

## 幼児期の全身運動が前頭前野を活性化し Go/No-go課題に与える影響について

The effect of gymnastic exercises support activate frontal lobe  
function and improve Go/No-go task during infancy

柳 澤 秋 孝  
Akitaka YANAGISAWA  
柳 澤 弘 樹  
Hiroki YANAGISAWA

### Abstract

近年、うつ病に代表される精神疾患や児童の自閉症などの問題が急増している (Lee and Ousley, 2006)。それらの問題解決のために運動が有用であり、その効果に期待が寄せられている。成長が著しい幼児期から児童期の子どもに運動が有効であることが知られている (勅使, 1999)。我々は独自の運動プログラムを子どもたちに実施したところ、運動を実施した子ども達は前頭機能を測定する Go/No-go 課題テストで高い成績を収めることを確認した。そして、この効果はプログラム終了後も継続することが確認されていることから (柳澤弘樹 et al, 2005)、幼児期における運動プログラムが子どもの前頭機能に何らかの影響を及ぼしている可能性が高い。今回の調査では、幼児期の運動プログラムによる動機付けが子どもの前頭機能と生活に及ぼす効果を検証した。幼児期に運動プログラムを行なう効果を検証するために幼稚園児と小学校の児童 218 名と、運動プログラムを実施しないコントロール群において Go/No-go 課題と生活調査を行った。

運動プログラムによる動機付けを行った結果、幼稚園の Go/No-go 課題の間違い数は運動支援群の方がコントロール群よりも少ない傾向にあった。また、幼稚園の生活調査では、注意因子と抑制因子において運動支援群の成績が有意に高い得点を示した。今回の結果より幼稚園の園児に対して運動は前頭機能と生活にポジティブな効果を及ぼすことから運動の重要性が示唆された。

キーワード：幼児期・全身運動・前頭機能・Go/No-go 課題

### Introduction

21 世紀の日本社会は、超高齢化の進行、うつ病に代表される精神疾患患者の増加、児童の低体力・低学力化など数多くの問題を抱えている。このような社会の中で QOL (Quality Of Life) の高い生活を営むためには、身体だけでなく脳の健康を高く維持することが望ましい。近年、脳の健康を高める手法として運動が注目されている。運動の効果として、抗不安効果 (Raglin and Morgan, 1982)、抗うつ効果 (Martinsen, 1990) などが報告されており、これらは日常的な運動が有用であることを示すとともに、脳機能に与える影響について研究することの意義を示すものである。

しかし、子どもの日常的な運動量は減少しており、遊びの形態変化はこの 20～30 年で動的な屋外遊びから静的な屋内遊びに激変していることは周知である。しかし、成長期の子どもにとって運

動による身体刺激は不可欠であり、生活リズムを整えるためにも運動量の確保は必要である（前橋、2001）。脳機能を評価する指標の一つに脳血流動態を測定する方法がある（Ito et al, 2000）。この方法を用いて遊びの種類別に見ると、テレビゲームでは開始後しばらくすると低下して活性が有意に低くなるが（Goh and Kazuo, 2005）、仲間とのコミュニケーションを必要とする遊びでは多領域において高い活性が維持されることを確認している。脳機能は神経の興奮と抑制によって調節されており、興奮過程が備わった後、抑制機能が備わるとされている。しかし、近年では子どもの興奮過程が遅れてきていることから脳機能の発達の遅れなどが報告されている（寺沢、2001）。全身運動を積極的に取り入れている園の子どもの前頭機能をGo/No-go課題により測定したところ、抑制機能が非実施群の子どもより高い結果が得られている（柳澤秋孝 et al, 2001）。以上のことより、仲間との運動遊びの重要性が示唆されるが、子どもが積極的に運動を行うためには、運動に興味を持ち自発的に行うようであればならない。大学生を対象にした運動に関するアンケート調査によると「運動嫌いである」と答えた学生の大多数が幼児期から小学校低学年で運動に対して苦手意識を抱き、運動が嫌いになったと答えている（柳澤秋孝、2003）。現代の生活環境の中で昔のように子ども達だけで自由に外遊びをすることは難しいかもしれない。しかし、体験を通して学び失敗を繰り返して次なる課題を見つけ向上していくことを考えると、運動遊びは子どもにとって大変重要な体験、学習の場であるといえる。

