最近の研究の例を取り上げる。今後の研究と実践において、DCD の複雑性を考慮し、測定するための提案を行う。

臨床現場における DCD の複雑性を臨床現場で認識する方法は多いが、DCD 児の経験の全体像を理解し、適切な支援をするための基準として、運動、認知、その他の二次的症候を評価する。診断に対する全体的なアプローチには、神経発達症や気分障害を併発する可能性のあるものすべてに対するスクリーニングも含めるべきで、幅広い診断ツールを開発し続けなければならない。このような実践は、DCD 児の長所と短所に関する総合的な視点を収集することを奨励し、維持するのに役立つ。

「全体として、複雑性の視点は研究を前進させ、評価と治療に関連する DCD の理解を向上させることができる。複雑性のパラダイムは、DCD の発展的で多次元的な像の記述、異質な症状プロファイルの理解、相互に関連した二次症候との関連付け、そしてそれ以上のことに大きく関係している」(Meachon, 2023) と報告されている。多面的な複雑性の認識を重視する必要があると言える。

2. 生理学的研究 (5 件)

(1) 小児の発達性協調運動障害の遺伝学と後成学(エピジェネティック)

DCD は、運動協調性の障害を特徴とする発達障害であり、ADHD、ASD やその他の心理学的・行動学的疾患と併発することが多い。DCD の病因は次のように考えられている。

DCD の病因には、脳の変化と環境因子、遺伝学もその発症に関与している。最近、運動障害に関連するいくつかの候補遺伝子や遺伝因子が同定されている。遺伝子欠失、コピー数多型、一塩基多型、エピジェネティック修飾などがあげられる。そのため、DCD に関する遺伝学的研究の現在の知見を概説し、その根底にある遺伝的機序に関する継続的研究の重要性を示す。

運動障害は、環境因子と遺伝因子との複雑な相互作用から生じる。DNA メチル化やヒストン修飾などのエピジェネティックなメカニズムは、これらの相互作用を媒介する上で重要な役割を果たしている。環境因子は、運動機能に関与する遺伝子の発現を変化させるエピジェネティックな影響を引き起こす可能性がある。同様に、遺伝子の突然変異や変異はエピジェネティックなマークに影響を与え、環境に応答して遺伝子の発現パターンを変化させることがある。このようなエピジェネティックな変化は、神経の発達や機能に長期的な影響を及ぼし、DCD の運動障害を引き起こす可能性がある。

DCD に遺伝的な要因があることを裏付ける証拠はあるものの、初期段階にあり、現在の証拠の多くは、併発する疾患の研究に基づくものである。DCD と他の神経発達症との間に共通の遺伝的感応性の可能性があることから、将来的には DCD だけでなく、健常児も含めた大規模なサンプルを用いた研究が求められる。集団における障害の臨床症状や疫学的特徴を考慮しながら、全エクソームシーケンシングや全ゲノムシーケンシングの手法を用いて、症例対照研究やコホート研究を行う必要がある。「ゲノムワイド関連研究 (GWAS) により、複雑な遺伝学と感応性の探求が可能となる。ADHD や ASD のような他の神経発達症と同様に、DC のゲノムの構造もまた、神経発達症と類似している」(You, Shi, Huang, et al., 2023) と論及されている。

DCD に遺伝的関与があることを示唆する証拠があるが、その証拠は初期段階にある。現在のエビデンスの多くは、併発する疾患の研究に基づく。そのため、DCD の遺伝的基盤をより理解するための研究は、診断、治療、および DCD の病因の理解に重要な意味を持つと言及されている。

(2) DCD の病態に関する洞察によって運動障害との重複が明らかにされたこと

DCD の一部に遺伝的基盤があるが、関連遺伝子やその根底にある病因メカニズムに関する包括的な知見は不足している。診断基準に従って DCD と診断された患者において、文献に記載されている遺伝子を同定した。組織および時間的な遺伝子発現パターンと脳特異的な生物学的メカニズムを調べることにより、DCD の根本的な発症メカニズムを明らかにした。また、DCD と運動失調症、コレア、ジストニア、ミオクローヌスなど、遺伝的要素が知られている頻度の高い運動障害との間に共通すると考えられる発症機序を検討した。「DCD に関連する 12 の遺伝子を文献から同定した。これらの遺伝子は、脳の発達を通して中枢神経系で偏在的に発現し、細胞プロセス、神経シグナル伝達、神経系の発達に関与している」(Garofalo, Vansenne, Sival, et al., 2023) と示唆されている。DCD 関連遺伝子と運動障害関連遺伝子の間には、発症メカニズムにおいて顕著な重複 (62%) があるため、DCD の遺伝的病因を持つ者がいる可能性を示しており、病因論的運動症スペクトラムの一部だと推察される。

