

# 精神遅滞児の直立姿勢保持能力

— 直立時の重心動揺の検討 —

松崎保弘・中田英雄・斉藤義夫

## 1 はじめに

精神遅滞児（以下、遅滞児という）は知能だけでなく発育や運動能<sup>4)8)13)15)</sup>にも遅れがあることが知られている。遅滞児の運動能力の一般特性としてKral, P. A.<sup>11)</sup>は遅滞児には粗大運動で健常児より2～4年の遅れがあり、緻密な運動や複雑な運動にも遅れがめだち、さらにその遅れは知能と相関があると述べている。しかし、運動能の発達は健常児より遅れるが、その発達は健常児と同じ過程をたどり、訓練効果があると報告している。運動能を調べた研究には運動能検査を用いたものが多い。<sup>7)11)26)</sup> Howe, C.<sup>6)</sup>はオゼレツキー運動能検査を遅滞児に行った。その結果、遅滞児は健常児より全般的に運動能は低い段階にあり、特に片立ち検査の得点が著しく低く、平衡能が未熟であった。遅滞児の平衡能についてはレール歩きテストでも調べられている。Heath, S. R. Jr.<sup>6)</sup>は遅滞児のレール歩きを調べ、内因性遅滞児ではMAとレール歩きの成績に正の相関があることを見いだした。坂本ら<sup>20)</sup>は遅滞児の前庭機能の発達を回転性眼振検査により調べた。前庭器は視覚器、体性感覚器とともに平衡能に関する器官であり、回転刺激や耳へ体温と異なる温度の水を注入することにより誘発される眼振でその機能を調べることができる。<sup>17)</sup>遅滞児は回転後の眼振の継続時間が短く、前庭機能は健常児より未発達な段階にあり、平衡能に発達遅滞のあることが報告されている。

ところで、近年平衡能の指標として直立姿勢を維持している時の身体動揺が用いられている。身体動揺は臨床的にも平衡能検査として用いられており、<sup>17)</sup>運動失調者や中毒症患者の身体動揺に関する報告も多い。<sup>9)19)21)</sup>心身障害児や学力不振児の身体動揺についても近年報告されている。<sup>2)10)22)</sup>緒方<sup>18)</sup>は遅滞児の身体動揺を周波数解析しパワースペクトルで示した。遅滞児の身体動揺の特性と

して、遅滞児は前後・左右方向ともに健常児より大きな動揺を示し、閉眼より開眼での身体動揺が大きいことを指摘した。しかし遅滞児の身体動揺の特性は十分に解明されているとはいえない。そこで本研究は遅滞児の身体動揺を周波数解析して、その特性を明らかにし、遅滞児の平衡能について検討することを目的とした。

## 2 方法

身体動揺を定量化する方法として周波数解析がある。本研究では身体動揺を左右と前後の2成分に分け、小型電子計算機(ATAC-450, 日本光電製)を用いて、それぞれのパワー・スペクトルを求めた。サンプリングタイムを100ms.とし最大5Hzまで分析した。1回にAD変換されるデータ数を256個とし、求められたパワーを6回加算した。分析処理は交流成分のみを行ない、AD変換後にHanningの窓関数をかけた。

### (1) 被験者

被験者は茨城県下の中学校に在籍する健常男子19名と養護学校中学部に在籍する遅滞男子9名(表1)である。被験者の平均年齢は健常男子14.3歳(SD=0.29)、遅滞男子14.3歳(SD=0.79)である。被験者としてIQが21～46の範囲にあり、開眼・閉眼の両条件で3分18秒間、安定した直立姿勢を維持でき、下肢に障害を持たない生徒を選んだ。

### (2) 装置

重心計(グラビコーダ, 日本光電製)と刺激発生装置(日本光電製)からの出力をレクチコーダ(日本光電製)に記録するとともにデータレコーダ(ソニー製)にも同時記録した。小型電子計算機で処理した結果は、XYプロッター(渡辺測器)とラインプリンター(リコー製)に出力した。装置のブロックダイアグラムを図1に示す。

表 1. 精神遅滞被験者

被験者	年齢	IQ	障 害
1 K. S	12.9	37	
2 S. A	13.6	21	ダウン症候群 言語障害
3 A. A	14.1	45	言語障害
4 I. S	14.2	34	言語障害
5 K. I	14.3	30	ダウン症候群
6 K. E	14.4	46	
7 H. K	14.6	35	
8 Y. Y	14.6	46	言語障害 てんかん
9 E. Y	16.0	28	ダウン症候群
平均	14.3	35.8	
S D	0.79	8.24	

