

# ADHDのある児童に対する認知リハビリテーション

## Cognitive rehabilitation in children with ADHD

昼田源四郎\*

要旨：現在、ADHDに対して実施されている薬物療法は、対症的には有効だが根治的な治療効果はないとされる。そのためADHDに有効な認知リハビリテーション（以下、認知リハ）を開発し、脳のレジリエンスが期待できる小児期から薬物療法と併用することで、より根治的な治療ができないかと期待している。臨床実践に向けた準備作業として、本稿ではADHDに対する認知リハの文献を収集し、その「治療効果」を中心にレビューした。1) ニューロフィードバック（NF）は脳波を利用した訓練プログラムだが、ADHDの3症状である不注意、多動性、衝動性を軽減させる効果があるとする報告が多い。ADHDの2) 注意機能や3) 衝動性に対して認知リハが有効だったとする研究報告は多く、4) ワーキングメモリ障害に対しても認知リハが有効だとする報告があった。ADHDにおける5) 遂行機能障害に関しては、一次障害なのか不注意や衝動性に随伴する二次障害なのか今日なお議論があり、ADHDの遂行機能に対する認知リハを扱った論文は見つからなかった。

**Key Words**：ADHD、認知リハビリテーション、注意機能、衝動性、ワーキングメモリ

### はじめに

DSM-IV-TR (APA, 2004) の診断基準によれば、注意欠陥/多動性障害（以下、ADHD）とは不注意、多動性、衝動性の3症状からなり、それらが7歳以前から6ヵ月以上つづき、その程度は不適応的で発達の水準に相応せず、かつ2つ以上の状況（例：学校と家庭）で生じているものとされる。さらにADHDを臨床像のうえから、上記の3症状がすべてある混合型と、不注意優勢型、多動性—衝動性優性型の3つに下位分類する。これは「不注意」と「多動・衝動性」はそれぞれ独立した脳機能を反映している可能性を示唆している。有病率は3～5%程度とされており、3～9：1程度で男児に多い。広汎性発達障害（PDD）や学習障害（LD）に合併することもある。

ADHDの3症状は、たとえば小学校段階では授業中も集中できず、勝手におしゃべりをし、席を離れて動きまわり、他の生徒を妨害し、暴言や暴力をふるうなどの逸脱行動として現れ、対人関係

や教科学習を大きく阻害する。その結果、教師や親から叱責されることが多くなり、患児自身の自己肯定感を下げる。さらにコントロール不良群では思春期以降に二次障害として、薬物乱用や気分障害、抑うつや情緒障害、行為障害、反抗挑戦性障害などを併発することがある。そのため、できるだけ早期にADHDを発見し治療することで、対人関係や教科学習の障害を軽減し、自己肯定感の低下や二次障害の発生を予防する必要がある。

現在、ADHDに対する治療の第1選択肢は薬物療法である。ADHDの治療薬として、わが国では2007年にコンサータ（一般名：塩酸メチルフェニデート）が、2009年にストラテラ（一般名：アトモセチン塩酸塩）が承認され臨床現場で使用可能となった。薬物療法と併用されることの多い治療の第2選択肢はペアレント・トレーニングやソーシャルスキル・トレーニング（SST）、夏期集中治療プログラム（サマーキャンプ）などの行動療法である。

【受理日 2011年6月29日】

\* 福島大学人間発達文化学類 Genshiro Hiruta : Faculty of Human Development and Culture, Fukushima University

第1選択肢の薬物療法は、ときに目覚ましい効果を見せるが、2～3割の無効例や副作用による継続不能例があるうえ、基盤にある脳機能不全を根絶的に改善するものではない。また第2選択肢の行動療法を併用した場合でも、同様の限界がある。

こうした限界を補う第3選択肢として、著者は認知リハに期待している。小児期の脳の可塑性(resilience)を考慮すれば、ADHDのある小児に対し、できるだけ早期に適切な認知リハを実施することで、より根治的な改善効果が得られる可能性がある。臨床研究のための準備作業として、本稿ではADHDに対する認知リハの現状を整理し、若干の考察を加える。

## 1. ADHDの脳内責任部位とその脳機能障害

ADHDの3症状である不注意、多動性、衝動性の背景にある脳機能障害として、注意機能、衝動性、ワーキングメモリ、遂行機能などの障害があると指摘する研究者が多い。これらの障害をひきおこす脳内責任部位に関する見解は分かれるが、大きく以下3つの立場に分けることができる。

