

運動不器用な神経発達症児における日常生活に即した 二重課題を用いた遂行能力評価 ー 運動・身体・認知能力との関連性の解明と 運動療法を通じた支援に向けてー

国際医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科* 小笠原 悠 人
国際医療福祉リハビリテーションセンター 山 川 竜之介
国際医療福祉リハビリテーションセンター 小 松 亜 依
国際医療福祉大学 保健医療学部 渡 邊 観世子

Assessment of performance skills in children with neurodevelopmental motor difficulties using dual-task like daily life: Clarifying the relationship dual-task and between Motor, Physical and cognitive abilities and aiming for support through physical therapy

International University of Health and Welfare,
Graduate School of Health and Welfare Sciences, OGASAWARA, Yuto
International University of Health and Welfare Rehabilitation Center,
YAMAKAWA, Ryunosuke
International University of Health and Welfare Rehabilitation Center,
KOMATSU, Ai
International University of Health and Welfare, School of Health Sciences,
WATANABE, Miyoko

要 約

神経発達症児の日常生活の困難さの要素の1つである運動の不器用さを主症状とする疾患を発達性協調運動症（developmental coordination disorder：DCD）と呼ぶ。DCDの日常生活の困難さに関連する要素の1つに二重課題の遂行能力が挙げられる。この遂行能力は、DCDの運動の不器用さによる運動の自動化の欠損が原因の1つとして考えられている。二重課題遂行時の運動の自動化の改善のためには関連する身体機能・身体組成の特性を理解することが必要だが、十分な検討はなされていない。本研究は、日常生活に即した二重課題評価である Trail Walking Test を用いて二重課題遂行能力を評価し、二重課題遂行能力と身体機能・身体組成の関連性の検討について定型発達児との比較を行い運動不器用な神経発達症児の特徴を明らかにすることを目的とした。本研究により、神経発達症児の運動の自動化の改善に対する運動療法に必要な新しい知見の獲得に寄与できると考える。

* 現所属：国際医療福祉リハビリテーションセンター

【キーワード】 神経発達症, 発達性協調運動症, 二重課題, 身体機能, 身体組成

Abstract

Developmental coordination disorder (DCD) is a neurodevelopmental disorder characterized by motor difficulties, which significantly affect daily life. Dual-task performance is relevant to daily life and is said to be lower in children with DCD. The low performance is thought to be due to a deficit in motor automatization caused by motor difficulties. To improve motor automatization, it is necessary to examine the relationship dual-task performance and between body function and body composition. However, this has not been clarified. In this study, we evaluated the dual-task performance using the Trail Walking Test, a dual task assessment like daily life, and examined the related body functions and body composition. The purpose of this study was to clarify the characteristics of children with neurodevelopmental motor difficulties through comparison with children with typical developmental. We believe that this study can contribute to obtaining new knowledge for prescribing physical therapy for children with neurodevelopmental disorders to improve their ability to do dual-task performance.

【Keywords】 neurodevelopmental disorder, developmental coordination disorder, dual-task, physical function, body composition

問題と目的

神経発達症の中で運動の不器用さを主症状とする疾患を発達性協調運動症 (developmental coordination disorder: DCD) と呼ぶ。DCD は注意欠如・多動症 (attention-deficit/hyperactivity disorder: ADHD) で約 30 ～ 50 % (Goulardins JB et al., 2017), 自閉スペクトラム症 (autism spectrum disorder: ASD) で約 50 ～ 85 % (Bhat AN et al., 2020) に併発すると報告されている。この DCD による運動の不器用さは、セルフケア, 粗大・微細運動, 遊びを含んだ活動等の日常生活の困難さに悪影響を及ぼすと報告されている (Farhat F et al., 2024)。これらの日常生活の遂行に必要な要素の 1 つに認知課題と運動課題を同時に遂行する二重課題の遂行能力がある。Nicolson と Fawcett ら (1990) は、「完全に自動化されたスキルは意識的な努力を必要とせず、他の意識的な努力が必要な処理に負荷がかかっても自動化されたスキルにはほとんど影響を示さないはずである」と報告している。この報告から Visser (2003) は、「自動化障害仮説 (automatization deficit hypothesis)」の理論を提唱した。この理論では、一般的に運動技能が熟達しており自動化されている場合、認知課題を同時に進行した場合でも運動課題の成績にほとんど影響はしないとされている。一方で、運動技能の低い神経発達症児では運動の自動化が不十分なため、認知課題を同時に進行した場合に運動課題の成績が低下すると考えられている。したがって、運動技能の低い神経発達症児の二重

課題の遂行能力の改善には運動技能の改善から運動の自動化を目指すことが重要と考えられる。しかしながら、運動技能の熟達に必要な身体機能・身体組成と二重課題の遂行能力の関連性の検討は不十分である。