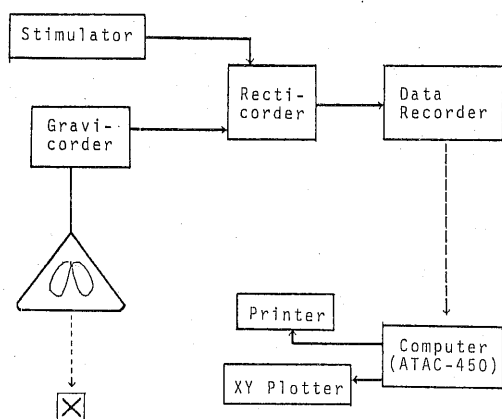


図 1. 装置のブロックダイアグラム

### (3) 手 続 き

被験者は重心動揺計台上に両踵をつけた開脚30°の直立姿勢を保ち前方を向く。測定は開眼と閉眼の2条件で行った。開眼時には被験者に2 m前方の×印を注視させ、閉眼時にはアイマスクを着用させた。閉眼直後は身体動揺が大きく、安定した姿勢でないことが報告されている<sup>9)</sup>ため、マスク着用30秒後から測定を開始した。測定時間は開眼・閉眼条件ともに3分18秒である。

## 3 結 果

図 2. は遅滞男子 9 名と健常男子 19 名の左右方向の身体動揺のパワー・スペクトルである。縦軸と横軸は対数で表示し、周波数に対応してパワーをプロットした。左から開眼条件の健常男子と遅滞男子、閉眼条件の健常男子と遅滞男子のパワースペクトルである。

開眼条件の健常男子のパワーの分布の特徴は、0.5 Hz以下でパワーのばらつきがみられ、またパワーのピークは0.1~0.2 Hzの範囲にあり、高周波数は2.5 Hzまで出現している。開眼条件の遅滞男子ではパワーのピークは0.1~0.3 Hzで、最大周波数は3.5 Hzであった。閉眼条件の健常男子のパワーの分布の特徴はピークが0.4 Hzにあり、それ以下の低周波帯域でパワーにばらつきがみられること、さらに4.0~5.0 Hzの高周波帯域でもパワーが認められることである。閉眼の遅滞男子のパワーの分布はピークが0.3 Hzにあり、それ以下の低周波帯域でばらつきがみられ、4.0~5.0 Hz高周波帯域にもパワーは認められた。