幼児期の身体発達と技術レベルの差は大きいと、指導者は適切な運動支援と課題を提供しなければ子どもの興味を引くことが出来ない。そのため、段階を追った指導で全ての子どもに達成感を与える指導をすることが重要である。日常的な運動遊びが前頭機能や生活態度に好影響を及ぼすことから、楽しい運動経験をすることでも同様の効果が得られる可能性は高い。この仮説を検証すべく、幼児期から児童期の子どもに3回の介入により運動プログラムによる動機付けをした場合の効果を学年別に検証した。

## Materials and method

### Subjects

同一市内の2箇所の保育園園児（3歳～5歳）80名と2箇所の小学生児童（6歳～8歳）138名の計218名を対象とした。運動支援群は一方の保育園園児42名、小学校児童62名の計104名とした。コントロール群は保育園園児38名、小学校児童76名の計114名である。

本実験は事前に教師と保護者に研究の目的、概要、方法、期間について説明を行った。また、プライバシーの守秘と研究結果の開示要求があった際には速やかに公表することを伝え許可を得た後、教育委員会と学校責任者の監視のもとに行なわれた。担任教師によるアンケート調査は無記名で行い番号によりGo/No-go課題の成績と対応させ、被験者の特定が出来ないよう配慮した。

### Interference

運動支援群には2005年5月、8月、11月に3回の運動支援を実施した。運動指導の内容は、支持力、跳躍力、懸垂力を使った運動遊びで子どもが運動に興味を持ち、自発的に運動に取り組める内容になっている。支持力は足と腕を使ってクマ歩きや片足クマ歩きなどで上肢の力を使い体を腕で支持する運動である。跳躍力は足をそろえてジャンプすることと、連続でジャンプをする点に特徴があり縄跳びを跳ぶための動きを習得する。懸垂力は腕で体を支持もしくは引き寄せることと逆さ感覚を身に付ける。運動支援群は支持力、跳躍力、懸垂力を総合的に取り入れた1時

間の運動を計3回行い、日常の運動は年間のカリキュラムに沿って行った。コントロール群の児童は担任教師による日常的な運動遊びを行っただけで、運動支援群と同様のカリキュラム通りであった。

### Data acquisition and data analysis

前頭前野の機能テストである Go/No-go 課題とアンケート調査を実施した。Go/No-go 課題は PC からランダムに表示されるランプを見て、ゴム球を握る実験で反応時間と間違い数（握り忘れ、握り間違い）を測定する（Terasawa et al, 2000）。Go/No-go 課題は形成実験、分化実験、逆転分化実験で構成されており興奮と抑制を測定する実験課題で、Terasawa と同様のプロトコルにて行った。形成実験は赤いランプのみ点灯するので赤色でゴム球を握る。分化実験は赤色と黄色のランプが点灯するので赤色の時だけゴム球を握る。逆転分化実験は赤色と黄色のランプが点灯するので、黄色の時だけゴム球を握る。分化実験は形成実験に引き続き赤色を握るので黄色で握らないという抑制だけが必要となるが、逆転分化実験は赤で握る、黄色は握らないという課題を逆にすることで、こちらの課題に対して迅速に対応出来るか評価するものである。それぞれの課題のランプ点灯回数は形成実験は赤色 5 回、分化実験と逆転分化実験はそれぞれ赤色 11 回、黄色 11 回である。各被験者の机上にはランプ点灯装置とゴム球のみを置き、周囲を不透明な板で仕切り、実験の説明は同一験者が行い説明はマニュアルに沿って行なった。ランプの点灯間隔と表示時間は全ての児童に対し一定にして、反応は PC にてデジタル記憶した。Go/No-go 課題テストは 2005 年 5 月と 2006 年 2 月に実施した。