二重課題の遂行能力を評価するにあたり、運動課題では日常生活に即した応用歩行動作を用いること、認知課題では難易度の調整が可能な課題を用いることが日常生活の困難さを反映するために重要である。これらを兼ね備えた方法として Trail Making Test (TMT) を参考に開発された Trail Walking Test (TWT) が有用であると考えた。TWT は数字もしくはひらがなを順番に歩いて辿る課題であり、運動課題として方向転換を含んだ応用歩行動作、認知課題として数字のみを辿る Part A と数字とひらがなを交互に辿る Part B の 2 つの難易度がある課題である (Yamada & Ichihashi, 2010 ; Shott et al., 2016)。Schott ら (2016) は DCD 児に対する TWT を用いた検討から、DCD 児は認知負荷が低い条件よりも高い条件の TWT にて定型発達 (typical developmental: TD) 児と比較し有意に二重課題の遂行能力が低下したと報告している。これらの知見に基づき、本研究では運動の不器用な神経発達症児への二重課題評価として応用歩行動作を含んだ課題で認知的負荷の大きさを設定できる TWT を用いて検討することとした。

子どもの運動技能に関連する身体機能として、新体力テストに含まれている筋力、柔軟性の項目に加え、DCD 児の運動技能評価スケールの Movement Assessment Battery for Children (Blank R et al., 2012) の項目にも含まれる静的および動的バランス能力、さらに DCD の病因の 1 つとして考えられている運動の内部モデル (Adams ILJ et al., 2017) と関連の深いボディイメージの評価が必要だと考える。筋力評価では、全身・上肢筋力と運動協調性の程度と関連性が認められるとの報告 (Nobre et al., 2023) や、下肢筋力評価である等尺性膝伸展筋力は DCD 児で TD 児と比較し有意に困難さを示すと報告されている (Raynor AJ et al., 2001)。また、柔軟性評価では、DCD 児は TD 児と比較し柔軟性が低下していると報告されている (Cantell M et al., 2008, Hands B et al., 2009)。柔軟性は体の各部位の可動範囲を広げて動きを高める運動であり (山田 他., 2021)、適当な柔軟性の獲得は円滑な関節運動の実施のために重要となる。バランス機能では、Verbecque E ら (2021) が DCD 児は TD 児と比較しバランス機能が劣っており、評価においては静的バランス課題と動的バランス課題の両方の側面から検討が必要であると報告している。さらに、ボディイメージ評価は、DCD 児の運動の不器用さの要因と考えられている運動の内部モデル障害に関わる要素であり、正確な身体の出と適切な運動の遂行に必要となる。運動の内部モデルとは、運動における動作の予測制御や運動の学習に関連する神経的な枠組みである。DCD 児では TD 児と比較し、実際の運動を伴わない状態での運動の内的 (心的) シミュレーションである運動イメージ (Adams ILJ et al., 2017)、運動実施の際に最終的な行動目標を予測してそれを達成するために適した運動を実践する行動計画タスク (Adams ILJ et al., 2017)、予測不可能で流動的な環境と効果的にやり取りをする能力であるオンライン制御 (Wilson PH et al., 2013) のそれぞれにて有意に困難さを示すと報告されている。また、これらの身体機能を遂行するための基礎となる身体構造として身体組成の評価も必要と考える。身体組成とは全身の骨格筋量や脂肪量、水分量等のことである (小宮, 1998)。DCD 児を対象とした

身体組成の先行研究では、肥満に関連する体脂肪率が主であり肥満・過体重傾向が報告されているが (Hendrix CG et al., 2014), 運動機能に関連する筋の量的指標である skeletal muscle mass index (SMI, 骨格筋指数), 筋や細胞の質的評価である extracellular water to total body water ratios (ECW/TBW, 細胞外水分比) と phase angle (PhA, 位相角) 等の身体組成については明らかにされていない。TD 児において, SMI は運動習慣が多いほど増加すること (Takahashi D et al., 2024) や, ECW/TBW と PhA は上肢・下肢筋力と関連が報告されている (Hetherington-Rauth M et al., 2020)。また PhA は 25m 走や立ち幅跳び等の運動パフォーマンスとの関連性が示されており (幸, 2022), 身体組成評価は身体機能と関連するためこれらを包括的に評価することが重要であると考えられる。

以上より本研究の目的は、運動不器用な神経発達症児の日常生活の困難さの要素の 1 つである二重課題遂行能力の特性とそれに関連する身体機能・身体組成を解明することである。これにより、運動療法に必要な新しい知見を得ることが可能となり、運動の自動化を高めるための適切な支援に繋がると考える。

方 法

対象

対象者は、国際医療福祉リハビリテーションセンターを利用する小学生と地域の学校に通う小学生にそれぞれチラシを掲示・配布し募集を行った。最終的に計測を行った対象者は、神経発達症群 28 名 (9.1 ± 1.5 歳), 定型発達群 64 名 (9.2 ± 1.4 歳) であった。なお、神経発達症群は運動の困難さを主訴に持ち医療機関にて ADHD, ASD, DCD の診断を受けている対象者とした。基本情報として、年齢、性別、身長、体重、body mass index (BMI), 利き手、利き足の情報を収集した。

【計測内容】

計測 1 運動不器用さ評価 (developmental coordination disorder checklist : DCDC) (Hashimoto R et al., 2020)