(3) DCD と発達性相貌失認について

DCD は、幼児期からの運動制御の困難さを特徴としている。この症状を持つ子供は、他者の顔を認識することに問題があるにもかかわらず、この問題が成人期まで続くかどうかは不明である。そのため、DCD における発達性相貌失認 (生涯にわたって顔が苦手であること) の有病率を評価した。DCD の 53% が、最近推奨されている相貌失認の診断基準を満たし、そのうち 34% は従来の認知課題に基づく方法で診断を受けている。さらに、彼らの顔に対する問題は、見慣れない顔と見慣れた顔の両方の記憶テスト、および顔認知課題 (顔を見分けられるかどうか) でも同様であった。

これらの問題は、従来から顔認知の困難と関連付けられてきた疾患、ASD や失読症を併存する DCD の症例を除外してもなお残っていた。「DCD のかなりの割合が大人になってから、顔に関する深刻な問題に悩まされている。相貌失認の有病率の高さと、DCD と相貌失認の間に正の相関があるため、発達性相貌失認と相貌失認症状との間には、より強い関連性がある」(Maw, Burns, Beattie, 2023) と言及されている。発達性相貌失認と DCD の間には、強い関連があるものと推察される。

(4) 成人の DCD における視聴覚多感覚統合と触覚知覚の変化

DCD は、運動障害の一つであり、非定型的な感覚処理が非定型的な運動の背景にある可能性がある。DCD は運動障害である。しかし、変化した感覚処理が 領域特異的なものなのか、グローバルなものなのかは、未解決である。Mayes, Gentle, Ivanova, らは次の報告をしている (2023)。

同じ DCD の成人参加者コホートにおいて、感覚処理と時空間統合の異なる側面を初めて測定した。DCD (N=16)、DCD の可能性のある成人 (pDCD, N=12)、神経質な成人 (NT, N=28)。触覚知覚は、DCD と拡張 DCD+pDCD の両群で、NT 成人と比較して低下していた。触覚知覚は、NT 成人と比較して、DCD 群と拡張 DCD+pDCD 群の両方で低下していた。視聴覚統合は、音誘発二重閃光錯視を用いて測定された。DCD+pDCD の拡張群では低下しなかった。

一方、DCD では低レベルの感覚処理は変化していたが、より認知的で、空間情報から時間的次元を推測する高次の能力タウカップパ効果で評価したところ、空間的情報から時間的次元を推論する、その

逆を推論する、高次の認知能力は、DCD（および拡張群）とDCD（および拡張DCD+pDCD）参加者において問題はなかった。視聴覚統合と触覚知覚の障害は、自己報告によるDCD症状の程度と相関し、DCDとNTを比較した場合に最も顕著であった。特に、拡張DCD+pDCD群ではなく、DCD群とNT群を直接比較した場合に最も顕著であった。

感覚障害とDCD症状との関連は、知覚の違いがDCDの運動障害に関与していることを示唆している。DCDの運動障害には、知覚の違いが内在的なモデリング機構を介して関与していると推察された。

(5)成人のDCDにおける視聴覚多感覚統合と触覚知覚の変化

コンピュータによる視覚的フィードバックが、時間、空間的方位および筆圧の指標について検討した。7歳から12歳のDCD児27名を対象とした。介入セッションは週1回、8週間行われた。タブレットに2回コピーした。1回目は、筆圧の程度に対応する筆記色の視覚的フィードバックを受けた。一度目は、筆圧の度合いに応じて筆記色に変化する視覚的フィードバックを受け、二度目は視覚的フィードバックを受けなかった。2つの条件はセッションを通してカウンターバランスがなされた。

介入前セッションは、時間、空間的方向、筆圧の測定について、介入前のセッションと介入後のセッションを比較し、時間、空間的方向、圧力の測定について新しいテキストと比較した。視覚的フィードバック条件と文字視覚的フィードバック条件では、筆記時間、空中筆記時間、筆記時間の合計と平均が有意に減少し、筆記能力が増加した。空間変数では、文字の高さの分散が有意に減少した。

筆記課題では、両条件ともテスト後に減少し、視覚的フィードバック条件では維持された。両条件において、筆圧はテスト後に減少し、新しいテキストでは維持された。視覚的フィードバックの介入は、筆記時の筆圧を調節するのに必要な運動学的-触覚的フィードバックを増加させ、より効率的なフィードフォワード過程を促進し、アウトプットの質と筆圧を向上させる。

これらより、「より効率的なフィードフォワード過程を促進し、アウトプットの質と能力を向上させる」(Bartov, Wagner, Shvalb, 2023)と言及されている。トレーニング効果について、介入のアクセシビリティはDCD児の自律性を高めることができたと考えられる。