生活調査には、アメリカ精神医学会が作成した注意欠陥・多動性障害診断基準（DSM-IV）を参考に、注意因子から 9 問、抑制因子から 11 問を採択した。また、平野ら（2003）が作成した子ども生きる力評定項目（IKR）から、積極性、交友・協調、適応行動、自己規制、思いやりの指標から 10 問を採択して、DSM-IV と IKR から作成した 30 問のアンケートを用いた。回答は保育園または小学校の担任教師に依頼して生活調査を 5 段階評価で回答してもらい、実施期日は 2005 年 5 月と 2006 年 2 月であった。

Go/No-go 課題の成績は、2005 年と 2006 年を比較して握らなければいけないときに握り忘れる“握り忘れ”と、握ってはいけないときに握ってしまう“握り間違い”の正解数の変化で評価した。Go/No-go 課題テストとアンケート調査の統計処理には統計解析ソフト SPSS（Windows 版）によって paired-T test、相関関係はピアソンの相関係数を用いた。なお、有意確率（P 値：provability）は 0.05 未満とした。

### Result

2005 年 vs. 2006 年に実施した生活調査と Go/No-go 課題テストの結果を比較した。生活調査は注意因子、抑制因子、生きる力因子ごとに比較した。その結果、幼稚園では注意因子と抑制因子において運動支援群の得点がコントロール群と比較して有意に増加していた（注意因子：7.97 ± 0.90 vs. 0.15 ± 4.61、Probability <0.05; 抑制因子：7.18 ± 0.97 vs. 0.71 ± 5.14、P<0.05; 生きる力：7.64 ± 1.19 vs. 3.37 ± 6.17, no significant）。(Fig. 1)

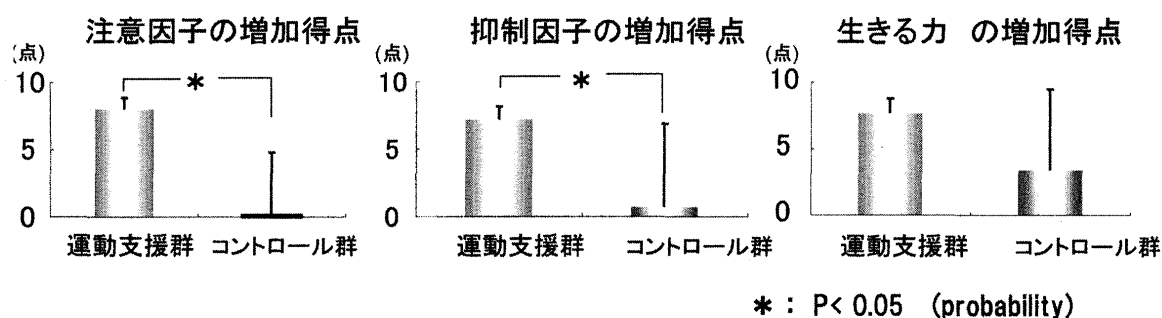


Fig. 1 幼稚園における生活調査得点

一方、小学校ではコントロール群において抑制因子の得点が有意に増加して、注意因子と生きる力、においては両群の間で統計的な差は無かった（注意因子： $1.64 \pm 4.44$  vs.  $2.63 \pm 0.58$ , no significant; 抑制因子： $0.22 \pm 8.01$ ,  $4.83 \pm 1.00$ ,  $P < 0.01$ ; 生きる力  $1.19 \pm 4.55$  vs.  $3.35 \pm 0.97$ , no significant）。(Fig. 2)

