

ADHD 児における身体図式と実行機能の連関

萱村俊哉、白瀧貞昭

(武庫川女子大学文学部心理・社会福祉学科)

沖田善光、杉浦敏文

(静岡大学大学院電子科学研究科医用電子工学講座)

<要 旨>

身体図式とは、自己や自己と環境との関係性を理解するための核となる生理機能のことである。本研究では ADHD 児に注目し、アスペルガー症候群 (AS) 児の所見と比較しながら、ADHD 児における身体図式 (SNS 検査) と実行機能 (Rey の図検査) との連関について調べた。併せて、ADHD 児における検査遂行時の脳波特徴についても試論的に検討した。SNS 検査では ADHD 児、AS 児ともに陽性になる傾向が強く、また、実行機能 (プランニング能力) でも ADHD 児の特徴は見いだせなかった。さらに、身体図式と実行機能の連関においても ADHD 児の特異性などはみられなかった。脳波では、ADHD 児は閉眼安静時に θ 波のパワーが強く、 θ 波の帯域含有率が高かった。迷路課題及び Rey の図課題遂行時においても、 β 、 α 波のパワー、含有率ともに上昇せず、 θ 波優位の傾向が認められた。さらに、FA (手指失認検査) では前頭葉、頭頂葉を中心に δ 波のパワーと含有率が上昇した。今回得られた所見は結論的なものではなく、今後さらにデータを集積して再検討する必要がある。

<キーワード>

ADHD、身体図式、実行機能、プランニング、soft neurological signs、脳波

【はじめに】

軽度発達障害児は社会性や学習、行動の発達において多彩な症状を示す。これらの諸症状の基底には身体図式 (body schema) の障害が横たわっている場合が少なくない。軽度発達障害児では、程度の差はあれ、身体図式に何らかの不全が認められることが多いのである。

身体図式とは、自己や自己と環境との関係性を理解するための核となる生理機能のことである。この身体図式が成立し正常に機能するためには、自己身体の状態を感じる内受容感覚、自分の姿勢や筋肉運動を感じる自己受容感覚 (前庭覚、固有感覚)、そして外部からの刺激に対する外受容感覚 (触覚、視覚、嗅覚など) が循

環的に統合されていることが必要とされている。

身体図式の問題 (あるいは未熟さ) は、直接的には身体の動作や認識の不器用さとして表面化する。したがって、臨床的には身体の協調運動検査や手指失認検査、左右弁別検査などの所謂、神経学的微細徴候 (soft neurological signs : SNS) 検査によって身体図式の状態の一面を知ることができる。

ところが、軽度発達障害児のアセスメントでは、他領域の神経心理学的検査に比べ、身体図式に関する検査は軽視されているように思われる。子どもの神経心理検査では一般に WISC-

IIIなどが用いられる。しかし、このような知能検査だけで子どもの高次神経機能の全体像を明らかにできるわけではない。子どもの高次神経機能の状態を詳しく描出するためには、他の検査も併用して総合的に判断する必要がある。

筆者らは従来から SNS に着目し、それらの発達について検討してきた(萱村, 1997)。その経験に基づき、軽度発達障害児の神経心理学的アセスメントでは、子どもの高次神経機能の状態を詳しく描出するために SNS 検査をその中に含めるべきであるとの考えに至っている(萱村, 2004)。

本稿におけるもう一つの中心的概念である実行機能とは、プランニング、妥当でない反応の抑制、思考や行為の柔軟性を含む情報処理過程のことである(Duncan, 1986)。注意欠陥/多動性障害(ADHD)や広汎性発達障害(PDD)において認められる行動面での症状の原因の一つとして実行機能障害が想定されている。この実行機能、乃至前頭葉機能を調べる検査としてはウイスコンシン・カード・ソーティングテスト(WCST)をはじめ、ストループテストやReyの図検査などさまざまな検査法がある(鹿島・加藤, 1993)。

筆者らは、子どもの障害の構造を明確にするためには、SNS や実行機能を含め神経心理検査間の連関を明らかにすることが重要であると考えている(萱村, 2004)。そこで本研究では、ADHD 児に注目し、アスペルガー症候群(AS)児の所見と比較しながら、ADHD 児における身体図式と実行機能との連関について調べる。また、ADHD 児の一部には脳波も導入し、ADHD 児における検査遂行時の脳波特徴についても併せて検討する。