DCDC は、微細運動 8 項目、粗大運動 6 項目、ボール操作 2 項目の 3 因子計 16 項目に分類される評価する保護者回答式の質問紙であり (表 1), 1~5 段階に分類され合計スコアが高いほど協調運動に深刻な問題があることを示す。DCDC の 15% タイル値の基準を参考にし、神経発達症群は DCDC の合計点数のスコアが 15% タイル以上で運動の不器用さをきたす可能性が低い対象者を除外した。対照的に定型発達群は DCDC の合計スコアが 15% タイル未満で運動の不器用さをきたす可能性が高い対象者を除外した。

表 1 Developmental Coordination Disorder Checklist (DCDC) 質問項目一覧

大項目	番号	質問内容
微細運動 (8項目)	1	机の上に置いたコップに、大きなペットボトルか飲み物をこぼさずに注ぐこと
	2	箸やフォークで食べ物をこぼさずに食事をする
	3	ぬれたタオルで両手でしっかり絞ること
	4	簡単にほどけないよう、ズボンのひもや靴ひもを結ぶこと
	5	折り鶴など、紙を使った工作をすること
	6	ハサミで紙に描かれた曲線や直角を切ること
	7	楽器を演奏すること
	8	定規、三角定規や分度器、コンパスを使って図形を描くこと
粗大運動 (6項目)	9	立った状態で、ふらつかずに長ズボンや靴下をはくこと
	10	音 (リズム) や合図に合わせて体を動かすこと
	11	20cmほどの幅の一本橋 (平均台) の上を、ふらふらせずに歩くこと
	12	鉄棒やマット運動をすること
	13	スキップやケンケンパなどステップを踏むこと
	14	縄跳びをすること
ボール操作 (2項目)	15	本人が思った場所に物を投げる
	16	本人に向かって投げられた物を手でキャッチすること

計測 2 グッドイナフ人物画知能検査 (Goodenough-Harris Drawing Test : DAM)

DAM は、人物描画形式の非言語性知能検査であり、50 項目の評価基準に基づいて対象児の描いた人物画を採点する評価指標である。本研究では、得点票を用いて描画発達年齢に換算し、暦年齢との比から DAM-IQ を算出した。知的発達の問題を考慮し、対象者の選定において DAM-IQ が 70 未満の対象者を両群ともに除外した。また、ボディイメージ評価として田中 (2006) の先行研究を参考にし、DAM の評価基準に基づいた採点結果の合計得点が高いほどボディイメージが形成されていると判断する DAM 法を用いて評価した。

計測 3 机上課題注意機能評価 TMT ・ 二重課題遂行能力評価 TWT

TMT は注意機能を測定する机上検査であり数字のみを辿る Part A (TMT-A) と数字とひらがなを交互に辿る Part B (TMT-B) の難易度の異なる 2 つの課題が存在する。各課題ともに課題遂行にかかった経過時間を計測した。課題の中止基準として公式マニュアル (一般社団法人日本高次脳機能障害学会 Brain Function Test 委員会, 2019) を参考に TMT-A は 180 秒, TMT-B は 300 秒を上限時間として、経過時間がこの上限を超えた場合に課題を中止し解析対象から除外した。

TWT は TMT を歩いて行う課題で、5m × 5m の領域内に 1.25m 間隔で縦横に線を引き交点に数字またはひらがなのついた目印を設置した (図 1) (Yamada & Ichihashi, 2010 ; Shott et al., 2016)。TWT は、TMT 同様に数字をのみを辿る Part A (TWT-A)、数字とひらがなを交互に辿る Part B (TWT-B) の難易度の異なる 2 つの課題を実施し、各課題の経過時間を計測した。

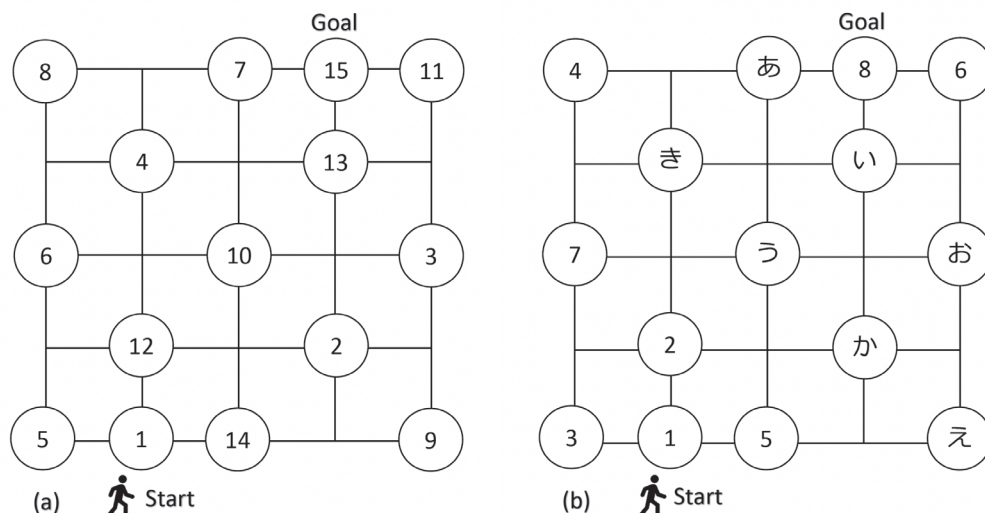


図1 Trail Walking Test の PartA (左図) と PartB (右図) の目印設置箇所

計測4 身体機能評価

筋力評価として両側の握力・等尺性膝伸展筋力体重比, 立ち幅跳びの距離, 柔軟性評価として長座体前屈距離, 静的・動的バランス評価として片脚立位保持時間, timed up and go test (TUG) を計測した。