3. 心理学的研究（4件）

(1)DCDを有する学童期の子供における情緒的問題や行動的問題の軌跡のパターン

学童期におけるDCD、および情緒的問題や行動的問題などの心理的問題との関連は研究により証明されているが、DCDを有する子供におけるこれらの問題の経時的変化については十分に理解されていない。このため、DCDを有する学童期の子供における情緒的問題や行動的問題の軌跡のパターンを同定し、これらの問題の発生、経過に対する共存する神経発達特性の影響を明らかにすることにした。DCD-Q（発達性協調運動症質問票）を用いて、773名の子供をDCD例と確認して、6歳から10歳までの4年間追跡した。情緒的および行動的問題は、子供の両親または保護者が記入したStrengths and Difficulties Questionnaireを用いて評価した。

その結果、情緒的問題と行動的問題の4つの軌跡パターンが同定された。「ASDやADHDの特性が高い子供は、予後不良の軌跡パターンに割り当てられる可能性が高かった。そのため、小学校低学年におけるDCDを有する子供の情緒的問題と行動的問題と共存する神経発達特性を評価することが重要になる」(Mikami, Hirota, Adachi, 2023)と主張されている。ASDやADHDの特性が高い場合は、特に、DCDを有する子供の情緒的問題と行動的問題と併存する神経発達特性を評価することを重視して、適切な早期介入によって、その情緒的問題と行動的問題の軽減を図ることが不可欠と考えられる。

(2)DCD 児の心理社会的ウェルビーイング、親の懸念、家族への影響

DCD は、運動技能の習得や能力に影響を及ぼす神経発達症である。先行研究では、DCD における心理社会的転帰の不利が確認されているが、小規模または集団スクリーニングされた地域ベースのサンプルであるため、限界があるとされている。そのため、大規模な集団ベースのサンプルを用いて、子供期のDCDの心理社会的困難、親の懸念、家族への影響を理解することが重要になる。

DCD と診断された4歳から18歳の子供310名の親に対して、DCDの影響に関する質問紙調査を行った。親が評価した情緒的問題、仲間内の問題、向社会的行動の測定値を規範データと比較した。さらに、DCDが参加、交流、情緒的幸福、家族システムに与える影響に対する親の懸念が調査された。

「定型発達児と比較すると、DCD児は情緒的問題や仲間関係の問題で有意に高く、向社会的行動で有意に低かった。親は、子供の将来に対する不安や、身体活動からの離脱を最も多く報告した。1つ以上の重複障害の有無は、結果において有意な影響を及ぼしていなかったことが明らかになった」(Mancini, Licari, Alvares, 2024)と主張されている。

今回の調査結果は、DCD児の心理社会的転帰の悪さを浮き彫りにしている。DCD児だけでなく、DCDと複数の障害を併発している子供においても、心理社会的転帰が不良である可能性が高いことが示唆された。親は、既存のDCDへの介入法では対象とされていないような子供への懸念(不参加や社会的引きこもりなど)を報告し、DCDが家族全体に与える影響を検討する必要があると論及された。

本論では、DCD児の親からの報告による調査データを示している。年齢を問わず、心理社会的な転帰に大きな影響を与えることを示している。子供達は、DCDを持たない同年齢のオーストラリアの子供達よりも、感情的な問題や仲間関係の問題のレベルが有意に高く、向社会的行動が低いと親から評価されている。また、DCDの心理社会的転帰が悪いのは併発している障害の結果であるという誤解を覆すものであり、このサンプルではDCDと診断された子供達でも予後が悪いことが観察された。

さらに、DCDを持つ親が、特に子供の参加や情緒的健康に関して、大きな心配や懸念を抱いていることが浮き彫りになった。親はDCDが家族構成に大きな影響を与え、定期的に心配や懸念を引き起こし、活動の選択に影響を与え、経済的な負担を引き起こしていることも報告している。このような懸念や影響には、新たな支援方法を構築する必要性に迫られていることが浮き彫りにされたと言える。

(3)DCD児の特徴的なメンタルヘルス・プロファイル

DCD児には、精神的な健康問題の兆候が見られ、精神的健康問題を示す。この集団における精神的健康のパターン(プロファイル)を同定し、プロファイルと子供の特性との関連を分析することを行った。質問紙調査に応じた119名のDCD児の親がStrengths and Difficulties Questionnaireに回答した。「その結果、4つの潜在クラスが最良のモデルであることが示された。プロファイル1は「精神的健康問題なし」(n=28; 24%)、プロファイル2は「多動性」の問題(n=53; 43.3%)、プロファイル3は「内面化」の問題(n=8; 7.3%)と定義され、情緒的症状や仲間関係の問題が臨床的に指摘された。プロファイル4は「内面化および外面化の問題」(n=30; 25.4%)と定義され、両領域の問題が臨床的に指摘された」(Pimenta, Fuchs, Fears, 2023)と言及された。さらに、共起性障害、宿泊プラン、薬の使用がプロファイルと関連していた。

DCD児が示す明確でユニークなプロファイルが存在するため、臨床家はこれらのプロファイルを用いることで、この集団における精神的健康症状の現れ方をよりよく理解し、精神衛生上の問題がある場合には適切なサービスや支援を提供することができることが推測される。

