軽度発達障害児と健常児の立位平衡機能の比較について

Postural Sway in the Standing Position of Young Children with Mild Developmental Disorders

松田 雅弘¹⁾ 新田 収²⁾ 宮島 恵樹³⁾ 塩田 琴美⁴⁾
高梨 晃³⁾ 野北 好春³⁾ 川田 教平³⁾

TADAMITSU MATSUDA, RPT, PhD¹⁾, OSAMU NITTA, RPT, PhD²⁾, SHIGEKI MIYAJIMA, RPT, PhD³⁾,
KOTOMI SHIOTA, RPT, PhD⁴⁾, AKIRA TAKANASHI, RPT, PhD³⁾, YOSHIHARU NOGITA, RPT, MS³⁾,
KYOHEI KAWADA, RPT, PhD³⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science, Uekusa Gakuen University: 1639-3 Oguracho, Chiba city, Chiba 264-0007, Japan. TEL+81 43-233-9031 E-mail: funwavesurfsgo@yahoo.co.jp

²⁾ Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University

³⁾ Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science, Ryotokuji University

⁴⁾ School of Sport Sciences, Waseda University

Rigakuryoho Kagaku 27(2): 129-133, 2012. Submitted Sep. 16, 2011. Accepted Nov. 8, 2011.

ABSTRACT: [Purpose] We assessed the upright postural balance ability of children with mild developmental disorders. [Subjects] The subjects were 17 children with mild developmental disorders (mean age 5.4 years) and 17 healthy children (mean age 5.4 years) as a control group. Informed written consent was obtained from the parents of all the children. [Methods] Postural balance was measured with a stabilometer (Gravicorder Anima Co. Tokyo) during two trials of 30s under the two conditions of static upright posture with eyes open and eyes closed. The data sampling frequency was 20 Hz. Differences between the two groups were analyzed using Student's t-test and $p < 0.05$ was deemed significant. [Results] Under both conditions, eyes open and eyes closed, standing postural sway and sway speed differed between the two groups ($p < 0.05$). [Conclusion] Children with mild developmental disorders show more instability in postural balance, even with their eyes open, than normal children at a young age. Therefore, we think that mild developmental disorders delay the physical development of children from an early age.

Key words: children with mild developmental disorders, postural sway, standing balance

要旨:〔目的〕軽度発達障害児の立位バランス能力を重心動揺計にて定量的に評価した。〔対象〕対象は軽度発達障害児群 17 名（平均 5.4 歳）、健常児群 17 名（平均 5.4 歳）の児童を対象とした。研究の対象者と対象者の親に対して、事前に本研究の目的と方法を説明し、研究協力の同意を得た。〔方法〕被験者は重心動揺計（ANIMA 社製）の上で、開眼・閉眼、各 30 秒間静止立位保持をサンプリング周波数 20 Hz にて計測を行った。〔結果〕開眼・閉眼時とも軽度発達障害児群において健常児群よりも有意に重心動揺・動揺速度が大きかった。〔結語〕幼児の静止立位の重心動揺の評価を行ったが、健常児群と比較して軽度発達障害児群で動揺が大きく、姿勢制御能力の未熟さのあることが考えられる。

キーワード: 軽度発達障害、重心動揺、立位バランス

¹⁾ 植草学園大学 健康医療学部 理学療法学科: 千葉県千葉市小倉町 1639-3 (〒264-0007) TEL 043-233-9031

²⁾ 首都大学東京大学院 人間健康科学研究科

³⁾ 了徳寺大学 健康科学部 理学療法学科

⁴⁾ 早稲田大学 スポーツ科学学術院

I. はじめに

近年、発達障害に対する関心が高まっている。発達障害とは脳性麻痺などと違い麻痺はなく、身体的に歩行が可能となり、理学療法の分野で対象となることは少なかった。しかし、発達障害も前頭葉を中心とする脳機能異常による疾患ではないかという報告がされている¹⁻³⁾。発達障害児に伴う心と行為の隔たりの背景には前頭葉が中心とした局在のある感情、注意、認知、意思などの高次脳機能障害が存在する。特に、前頭葉は新規の運動学習にも大きく関与していることが知られており、脳障害に伴い運動学習が進行しないことが考えられる。だが、発達の速度は遅いが運動は成熟し、麻痺もなく周囲の人達に気づかれずに社会的不利益を被ることがたびたび経験される。発達障害には注意欠陥多動性障害 (Attention Deficit Hyperactivity Disorder : ADHD)、知的発達に遅れはないが、聞く・話す・読む・書く・計算するなどの能力のうち、特定の分野に極端に苦手な側面のある学習障害 (Learning Disorders : LD)、相手の気持ちを察することや周りの状況に合わせたりする行動が苦手であったり、特定の物にこだわる傾向のある広汎性発達障害 (Pervasive developmental disorders : PDD)・アスペルガー症候群 (Asperger syndrome : AS) などの疾患を指す。