【対象】

ADHD 児 8 名(男子 7 名、女子 1 名)、アスペルガー症候群(以下、AS) 児 5 名(男子 3 名、女子 2 名)。年齢は 7~13 歳であった(個人別年齢などは表 1、2 参照)。WISC-IIIによる FIQ は全員 70 以上であった。

【方法】

1 身体図式に関する検査

SNS 検査を用いた。具体的には、①連続指対立検査(finger sequencing :FS)②上肢前腕の回内回外運動 diadochokinesis :DK)、③踵-爪先タッピング(heel toe tapping :HTT)、④片足立ち(static balance :SB)、⑤片足跳び(dynamic balance :DB)、⑥手指失認検査(finger agnosia test :FA)を実施した。各検査の方法と主な観察点は以下の通りである。①FS:立位で片手の拇指と他の指とを順に対立させる。示指から始め、隣り合った指へとできるだけ速く進ませる。円滑さとリズム、及び対側の手にみられる連合運動(associated movements :AM)が主な観察点である。円滑さとリズムでは、「指をとばす」、「同じ指を続けて pointing する」、「一次的に止まる」、「リズムが悪い」動作の有無を観察する。

②DK:立位で一側の上肢を肘で 90° 屈曲させ、前腕を前方へ突出させる。対側の上肢は弛緩して垂れさせる。この状態で前腕の回内(pronation)、回外(supination)運動をできるだけ速く繰り返させる。運動開始時に対側の上肢は脱力して体側に付けさせる。観察点は、回内回外運動の円滑さとリズム、運動と同側の同側性 AM、及び対側上肢にみられる対側性 AM で

ある。円滑さとリズム、および同側性 AM に関しては、「腋下が 5cm 開く」、「前腕の中心軸がずれる」、「回内回外運動が正確でない」、「途中で止まる」、「リズムが悪い」の点を観察する。また、対側性 AM については、「対側上肢に回内回外様の運動がみられる」、「対側上肢の肘部の屈曲がみられる」の 2 点を観察する。

③HTT：椅子に座った状態で、片足の踵と爪先の交互タッピングをできるだけ速く繰り返させる。観察点はタッピングの円滑さである。円滑さの内容は、「同じ部分(踵あるいは爪先)をタッピングする」、「途中で止まる」、「リズムが悪い」、「タッピングの位置がずれる」ことである。さらに対側下肢の AM、および両上肢にみられる AM も観察対象である。

④SB：開眼で、20 秒以上片足で立たせる。どちらの足から開始してもよい。観察点は、安定度、安定を図るための上肢の balancing movement の出現の有無、及び左右差である。

⑤DB：一定の位置で、片足で 20 回跳躍させる。どちらの足から始めるか指示しない。観察点は跳躍のリズム、着地点の安定度、左右差である。

⑥FA：同時に 2 本の指に触れて、間に指が何本あるかを答えさせる in between test を用いた。検査は閉眼で行う。観察点は、左右の手各 6 試行、合計 12 試行中、エラーが 2 回以上あることである。

2 実行機能検査

Rey の図検査(図 1)を用いた。本検査は複雑図形である Rey の図版を見ながら模写させ、その後再生させる課題である。本検査は実行機能(とくにプランニング)を始め、運動機能(巧緻性)、視空間認知、視覚記憶など複数の神経心

理機能を調べることができる(例えば、萱村・中嶋・坂本, 1997)。本検査は試行が簡便であり、教示内容の理解が被検者にとって容易であり、しかも短時間で遂行できるので、脳波測定時の認知課題としても適していると考え、採用することにした。

検査ではまず、B5 サイズの紙と鉛筆を与え、Rey の図版を呈示し、図形を覚えながら描くこと、描き終えたらその旨を被検者が自己申告することを教示した。模写が終了した地点で図版と模写した用紙を回収した。続いて別の白紙を

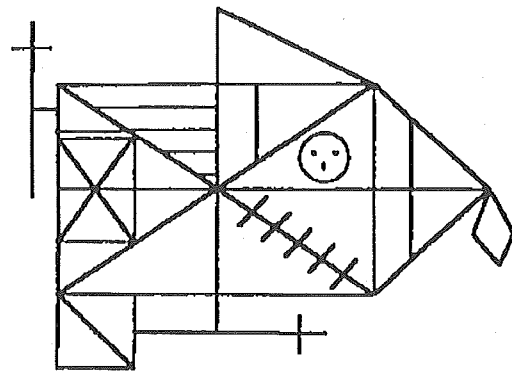


図 1. Rey-Osterrieth 複雑図形 (Osterrieth, 1944)