### a. 前頭連合野を重視する立場

Arnsten (2009) は、ADHDの背後に前頭前野の機能障害があると主張する。前頭前野(PFC)は注意の集中・持続・分配・切り替えの機能を持ち、不適切な情動・衝動・行動の抑制に重要な役割をはたしている。一方、近年の脳機能画像研究によれば、ADHDでは右前頭葉の機能低下があることが確認されている。こうした知見をもとに、ArnstenはADHD患者では不適切な感情・衝動・行動の抑制ができないなどの症状が出るのだと述べる。

船橋(2010)もまた、ADHD児にみられる注意・集中力の低下、衝動性の亢進、落ち着きのなさ、無秩序、計画性のなさなどが前頭連合野の損傷で観察される脱抑制、遂行機能障害に酷似していることや、ADHDではワーキングメモリ障害も観察されていることなどを根拠に、ADHD特

有の行動パターンの背景に前頭連合野の機能変動があることが示唆されるという。

### b. 前頭葉と基底核を重視する立場

石川(2010)は、ADHDの治療に用いられているメチルフェニデートやアトモキセチンなどの薬理学的研究から、前頭皮質における「遂行機能系」と基底核における「報酬強化系」がADHDにおける不注意、多動性、衝動性の3症状と密接に関連していると考えられている、と述べる。メチルフェニデートは前頭皮質(遂行機能回路)のドーパミンとノルアドレナリンを増加させ、線条体と側坐核のドーパミンを増加させることで、遂行機能と報酬強化系の両方に作用する。そのため臨床的にも不注意、多動性、衝動性の3症状を改善させる効果がある。その一方、アトモキセチンは前頭皮質のドーパミンとノルアドレナリンを増加させることで遂行機能を改善させるが、報酬強化系へは作用しないとされる。しかし実際の臨床使用例では、アトモキセチンは不注意のみならず、多動性や衝動性も改善させるとの報告もあり、まだ未解明な部分も多いと石川は指摘する。

鳴原(2010)も、ADHDの病態の背景として「実行機能」と「報酬強化機能」の障害が重要だと述べる。実行機能回路には主に前頭前皮質が関与し、目標の設定・計画・実行・行動の選択などを行うが、この回路の障害により抑制障害や実行機能不全がおこる。報酬回路には島・眼窩前頭皮質・扁桃体がつくる回路と、前頭前皮質・前帯状回・側坐核がつくる回路の両方が関与しており、これらの回路の障害により衝動性や注意障害が生じる、と鳴原はいう。

### c. 前頭葉・基底核・頭頂葉・小脳などを含む広範な脳部位の関与を想定する立場

Cherkasovaら(2009)はADHDを対象としたfMRI研究16報を総括し、これまで前頭葉-線条体系の機能障害がADHDの中核的障害であるという知見が蓄積されてきたが、さらに小脳や頭頂葉の形態・機能異常がADHDの症状形成に関与しているとの報告が増えつつある、と指摘する。具体的には、対照群と比較しADHD群では小脳

虫部や頭頂葉の縮小がみられ、これがプランニング、ワーキングメモリ、注意機能、感情抑制、遂行機能などの機能障害と関係しているとする論文が増えている、という。

## 2. ADHD に対する 認知リハビリテーション

以下、ADHD に対する認知リハについて、その「治療効果」を中心に概観する。

### a. ニューロフィードバック

Neurofeedback (EEG feedback) は、1976年に Lubar らが多動児に対する SMR トレーニングの効果を発表したのが最初とされる。

大村 (2010) はニューロフィードバックに関する総説論文で、以下のように述べている。

ADHD に対する薬物療法の限界が指摘されるなかで、批判はあるものの、この10年ほどで、ニューロフィードバック (NF) の利用が劇的に増加してきた。NF は機器が安価でコンパクトなので手軽に利用しやすい、という利点がある。ADHD のトレーニングパラダイムとしては、Cz からの脳波記録を利用し、 $\theta$  帯域の活動を減少させ  $\beta$  帯域の活動を増やすことを目指す  $\theta/\beta$  トレーニングと、事象関連電位の直流シフトである SCPs (slow cortical potentials) をネガティブ方向にシフトすると皮質の興奮域値が下がることを利用した SCP トレーニングの2つが使われることが多い。一般的には、1セッション45～60分のトレーニングを25～60回実施する。ほとんどの論文が、NF 群は統制群と比べ各種神経心理学的検査での評価スケールが改善し、行動面でも注意、多動、衝動性の改善が認められたと報告している。さらに大村は「その効果がトレーニング終了後6ヵ月を経ても持続しているという点」や「行動レベルからではなく、より本質的な神経回路レベルからの改善が可能なこと」が重要で魅力的だと結んでいる。