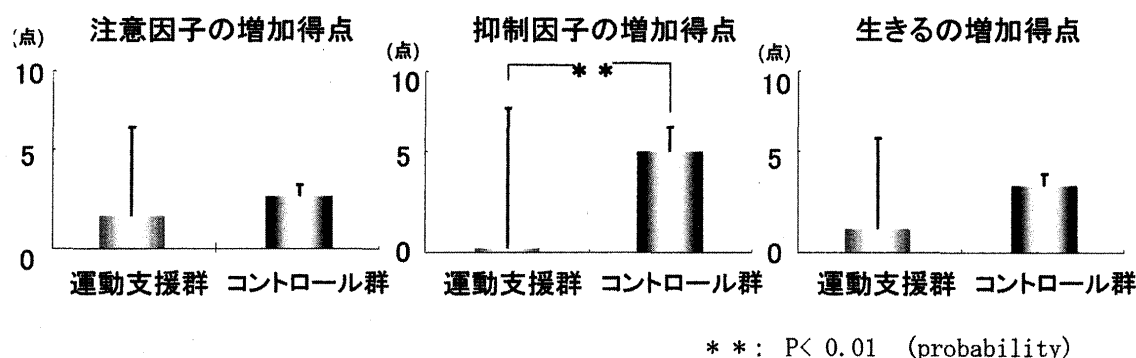


Fig. 2 小学校における生活調査得点

Go/No-go 課題テストは握ってはいけない色のときに握ってしまう“握り間違い”と握らなければいけないときに握り忘れる“握り忘れ”のそれぞれの変化を2005年 vs. 2006年で比較して正解数の変化で評価した。幼稚園、小学校とも前年と比較してGo/No-go課題の間違い数は減少していた。幼稚園における分化実験、逆転分化実験の握り忘れ（分化実験： $1.06 \pm 1.89$  vs.  $0.73 \pm 2.52$ , no significant; 逆転分化実験： $0.97 \pm 2.08$  vs.  $0.48 \pm 2.02$ , no significant）と握り間違い（分化実験： $0.90 \pm 2.12$  vs.  $0.65 \pm 1.50$ , no significant; 逆転分化実験： $0.47 \pm 2.02$  vs.  $0.45 \pm 1.35$ , no significant）に有意な差は確認されなかったが、運動支援群の間違い数は少ない傾向にあった。(Fig. 3, 4)