与え、先ほど模写した図形を想起して描くように教示した。再生の終了は自己申告させた。

模写された図の正確さと模写過程の構成方略、再生された図の正確さに関して、以下の 3 種類の評価方法を用いて分析した。

①Osterrieth(1944)による模写及び再生の正確さに関する評価方法(以下、0 法)：この評価方法では Rey の図の構成要素である 18 個の基礎的構造(unit)について、その形態と位置の正確さ(accuracy)を評定する。合計スコアは最高 36 となる。スコアが高いほどより正確に模写あるいは再生できていることを示している。

②Waber & Holmes(1985)による模写における交

点の描出の正確さに関する評価方法(以下、W-H法)：正しく描かれた線分や交点の数を正確さの指標とする方法である。W-H法にはいくつかの評価基準があるが、今回はその中で、図2に示した線分同士の交点(intersections)に着目し、正確に描出された交点の合計数をスコアとした。最高スコアは12である。スコアが高いほどより正確に交点が描出できていることを示している。

これらの交点は合理的な描出をしないとうまく形成されない。その点で、W-H法による評価結果は、描出の正確さのみならず、合理的な描出プロセス、すなわちプランニング能力の水準を表す指標でもある。

③Chervinsky et al. (1992)による構成方略の評価方法(Organization Scoring System:以下、OSS)：Reyの図の構造を認知的に六つのsectionに分割し(図3)、各sectionをどの程度ひとまとめに描いたかという観点から評価する。各sectionごとのに得点が算出され、すべてのsectionを合計した場合の最高得点は49点となる(萱村・中嶋・坂本, 1997)。なお、六つのsection以外に、penalty sectionと称するsectionがあり、これらは、ひとまとめに描かなかった場合に減点されるsectionである。

この構成方略は、実行機能の中のとくにプランニングに関係すると考えられる。

各検査のプロセスはすべてVTRに収録した。SNS検査では、VTRの再生画像をもとに、筆者らの先行研究(萱村, 1997; 萱村・萱村, 2005)で報告した方法によって定量的に分析し、さらに年齢を考慮した上で、SNSの判定(陽性or陰性)を行った。また、Reyの図検査では、構成

方略(OSS)の分析をVTRの再生画像に基づいて行った。

3 脳波による検討

ADHD児の中の3名(表1、2の症例6、7、8)を対象に、 δ 、 θ 、 α 、 β 帯域出現率などを指標にして、SNS検査の中の上記のReyの図検査、及びFA検査時における脳波の検討を試論的に行った。

まず安静時(閉眼)5分の脳波記録を行った後、迷路検査(WISC-IIIの迷路課題)を2課題行った。続いて、Reyの図検査の模写課題、1分間「頭の中」で想起させる課題、実際の再生課題を行った。そして最後に、FA、すなわち手指失認検査の中のin-between testを実施した。所要時間は約30分であった。

脳波解析では、脳波がどの周波数の波をどれだけ含んでいるか調べるために高速フーリエ変換(Fast Fourier Transform:FFT)を行った。

なお、脳波検査の対象となった3名のADHD児はそれぞれ多動性の程度が異なった。すなわち、1名(症例6)は多動性が強く、hyperactivity typeであり、残りの2名(症例7、8)はhyperactivityというよりもfidgety typeであった。

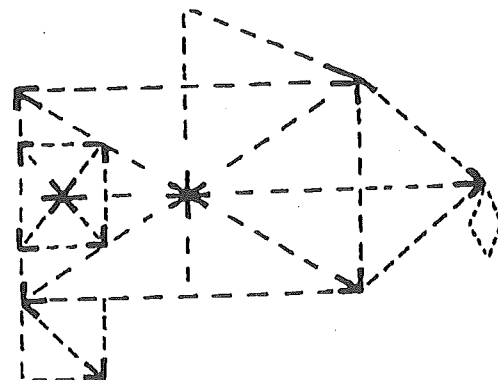


図2 評価対象となった12カ所の交点 (Waber & Holmes, 1985)