図 3. は前後方向の身体動揺のパワー・スペクトルである。図 2. と同様に、左から開眼条件の健常男子、閉眼条件の健常男子と遅滞男子の順に配列されている。

開眼条件の健常男子のパワー分布の特徴は、ピークが0.1 Hz以下の低周波帯域でみられ、低周波帯域のパワーのばらつきが比較的小さいことであ

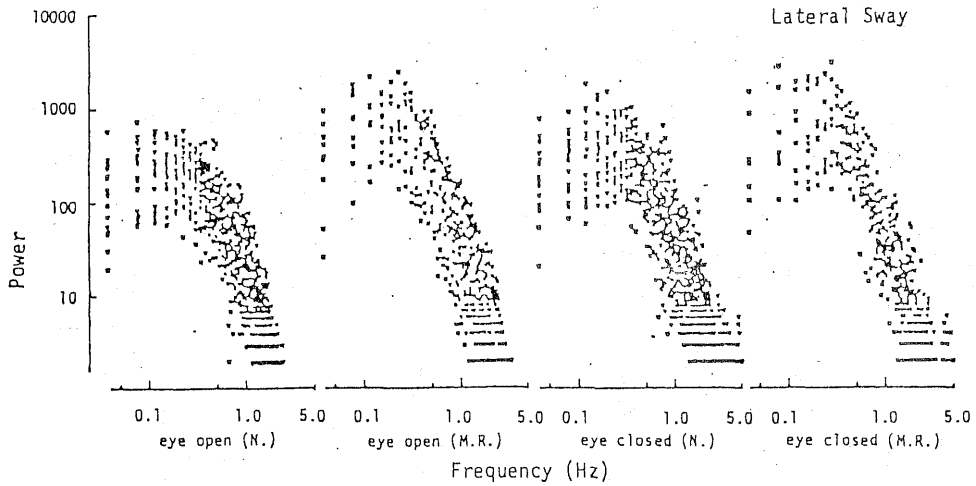


図2. 遅滞男子(M.R.)と健常男子(N.)の左右方向の身体動揺のパワースペクトル

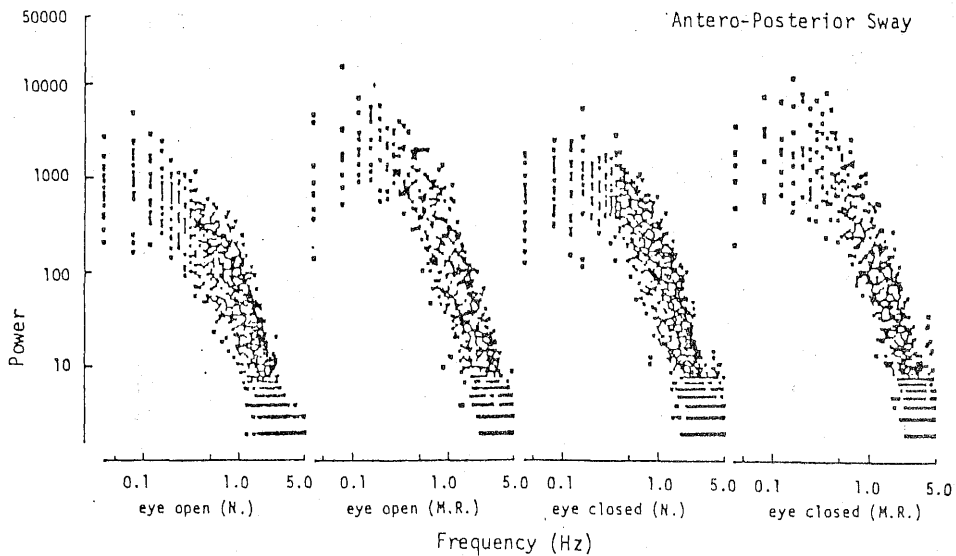


図3. 遅滞男子(M.R.)と健常男子(N.)の前後方向の身体動揺のパワースペクトル

る。また、3.5~5.0 Hzの高周波帯域でパワーが認められた。開眼条件の遅滞男子では0.3~0.4 Hz以下の低周波帯域でパワーがばらつき、パワーのピークは0.1~0.2 Hzにあり、最高周波数は5.0 Hzであった。閉眼条件の遅滞男子のパワー分布は、0.5 Hz付近からパワーがばらつき、0.2 Hzにパワ

ーのピークがある。また、4.0~5.0 Hzで比較的大きなパワーが認められる。

健常男子の左右方向の動揺を図2の開眼条件と閉眼条件のパワーの分布と比較すると、閉眼条件のパワーのピークは開眼条件より高周波数帯域にあり、さらに閉眼条件のパワーは開眼条件より大