Arns ら (2009) は、ADHD に対する NF の効果についてメタ解析を行った結果を報告している。彼らは、ADHD/ADD の診断が適切になされ

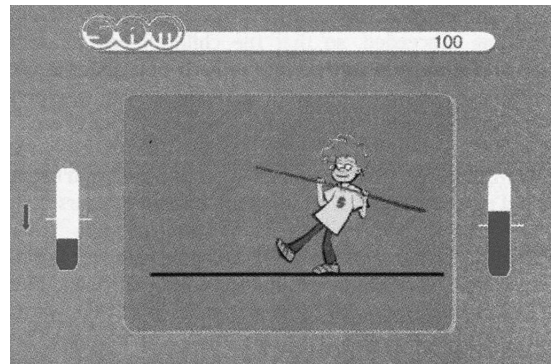


図1  $\theta/\beta$  トレーニング (Gevensleben, 2009)

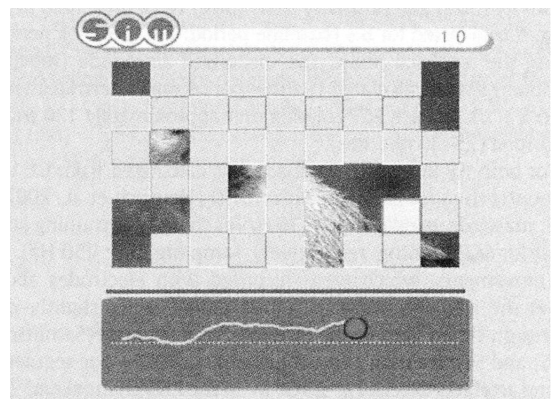


図2 SCP トレーニング (Gevensleben, 2009)

ているか、十分な症例数があるか、NF 実施の前後の効果判定が適切か、査読を経た信頼できる論文であるか、などの選択基準をもとに14論文を選び解析の対象とした。解析の結果、NF の方法としては SMR (sensory motor rhythm) トレーニング (感覚運動野に相当する Cz, C3, C4 から記録される 12-15Hz の脳波を増大させつつ  $\theta$  波を減少させる) と SCP トレーニング (事象関連電位をネガティブ方向にシフトさせる) を用いた研究が多いことがわかった。NF の治療効果に関しては、ADHD の不注意と衝動性には大きな効果量 (ES) があり、多動性には中程度の効果量があることや、 $\theta/\beta$  トレーニング、SMR トレーニング、SCP トレーニングといった NF の方法による効果量の差はないことがわかった、と Arns らは記している。

NF は、実際には図1、図2のように、コンビ



ュータゲームの感覚で子どもが楽しんで行えるように工夫されている。図1はロープの上を少年が歩くゲームだが、じつは $\theta/\beta$ トレーニングになっている。頭皮上の電極から導出した脳波の $\theta$ 波を減少させ、同時に $\beta$ 波を増加させると少年が前進し、右上の獲得ポイントが上がる。図2はSCPトレーニングの例で、水平の点線上にあるボールの位置がSCPを反映している。このボールを上げたり（ネガティブ・トライアル）、下げたり（ポジティブ・トライアル）すると、隠れた動物の姿が見えるようになる。

大村が指摘するように、ADHDを含む発達障害に対して有効な根治的治療法がない現在、比較的、機器も安価なことから、NFの活用は再検討してみる価値はある。日本でも、保険外診療としてニューロフィードバックを提供している子どもクリニックがある。

#### b. 注意機能に対する認知リハビリテーション

O'Connellら(2008)は、ADHDのある成人18名をSAT (Self-Alert Training) 群9名とプラセボ群に9名に分け、さらに健常成人群23名をSAT群11名とプラセボ群12名に分けた。SAT群では、モニター上にランダムに表示される1~9の数字のうち、3が出た場合はマウスボタンを押さず、それ以外はボタンを押すように指示された。ボタンを押す際に「今だ!」と自分で自身に注意すると、それが皮膚電極からの皮膚電気反応(SCR)の波形としてモニター上に写し出されることを体験させ、その作業を続けさせた。プラセボ群では、同じ時間、テレビゲームを実施した。その結果、ADHD群を含む訓練群では自己の覚醒レベルを調整できるようになり、SART (Sustained Attention to Response Task) での持続的注意の得点が上がったが、プラセボ群ではそうした効果は見られなかった。この実験の結果、注意機能訓練であるSATがADHDの持続的注意の改善に有効であることが確認できた、と彼らは述べている。