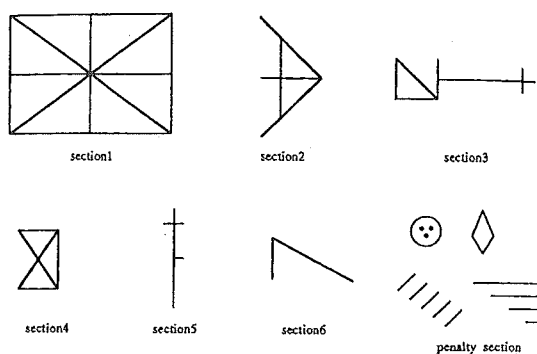


図3 OSSの六つの section と penalty section

(萱村・坂本・中嶋, 1997)

【結果と考察】

1 SNS 検査

SNS 検査の結果を表 1 に示した。表中の十は陽性所見がみられた部分であり、一は陰性であった部分である。また、空欄の部分は時間の都合で検査が実施できなかった部分である。

表 1 からわかるように、SNS 検査を全般的にみて、陽性所見のみられた(すなわち定常発達からの逸脱がみられた)児の数には、ADHD 児、AS 児の間で大きな差はみられず、ADHD 児、AS 児ともに SNS は陽性になる傾向が強い。すなわち、ADHD 児、AS 児ともに身体図式の水準では同程度の困難性を抱えているといえるであろう。

ただし、検査ごとにみていくと、DK、HTT、DB の粗大でダイナミックな運動では ADHD、AS の両者において検査を受けた全員が陽性所見を示しているのに対し、FS、FA といった手指の知覚や運動の検査では陰性所見を示す児もみられた。

また、SB、すなわち片足立ちでは、ADHD 児の中で検査を受けた全員が不安定、または安定を図るための上肢の動きである balancing movement を示すなど、年齢からみて未熟な立

ち方をしたのに対し、AS 児では 4 名中 2 名は年齢相応の安定した立ち方をしていた。

以上のように、SNS 検査では、検査の種類ごとにみた場合、ADHD 児と AS 児の違いも若干見受けられたが、対象人数も少なく、これらの所見は結論的なものではない。これらの所見の意義は、今後の研究の方向性を示唆するに留まるものである。

2 Rey の図検査(実行機能)

次に、Rey の図検査における模写の正確さ(0 法)、交点の描出(W-H 法)、構成方略(OSS)、及び再生の正確さ(0 法)のそれぞれの変数の個人別の結果を表 2 に示した。なお、ADHD 児の 1 名(症例 2)は時間の都合で本検査を実施できなかった。したがって本検査の分析の対象となった ADHD 児は 7 名であった。

各変数の平均得点と標準偏差は以下のようになった。すなわち、ADHD 児群では、模写の正確さ 16.21 ± 10.59 、交点の描出 1.57 ± 1.81 、構成方略 16.71 ± 13.07 、再生の正確さ 7.93 ± 8.71 であった。一方、AS 児群では、模写の正確さ 27.50 ± 6.92 、交点の描出 6.40 ± 2.30 、構成方略 35.60 ± 11.19 、再生の正確さ 15.30 ± 8.26 であった。いずれの変数も ADHD 児群は AS 児群に比べて劣っており、また、検定(Mann-Whitney test)の結果、交点の描出と構成方略において ADHD 児群は AS 児群よりも有意に劣っているという結果になった(それぞれ、 $Z=2.63, p<.01, Z=2.20, p<.05$)。

交点の描出と構成方略の成績は、実行機能、中でもプランニングの能力に関係していると考えられる。したがって今回得られた所見は、ADHD 児は AS 児に比べ、とくにプランニング能

力において劣っていることを示唆しているようにも思われる。

しかし、表 2 に示すように、今回の ADHD 児のデータの中で、症例 5 は注意転導性が強く、また症例 6 は hyperactivity のため、模写、再生ともに十分に集中できなかった。このため、これら 2 名の交点の描出、構成方略、再生の正確さの得点は 0 点、またはそれに近い低得点であった。そこでこの 2 名を除いて ADHD 児群の各変数の値を計算し、さらにそれを元に、再度 AS 児群との間で検定 (Mann-Whitney test) を行った。その結果、ADHD 児群における各変数の平均と標準偏差は、模写の正確さ 28.00 ± 1.41 、交点の描出 4.00 ± 1.41 、構成方略 28.00 ± 9.90 、再生の正確さ 17.25 ± 1.77 となり、検定の結果でも、いずれの変数も AS 児群との間で有意差はみられなくなった。

したがって、今回の結果から、ADHD 児は AS 児よりもプランニング能力が劣っているとの結論を導くことはできず、今後対象人数を増やして再検討しなければならない課題であるといえよう。