発達障害児は主に学習能力の遅れなどにより、リハビリテーションでは主に言語聴覚士や作業療法士が関与し、社会生活に適応できるように訓練を行っている。特に作業療法士による感覚統合療法 (sensory integration : SI) は、現在広く実践されている⁴⁾。SI療法のように感覚—運動に対してのアプローチをしているが、理学療法士が発達障害児に関与することは少ない。しかし、臨床的には運動に関わる遅れも幼児期に観察される。発達障害児の臨床的な特徴は筋緊張が低く、四肢の巧緻性低下を主体とする協調運動障害、足底の感覚過敏などの身体能力の発達不足より、発達の軽度の遅れを生じさせる⁵⁾。ADHDと高機能広汎性発達障害 (High Functioning PDD : HFPDD) は軽度発達障害の中核をなす疾患であり、しばしば体性感覚系の異常を伴う⁶⁾。運動や動作に関連しては遅れたなりに歩いたり、走ったりすることができ、成長に伴い運動面が問題になることには少なくなる。だが学齢期に達する前、学齢期においても物を扱うときの不器用さ、転びやすさなどに困っている親が多くいる。療育・医療の現場としても発達途中の児に対する不器用さやバランスの障害は感じられるものの、バランス評価に客観的な指標はなく、また発達障害児に定量的な評価を実施することは困難である。早期より理学療法士が発達障害児に対して運動介入することで「じっと座っている」ためのバランスや、「友達とボール遊びをする」、「ブランコに乗る」などの運動を早期から促すことによって、早期から社会生活に入りやすくなるのではないかと考え

られる。

筆者らは、本研究の予備的研究として同様の重心動揺検査を実施し、軽度発達障害児の重心動揺が大きいことを報告した⁷⁾。今回、軽度発達障害児の重心動揺について被験者数を増やし、重心動揺検査の内容を詳細に検討することで軽度発達障害児の姿勢制御能力を評価し、今後の理学療法アプローチを構築するための可能性を検討することを目的とした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は確定診断を受けていないが発達相談を実施し、発達支援センターに通う軽度発達障害児17名 (平均5.4歳; 4-6歳)、対照群として健常児17名 (平均5.4歳; 4-8歳) の児童を対象とした。軽度発達障害児群は平均身長 109.5 ± 8.1 cm, 平均体重 20.8 ± 4.0 kg, 対照群は平均身長 111.7 ± 7.6 cm, 平均体重 18.7 ± 3.3 kgであった。なお、この研究の対象者と対象者の親に対して、事前に本研究の目的と方法を説明し、研究協力の同意を得た。

2. 方法

重心動揺計 (GS31-P; ANIMA社製) の上で、開眼・閉眼にて各30秒間静止立位保持を求めた。開眼時の測定では、フォースプレート上の対象者の踵の位置より2 m前方の正中位で対象者の目の高さに合わせた固視点を設置して、対象者に注視を求めた。また、フォースプレート上のマーキング位置に合わせて足先を各15°外側に向けた閉脚立位をとらせた。重心動揺計のサンプリング周期は20 Hz、サンプリング時間は開眼/閉眼各30秒間とした。児童が落ち着くように母親と保育園の関係者に近くに座ってもらい、計測困難となれば一時休憩をとるなどの措置を行い、リラックスした環境で計測できるように心掛けた。

姿勢動揺解析項目には、重心点が移動した全長を表す総軌跡長、動揺速度を示す単位軌跡長、固有受容反射性の制御機能を示す単位面積軌跡長、移動した重心点の幅を表す実効値、周期変化の大きさの比較に用いられる実効値面積、重心動揺軌跡によって囲まれる内側面積を示す外周面積、X (左右)・Y (前後) 軸の最大幅で囲まれた面積の矩形面積を選択した。さらにX・Y軸上での軌跡長、重心動揺の速度を算出した。時間的なつながりも含めて解析可能なゆらぎのパワースペクトル密度波形から抽出した傾斜値を採用した。ゆらぎスペクトルは、0.05秒間隔で連続してサンプリングされる重心点の位置座標値(X, Y) をX方向、Y方向それぞれでフーリエ変換した周波数成分から構成され、スペクトルのパワー値が低周波領域から高周波領域に向かって右下がりの直線的に低下していく部分を最小2乗法により直線近似して求めた傾き