(4)成人のDCDにおける心理的問題と対応

DCDは、以前より子供の神経発達症と考えられており、成人の精神科医の間ではあまり知られていない。それにもかかわらず、一般成人人口の約5%にみられると推定されている。本論では、成人期にDCDと診断された3症例を検討し、精神科医が直面するいくつかの重要な課題を示す。

「DCDによる運動障害は成人期まで持続することが多いこと、成人のDCDが運動障害を主訴として訴えることは稀であり、むしろ抑うつ気分、依存症、不安などの二次的な非運動症状を呈すること、成人のDCDの診断と管理に関するエビデンスはかなり限られていること、および成人のDCDが増加傾向にあることやその精神的脆弱性から、より多くのエビデンスが早急に必要な状況にあること」(Verlinden, Wijngaert, Eynde, 2023)が示唆されている。

成人期にDCDという新たな診断が下されることは、自分とは違い、不器用で、時には笑われることもあるという、これまでの人生で経験してきたことが説明されることになり、安堵することが多い旨、示されている。したがって、DCDの診断を成人期になる前にしておくことが、DCDのある成人の心理的問題を緩和することにつながると考えられる。

4. 介入研究 (4件)

(1)DCDの児童・青少年に対する運動能力向上のための治療的介入プログラム

DCDの児童・青少年に対する運動能力向上のための身体活動、スポーツ等の治療的介入プログラムの有効性を明らかにすることを目的とした研究がなされている。使用するサンプルは、2014年から2022年までの論文48編(100%)、具体的には論文40編(83.5%)、博士論文3編(6.2%)、修士論文2編(4.1%)、学会プロシーディングスの論文3編(6.2%)で構成されていた。

サンプルを検索するために、「DCD、失行症、身体活動プログラム、介入、身体的介入、身体教育」の用語を使用し、DCDの児童・青年における身体活動やスポーツを用いた介入プログラムについて、統計的に有意な結果の有無、および内的妥当性の検討がなされた。その結果から、「介入プログラムの多くが児童の運動能力だけでなく、日常生活における機能性を改善していることが示唆された」(Zaragas, Fragkomicheleki, Geitona, 2023)と報告されている。また、動的・静的バランスを改善することができなかった介入プログラムの場合、介入期間が短い、介入サンプルの不均一さ、不適切な評価ツールの使用等に起因している可能性があるとの見解が示されている。

DCDに対する運動能力向上のための治療的介入プログラムの充実を図ることが求められる。

(2)SLDとDCDの二重診断を持つ子供に対する課題指向型介入の有効性

DCD児には、運動能力の障害に対処し、活動制限を軽減するために、課題志向型のアプローチが推奨されている。このアプローチはいくつかの場面で用いられているが、SLDとDCDの二重診断の子供における有効性については、あまり知られていない。

神経運動課題訓練(NTT)の原則に基づいた集団ベースの介入が、6~10歳のSLD/DCD児の運動能力に及ぼす効果を明らかにするために、SLDと一次診断された児童を対象に、事前・事後テスト対照研究デザインを実施した。DCDの状態は臨床評価に基づいて確認された。MABCチェックリストによると、MABC-2(Motor Assessment Battery for Children 2nd Edition)のスコアが16パーセント以下であり、かつ機能的運動障害を呈する児童をDCDとみなした。

DCD児たちは、教師が必要だと思う度合いに基づいてNTT介入群に割り付けられ、週2回45分から60分のトレーニングを9週間受けた。通常ケア(UC)群に割り当てられたDCD児は、計画された作

業療法と理学療法を受けた。運動能力の変化を評価するために MABC-2 が用いられた。

この結果から、SLD 児における運動協調症の存在を確認することが重要であることが確認された。小集団で行われる NTT の原則に基づいた課題指向型トレーニングプログラムは、神経発達症を持つ学習者の運動能力にプラスの効果をもたらし、この効果は通常のケア群よりも大きかった。

これらより、多発性神経発達症のある子供に小集団形式を用いることは、セラピストにとって困難なことかもしれないが、特別支援学校の子供にサービスを提供する方法の 1 つになるかもしれない。この研究で追加されたことについて、「DCD+LSD の子供たちは、学校環境で集団ベースの NTT を行うことにより、運動スキルの改善を示す。集団ベースの NTT は、通常のケアと比較して、MABC-2 の TSS スコアに有意な改善を示した。DCD+SLD の子供は、SLD を伴わない DCD と同様に、NTT 介入後に同等のエフェクトサイズを示した」(Rameckers, Crafford, Ferguson, 2023) と確認されている。したがって、DCD 児に対する神経運動課題トレーニングによる介入は、その運動スキルの改善のために有効である。また、介入の場について検討することを重視する必要があると考えられる。