ただし、このように有意差はみられなかったとはいえ、数値的には模写や再生の正確さが両群間で殆ど差がないのに対し、交点の描出と構成方略は両群間で差が開いており、ADHD 児の方が劣る傾向にあることは特徴的な所見である。したがって今後の研究の方向性として、ADHD と AS の実行機能の質的な差異を調べる手がかりとして、プランニング能力に着目することに意義があると考えられる。

3 SNS と実行機能の連関

SNS と高次神経機能との連関を調べた先行

研究を概観すると、両側性の協調運動の質的側面が読字障害と関連していることを示す報告 (Klicpera et al., 1981)、鏡像運動が読字、言語能力の予測変数として優れていることを実証した研究 (Wolff et al., 1983)、finger sequencing が書字能力の予測変数として有効であることを指摘した研究 (Berninger and Rutberg, 1992)、7 歳での書画感覚障害、diadochokinesis の障害、運動の緩慢さの 3 種類の SNS が、17 歳での学業成績や IQ と関連することを縦断的に証明した研究 (Schonfeld et al., 1989)、さらに、Fogs' test (歩行検査の一種) の成績と問題行動や学業成績との関係を明らかにした研究 (Szatmari and Taylor, 1984) などがみられる。

これらの先行研究に加え、SNS の陽性所見は注意機能と密接に関連するという指摘もみられる (例えば、Lazarus, 1994)。注意機能は実行機能の構成成分でもあることから、筆者らは、とくに ADHD 児において、SNS と実行機能の間の連関があるのではないかと推測した。

しかし、表 1 と 2 の ADHD 児の所見を比較してみても、AS 児にはみられないが ADHD 児にはみられるなどといった特異的な所見はとくに見いだすことはできない。さらに、本稿には具体的なデータを示さなかったが、SNS 検査における不器用さの特徴 (例えば、FS において指をとばすことや同じ指を続けて pointing するなど) と Rey の図検査との連関も詳細に検討してみたが、ADHD、AS ともに、とくに注目すべき所見は得られなかった。

このような結果になった背景には、対象人数が少なかったことに加え、ADHD や AS にとって SNS が陽性になることは一般的な傾向である

表 1 ADHD 児及び AS 児における SNS 検査の結果

症例番号	性別	年齢	FS	DK	HTT	DB	SB	FA
ADHD								
1	男	7.9	+	+	+	+	+	+
2	男	7.9	+	+	+	+	+	+
3	男	8.5	—	+		+	+	+
4	男	11.9	—	+		+	+	—
5	女	12.1	+	+	+	+	+	+
6	男	9.5						
7	男	9.8						—
8	男	11.3						—
AS								
9	男	13.8	+	+	+	+	+	—
10	男	9.5	+	+	+	+	+	—
11	男	10.0	—	+	+	+	—	—
12	女	10.6		+		+		
13	女	13.2	+	+	+	+	—	+

注) 表中の+は陽性、—は陰性を示す。空欄は検査を実施できなかったことを意味している。

FS : 連続指対立検査(finger sequencing)、DK : 上肢前腕の回内回外運動(diadochokinesis)、
HTT : 踵-爪先タッピング(heel toe tapping)、DB : 片足跳び(dynamic balance)、SB : 片足立ち
(static balance)、FA : 手指失認検査(finger agnosia test)

ことも挙げられるであろう。さらに今回用いた検査の妥当性の問題もあるかもしれない。それらの点も勘案して今後、再度 SNS と実行機能の連関について検討したいと考えている。

4 脳波

3名の ADHD 児を対象とした脳波の検討では、その最大の特徴として、閉眼安静時の特徴として、 θ 波のパワーが強く、帯域含有率が高いことが挙げられる。中でも 3 名のうち、hyperactivity type の児(症例6)での安静時脳

波では、 θ と並んで δ 波も顕著に出現していた。

3名ともに、迷路課題及び Rey の図課題遂行時でも、 β 、 α 波のパワー、含有率ともにあまり上昇せず、 θ 波優位の傾向が認められた。さらに FA(手指失認検査)では 3名ともに、前頭葉、頭頂葉を中心に、 δ 波のパワーと含有率が上昇していた。

先行研究(例えば、Loo&Barkley, 2005)においても、ADHD 児の閉眼安静時の θ 波優位傾向が指摘されており、今回の所見はそれを追認したといえる。それに加え今回は、迷路や Rey の図