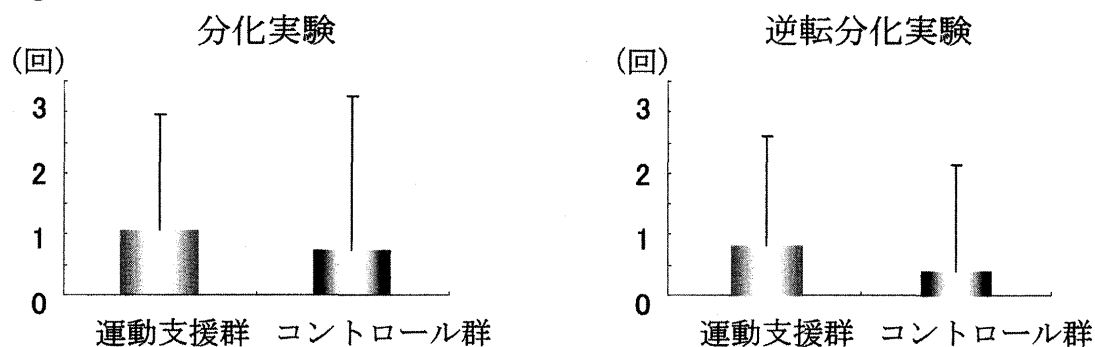


Fig. 3 幼稚園のGo/No-go課題における“握り忘れ”の正解数の変化

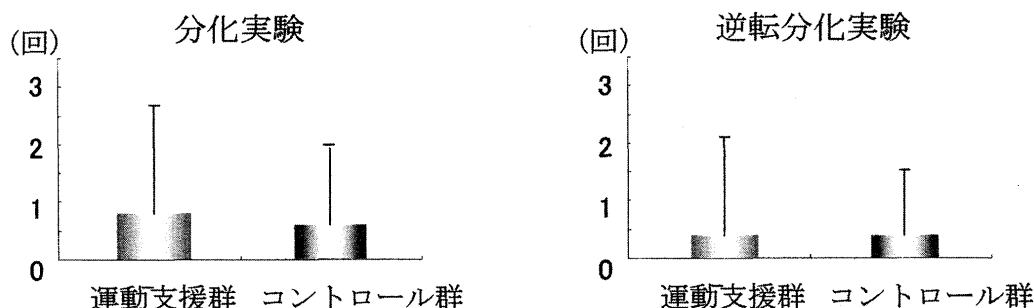


Fig. 4 幼稚園のGo/No-go課題における“握り間違い”の正解数の変化

小学校では、分化実験、逆転分化実験の握り忘れ（分化実験： $0.25 \pm 1.00$  vs.  $0.36 \pm 1.05$ , no significant; 逆転分化実験： $0.43 \pm 1.35$  vs.  $0.08 \pm 1.14$ , no significant）と、握り間違い（分化実験： $-0.25 \pm 2.06$  vs.  $0.10 \pm 1.84$ , no significant; 逆転分化実験： $0.40 \pm 2.13$  vs.  $0.43 \pm 1.77$ , no significant）に有意差は無かったが、分化実験の握り忘れ、握り間違いと逆転分化実験の握り忘れにおいてコントロール群の得点が高い傾向にあった。（Fig. 5, 6）これは、コントロール群のほうが前頭機能が高いことを示唆する結果であった。

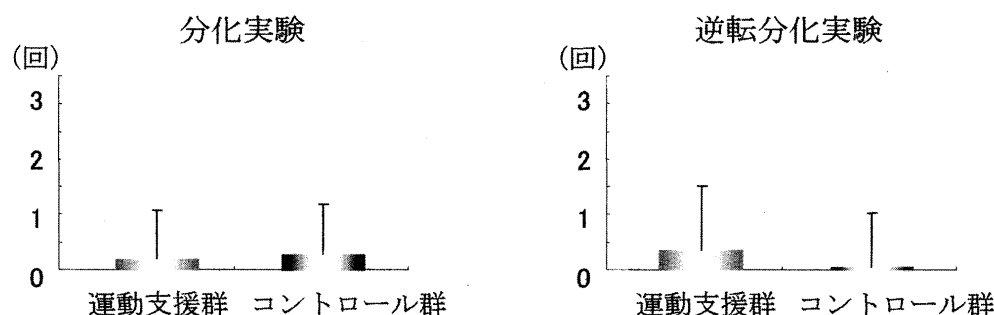


Fig. 5 小学校のGo/No-go課題における“握り忘れ”の正解数の変化

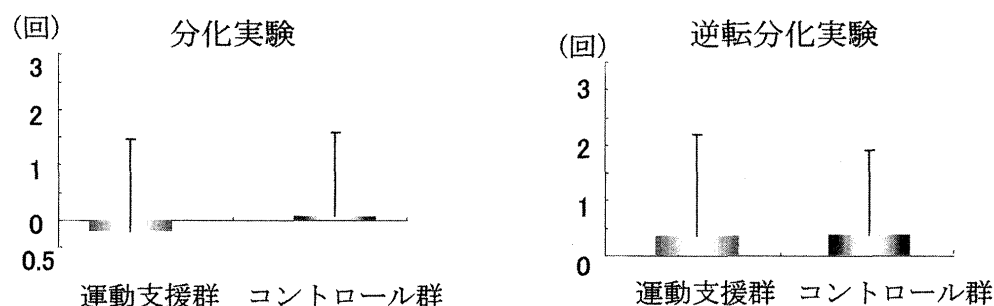


Fig. 6 小学校のGo/No-go課題における“握り間違い”の正解数の変化

生活調査と Go/No-go 課題の間違い数の増加について相関をとったところ、幼稚園の運動支援群で注意因子と分化実験握り忘れ ( $r=0.41$ ,  $P<0.01$ )、逆転分化実験の握り間違い ( $r=0.40$ ,  $P<0.01$ )、抑制因子と分化実験握り忘れ ( $r=-0.54$ ,  $P<0.01$ ) において負の相関関係が確認された。また、生きる力と分化実験握り忘れ ( $r=0.39$ ,  $P<0.01$ ) 正の相関関係を示した。幼稚園のコントロール群においては、有意な相関を示すものは無かった。一方、小学校の運動支援群では、注意因子と逆転分化実験の握り間違い ( $r=0.30$ ,  $P<0.01$ )、抑制因子と逆転分化実験の握り忘れ ( $r=0.40$ ,  $P<0.01$ )、コントロール群では、抑制因子と逆転分化実験の握り間違い ( $r=0.30$ ,  $P<0.01$ ) において正の相関関係が確認された。（table. 1）