計測5 身体組成評価 bioelectrical impedance analysis (BIA)

多周波インピーダンス測定機器(In Body S10, In Body 社)を用いて端坐位姿勢にて計測を実施した。分析項目は体脂肪率, SMI, ECW/TBW, PhA とした。

統計解析

各計測項目の正規性の確認のため Shapiro-Wilk 検定を用いた。次に, 神経発達症群と定型発達群の基本情報および運動不器用さ指標 (DCDC), 身体機能, 身体組成の比較に t 検定および Mann-Whitney の U 検定を行った。さらに, TMT と TWT のそれぞれにおいて各群 (神経発達症群×定型発達群) と課題難易度 (PartA × PartB) を要因とした二元配置分散分析反復測定 (共変量: 性別, 年齢, 身長) を実施した。最後に, TWT-A と TWT-B それぞれと身体機能および身体組成項目との関連を偏相関分析およびスピアマンの順位相関係数による相関分析を実施した (制御変数: 性別, 年齢, 身長)。

倫理的配慮

本研究は国際医療福祉大学倫理審査委員会の承認を受けており (承認番号: 22-Ig-122, 25-TK-017), UMIN-CTR へ登録済みである (ID:UMIN000050498)。また, 計測に当たり対象者または保護者に同意を得た上で実施した。

結 果

結果 1 神経発達症群と定型発達群の対象者数

計測を実施した対象者の内、除外基準に該当した対象者は神経発達症群で 18 名、定型発達群で 27 名となり、最終的な対象者数は神経発達症群 10 名（ 9.0 ± 1.4 歳，男児 7 名，女児 3 名），定型発達群 37 名（ 9.4 ± 1.4 歳，男児 18 名，女児 19 名）となった（図 2）。

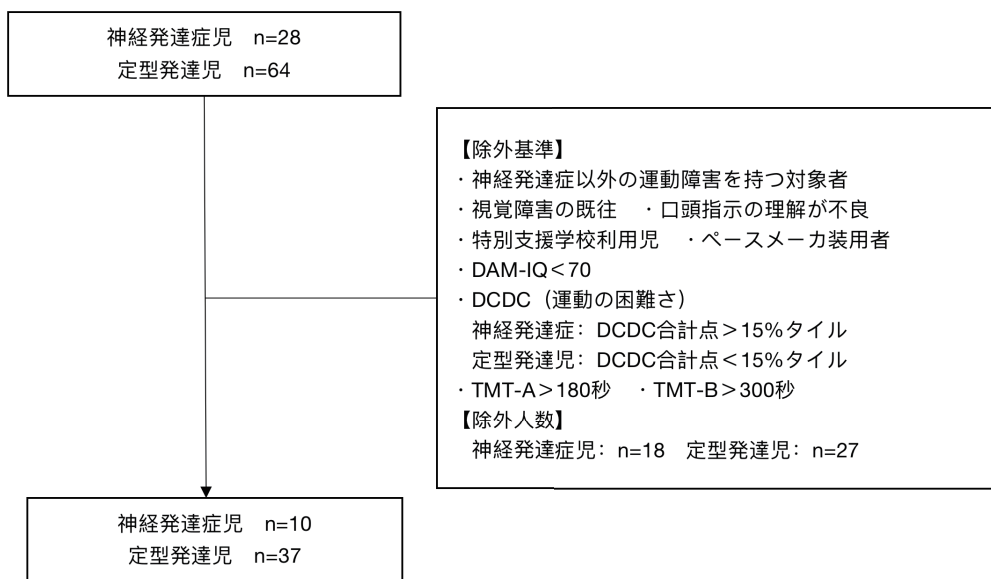


図 2 対象者の選定基準と除外基準

結果 2 基本情報および運動不器用さ指標（DCDC）の比較

神経発達症群と定型発達群における基本情報では，年齢（ $p = 0.42$ ），身長（ $p = 0.98$ ），体重（ $p = 0.38$ ），BMI（ $p = 0.18$ ）すべての項目で有意差は認められなかった。運動不器用さ指標の比較では，DCDC 微細運動（ $p < 0.01$ ），DCDC 粗大運動（ $p < 0.01$ ），DCDC ボール操作（ $p < 0.01$ ），DCDC 合計点（ $p < 0.01$ ）において神経発達症群で有意に運動の不器用さを認めた（表 2）。