表 2 Rey の図検査における各変数の結果(得点)

症例番号	性別	年齢	模写正確さ (O 法)	交点描出 (W-H 法)	構成方略 (OSS)	再生正確さ (O 法)
ADHD						
1	男	7.9	15.0	1	15	2.0
2	男	7.9				
3	男	8.5	16.0	1	19	0
4	男	11.9	21.0	1	27	17.0
5	女	12.1	4.5	0	0	0
6	男	9.5	1.0	0	0	0
7	男	9.8	27.0	5	35	16.0
8	男	11.3	29.0	3	21	18.5
AS						
9	男	13.8	22.5	6	23	7.5
10	男	9.5	23.5	3	36	8.0
11	男	10.0	21.5	6	26	13.0
12	女	10.6	34.0	8	49	25.0
13	女	13.2	36.0	9	44	23.0

注) O 法 : Osterrieth(1944)による模写及び再生の正確さに関する評価方法

W-H 法: Waber & Holmes(1985)による模写における交点の描出の正確さに関する評価方法

OSS : Chervinsky et al.(1992)による構成方略の評価方法(Organization Scoring System)

といった認知課題遂行時にも ADHD 児では θ 波優位の傾向が続くことと、さらに、手指失認検査のような触覚刺激による認知検査において δ 波が際だってくるのが認められた。これらの所見が果たして ADHD 児の特徴といえるのかどうか、今後、他の種類の障害をもつ児や健常児のデータを集積して検討したい。

【文献】

Berninger, V., & Rutberg, J. : Relationship of

finger function to beginning writing: Application to diagnosis of writing disabilities. *Develop. Med. Child Neurol.* 34;198-215, 1992

Chervinsky, AB. et al. : Comparison of four methods of scoring the Rey-Osterrieth Complex Figure Drawing Test on four age groups of normal elderly. *Brain Dysfunction* 5;267-287, 1992

Duncan, J. : Disorganization of behavior

- after frontal lobe damage. *Cognitive Neuropsychology* 3;271-290, 1986
- 鹿島晴雄, 加藤元一郎: 前頭葉機能検査-障害の形式と評価法-. *神経進歩* 37;93-110, 1993
- 萱村俊哉: 発達の神経心理学的評価. 多賀出版, 1997
- 萱村俊哉, 坂本吉正, 中嶋朋子: Rey-Osterrieth 複雑図形における構成方略の評価とその意義. *神経心理学* 13;190-198, 1997
- 萱村俊哉: 軽度発達障害児の包括的神経心理検査バッテリーの構築について-神経学的微細徴候(SNS)検査の扱いと評価法を巡って-. *武庫川女子大学紀要 (人文社会科学編)* 52;85-92, 2004
- 萱村俊哉, 萱村朋子: 軽度発達障害児における不器用さ(Clumsiness)の臨床検査法について: 神経学的微細徴候(soft neurological signs)の年齢別判定基準を中心に. *武庫川女子大学紀要 (人文社会科学編)* 53;59-72, 2005
- Klicpera, C.: Poor planning as a characteristic of problem-solving behavior in dyslexic children. *Acta Paedopsychiatra* 49;73-82, 1983
- Lazarus, J.: Evidence of disinhibition in learning disabilities: The associated movements phenomenon. *Adapted Physical Activity Quarterly* 11;57-70, 1994
- Loo, SK., & Barkley, RA.: Clinical utility of EEG in Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Applied Neuropsychology* 12;64-76, 2005
- Osterrieth, PA.: Le test de copie d'une figure complexe. Contribution a l'etude de la perception et la memoire. *Archives de Psychologie* 28;206-356, 1944
- Schonfeld, I., Shaffer, D., and Barmack, J.: Neurological soft signs and school achievement: The mediating effects of sustained attention. *Journal of Abnormal Child Psychiatry* 17;575-596, 1989
- Szatmari, P., & Taylor, D.: Overflow movements and behavior problems: Scoring and using a modification of Fogs' test. *Develop. Med. Child Neurol.* 26 ;297-310, 1984
- Waber, D. & Holmes, M.: Assessing children's copy productions of the Rey-Osterrieth Complex Figure. *Journal of Clinical Experimental Neuropsychology* 7;264-280, 1985
- Wolff, P., Gunnoe, C., and Cohen, C.: Associated Movements as a measure of developmental age. *Develop. Med. Child Neurol.* 25;417-429, 1983