		幼稚園				小学校			
		運動群		コントロール群		運動群		コントロール群	
		相関係数	P値	r	P値	r	P値	r	P値
分化実験	握り忘れ vs. 注意因子	-0.41	**	-0.14	n.s	-0.21	n.s	-0.15	n.s
	握り間違い vs. 注意因子	0.02	n.s	0.00	n.s	0.12	n.s	-0.06	n.s
	握り忘れ vs. 抑制因子	-0.54	**	-0.26	n.s	0.13	n.s	-0.21	n.s
	握り間違い vs. 抑制因子	0.00	n.s	-0.01	n.s	0.25	n.s	0.12	n.s
	握り忘れ vs. 生きる力因子	0.39	**	-0.08	n.s	-0.04	n.s	0.20	n.s
	握り間違い vs. 生きる力因子	0.20	n.s	0.12	n.s	-0.23	n.s	0.02	n.s
逆転分化実験	握り忘れ vs. 注意因子	0.15	n.s	0.36	n.s	-0.07	n.s	-0.09	n.s
	握り間違い vs. 注意因子	-0.40	**	0.00	n.s	0.30	**	0.10	n.s
	握り忘れ vs. 抑制因子	-0.01	n.s	0.33	n.s	0.40	**	-0.07	n.s
	握り間違い vs. 抑制因子	-0.19	n.s	-0.09	n.s	0.11	n.s	0.30	**
	握り忘れ vs. 生きる力因子	-0.02	n.s	-0.13	n.s	-0.27	n.s	0.16	n.s
	握り間違い vs. 生きる力因子	0.20	n.s	0.02	n.s	-0.09	n.s	-0.12	n.s

\*\*：P<0.01    P値: probability    r: 相関係数

Table. 1 Go/No-go課題の“間違い数の増加”と生活調査アンケートの相関

## Conclusion

今回の実験は運動支援の介入が子どもに及ぼす影響を調べるため、運動支援群に3回の運動指導を実施した。内容は、支持力、跳躍力、懸垂力を使った運動遊びで子どもが運動に興味を持ち、自発的に運動に取り組めるもので、幼児期の子どもに行なう効果をGo/No-go課題と生活調査から評価した。

幼稚園の担任教師による生活調査アンケートの結果では、注意因子、抑制因子、生きる力、の全てにおいて運動支援群の得点が高い結果となった。運動時は交感神経の亢進によって筋肉や脳の興奮が高まることが知られている（本郷 et al, 2005）。集団での運動時には話を聞く、順番を待つことが必要となるので、運動が直接前頭機能に影響を与えたのか運動環境のどちらが子どもに影響を与えているのかは分からない。しかし、これらの双方が子どもの注意や集中力、生活に何らかの影響を与えている可能性は高い。一方、小学校では抑制因子が運動支援群よりもコントロール群のほうが有意に高い得点となった。

また、幼稚園と小学校のGo/No-go課題で有意な差は確認されなかった。しかし、幼稚園で運動支援を行った子どもはGo課題、No-go課題がコントロール群より正解数が多い傾向にあった。統計的な差は無かったが運動支援が注意、集中に何らかの影響を与えている可能性が示唆される。一方、小学校においては運動支援群とコントロール群において差は無かった。

次に、幼稚園の運動支援群におけるアンケート調査とGo/No-go課題の間違い数の相関関係は、運動支援群でのみ負の相関関係が確認された。この結果から、前頭前野の機能測定テストであるGo/No-go課題間違い数は日常生活態度と関係しており、抑制能力を反映する握り間違い数が少ない子どもは日常生活においても抑制能力が高いことが示唆される。