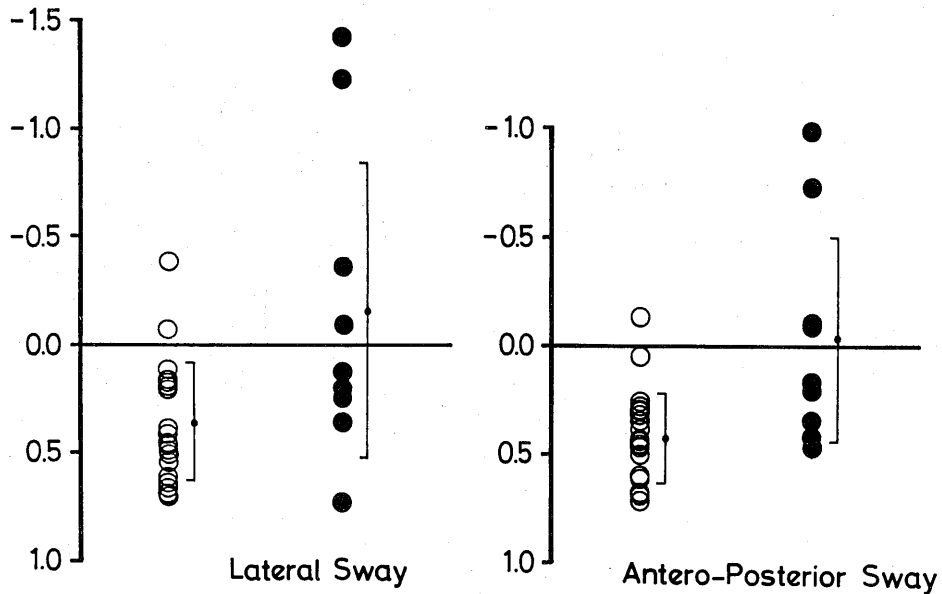


図4. 開眼条件と閉眼条件の身体動揺のパワーの比を個別に求めた値と平均値, S Dである。白丸(○)は健常男子, 黒丸(●)は遅滞男子である。比は $\{[(開眼のパワー) - (閉眼のパワー)] / 閉眼のパワー\}$ で求めた。

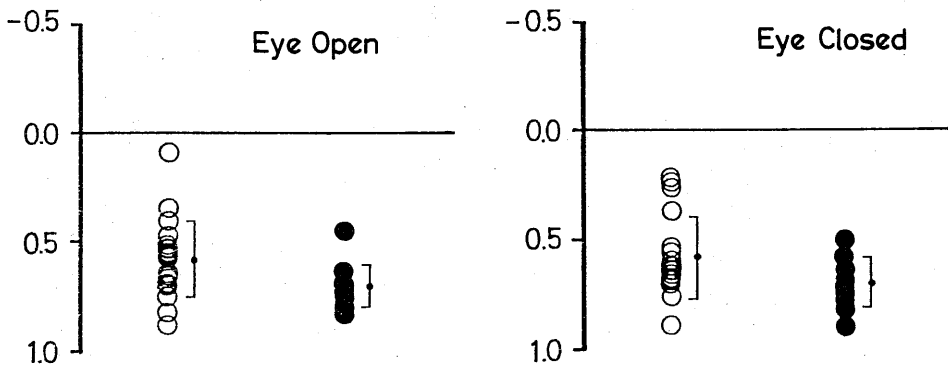


図5. 身体動揺の左右方向と前後方向のパワーの比を個別に求めた値と平均値, S.D.である。比は $\{[(前後方向のパワー) - (左右方向のパワー)] / 前後方向のパワー\}$ で求めた。

きいことが認められる。それに比べ、遅滞男子の左右方向の動揺のパワー分布は、0.5Hz以下の低周波帯域では開眼条件と閉眼条件で同様の分布を示した。図3より健常男子の前後方向の動揺を開眼条件と閉眼条件におけるパワーの分布で比較すると、0.1Hz以下の低周波帯域での開眼条件のパワーは閉眼条件より大きく、0.1Hz以上の高周波

帯域では閉眼条件により大きなパワーが認められる。遅滞男子の前後方向の動揺のパワーの分布は4.0~5.0 Hzの周波数帯域を除き、ほぼ同じ分布を示した。

図4は開眼条件と閉眼条件において出現した周波数のパワーの総和の比を被験者ごとに求め、プロットしたものである。パワーの総和とは各周波

数ごとに得られたパワーの値を合計したものである。健常男子では19名中2名を除き閉眼条件のパワーが大きい。それに比べ、遅滞男子では9名中4名の被験者は開眼と閉眼条件でほぼ同じパワーか、もしくは開眼条件で大きなパワーを示した。健常男子と遅滞男子の開眼条件と閉眼条件の左右方向の動揺のパワーの比は有意であった( $\chi^2=6.35$ ,  $df=1$ ,  $P<.02$ )。

図5は左右方向と前後方向での身体動揺のパワーの総和の比を図4と同様にプロットしたものである。健常男子、遅滞男子の両群とも、ほぼ同じ値をとり、分散も小さい。左右方向より前後方向の動揺のパワーが大きいということは遅滞児、健常児にとって、共通した特徴であると考えられる。

図6は遅滞男子9名、健常男子19名のパワーの総和の平均値とそのS.D.を示したものである。図中、左から健常男子の左右方向の動揺、遅滞男子の左右方向の動揺、健常男子の前後方向の動揺、遅滞男子の前後方向の動揺を示している。白ぬき棒グラフは開眼条件のパワーであり、斜線棒グラフは閉眼条件のパワーである。開眼条件では遅滞男子の前後方向の動揺が最も大きなパワーを示し、遅滞男子の左右方向、健常男子の前後方向と左右方向の順にパワーは減少した。閉眼条件では遅滞男子の前後方向、健常男子の前後方向、遅滞男子