この論文では、注意機能の改善メカニズムに関する詳しい説明はないが、おそらく「今だ」と声に出すという「運動課題」や、SCRの反応を「視

覚的に提示」したことが「意欲や覚醒水準」の維持・向上に効果があり、さらに「覚醒水準」の向上が「注意機能」を上げた、という改善メカニズムが推測される。ただし、このプログラムでの改善効果を実験終了後も減衰せずに、永続的な回復をもたらしたのかどうかについては、言及されていない。

Jacobsら(2008)は、選択的注意障害の治療に使われているコンピュータ・ソフト「ATTENTIONER」をADDの子どもに実施して、実施前、実施後、訓練終了10~76ヵ月後に選択的注意を測定した。その結果、多くの症例で「ATTENTIONER」により安定した治療効果が得られたという。しかし「ATTENTIONER」の詳しい訓練内容や、その治療改善メカニズムについての記載はない。

Tammら(2010)は、注意の持続・選択・変換・分配を訓練できるコンピュータ・ソフト「Pay Attention!」を用いて、ADHDへの応用が可能かどうかを調べた。ADHDのある学齢期の児童23名が実験に参加し、それぞれが「Pay Attention!」を用いた16回のセッションを行った。その結果、セッション終了後では親と臨床家の評価で、ADHDの症状が軽快し遂行機能が改善した。また神経心理学的検査では、流動的推論(fluid reasoning)や認知の柔軟性、ワーキングメモリの改善が認められたという。しかし、どのようなメカニズムにより標的とした症状や機能が改善したかについての説明はない。

以上3報は、いずれもコンピュータを用いた注意機能の改善プログラムである。まだ試行的段階での研究報告のようだが、こうした改善プログラムの、さらなる研究開発を期待したい。

#### c. 衝動性に対する認知リハビリテーション

Poushanehら(2010)は、DSM-IV-RのADHDの診断基準をみたす小学1年生から正常知能の男女計40名を選び、男女各10名ずつの実験群と対照群を作った。実験群では、1日おきに30分の衝動抑制訓練を計15回実施した。訓練内容はステップ1の、ゆっくり深呼吸をする調息法から、ステップ7の黒板上の並行する白線のあいだに、で

きるだけゆっくりと線を書く、その遅さを競うなどの課題からなる。その結果、実験群では男女とも有意に破壊的行動が減り、学業成績が上がったという。

この論文では、その改善メカニズムについての記載はないが、調息法はヨガや座禅などでも行われる、ゆっくりと深く腹式呼吸をくり返す呼吸法である。調息法により気分の安定や集中力が高まり、座禅での脳波研究では $\alpha$ 波の出現量が増すことが知られている。また、ゆっくりと線を書くという課題は注意の集中力を高め、衝動性のコントロールを高める効果を狙ったものと推測される。

ADHDにおける衝動性は前頭葉-線条体システム、とりわけ右前頭前野と側坐核が関与しており、AtmoxetineやmethylphenidateなどのADHD治療薬はこれらの部位に作用することで衝動性の抑制に一定の効果がある、と考えられている(石川, 2010)。しかし現状では、薬物療法のみで衝動的行動を完全に抑制することは難しい。ADHDにおける衝動性は、しばしば突発的で危険な自傷他害行動をもたらす、患児も集団から排斥されがちとなるなど社会生活を大きく阻害するので、衝動性に対する有効な認知リハの開発と実践は急務といえる。

#### d. ワーキングメモリに対する認知リハビリテーション

1990年代後半からMartinussen,R.やBarkley, R.A.らが、ADHDの症状の背景にワーキングメモリ(WM)の障害があると主張した(Holmesら, 2010)。その後、WMに対する認知リハが有効だとする研究成果が数多く報告されている。