を傾斜値とした。

また、計測周波数解析（FFT）による前後・左右の位置パワースペクトラムの周波数帯域を平衡神経学会の国際基準⁸⁾に従い低周波領域（パワー面積A）0.07～0.2 Hz、中間周波数領域（パワー面積B）0.2～2 Hz、高周波領域（パワー面積C）2～10 Hzの3つに分け、以上の項目を解析項目とした。

統計処理として、軽度発達障害児群と対照群の2群に対して、重心動揺の解析項目の因子を採用し、それぞれ独立のt検定を用いて分析した。分析にはSPSS ver15.0 (Windows)を用い、有意水準5%未満とした。

III. 結 果

両群を比較した結果、開眼・閉眼時とも軽度発達障害児群において健常児群よりも単位面積軌跡長、矩形面積、外周面積、実効値、実効値面積、X方向動揺速度の平均値に有意差を認めた（表1、2）。開眼時ではX軸上での重心動揺変化・動揺速度が大きく、閉眼ではY軸上での重心動揺変化・動揺速度が大きかった（表1、2）。

特に、軽度発達障害児群において閉眼時で各因子の数値が開眼時より重心動揺は増大しており、健常児群でも同様の傾向にあるが、軽度発達障害児群において変化が顕著であり開眼よりも有意差があった項目が増加した。その項目のなかに総軌跡長や単位軌跡長などの項目で閉

眼時において有意に健常児群よりも重心動揺の増大を認めた（表1、2）。しかし、開眼時のほうが閉眼時よりも軽度発達障害児、健常児ともに矩形面積・外周面積などの重心移動の面積が大きかった。

IV. 考 察

軽度発達障害児の身体発達面の研究は、評価に対する協力が求めにくいことや、発達障害を伴うことによる検査測定 of 困難さにより十分行われてこなかった。しかし、発達障害の文献・報告や臨床の印象として、筋緊張が低く、四肢の巧緻性低下を主体とする協調運動障害、足底の感覚過敏などの身体能力の発達不足をみてとれる。そこで、筆者らは以前に母集団の少ない人数で重心動揺の評価を行い、軽度発達障害児が健常児よりも重心動揺が大きいことについて報告した⁷⁾。今回は母集団の人数を増やし、さらに重心動揺の検査項目内を精査することで、軽度発達障害児の姿勢制御能力について検討することを目的とした。

今回、開眼・閉眼ともに単位面積軌跡長、矩形面積、外周面積、実効値、実効値面積、X方向動揺速度の平均値に有意差を認めた（表1、2）。これは以前、筆者らが報告したのと同様⁷⁾に、軽度発達障害児の重心動揺に関して健常児よりも動揺が大きかった（表1、2）。特に閉眼では視覚的条件が減り、感覚戦略では体性感覚系、前

表1 開眼時における各群の重心動揺の項目の比較

	軽度発達障害児 (n=17)	健常児 (n=17)
総軌跡長 (cm)	99.98 ± 44.95	73.05 ± 35.77
単位軌跡長 (cm/秒)	3.33 ± 1.50	2.44 ± 1.19
単位面積軌跡長 (1/cm)	9.42 ± 4.60	14.53 ± 4.93**
矩形面積 (cm ²)	45.04 ± 36.1*	18.5 ± 14.61
外周面積 (cm ²)	13.82 ± 9.61*	6.71 ± 6.15
実効値 (cm)	1.61 ± 0.57*	1.14 ± 0.52
実効値面積 (cm ²)	9.11 ± 6.42*	4.88 ± 4.83
X方向軌跡長 (cm)	58.78 ± 30.79*	30.54 ± 14.16
Y方向軌跡長 (cm)	67.03 ± 27.59	53.67 ± 29.49
X方向動揺速度 (cm/秒)	1.76 ± 0.93*	1.10 ± 0.44
Y方向動揺速度 (cm/秒)	1.96 ± 0.76	1.53 ± 0.86
X方向動揺速度分布の傾斜 (%/(cm/s))	18.52 ± 7.86	25.03 ± 9.81*
Y方向動揺速度分布の傾斜 (%/(cm/s))	15.07 ± 5.66	20.24 ± 8.85
X方向動揺パワー領域A面積比 (%)	24.62 ± 6.08	24.71 ± 6.11
X方向動揺パワー領域B面積比 (%)	57.68 ± 5.90	55.33 ± 6.41
X方向動揺パワー領域C面積比 (%)	17.7 ± 5.07	19.95 ± 6.67
Y方向動揺パワー領域A面積比 (%)	20.88 ± 7.65	23.69 ± 6.60
Y方向動揺パワー領域B面積比 (%)	59.7 ± 6.81*	54.38 ± 7.13
Y方向動揺パワー領域C面積比 (%)	19.42 ± 5.65	21.92 ± 7.06