以上の結果から、幼児期に運動支援を行なうことでGo/No-go課題と生活調査においてポジティブな関係が与えられることが確認された。これは、幼児期という就学前の早い時期から運動支援を行なうことが子どものGo/No-go課題テストの間違い数を減少させ、生活調査の得点を増加させると示唆される。よって、今回の実験結果は幼児期の運動の必要性を示唆する結果となった。

今回の実験により、運動支援が子どもの前頭前野に影響を及ぼしている可能性は高いといえる。日常生活の中で子どもは様々な刺激を受けて生活しているため、運動支援の効果だけを捉えることは難しい。しかし、今回の結果だけを考慮すると、運動支援をする時期は幼稚園の時期がより効果的であり、小学校の時期では効果が小さいと考えることもできる。3回の運動支援でそこまで推察することは出来ないが、少なくともGo/No-go課題と生活調査の結果から運動の動機付けは子どもにポジティブな影響を与えていると示唆される。これらの因果関係については更なる研

究が必要となるが、児童の低体力化や諸問題を考慮すると幼児期の運動支援は早急に取り組むべき活動である。

## 謝 辞

今回の研究は長野県阿智村教育委員会が、文部科学省の総合型地域スポーツクラブ育成事業の指定を受けスポーツ振興の一環として実施された。全面的な支援・協力に対し阿智村教育委員会関係者に感謝の意を表したい。

## Reference

- **Goh Matsuda and Kazuo Hiraki.** Sustained decrease in oxygenated hemoglobin during video games in the dorsal prefrontal cortex: A NIRS study of children. 2005 article in press.
- **Lee DO, Ousley OY.** Attention-deficit hyperactivity disorder symptoms in a clinic sample of children and adolescents with pervasive developmental disorders. *J Child Adolesc Psychopharmacol.* 2006 Dec;16(6):737-46.
- **Ito Y, Kennan R P, Watanabe E, Koizumi H.** Assessment of heating effects in skin during continuous wave near infrared spectroscopy. *J. Biomed.* 5, 383-390, 2000.
- **Martinsen EW.** Benefits of exercise for the treatment of depression. *Sports Med.* 1990 Jun;9(6):380-9.
- **Matsuda G, and Hiraki K.** Sustained decrease in oxygenated hemoglobin during video games in the dorsal prefrontal cortex: A NIRS study of children. *NeuroImage*, 2005.
- 勅使千鶴. 子どもの発達とあそびの指導. ひとなる書房.
- 寺沢宏次. 子どもの「脳」に生きる力を. オフィスエム, 2001.
- **Terasawa K, Saijo O, Yanagisawa A, Shinohara K, Nemoto K, Masaki T.** GO/NO-GO experiment to study cerebral development patterns in Japanese and Chinese children. *Nagano Journal of Physical Education and Sports* 11: 1-7, 2000.
- 本郷利憲, 豊田順一: 標準生理学 第六版. 医学書院. 2005.
- 平野吉直, 関根章文, 橘直隆: 長期自然体験活動が子どもの「生きる力」に及ぼす効果、青少年の自然体験活動の評価に関する調査研究会 2003.
- **Martinsen EW.** Benefits of exercise for the treatment of depression. *Sports Med* 9: 380-389, 1990.
- 前橋明. 子どもの心とからだの異変とその対策について, 幼少児健康教育研究 10(1).
- 柳澤弘樹, 柳澤秋孝, 寺沢宏次, 篠原菊紀. 運動プログラム実施園における追跡調査. *文理シナジー* 10: 44-49, 2005.
- 柳澤秋孝. 脳科学と子どもと社会. 教育情報 EXPRESS 7号: 4-8, 2003.
- 柳澤秋孝, 寺沢宏次, 篠原菊紀, 根元賢一: 保育援助における運動が幼児の脳活動に及ぼす効果の検討、児童の心と体 学術調査, 3.21 2001.
- **Raglin JS, and Morgan WP.** Influence of exercise and quiet rest on state anxiety and blood pressure. *Med Sci Sports Exerc* 19: 456-463, 1987.