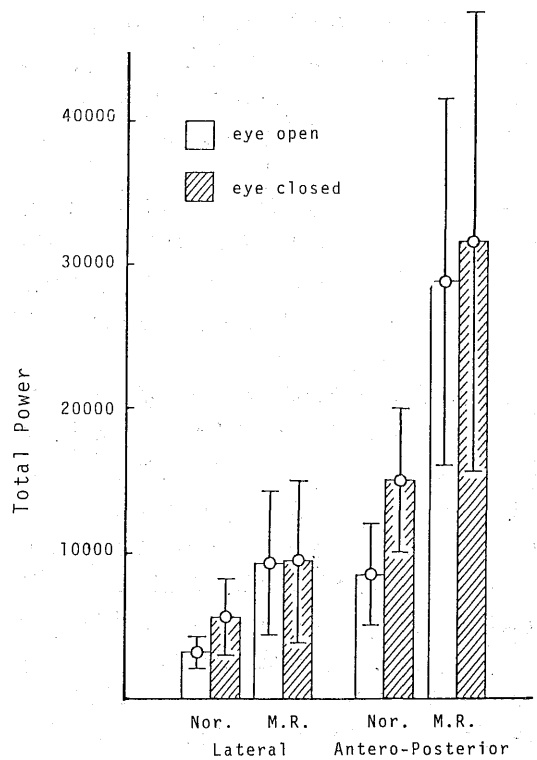


図6. 遅滞男子(M.R.)と健常男子(Nor.)の左右方向(Lateral)と前後方向(Antero-Posterior)の身体動揺のパワーの総和の平均とS.D. 白ぬき棒グラフは開眼条件、斜線は閉眼条件のパワー。

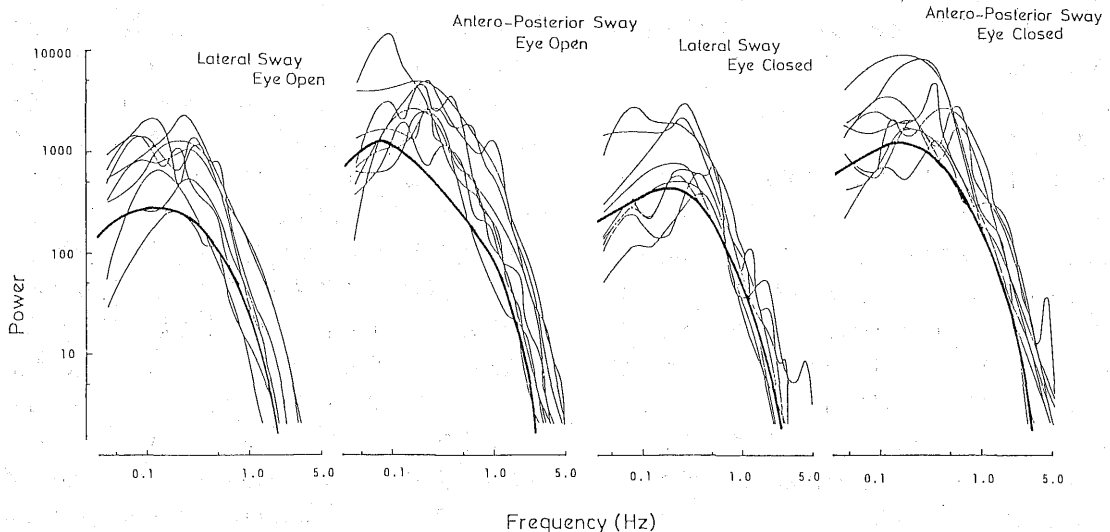


図7. 遅滞男子のパワーの変化を個別に示した。太線は健常男子の平均値。

の左右方向、健常男子の左右方向の順にパワーの減少が認められた。健常男子と遅滞男子を比較して、最も特徴的なことは開眼条件と閉眼条件のパワーの差である。健常男子の場合、左右方向( $t=3.43$ ,  $df=36$ ,  $P<.01$ )でも前後方向( $t=4.48$ ,  $df=36$ ,  $P<.001$ )でも開眼より閉眼条件で大きなパワーを示したが、遅滞男子では開眼条件と閉眼条件のパワーに有意な差は認められなかった(左右方向  $t=.06$ ,  $df=16$ ,  $P<.80$ ; 前後方向  $t=.39$ ,  $df=16$ ,  $P<.90$ )。