Klingbergら(2005)はDSM-IVのADHDの診断基準をみだし、自閉性障害や反抗挑戦性障害などの合併がなく、薬物療法を受けていない7~10歳の男女53名をランダムに実験群と対照群に分けた。両群とも家庭や学校のパソコンを用いて毎日約40分、CDで配布したCogmed社(米国)製のWM訓練プログラムを3ヵ月間実施した。実験群ではWM訓練プログラムの難易度が段階的に増すが、対照群では難易度は上がらないようにしてある。最低20日以上、訓練プログラムを実施

した完了者は44名で、終了3ヵ月後時点で追跡調査ができたのは42名だった。実験開始時、終了時、終了3ヵ月時点で遂行機能評価と両親によるADHD症状評価が実施された。その結果、実験群では遂行機能評価もADHD症状評価でも終了時に有意な改善がみられ、その改善は終了3ヵ月後も持続した。しかし対照群では、いずれの時点でも改善がみられなかった。

Holmesら(2010)はADHDと診断され中枢刺激剤を服用している8~11歳の男女25名に対し、Cogmed社(米国)によるコンピュータプログラムを用いたWM訓練を20~25回(平均23.7回)実施し、言語性STM(短期記憶)、言語性WM、視空間STM、視空間WMを実験開始前の服用時、非服用時、訓練終了時、訓練終了から6ヵ月後の3時点で測定して比較した。その結果、薬物療法単独よりWM訓練を付加した場合のほうが、より大きな効果量が得られた。また言語性STM、言語性WM、視空間STM、視空間WMの4項目すべてがWM訓練により有意に改善したが、とくに視空間STMの改善が大きかった。視空間STM、言語性WM、視空間WMの改善効果は実験終了から6ヵ月後も持続していた、という。

なお、Cogmed社(米国)は、Klingbergも所属するカロリンスカ大学からの基金をもとに創設された企業で、ワーキングメモリトレーニングによってADHDの注意障害や脳梗塞における認知機能の改善にも効果があると、そのホームページでうたっている。コグメドジャパン(株)という日本法人もあり、トレーニングプログラムの概要は、そのHPでも紹介されている。

#### e. 遂行機能に対する認知リハビリテーション

1990年代後半、Barkley(1997)などにより、ADHDに遂行機能障害があるとの報告が数多くなされた。しかし、それがADHDの一次的障害としてあるのか、注意障害や衝動性などによる二次的障害として生じているのかについては、今なお議論がある。

Scheresら(2004)は、抑制、プランニング、セットシフト、ワーキングメモリ、言語の流暢性など5項目からなる遂行機能検査を、年齢(8~

9歳)とIQをそろえた8名のADHD-I(不注意優勢型)群, 15名のADHD-C(混合型)群, 22名の健常群に実施した。その結果, ADHD群と健常群では, 遂行機能に有意な差を認めなかったと報告している。

Geurtsら(2005)も, 知的レベルが同等の10歳のADHD-C, ADHD-I, 健常群, 各16名について, ロンドン塔課題, WCSTなど7つの遂行機能検査と, ベントン視覚記銘検査やCorsi Block Tapping Testなど4つの神経心理学的検査を行った。その結果, 自閉症やトウレット症候群, 行為障害の合併例を除外すると, Barkleyらが主張する遂行機能障害はADHDには認められなかったと述べている。

今回, ADHDの遂行機能障害に対する認知リハを扱った論文を探し出すことはできなかった。著者自身は, 薬物治療が奏功して不注意や衝動性が改善されると, 一見, 遂行機能障害と思われていた行動が消失する事実を日常臨床のなかで数多く経験しているため, ADHDに遂行機能障害は認めないとするScheresやGeurtsの意見に納得できる。

### おわりに

本稿では, ADHDに対する認知リハの「治療効果」を中心に, これまでの研究報告をレビューした。ADHDに対する認知リハは, まだ広くは実践されていないが, 注意機能, 衝動性, ワーキングメモリの改善に効果がある, という研究報告がみられた。

Best(2010)は, エアロビクス運動が遂行機能の向上に有効であったと述べている。身体をつかうスポーツや遊びの中には, 多様な高次脳機能を必要とするものがあるので, うまく活用すればADHDに対する改善効果が期待できるかもしれない。

臨床の場では, 薬物療法も併用しつつ, 家庭でできる, 子どもが楽しんでやれる認知リハの開発・実践と, その改善効果の客観的評価の蓄積が求められる。その際, 通院による「訓練」という形ではなく, 家庭で楽しんで取り組める「ゲーム」といった感覚の認知リハであるほうが, より継続