(3) DCD 児と TD 児の行動観察と模倣能力に関する考察

DCD 児は運動学習において困難に直面している。動作観察と模倣は、運動技能を教えるために頻繁に用いられる方法である。このため、本研究では、新しいプロトコルを用いて、DCD 児の行動観察と模倣の能力を健常児と比較検討をすること、および行動観察、模倣、運動能力、日常生活動作(ADL) の関係を明らかにすることを目的とした。

方法として DCD 児 21 名(平均年齢 7 歳 9 ヶ月、範囲 6 歳から 10 歳)と年齢をマッチさせた対照児 20 名(平均年齢 7 歳 8 ヶ月、範囲 6 歳から 10 歳)を対象とした。行動観察と模倣の習熟度を調べるために開発されたプロトコルを使用した。運動能力は Movement Assessment Battery for Children-2 で評価した。ADL は DCD Questionnaire'07 を用いて調査した。DCD 児の行動観察能力 ($p=0.037$) と模倣能力 ($p<0.001$) は、健常児と比較して有意に低かった。行動観察と模倣能力の低さは、運動能力および ADL 能力の低さ、年齢の低さと関連していた。非意味的ジェスチャー模倣の習熟度は、全体的な運動能力 ($p=0.009$)、手先の器用さ ($p=0.02$)、ADL ($p=0.004$) の予測値を示した。

最近開発された DCD 児の行動観察と模倣能力を調査するためのプロトコルは、運動学習能力の調査や運動指導アプローチの選択を支援するために、臨床的に有用であることが示された。DCD 児は TD 児と比較して、行動観察と模倣能力に障害がある。行動観察および模倣能力の低下は、運動学習過程における困難を説明する一因となる可能性がある。特に、非意味的ジェスチャー能力は、運動能力や ADL を予測する価値がある。非意味的ジェスチャーテストの新しさは、(意味的ジェスチャーテストのように) 学習した技能のパフォーマンスではなく、模倣の熟練度に特に関連するジェスチャーのパフォーマンスを含むことである。このテストにおける手と指の位置、および手の動きのシーケンスの模倣は、非意味的ジェスチャーテストをこれまでのジェスチャー評価バッテリーと区別するもう 1 つの顕著な側面でもある。「行動観察と模倣能力に関する新たな知見は、治療者が DCD 児に最も適切な運動指導法を決定するのに有効性が高い」(Bieber, Engelsman, Sgandurra, 2023) と示唆された。

以上より、行動観察と模倣能力に関する新しいプロトコルは、DCD 児の運動学習困難を発見し、運動指導アプローチの新たな機会を明確にするために有用であると推察される。

(4) DCD に対する介入ツールとしての新技術の役割

現代技術の進歩や、ICT、IoT、スマートシステム、スマート製品などを利用したインダストリー

4.0の影響により、今や多くの人々の日常生活にとって重要かつ不可欠な要素となっている。スマートシステムや製品、その他多くのものが、今や多くの障害者の日常生活にとって重要かつ不可欠な要素となっている。これらは、障害者の日常生活に欠かせない重要な要素にもなっている。

DCDは、非常に併存性が高く、医療専門家によって過小評価されがちな障害である。しかしながら、日常生活や社会参加に支障をきたす。このため、タブレット端末、バーチャルリアリティ（VR）、能動的なビデオゲームやコンソールを含む3つの有望な介入技術の使用に関する最近の研究や進歩、そしてそれらが、DCDに見られる技能障害の発達に果たす役割について調査した。これら3つの技術カテゴリーから、DCDに対する研究結果を検討した。

現在、教育分野およびDCDトレーニングにおけるあらゆるデジタル技術が重視されている。これらのテクノロジーは非常に効果的で生産的であり、評価、介入、教育手順を促進、改善する。教育活動をどこにいても行えるモバイル機器、教育の主な支援者である様々なICTsアプリケーション、AI、STEM、ROBOTICSなどによって、教育手順を新たなパフォーマンス・レベルまで引き上げ、教育活動の質を向上させることが求められている。

「教育手順を新たなパフォーマンス・レベルに引き上げるために、AI、STEM、ROBOTICS、フレンドリーなゲームに加えて、メタ認知、マインドフルネス、瞑想、情動的知能の発達の理論やモデルとICTsの開発と統合も重要である。ICTをメタ認知、マインドフルネス、瞑想、情緒的知性の発達などの理論やモデルと融合させることで社会適応能力が向上する」（Pergantis, 2023）と考えられている。

特にDCDは、日常生活に様々な影響を与える持続的な障害である。新しいテクノロジーは、これまで以上に多くの医療専門家等スペシャリストにとって不可欠な要素となっている。DCDにおける前述のカテゴリーに分類される技術の使用に関する最近の進歩については、3つの主要なカテゴリーで調査された多くの研究において、これらの技術の使用を通じてポジティブな効果をもたらしたことが示された。したがって、今後の課題は、DCDに対して新しいテクノロジーをどのように使用して介入すれば、運動障害や心理的問題等の解決に効果的なのかを教育屋や療育実践において実証することである。