図7は遅滞男子の個別のパワーの変化を示している。太線は健常男子19名の平均パワーの変化である。開眼条件の左右の動揺では遅滞男子3名は健常男子の平均パワーより著しい逸脱はみられず、平均パワーよりも小さなパワーを示す遅滞男子も認められた。閉眼条件ではおよそ0.7Hz以下の低周波帯域で著しく大きなパワーを示す遅滞男子が3名認められた。さらに低周波帯域では平均パワーからさほど逸脱していないが、1.0Hz以上の高周波帯域で大きなパワーを示す被験者も認められた。開眼条件の前後動揺では0.1Hz以下の低周波帯域で大きなパワーを示した被験者は2名にすぎないが、0.2~1.0 Hz で平均パワーより全般的に大きなパワーを示した。閉眼条件では、開眼条件ほど平均値との明確な差はないが、0.5Hz以下の低周波帯域で著しく大きなパワーを示す2名の被験者と、0.4~0.5Hzにピークを持つ被験者1名が認められた。

#### 4 考 察

本研究では身体動揺を周波数解析し、パワー・スペクトルを求めた。パワー・スペクトルを求めることで、各周波数成分とその成分の貢献度を知ることができる。周波数成分のパワーの増大は身体動揺の増大であり、それはまた、直立姿勢維持時における静的な平衡能の低下を示すと考えられる。以下、健常男子と遅滞男子の結果を検討する。

健常男子の左右方向の動揺は開眼条件では0.1~0.2 Hz にパワーのピークが出現し、閉眼条件では0.4Hzにピークがある。谷村ら<sup>22)</sup>の報告では、健常成人の開眼条件で0.5Hz、閉眼条件で0.1~0.5 Hz にパワーのピークをみとめている。また、

Weissman, S.ら<sup>24)</sup>は開眼条件と閉眼条件でパワーを求め、閉眼条件でより大きなパワーが生じたと報告している。14歳男子を被験者とした本実験ではパワーのピークこそ、それらの報告と一致しなかったが、1.0Hz以下の周波数に対応したパワーは閉眼条件で常に大きいという結果を得た。この1.0Hz以下のパワーは、現在、視覚系のフィードバックの有無と関係することが推定されている<sup>23)</sup>ところで遅滞男子の開眼条件と閉眼条件の動揺を1.0Hz以下の成分で比べると、ほぼ同じ分布を示すことが明らかになった。1.0Hz以下の低周波は視覚系に關与しているという推定が正しければ、遅滞男子は直立姿勢の維持に視覚系を効果的に用いてないことになる。緒方<sup>18)</sup>によれば遅滞児が閉眼条件で開眼条件より安定した直立姿勢を維持できるのは、遅滞児にとって視覚情報が姿勢保持に有益な刺激となるよりも、むしろ外乱刺激となったと述べている。緒方の報告では、遅滞児の身体動揺を測定するさい、実験者は被験者の前方に位置して被験者に姿勢を維持する指示を与えたために、そのような結果を生じたと予想される。いずれにせよ、遅滞児は直立姿勢を保持する場合に視覚系からの情報が効果的に活用されていないことが推定される。

遅滞男子のパワー分布の特徴は1.0Hz以下の低周波帯域で健常男子より大きな値を示すこと以外に、それ以上の高周波帯域でもパワーの大きなことが認められる。このような高周波帯域の動揺、つまり速い周期の揺れは、比較的長い時間に直立姿勢を維持している時にも発現する。森<sup>14)</sup>は8分間の起立での動揺を測定し、時間の経過にしたがって速い周期の揺れが出現してくると報告している。Bensel, C.B.<sup>3)</sup>も同様の結果を20分間の継続した測定から得ている。森はこの結果から筋疲労と身体動揺の関係を考察している。遅滞児は一般的に健常児よりも疲労しやすいと言われている。遅滞児にとって3分18秒の直立は健常児と比べ、著しい疲労をあたえているのかもしれない。ところで高周波帯域でのパワーの発現は長い時間の直立姿勢だけでなく、筋求心性障害 (muscle afferentation disturbance)でもみることができる。Aggashyan, R. V.<sup>1)</sup>らは慢性筋求心性障害をもつ患者と、