的に負担なくできて望ましい。具体的には, まずは数多く市販されている脳トレ教材の一部や, 橋本圭二らが開発し(株)レディックスが発売しているパソコン版「子ども脳機能 balancer」なども楽しく使えるのではないかと考え, すでに保護者と本人の同意のもとに試行をはじめている。いずれ, その結果を, 本誌に発表できればと考えている。

### 文 献

- 1) アメリカ精神医学会(APA): DSM-IV-TR 精神疾患の診断・統計マニュアル(高橋三郎, 染矢俊幸, 大野 裕, 訳). 医学書院, 東京, 2004, pp.96-104.
- 2) Arns, M., Ridder, S., Strehl, S., et al.: Efficacy of Neurofeedback Treatment in ADHD: the Effects on Inattention, Impulsivity and hyperactivity: a Meta-Analysis. *Clinical EEG and Neuroscience*, 40(3): 180-189, 2009.
- 3) Arnsten, A.F.: Toward a New Understanding of Attention-Deficit Hyperactivity Disorder Pathophysiology: An Important Role for Prefrontal Cortex Dysfunction. *CNS Drugs*, 23 (Suppl. 1): 33-41, 2009.
- 4) Barkley, R.A.: Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unitary theory of ADHD. *Psychol Bull*, 121: 65-94, 1997.
- 5) Best, J.R.: Effect of psychical activity on children's executive function: contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review*, 30: 331-351, 2010.
- 6) Cherkasova, M.V., Hechtman, L.: Neuroimaging in Attention-Deficit Hyperactivity Disorder: Beyond the frontostriatal circularity. *Can J Psychiatry*, 54(10): 651-664, 2009.
- 7) 船橋新太郎: 刺激的な世界—注意欠陥/多動性障害と前頭葉機能. 発達と脳—コミュニケーション・スキルの獲得過程(岩田 誠, 河村 満, 編). 医学書院, 東京, 2010, pp.167-182.
- 8) Gevensleben, H., Holl, B., Albrecht, B., et al.: Distinct EEG effects related to neurofeedback training in children with ADHD: A randomized control trial. *International Journal of Psychophysiology*, 74: 149-157, 2009.

- 9) Geurts, H.M., Verte, S., Oosterlaan, J., et al. : ADHD subtypes : do they differ in their executive functioning profile? *Archives of Clinical Neuropsychology*, 20 : 457-477, 2005.
- 10) Holmes, J., Gathercole, S.E., Place, M., et al. : Working memory deficits can be overcome : Impacts of training and medication on working memory in children with ADHD. *App Cognit Psychol*, 24 : 817-836, 2010.
- 11) 石川 元 : コンサータとストラテラ—ADHD をめぐる2007年からの新治療. 現代のエスプリ「ADHD薬物療法の新時代」, ぎょうせい, 東京, 2010, pp.5-31.
- 12) Jacobs, C., Peterman, F. : Attention therapy for children : long-term effects of the Attentioner. *Z Kinder Jugendpsychiatr Psychother*, 36 (6) : 411-417, 2008.
- 13) Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P., et al. : Computerized training of working memory in children with ADHD—A randomized, controlled trial. *J Am Ac Child Adolesc Psychiatry*, 44 (2) : 177-186, 2005.
- 14) O'Connell, R.G., Bellgrove, M.A., Dockree, P.M., et al. : Self-Alert Training : Volitional modulation of autonomic arousal improves sustained attention. *Neuropsychologia*, 46 : 1379-1390, 2008.
- 15) 大村一史 : 教育分野におけるニューロフィードバックの可能性. *山形大学紀要(教育科学)*, 15 (1) : 67-84, 2010.
- 16) Poushaneh, K., Bonab, B.G., Namin, F.H., et al. : Effect of impulse control on increased attention of children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 5 : 983-987, 2010.
- 17) Scheres, A., Oosterlaan, J., Geurts, H., et al. : Executive functions in boys with ADHD : primary an inhibition deficit? *Archives of Clinical Neuropsychology*, 19 : 569-594, 2004.
- 18) 鳴原良仁 : コンサータの関与が示唆される脳部位の解剖学/生理学. 現代のエスプリ「ADHD薬物療法の新時代」, ぎょうせい, 東京, 2010, pp.96-105.
- 19) Tamm, L., Hughes, C., Ames, L., et al. : Attention training for school-aged children with ADHD : results of an open trial. *J Atten Disord*, 14 (1) : 86-94, 2010.