IV 総合考察

DCDについて言及した2023年に発刊された研究内容について検討した。

1. 診断評価の研究（5件）

DCDが疑われる親に対する質問紙調査から、DCDの病因、症状、影響に関する医療や教育の専門家の認識や理解に乏しく、診断サービスへのタイムリーなアクセスに影響している。早期発見と早期介入を可能にする診断サービスの標準化、DCD児の評価、診断、治療を行い、身体的、精神的な二次的影響を軽減するためには、公的サービスによる家族を中心とする療育アプローチが不可欠である。

DCDは、神経学的疾患やその他の疾患がないにもかかわらず、子供の運動能力の低さによって定義される疾患である。運動能力が低いため、適切な評価、介入に加えて、DCDの診断される可能性の調査や評価が求められる。DCDは慢性的な症状であり、幼児期から青年期を経て成人期まで続く。そのため、早期におけるDCDの診断、介入ができる環境を整える必要がある。

DCD児の親を対象に半構造化面接がなされた。多様な発達領域で子供ごと、領域ごとに深刻さが異なる。説明や治療の探求、具体的な参加の選択、他の養育者による懸念、二次的な結果の出現等、環境における微妙な指標について検討した。診断過程において、親からの病歴聴取では、子供特有の特徴と状況特有の特徴の両方を尋ねる必要がある。

出生前の累積的危険因子（RF）が子供のDCDの有無に及ぼす影響を検討するためのコホート研究か

ら、出生前の危険因子が子供の一般的な運動能力や認知能力に悪影響を及ぼす。DCDr の子供の母親は、定型発達児の母親よりも RF の数が多い。DCD を発症する確率は、RF へ晒されるほど有意に高くなる。DCD の原因や予防、女性の出産前のケアと周産期の RF を取り巻く知見を明らかにできた。

DCD 児の経験の全体像を理解し、適切な支援をするための基準として、運動、認知、その他の二次的症狀を評価する必要がある。複雑性の視点は、評価と治療に関連する DCD の理解を向上させる。複雑性のパラダイムは、DCD の発展的で多次元的な像の記述、異質な症状プロファイルの理解、相互に関連した二次症状との関連付け等に関係している。多面的な複雑性の認識を重視する必要がある。

2. 生理学的研究 (5 件)

DCD に併発する疾患の研究に基づき、DC のゲノムの構造も他の神経発達症と類似している。DCD に遺伝的関与があることを示唆する証拠がある一方で、その証拠は初期段階にある。現在のエビデンスの多くは、併発する疾患の研究に基づくものである。そのため、DCD の遺伝的基盤をより理解するための更なる研究は、診断、治療、DCD の病因の理解において重要な意味を持つ。

DCD に関連する 12 の遺伝子を文献から同定した。これらの遺伝子は、脳の発達を通して中枢神経系で偏在的に発現し、細胞プロセス、神経シグナル伝達、神経系の発達に関与している。DCD 関連遺伝子と運動障害関連遺伝子の間には、発症メカニズムにおいて顕著な重複 (62%) が見られた。DCD の遺伝的病因を持つ者がいる可能性があり、それは病因論的運動症スペクトラムの一部である。

DCD の 53% が相貌失認の診断基準を満たし、そのうち 34% は従来の認知課題に基づく方法で診断を受けている。DCD のかなりの割合が、大人になってから、臨床的に重大と考えられる顔に関する深刻な問題に悩まされている。DCD における発達性相貌失認と相貌失認症状との間には、より強い関連性があるため、発達性相貌失認と DCD の間には、強い関連がある可能性が高い。

DCD の視聴覚統合と触覚知覚の障害は、DCD 症状の程度と相関し、DCD と NT を比較した場合に最も顕著であった。特に、拡張 DCD+pDCD 群ではなく、DCD 群と NT 群を直接比較した場合に最も顕著であった。感覚障害と DCD 症状との関連は、知覚の違いが DCD の運動障害に関与していることを示唆している。DCD の運動障害には、知覚の違いが内在的なモデリング機構を介して関与している。

DCD 児に対する視覚的フィードバックの介入は、筆記時の筆圧調節に必要な運動学的-触覚的フィードバックを増加させ、効率的なフィードフォワード過程を促進し、アウトプットの質と筆圧を向上させる。このため、効率的なフィードフォワード過程を促進し、アウトプットの質と能力を向上させる。介入のアクセシビリティは DCD 児の自律性を高めることができると判断される。

3. 心理学的研究 (4 件)

773 名の子供を DCD 例と確認して、6 歳から 10 歳までの 4 年間追跡した。小学校低学年における DCD を有する子供の情緒的問題と行動的問題と共存する神経発達特性を評価する必要がある。ASD や ADHD の特性が高い場合は、DCD を有する子供の情緒的問題と行動的問題と併存する神経発達特性を評価して、早期介入によって情緒的問題と行動的問題の軽減を図ることが不可欠になる。