Mean ± SD

** p<0.01

* p<0.05

表2 閉眼時における各群の重心動揺の項目の比較

	軽度発達障害児 (n=17)	健常児 (n=17)
総軌跡長 (cm)	105.47 ± 44.00*	78.22 ± 16.75
単位軌跡長 (cm/秒)	3.52 ± 1.47*	2.61 ± 0.56
単位面積軌跡長 (1/cm)	9.73 ± 3.64	14.20 ± 4.32**
矩形面積 (cm ²)	36.83 ± 24.60**	17.82 ± 8.58
外周面積 (cm ²)	13.21 ± 8.76**	6.29 ± 3.18
実効値 (cm)	1.56 ± 0.55**	1.07 ± 0.28
実効値面積 (cm ²)	8.58 ± 5.96**	3.85 ± 2.12
X方向軌跡長 (cm)	66.44 ± 29.47*	42.87 ± 12.67
Y方向軌跡長 (cm)	73.18 ± 28.05*	55.59 ± 10.28
X方向動揺速度 (/秒)	1.80 ± 0.88*	1.29 ± 0.39
Y方向動揺速度 (cm/秒)	2.16 ± 0.80*	1.62 ± 0.34
X方向動揺速度分布の傾斜 (%/(cm/s))	18.45 ± 10.43	21.22 ± 7.77
Y方向動揺速度分布の傾斜 (%/(cm/s))	13.19 ± 4.74	15.89 ± 4.13*
X方向動揺パワー領域A面積比 (%)	24.01 ± 7.40	21.73 ± 6.65
X方向動揺パワー領域B面積比 (%)	58.23 ± 6.62	61.22 ± 6.08
X方向動揺パワー領域C面積比 (%)	17.72 ± 4.13	17.05 ± 4.71
Y方向動揺パワー領域A面積比 (%)	21.79 ± 4.72	20.86 ± 5.28
Y方向動揺パワー領域B面積比 (%)	60.67 ± 4.84	60.57 ± 5.89
Y方向動揺パワー領域C面積比 (%)	17.54 ± 3.75	18.57 ± 5.24
Mean ± SD		
** p<0.01		
* p<0.05		

庭系にて立位戦略をとっている⁹⁾。一般に閉眼においては開眼よりも重心動揺が増大することは知られている¹⁰⁾。今回、健常児においても閉眼時に重心動揺は増大しているが、軽度発達障害児においては、より多くの項目に有意差を認めた(表1, 2)。閉眼において総軌跡長や単位軌跡長に有意な差があり、動揺速度が大きく、重心変位の幅も広く、とても立位姿勢制御が不安定であったことが考えられる。このことから、軽度発達障害児は約5歳において重心の動揺が大きく立位姿勢制御の未熟さが考えられる。軽度発達障害児の発達過程が脳機能の障害を伴い遅れていることは近年の先行研究で明らかにされた^{3,5,11)}。また、独歩獲得後も運動能力を精査すると平衡反応の未発達や認知障害が認められることがあると言われている¹¹⁾。発達障害児は前頭葉を主体とする脳機能の障害により運動学習が幼児段階では十分に成長していないとも言われており、今回確定診断はないが健常児と異なる発達によって健常児よりも重心動揺が大きかったことが考えられる。また、特に閉眼において重心動揺が大きいことから、視覚性に依存する面と、目を閉じたときの不安感など閉眼による身体・精神的な影響が重心動揺に及ぼすことが同年齢と比較しても明らかになったと考えられる。しかし、幼児において閉眼時よりも開眼時で重心移動の面積が大きく、視覚的な刺激が重心の細かな移動は減少させるが重心移動の面積が広がった。開眼時においては、視覚的刺激に重心動揺は左