阻血により実験的に求心性神経を麻痺させた被験者の身体動揺を測定した。その結果、患者では0.7～1.3Hzで大きなパワーがみられ、実験的に感覚を麻痺した群では1～2Hz、さらにそれ以上の高周波帯域にも大きなパワーが出現している。本研究で得られた遅滞男子の高周波のパワーに前述の疲労という要因がどの程度まで関与するかという問題は今後の課題としたい。しかし、筋や関節などの体性感覚系あるいは、中枢神経系は遅滞児の身体動揺の大きなパワー、すなわち平衡能が低いことに関係していることは十分に考えられる。また遅滞男子の身体動揺のパワーは開眼条件と閉眼条件ではほぼ同じ分布を示した。中田ら<sup>16)</sup>は9～11歳と成人の身体動揺のパワー・スペクトルについて報告した。そのなかで9～11歳では、0.5Hz以下の低周波帯域のパワーの増加が開眼と閉眼で明瞭な差を示さないという結果を得た。まだ充分の研究は進められていないため断定できないが、低周波帯域の開眼条件と閉眼条件のパワー分布の差は発達とともに大きくなることが予想される。遅滞児は分布に差がないことから発達の低い段階にあると考えられるが、発達にともない、その差がどう変化していくかはこれからの課題としたい。

ところで、山本<sup>25)</sup>によれば平衡能はすべての動作の基礎となる能力である。すなわち平衡能を基礎として姿勢の調整能があり、さらに動作の調整能がある。遅滞児の平衡能の低さは、単に平衡能にとどまらず、全般的な運動能の低さとも密接に関係することが予想される。さらに運動能の発達は知能の発達に影響することが知られている。<sup>12)</sup>平衡能が訓練によって改善されることは知られており、<sup>5)</sup>平衡能を訓練することは全般的な運動能の発達にも効果があると考えられる。身体動揺を指標として、発達の研究を進めるとともに、平衡能の訓練効果、さらに平衡能と他の運動との関係を明らかにしていかなければならないと考える。

## 5 まとめ

本実験の結果以下のことが明らかになった。

- 1) 遅滞男子は0.5Hz以下の低周波帯域で健常男子より大きなパワーを示した。
- 2) 遅滞男子の開眼条件と閉眼条件では0.5Hz以

下の低周波帯域で同様のパワーの分布を示した。

- 3) 健常男子のパワーの総和は開眼条件より閉眼条件において大きな値を示したが、遅滞男子の開眼条件と閉眼条件のパワーはほぼ同値であった。
- 4) 左右方向の身体動揺のパワーと前後方向の身体動揺のパワーの比は遅滞男子と健常男子ではほぼ同じであった。
- 5) 遅滞男子のパワーの変化パターンには個人差が認められた。

## 謝 辞

この研究にご協力いただいた友部養護学校、金江津中学校、城南中学校の生徒のみなさんと先生方に深く感謝いたします。

## 文 献

- 1) Aggashyan, R. V., Gurfinkel, V. S., Mamasakhlisov, G. V. and Elner, A. M. (1973): Changes in spectral and correlation characteristics of human stabilograms at muscle afferentation disturbance. *Agressologie*, 14 (D), 5-9.
- 2) 青山正征, 矢野英雄, 数藤康雄 (1975): 抗重力機構 (antigravity mechanism) の神経生理学的考察 — 正常, 異常の立位姿勢の筋電図, 重心変位の解析と陰性支持反応との関連について —, *脳と発達*, 7, 12-21.
- 3) Bense, C. K. and Dzenolet, E. (1968): Power spectral density analysis of the standing sway of males. *Perception and Psychophysics*, 4 (5), 285-288.
- 4) 江草安彦, 木口陽子, 笹野完二, 内田照彦, 中杉理慧子 (1963): 精薄児身体発育の縦断的観察, *小児の精神と神経*, 3 (4), 9-13.
- 5) 福田精 (1974): 訓練の平衡生理 — 或る狂言の姿勢とのりもの酔い — *神経研究の進歩*, 18 (4), 639-648.
- 6) Heath, S. R. Jr. (1942): Rail walking performance as related to mental age and etiological types. *American Journal of Psychology*, 55, 240-247.
- 7) Howe, C. (1959): A comparison of motor skills of mentally retarded and normal children. *Exceptional Children*, 23, 352-354.
- 8) Ikeda, Y., Higurashi, M., Hirayama, M., Ishikawa, N. and Hoshina, H. (1977): A longitudinal