表2 神経発達症群と定型発達群の基本情報と運動不器用さ (DCDC) の比較

	神経発達症群(n=10)		定型発達群(n=37)		p値
	男児(7)	女児(3)	男児(18)	女児(19)	
年齢【歳】	9.0 ± 1.4		9.4 ± 1.4		0.42 b
身長【cm】	135.3 ± 9.7		135.2 ± 12.4		0.98 a
体重【kg】	36.5 ± 11.3		32.8 ± 10.3		0.38 b
BMI【kg/m ² 】	19.3 ± 4.1		17.6 ± 3.4		0.18 b
DCDC 微細運動【点】	22.8 ± 6.8		10.3 ± 3.3		<0.01 * b
DCDC 粗大運動【点】	15.9 ± 4.8		6.8 ± 1.6		<0.01 * b
DCDC ボール操作【点】	6.8 ± 2.0		2.4 ± 0.9		<0.01 * b
DCDC 合計【点】	45.5 ± 12.1		19.5 ± 4.5		<0.01 * b

a:t 検定 b:Mann-Whitney の U 検定 *: 有意水準 5% 未満

結果3 二重課題遂行能力の検討

TMT では、課題難易度にて TMT-B の方が TMT-A よりも経過時間が長く ($F(1,42) = 16.1$, $p < 0.01$), 神経発達症群の方が定型発達群よりも経過時間が長かった ($F(1,42) = 5.9$, $p = 0.02$)。TWT では、課題難易度にて TWT-B の方が TWT-A よりも経過時間が長く ($F(1,42) = 9.6$, $p < 0.01$), 神経発達症群の方が定型発達群よりも経過時間が長かった ($F(1,42) = 8.7$, $p < 0.01$)。しかしながら、TMT ($F(1,42) = 1.2$, $p = 0.29$) と TWT ($F(1,42) = 2.7$, $p = 0.11$) とともに課題難易度と群の有意な交互作用は認められなかった (表3)。

表3 神経発達症群と定型発達群の TMT と TWT の課題変化と群間に対する主効果および交互作用の検討

	神経発達症群(n=10)		定型発達群(n=37)		課題		群		交互作用	
	男児(7)	女児(3)	男児(18)	女児(19)	F値	p値	F値	p値	F値	p値
TMT (秒)										
TMT-A	63.6 ± 30.7		43.1 ± 17.2		16.1	<0.01*	5.9	0.02*	1.2	0.29
TMT-B	111.5 ± 71.9		77.2 ± 45.1							
TWT (秒)										
TWT-A	71.9 ± 13.9		57.4 ± 11.8		9.6	<0.01*	8.7	<0.01*	2.7	0.11
TWT-B	108.4 ± 49.0		77.8 ± 39.5							

共変量：性別、年齢、身長 *: 有意水準 5% 未満

結果4 身体機能・身体組成の特徴の検討

身体機能では、神経発達症群は定型発達群と比較し、握力 - 非利き手 ($p = 0.049$), 膝伸展筋力 - 体重比 - 利き足 ($p < 0.01$), 膝伸展筋力 - 非利き足 ($p < 0.01$), 立ち幅跳び ($p < 0.01$), 長座体前屈 ($p = 0.02$), 片脚立位保持 ($p < 0.01$), DAM 法 ($p = 0.02$) にて有意に低値を示し, TUG ($p < 0.01$) にて有意に高値を示した。握力 - 利き手において有意差は認められなかった。身体組成では、体脂肪率 ($p = 0.046$) にて神経発達症群において有意に高値を示したが, SMI ($p = 0.72$), ECW/TBW ($p = 0.33$), PhA ($p = 0.24$) において有意差は認められなかった (表4)。

表 4 神経発達症群と定型発達群の身体機能・身体組成の比較

	神経発達症群(n=10)		定型発達群(n=37)		p値
	男児(7)	女児(3)	男児(18)	女児(19)	
握力 利き手【kg】	13.0 ± 3.8		15.8 ± 4.1		0.06 a
握力 非利き手【kg】	12.1 ± 3.8		14.9 ± 3.8		0.049 * a
膝伸展筋力体重比 利き足【kgf/kg】	0.35 ± 0.10		0.52 ± 0.14		<0.01 * a
膝伸展筋力体重比 非利き足【kgf/kg】	0.36 ± 0.10		0.54 ± 0.12		<0.01 * a
立ち幅跳び【cm】	107.8 ± 23.7		144.6 ± 20.0		<0.01 * a
長座体前屈【cm】	24.8 ± 6.7		31.0 ± 5.1		0.02 * a
片脚立位保持【秒】	29.9 ± 18.6		57.5 ± 8.6		<0.01 * b
TUG【秒】	6.6 ± 0.9		5.2 ± 1.3		<0.01 * b
DAM法【点】	21.2 ± 6.0		26.4 ± 5.7		0.02 * a
体脂肪率【%】	22.4 ± 10.7		15.6 ± 8.6		0.046 * b
SMI(骨格筋指数)【kg/m ² 】	4.9 ± 0.8		5.1 ± 1.0		0.72 a
ECW/TBW(細胞外水分比)	0.381 ± 0.007		0.380 ± 0.005		0.33 a
Phase Angle(位相角)【°】	5.0 ± 0.6		5.2 ± 0.4		0.24 a

a:t 検定 b:Mann-Whitney の U 検定 *: 有意水準 5% 未満

結果 5 二重課題と身体機能・身体組成との関連性の検討

神経発達症群において、TWT-A と PhA にて有意な強い負の相関 ($r = -0.86$)、TWT-B と握力 - 利き手 ($r = 0.85$)、ECW/TBW ($r = 0.87$) にて有意な強い正の相関、TWT-B と PhA にて有意な強い負の相関 ($r = -0.91$) が認められた。一方で、定型発達群では TWT-A と TUG にて有意な弱い相関 ($\rho = 0.36$) が認められた。