右されやすく、特に、発達障害児は周囲の環境に影響されやすいこと⁴⁾からも、開眼における重心動揺の増大が考えられる。健常児においても開眼時に重心動揺が大きくなるという報告があり、Leeら¹²⁾は乳・幼児期の姿勢調節について、視覚系が前庭系や体性感覚系よりも優位に作用し、視覚系によって他の感覚系が先導され統合されているが、発達に伴って体性感覚系が優位に機能する。6歳過ぎには成人と同様の体性感覚優位の立位姿勢制御に変換することから¹³⁾、今回の5歳という年齢が、立位姿勢制御が未熟で体性感覚よりも視覚優位な立位姿勢制御で行っていると考えられる。

さらに重心動揺速度と、動揺の周波数の面積比を比較することで、重心動揺の特性について検討した。その結果、開眼ではX軸方向への重心の動揺速度において有意な差を認めたが、閉眼ではY軸方向への動揺速度の有意な差が認められた。特に、視覚的条件に依存しない場合は平衡機能として前後方向における制御能力が低下することは、抗重筋緊張の低下により前後への変位が検出されること⁹⁾から、筋緊張の安定ができていないことが考えられる。

また、重心動揺の特性を把握するために周波数解析が実施されており、揺れの繊細さの性質を比較できる¹⁰⁾。今回の結果から、開眼におけるY方向の中周波の面積に差があったが、顕著な立位姿勢における重心動揺の周波数に特徴はなかった(表1, 2)。これは動揺の周波数に

関して両群とも変化がないことから、姿勢制御の方法として同年齢で大きな違いがないことが考えられる。

今回5歳児の静止立位のバランスの評価を行ったが、健常児群と比較して軽度発達障害児群で重心動揺が大きく、立位姿勢保持が不安定であった。特に今回の各因子を詳細に検討すると、閉眼・開眼ともに外周面積・矩形面積・実効値で有意差があることより軽度発達障害児で細かな重心の移動ではなく大きな重心の移動がみられ、姿勢制御能力の未熟さのあることが考えられる。そのため早期より軽度発達障害児に身体面に関わることで、身体面の遅れに対応することができるものと考えられる。しかし、軽度発達障害児では認知面の遅れより、立位姿勢制御に関する感覚や筋力などの詳細な検討が十分に行えず、長時間の検査も困難であるため、立位姿勢制御の詳細な検討については今後更に検討を行う必要がある。また、理学療法における運動療法の介入効果の検討を実施していき、運動介入前後の比較によってさらに発達障害の運動の特徴を明らかにできるものと考えている。さらには、軽度発達障害児の運動療法の有用性について継続して研究していきたい。

引用文献

- 1) 橋本俊顕, 森 健治, 東田好広・他: 発達障害. 小児科診療, 2003, 66(1): 79-85.
- 2) 曾良一郎, 福島 攝: 脳の発達障害 ADHDはどこまでわかったか?. 日薬理誌, 2006, 128: 8-12.
- 3) 木村 順: からだの育ち, チャイルドヘルス, 2004, 7(4): 252-256.
- 4) 宮尾益知: ADHD・LD・高機能PDDのみかたと対応, 医学書院, 東京, 2007, pp167-196.
- 5) 山口恭子, 鈴木康之: 軽度発達障害の特徴と対応のポイント, チャイルドヘルス, 2007, 10(2): 76-79.
- 6) 宮崎雅仁, 藤井笑子, 西條隆彦・他: 軽度発達障害(注意欠陥多動性障害(ADHD)/高機能広汎性発達障害(HFPDD))の体性感覚機能. 臨床脳波, 2007, 49(8): 505-510.
- 7) 松田雅弘, 新田 収, 宮島恵樹・他: 軽度発達障害児の立位平衡機能の特性について. 了徳寺大学紀要, 2010, 4: 45-52.
- 8) Kapteyn TS, Bles W, Njikiktijen CJ, et al.: Standarization in platform stabilometry being a part of posturography. Agressology, 1983, 24(7): 321-326.
- 9) Cook AS, Woollacott MH.: モーターコントロール 運動制御の理論と臨床応用 原著第2版(田中 繁, 高橋明監訳). 医歯薬出版, 東京, 2004, pp173-203.
- 10) 山本昌彦, 吉田友英: 姿勢調整と理学療法, 奈良勲, 内山靖編集, 医歯薬出版, 東京, 2005, pp150-166.
- 11) 押木利英子: 知的障害児の理学療法, PTジャーナル, 2003, 37(5): 377-385.
- 12) Lee DN: Visual proprioceptive control of stance. J Human Movement Studies, 1975, 1: 87-95.
- 13) Foudriat BA, Di Fabio RP, Anderson JH: Sensory organization of balance reponses in children 3-6 years of age: a normative study with diagnostic implications. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 1993, 27(3): 255-271.