- study on the growth of stature, lower limb and upper limb length in Japanese children with down's syndrome. *Journal of mental deficient research*, 21, 139-151.
- 9) 石川哲, 小沢治夫, 白井永男 (1976) : 正常者並びに運動失調者における身体の平衡に関する視覚系の影響. *最新医学*, 31(2), 254 - 263.
  - 10) Kohen-Raz, R. (1970): Developmental patterns of static balance ability and their relation to cognitive school readiness. *Pediatrics*, 46(2), 276-285.
  - 11) 小宮勝 (1970) : 精薄児の身体調整力に関する研究. *特殊教育学研究*, 8(1), 51 - 60.
  - 12) Kral, P. A. (1972): Motor characteristics and development of retarded children: Success experience. *Education and Training of the Mentally Retarded*, 7, 14-21.
  - 13) 草野勝彦, 上村喜一 (1981) : 精神薄弱児の思春期身体発育に関する縦断的研究. *宮崎大学教育学部紀要人文科学*, 49, 57 - 65.
  - 14) 森茂美 (1971) : ヒトの起立静止姿勢維持の調節機構. 第2回バイオメカニズムシンポジウム論文集, 人工の手研究会, 93 - 104.
  - 15) 長友睦美, 草野勝彦 (1976) : 精神薄弱児の思春期における発育速度曲線の特徴. *保健の科学*, 18, 577 - 582.
  - 16) 中田英雄, 松崎保弘 (1981) : 直立時の身体動揺の周波数解析とその発達特性. *日本教育心理学会第23回総会論文集*
  - 17) 日本平衡神経科学会編 (1976) : 平衡機能検査の手引き. 南山堂.
  - 18) 緒方登士雄 (1980) : 身体動揺からみた精神薄弱児の姿勢制御に関する研究. *発育障害研究*, 1(3), 41 - 47.
  - 19) 小沢治夫, 白井永男, 石川哲, 中島節夫, (1976) : 各種中毒患者のEEG追跡調査に関する研究. *眼科臨床医報*, 70(3), 84 - 86.
  - 20) 坂本龍生, 森田安徳 (1979) : 回転性眼振検査による精神薄弱児の前庭機能に関する一考察. *特殊教育学研究*, 17(1), 25 - 33.
  - 21) 田口喜一郎 (1978) : 重心動揺周波数スペクトルの臨床的応用. *Equilibrium Res.*, 37, 113 - 117.
  - 22) 谷村裕, 中田英雄, 黒川哲宇, 瀬尾政雄, 佐藤泰正 (1981) : 視覚障害者の直立姿勢制御に関する研究. *特殊教育学研究*, 18(4), 1 - 9.
  - 23) 問田直幹, 内園耕二編 (1975) : 新生理学. 医学書院, 999 - 1045.
  - 24) Weissman, S. and Dzendolet, E. (1972): Effects of visual cues on the standing body sway of males and females. *Perceptual and motor skills*, 34, 951-959.
  - 25) 山本高司 (1977) : 運動と平衡機能. *体育の科学*, 27(4), 283 - 288.
  - 26) 矢部京之助 (1981) : 精神遅滞児と自閉症児の体力・運動能力. *障害者体育*, 2(1・2), 5 - 8.



## SUMMARY

### Postural Control Abilities of Mentally retarded Children

Yasuhiro Matsuzaki, Hideo Nakata, Yoshio Saito

The University of Tsukuba

It is known that mentally retarded children are poor in motor abilities, especially in the case of balance abilities. This study examined postural control abilities of maintaining the upright standing posture in mentally retarded children.

Body sway was measured with 19 normal and 9 retarded male children. The measurement was done by using a gravicorder which consisted of lateral and antero-posterior directions. The data were obtained under the condition of eyes open and eyes closed, and were processed with a computer using power spectral analysis.

The results were as follows:

- (1) The mentally retarded children showed a higher power in the low frequency range below 0.5Hz when compared to the normal subjects.
- (2) In comparison with eyes-open condition, normal children showed an increase of power spectra in the range from 0.1 to 0.5Hz while standing with their eyes closed. Mentally retarded children showed the same tendency in both open-eyes and closed-eyes conditions.
- (3) Mentally retarded children are inferior in posture control ability in comparison with normal children.