表 5 TWT の各 Part の経過時間と身体機能・身体組成との相関

	神経発達症群(n=10)			定型発達群(n=37)		
	男児(7) 女児(3)			男児(18) 女児(19)		
	TWT-A	TWT-B		TWT-A	TWT-B	
握力 利き手	0.69	0.85 * a		-0.23	-0.32	b
握力 非利き手	0.56	0.73 a		-0.23	-0.16	b
膝伸展筋力体重比 利き足	-0.09	-0.4 a		0.12	0.19	b
膝伸展筋力体重比 非利き足	0.11	-0.82 a		0.09	-0.14	b
長座体前屈	-0.10	0.12 a		0.03	0.25	b
立ち幅跳び	-0.21	-0.44 a		0.19	0.11	b
片脚立位保持	-0.12	-0.37 b		-0.40	-0.21	b
TUG	0.39	-0.11 a		0.36 *	0.21	b
DAM法	0.04	0.14 a		-0.26	-0.14	b
体脂肪率	-0.43	-0.35 a		0.001	-0.02	b
SMI	-0.57	-0.34 a		-0.10	-0.13	b
ECW/TBW	0.50	0.87 * a		0.17	0.31	b
Phase Angle	-0.86 *	-0.91 * a		-0.27	-0.15	b

a:pearson の積率相関係数 (r)

b:spearman の順位相関係数 (ρ)

調整変数: 性別、年齢、身長

*: 有意水準 5% 未満

考 察

神経発達症群は、運動不器用さの指標である DCDC において巧緻動作、粗大運動、ボール操作、合計点数のすべての項目において定型発達群と比較し有意に高値を示しており、運動の不器用さが認められた。

考察 1. 神経発達症群における二重課題遂行能力の特徴に関して

二重課題遂行能力の検討では、机上課題である TMT と運動課題と注意課題を含む TWT 両方で、課題難易度の影響が認められ、低難易度の PartA より高難易度の PartB の方において経過時間が長かった。群間の影響においても TMT と TWT 両方で神経発達症群は定型発達群と比較し経過時間が長かった。二重課題における共通資源モデル (Kahneman D, 1973, Just et al., 2001) の理論から、両群ともに課題難易度が増加した際に経過時間の有意な増加が認められたため、高難易度の二重課題遂行時には課題処理に必要な処理資源が不足しやすいと考えられる。しかしながら、TMT と TWT ともに交互作用は認められなかった。これは、基本課題の難易度設定の影響が要因の 1 つとして挙げられる。二重課題遂行能力の評価において Bianchini ら (2022) は、単一課題に相当する課題の難易度と二重課題に相当する課題の難易度に変化があるほど二重課題の干渉の影響が評価しやすいことを述べている。本研究の PartA と PartB の間では、数字もしくはひらがなを辿る類似した課題であったこと、単一課題に該当する PartA が小児の対象者には難易度が比較的高かったことが考えられる。Schott ら (2016) は、今回用いた PartA と PartB に加えて、床面に記載した矢印の通りに歩いて辿る単一課題を設定し、その単一課題と各 Part の二重課題の干渉の程度を比較している。今後の検討では、課題設定の難易度をより細かく調整できるようにした上で評価を行いたい。

考察 2. 神経発達症群における身体機能と身体組成の特徴に関して

身体機能の比較では、握力 - 利き手以外の項目すべてで有意に神経発達症群にて困難さが認められた。身体組成については、体脂肪率のみ先行研究 (Hendrix CG et al., 2014) と同様に神経発達症群で肥満傾向が認められたがその他の SMI, ECW/TBW, PhA において有意差は認められなかった。複数の研究 (Hands B et al., 2009, Haga M et al., 2009) で粗大運動能力と筋力の間には有意な正の相関があると報告されている。また、Nobre ら (2023) は下肢の筋力も運動協調性に関連する重要な因子の 1 つとして挙げている。本研究においても、上肢筋力及び下肢筋力、ジャンプ力を含めた粗大運動で先行研究同様の困難さが認められた。しかしながら、筋量や筋・細胞の質的要素を反映する身体組成の指標では有意差は認められなかった。そのため、神経発達症群は筋力低下や粗大運動能力の低下の要因として、筋力の発揮に必要な身体組成等の身体の基盤は整っているが、それぞれの筋を適切なタイミングで活動させる能力が低下している可能性が考えられる。DCD では、主動作筋と拮抗筋の同時収縮が起こりやすく、関節の円滑な動きを妨げている可能性が高いと報告されている (Raynor AJ et al., 2001, Iwamoto Y et al., 2017)。また、本研究結果では長座体前屈において