DCD を持つ親は、特に子供の参加や情緒的健康に関して、大きな心配や懸念を抱いている。親は DCD が家族構成に大きな影響を与え、心配や懸念を引き起こし、活動の選択に影響を与え、経済的な負担を引き起こしている。このような懸念や影響は、現在の DCD への介入モデルでは対処されていないため、新たな支援方法を構築する必要性に迫られている状況にある。

質問紙調査に応じた 119 名の DCD 児の親が Strengths and Difficulties Questionnaire に回答し

た。DCD 児が示す明確でユニークなプロファイルが存在するため、臨床家はこれらのプロファイルを用いることで、精神的健康症状の現れ方をよりよく理解し、精神衛生上の問題がある場合には適切なサービスや支援を提供することができるものと捉えられる。

成人のDCDの増加傾向やその精神的脆弱性から、より多くのエビデンスが早急に必要である。成人期にDCDという新たな診断が下されることは、自分とは違い、不器用で、時には笑われることもあるという、これまでの人生で経験してきたことが説明されることになり、安堵することが多い。DCDの診断を成人期前にしておくことが、DCDのある成人の心理的問題を緩和することにつながる。

4. 介入研究 (4件)

DCDの児童と青年への介入プログラムの多くが児童の運動能力だけでなく、日常生活における機能性を改善している。動的・静的バランスを改善することができなかった介入プログラムの場合、期間が短い、サンプルの不均一さ、不適切な評価ツールの使用等に起因している可能性があるとの見解が示されている。運動能力向上のための治療的介入プログラムの充実を図ることが求められる。

神経運動課題訓練 (NTT) の原則に基づいた集団ベースの介入が、特異的学習障害 (SLD) と一次診断された児童を対象に、事前・事後テスト対照研究デザインを実施して行われた。運動能力の変化の評価にMABC-2が用いられ、SLD児における運動障害を確認した。DCD児に対する神経運動課題トレーニングによる介入は、その運動スキルの改善のために有効であると判断される。

新しいプロトコルを用いて、DCD児の行動観察と模倣の能力を健常児と比較、および行動観察、模倣、運動能力、日常生活動作 (ADL) の関係を検討した。DCD児の行動観察と模倣能力を調査するためのプロトコルは、運動学習能力の調査や運動指導アプローチの選択を支援するのに有効である。DCD児の運動学習困難を発見し、運動指導アプローチの新たな機会を明確に指摘できる。

タブレット端末、バーチャルリアリティ (VR)、能動的なビデオゲームやコンソールを含む3つの主なカテゴリで調査された多くの研究において、これらの技術の使用を通じてポジティブな効果をもたらした。したがって、DCDに対して新しいテクノロジーをどのように活用して介入すれば、運動障害や心理的問題等の解決に効果的なのかを実証する必要がある。

V 結論

DCDについて言及した2023年に発刊された研究内容を検討した結果、次のことが考察された。

- ①診断評価の研究から、早期発見と早期介入を可能にする診断サービスの標準化、DCD児の評価、診断、治療を行い、身体的、精神的な二次的影響を軽減する公的サービスによる家族を中心とする療育アプローチが不可欠である。DCDを発症する確率は、RFへ晒されるほど有意に高くなるため、DCD児の経験の全体像を理解し、適切な支援をするために多面的な複雑性の認識が重要になる。
- ②生理学的研究から、DCDの遺伝的病因を持つ者がいる可能性があり、病因論的運動症スペクトラムの一部である。また、発達性相貌失認とDCDの間には、強い関連がある可能性が高い。運動障害には、知覚の違いが内在的なモデリング機構を介して関与している。効率的なフィードフォワード過程を促進し、アウトプットの質と能力を向上させる。介入のアクセシビリティはDCD児の自律性を高める。
- ③心理学的研究から、DCDを持つ親は、特に子供の参加や情緒的健康に関して、大きな心配や懸念を抱いているため、新たな支援方法を構築する必要性に迫られている状況にある。臨床家はプロファイルを用いて精神的健康症状の現れ方を理解すれば、精神衛生上の問題に適切な支援ができる。また、DCDの診断を成人期前にしておくことが、DCDのある成人の心理的問題を緩和することにつながる。

④DCD に対する介入研究から、運動能力向上のための介入プログラムの充実、神経運動課題トレーニングによる介入、行動観察と模倣能力を調査するためのプロトコルによる運動学習能力の調査や運動指導アプローチの選択の支援、運動学習困難の発見、運動指導アプローチの機会の明確化、新テクノロジーによる介入、これらの運藤障害や心理的問題等の解決への効果を実証する必要がある。