も有意に低値を示しており柔軟性の不足が認められた。この要素も適切な関節運動の阻害因子になっている可能性が考えられる。さらに、DAM 法の結果からボディイメージの未熟さも認められた。ボディイメージは、自己の身体認知の暗黙の枠組みを意味する概念といわれており、身体を適切に動かすために必要な要素である (Gomez A et al., 2015, 田中・2013)。これらの複数の要素が筋を適切なタイミングで活動させる能力に関連し、結果として筋力を含めた粗大運動機能の困難さに繋がっていることが考えられる。最後に動的、静的バランスにおいても困難さが認められた。バランス制御に必要な要素として予期的姿勢調節 (Anticipatory Postural Adjustment : APA) が挙げられる。これは、動作に先行する姿勢の準備活動であり、DCD の運動の不器用さと関連することが報告されている (Bouisset S et al., 2008, Jelsma D et al., 2014)。APA については 15~16 歳ころまで発達が続くとされており (萬井・2023)、運動の不器用さがある神経発達症群においては、姿勢制御能力の発達が不十分であったことが考えられる。以上より、神経発達症群は、身体組成等の身体を構成する基盤となる部分は整っている可能性は高いが、それらを効率よく適切に発揮する能力の未熟さが運動の不器用さに繋がっている可能性が考えられる。

考察 3. 二重課題遂行能力と関連する身体機能・身体組成の特徴に関して

二重課題の TWT に関連する身体機能および身体組成の検討では、神経発達症群において TWT-A と PhA にて有意な強い負の相関、TWT-B において握力 - 利き手、ECW/TBW で有意な強い正の相関、PhA にて有意な強い負の相関が認められた。一方で、定型発達群では TWT-A と TUG にて有意な弱い正の相関が認められた。Takahashi D ら (2024) と、Hetherington-Rauth M ら (2020) の先行研究において、ECW/TBW と PhA は上下肢の筋力との関連性や PhA と走力、ジャンプ動作等の粗大運動との関連性が報告されている。さらに、Beurskens R ら (2015) は、健常小児において下肢の除脂肪体重が二重課題実施時の歩行パラメータと関連することを報告している。本研究の結果から、定型発達群では二重課題において、方向転換等の歩行動作に必要な動的バランスの影響が確認できたが、運動の困難さを抱える神経発達症群では、全身筋力を反映する握力や身体組成の要素が関連することが明らかとなった。そのため、神経発達症群の二重課題遂行能力を評価する際は、筋力に関連する指標だけでなく、筋肉および細胞の質などの全身状態を併せて検討することが神経発達症群の日常生活動作の改善に重要となると考える。

今後の展望

本研究にて、運動不器用な神経発達症児の二重課題遂行、身体機能、身体組成における特徴とそれぞれの関連性を検討することができた。先行研究において注目されてこなかった身体組成との関連性が明らかになったことが、運動不器用な神経発達症児の全身状態を捉える上で有用な知見になったと考える。今後の検討として、神経発達症群の対象者数を増やしての再検討に加え、日本での標準化が進んでおらず使用が困難な状況であるが、対象者の運動技能を評価できる Movement Assessment

Battery for Children-2 (MABC-2) と Bruininks-Oseretsky Test-2 (BOT-2) 等の評価ツールを用いた検討, 二重課題評価をから日常生活の困難さを明らかにし, その改善に対して運動療法を取り入れ運動技能面にアプローチした介入研究等に繋げていきたい。

引用文献

- Beurskens R, Muehlbauer T, & Granacher U. (2015). Association of dual-task walking performance and leg muscle quality in healthy children. *BMC Pediatrics*, 15 (1), 2.
- Bhat AN. (2020). Is motor impairment in autism spectrum disorder distinct from developmental coordination disorder? a report from the SPARK study. *Physical Therapy*, 100 (4), 633–644.
- Bianchini E, Warmerdam E, Romijnders R, et al. (2022). Cognitive dual-task cost depends on the complexity of the cognitive task, but not on age and disease. *Frontiers in Neurology*, 13, 964207.
- Blank R, Smits - Engelsman B, Polatajko H, et al. (2012). European Academy for Childhood Disability (EACD): recommendations on the definition, diagnosis and intervention of developmental coordination disorder (long version)*. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 54 (1), 54–93.
- Bouisset S, Do M.-C. (2008). Posture, dynamic stability, and voluntary movement. *Clinical Neurophysiology*, 38 (6), 345–362.
- Cantell M, Crawford S. G, Doyle-Baker, P. K. (2008). Physical fitness and health indices in children, adolescents and adults with high or low motor competence. *Human Movement Science*, 27 (2), 344–362.
- Farhat F, Denysschen M, Mezghani N, et al. (2024). Activities of daily living, self-efficacy and motor skill related fitness and the interrelation in children with moderate and severe Developmental Coordination Disorder. *PLOS ONE*, 19 (4), e0299646.
- Faul F, Erdfelder E, Lang A-G, et al. (2017). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39 (2), 175–191.
- Gomez A, Sirigu A. (2015). Developmental coordination disorder: Core sensori-motor deficits, neurobiology and etiology. *Neuropsychologia*, 79, 272–287.
- Goulardins JB, Marques JCB, De Oliveira JA. (2017). Attention deficit hyperactivity disorder and motor impairment. *Perceptual and Motor Skills*, 124 (2), 425–440.
- Haga M. (2009). Physical fitness in children with high motor competence is different from that in children with low motor competence. *Physical Therapy*, 89 (10), 1089–1097.
- Hands B, Larkin D, Parker H, et al. (2009). The relationship among physical activity, motor competence and health - related fitness in 14 - year - old adolescents. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19 (5), 655–663.