※謝辞：本稿は JSPS 科学研究費 21H00890 の助成を受けた研究に関連するものである。

引用文献

- Babi, j., Maeghan, E., Veldhuizen, J., Rodriguez, C., Price, D., Kwan, M., & Cairney, J., (2023). Cumulative Prenatal Risk Factors and Developmental Coordination Disorder in Young Children. *Maternal and Child Health Journal*, 15, DOI:10.1007/s10995-023-03804-3
- Bartov, R., Wagner, M., Shvalb, N., Hochhauser, M., (2023). Enhancing Handwriting Performance of Children with Developmental Coordination Disorder (DCD) Using Computerized Visual Feedback. *Children*, 10(9), 1534; <https://doi.org/10.3390/children10091534> (1-19) .
- Bieber, E., Engelsman, B., Sgandurra, G., Martini, G., Guzzetta, A., Cioni, G., Feys, H., Klingels, K., (2023). Insights on action observation and imitation abilities in children with Developmental Coordination Disorder and typically developing children. *Research in Developmental Disabilities*, 139, 104556 (1-15).
- Garofalo, M., Vansenne, F., Sival, D., Verbeek, D., (2023). Pathogenetic Insights into Developmental Coordination Disorder Reveal Substantial Overlap with Movement Disorders. *Brain Sciences*, 13(12), 1625; <https://doi.org/10.3390/brainsci13121625>
- Klein, E., Licari, M., Barbic, S., Zwicker, J., (2024). Diagnostic services for developmental coordination disorder: Gaps and opportunities identified by parents. *Child Care Health and Development*, 50(1), DOI:10.1111/cch.1323050(1)
- Mancini, V., Licari, M., Alvares, G., McQueen, M., McIntyre, S., Reynolds, J., Reid, S., Spittle, A., Williams, J., (2024). Psychosocial wellbeing, parental concerns, and familial impact of children with developmental coordination disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 145, 104659.
- Maw, K., Burns, E., Beattie, G., (2023). Prosopagnosia is highly comorbid in developmental coordination disorder (DCD). *Department of Psychology, Edge Hill University*, Number of figures and tables: 7 Supplementary materials: No. Number of pages: 34 <https://doi.org/10.31234/osf.io/us78c>
- Mayes, W., Gentle, J., Ivanova, M., Violante, I., (2024). Audio-visual multisensory integration and haptic perception are altered in adults with developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, 93, 10318022.
- Meachon, E., (2023). Perspective: Acknowledging complexity to advance the understanding of developmental coordination disorder. *Frontiers in Human Neuroscience*, *Motor Neuroscience*, 16, 1-8. DOI:10.3389/fnhum.2022.1082209
- Mikami, M., Hirota, T., Adachi, M., Takahashi, M., Nishimura, T., Saito, M., Nakamura, K., Yamada, J.,

- (2023). Trajectories of emotional and behavioral problems in school-age children with coordination difficulties and their relationships to ASD/ADHD traits. *Research in Developmental Disabilities, 133*, 1-10.
- Pergantis, P., (2023). Developmental Coordination Disorder and the role of new technologies as intervention tool. World Journal of Advanced Research and Reviews: an International ISSN Approved Journal, University of Thrace, Greece, *World Journal of Advanced Research and Reviews, 19(01)*, 519-528.
- Pimenta, A., Fuchs, C., Fears, N., Mariano, M., Tamplain, P., (2023). Distinct mental health profiles in children with Developmental Coordination Disorder: A latent class analysis and associations. *Research in Developmental Disabilities, 132*, 104377.
- Rameckers, E., Crafford, R., Ferguson, G., Engelsman, B., (2023). Efficacy of a Task-Oriented Intervention for Children with a Dual Diagnosis of Specific Learning Disabilities and Developmental Coordination Disorder: A Pilot Study. *Children, 10(3)*, 415; <https://doi.org/10.3390/children10030415>
- Roubaix, A., Velde, D., Waelvelde, H., (2023). Parental report of early features of developmental coordination disorder: A qualitative study. *Research in Developmental Disabilities, 143*, December 2023, 104636.
- Tamplain, P., Cairney, J., (2024). Low Motor Competence or Developmental Coordination Disorder? An Overview and Framework to Understand Motor Difficulties in Children. *Current Developmental Disorders Reports*, Springer.
- You, H., Shi, J., Huang, F., Wei, Z., Jones, G., Du, W., Hua, J., (2023). Advances in Genetics and Epigenetics of Developmental Coordination Disorder in Children. *Brain Sciences, 13(6)*, 940; <https://doi.org/10.3390/brainsci13060940>
- Verlinden, S., Wijngaert, P., Eynde, J., (2023). Developmental coordination disorder in adults: A case series of a condition that is underdiagnosed by adult psychiatrists. *Psychiatry Research Case Reports, 2(2)*, 1-7. 100148.
- Zaragas, H., Fragkomicheleki, O., Geitona, M., Sofologi, M., Papantoniou, G., Sarris, D., Pliogou, V., Charmpatsis, C., Papadimitropoulou, P., et al., (2023) The effects of physical activity in children and adolescents with developmental coordination disorder. *Child Psychiatry & Human Development, 15(3)*, 804-820.