- Hashimoto R, Sueda K, Yagyu K. (2020). Development of a movement questionnaire adapted for Japanese culture for elementary school children. *Brain and Development*, 42 (3), 237–247.
- Hendrix CG, Prins MR, Dekkers H. (2014). Developmental coordination disorder and overweight and obesity in children: a systematic review. *Obesity Reviews*, 15 (5), 408–423.
- Hetherington-Rauth M, Baptista F, Sardinha LB. (2020). BIA-assessed cellular hydration and muscle performance in youth, adults, and older adults. *Clinical Nutrition*, 39 (8), 2624–2630.
- 一般社団法人日本高次脳機能障害学会 Brain Function Test 委員会 (2019) 『Trail Making Test 日本版 (TMT-J)』 一般社団法人日本高次脳機能障害学会 .
- Iwamoto, Y, Takahashi, M, Shinkoda K. (2017). Differences of muscle co-contraction of the ankle joint between young and elderly adults during dynamic postural control at different speeds. *Journal of Physiological Anthropology*, 36 (1), 32.
- Jelsma D, Geuze R. H, Mombarg R, et al. (2014). The impact of Wii Fit intervention on dynamic balance control in children with probable developmental coordination disorder and balance problems. *Human Movement Science*, 33, 404–418.
- Just M. A., Carpenter P. A, Keller T. A., et al. (2001). Interdependence of nonoverlapping cortical systems in dual cognitive tasks. *NeuroImage*, 14 (2), 417–426.
- Kahneman D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- 幸篤武, 玉瀬友美, 中山美香. (2022). 6 歳児における体力と生体インピーダンス法に基づく Phase angle との関連性. *体力科学*, 71 (4), 367–372.
- 小宮秀一. (1998). 身体組成に関する研究史と研究分野. *健康科学*, 20, 1–8.
- 萬井 太規. (2023). 小児期の予測的姿勢調節の発達過程を知り運動不器用児の評価法を再考する. *日本神経回路学会誌*, 30 (1), 3–10.
- Nicolson RI, Fawcett AJ. (1990). Automaticity: a new framework for dyslexia research?. *Cognition*, 35 (2), 159–182.
- Nobre G. C., Ramalho M. H. D. S, Ribas M. D. S, et al. (2023). Motor, physical, and psychosocial parameters of children with and without developmental coordination disorder: A comparative and associative study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20 (4), 2801.
- Raynor A. J. (2001). Strength, power, and coactivation in children with developmental coordination disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 43 (10), 676–684.
- Schott N, El-Rajab I, Klotzbier T. (2016). Cognitive-motor interference during fine and gross motor tasks in children with developmental coordination disorder (DCD). *Research in Developmental Disabilities*, 57, 136–148.
- Takahashi D, Ito T, Ito Y, et al. (2024). Relationship between exercise habits and physical function in children aged 9–12 years. *Nagoya University Graduate School of Medicine, School of Medicine*,

86, 24-35.

田中 彰吾 . (2013). 【身体運動のコツ】 運動学習におけるコツと身体図式の機能 . バイオメカニズム学会誌, 37 (4), 205-210.

田中 千恵 . (2006). 幼児期における body image の構造に関する研究 : 人物描画法と基礎的な運動技能との関連から . 発達研究, (31), 8-14.

Verbecque E, Johnson C, Rameckers E, et al. (2021). Balance control in individuals with developmental coordination disorder: A systematic review and meta-analysis. *Gait & Posture*, 83, 268-279.

Visser J. (2003). Developmental coordination disorder: a review of research on subtypes and comorbidities. *Human Movement Science*, 22 (4-5), 479-493.

Wilson P. H, Hyde C. (2013). The development of rapid online control in children aged 6-12 years: Reaching performance. *Human Movement Science*, 32 (5), 1138-1150.

山田淳子, 辻延浩 . (2021). 小学校体育科における運動領域と保健領域の統合単元作成の試み「体づくり運動」の「体の柔らかさを高める運動」を対象として . 京都滋賀体育学研究, 37, 13-22.

Yamada M, Ichihashi N. (2010). Predicting the probability of falls in community-dwelling elderly individuals using the trail-walking test. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 15 (6), 386-391.

謝 辞

本研究にご協力頂いた研究参加者および、協力者、協力施設の皆様に感謝申し上げます。また、本研究を助成頂きました公益財団法人発達科学研究教育センターに深く御礼申し上げます。