

ニューロフィードバック法の適用に関する基礎的検討

——言語報告における自己制御感の変容を中心に——

篠田 晴 男^{*1}・石井 正 博^{*2}・鈴木 浩 太^{*3}
丸 田 留 美^{*4}・田 村 英 恵^{*5}

Preliminary Study on Neuro-feedback in Healthy Individuals: Change in Self-Regulation through Verbal Reports

SHINODA Haruo, ISHII Masahiro, SUZUKI Kota,
MARUTA Rumi and TAMURA Hanae

Abstract

Recent findings, which used sophisticated techniques and randomized design among a large sample size, have shown the effectiveness of neurofeedback (NFB) training in attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). Previously, few findings referred to the process of change in subjective experience. This study examines the effect of NFB training in subjective modification using qualitative analysis and in functional change using neurophysiological indexes. Eight training sessions were conducted on a sample of 16 adult subjects, randomly divided into two groups (beta training and sensory motor rhythm (SMR) training). The ADHD symptom score remained unchanged after the training sessions. The beta/theta ratio increased because of repetition in training. Moreover, we found the occurrence of the feeling on strategy, self-regulation, and positive impression through the analysis of text mining for verbal reports. These findings suggest that the short successive beta NFB training induced subjective controllability accompanied with physiological change on the function of attention by acquired skills for healthy individuals.

[Keywords] neuro feedback training, self control, subjective modification, qualitative analysis, ERP

問題と目的

近年、ニューロフィードバック (neurofeedback: NFB) 法により、特定の脳活動のパターンを獲得し、コントロールする能力を高めることで、さまざまな身体疾患や発達障害・精神障害における問題を軽減しようとの報告が増加しており、その検証も精度の高い研究デザインで進められつつある (渡邊・篠田, 2011)。また、フィードバックされる生体信号も、脳波や事象関連電位 (event related potential: ERP) に加え、機能的核磁気共鳴画像 (functional magnetic resonance imaging: fMRI) 計測などで得られる特定の脳領域からの生体信号を用いたものまであり、認知神経科学の進歩が、2000年以降の研究報告数の増加に寄与している。

実際、2006年以降、精神障害者に対する NFB 法の研究は、てんかんや薬物依存に加え、パーキンソン病、不眠症、うつ病、パーソナリティ障害、統合失調症など、その適用はより広汎なものとなっている。例えば、Surmeli & Ertem (2009) は、多チャンネル脳波から脳内特定領域の信号強度を推定する low resolution brain electromagnetic tomography (LORETA) 法を用いた NFB 法も含めて、反社会性人格障害者に適用し、従前から用いられてきた定量的脳波尺度

* 1 立正大学心理学部教授

* 2 立正大学大学院心理学研究科臨床心理学専攻

* 3 国立精神・神経医療研究センター精神保健研究所

* 4 我孫子市子ども発達センター

* 5 立正大学心理学部講師

(qEEG)、ミネソタ多面的人格目録性格検査 (Minnesota multiphasic personality inventory, MMPI)、T.O.V.A (Test of variables of attention) などの心理・行動指標の得点、さらに家族による主観的評価に改善がみられたことを報告している。また、Ruiz, Lee, Soekadar, Caria, Veit, Kircher, Birbaumer, & Sitaram (2011) は、統合失調症患者に対し fMRI 信号の強度を用いた NFB 法を実施し、島皮質前部が活性化し、自己制御や、嫌悪・幸福等の表情認知の改善に寄与したことを報告している。

発達障害児・者に対する NFB 法の適用では、注意欠如多動性障害 (attention deficit-hyperactivity disorder: ADHD) をはじめ、自閉症スペクトラム障害 (autistic spectrum disorder: ASD) への適用例も報告されてきている。ADHD においては、すでに2000年以前の報告も多数あり、主に脳波を利用した、 β トレーニングや sensory motor rhythm (SMR) トレーニングなどが実施されている。ADHD 児・者では、注意課題の遂行時に、健常児・者に比べて θ 帯域成分の増大、 β 帯域成分の減少が認められることがあり、 θ/β トレーニングと称し、注意機能の改善を意図して、 θ 帯域成分を減弱させ、 β 帯域成分を増大させることが試みられてきた (Gevensleben, Holl, Albrecht, Vogel, Schlamp, Kratz, Studer, Rothenberger, Moll, & Heinrich, 2009a)。SMR 帯域の周波数は、適度に緊張が緩和された状態の時に明瞭に観察され、このような場合には自由に運動を制御することが可能となるため、衝動性を減弱させることを目的に、その適用が試みられてきた (Egner & Gruzelier, 2004; Lubar, Swartwood, Swartwood, & O'Donnell, 1995)。加えて、運動に関連した事象関連電位成分を利用した SCP トレーニングも、衝動性を抑制する効果が期待され用いられてきた (Wangler, Gevensleben, Albrecht, Studer, Rothenberger, Moll, & Heinrich, 2011)。

ADHD 児を対象とした研究については、その検証も積極的に進められている。例えば、Gevensleben, Holl, Albrecht, Schlamp, Kratz, Studer, Rothenberger, Moll, & Heinrich (2009b) では、8～12歳の ADHD 児102名を NFB 群 (θ/β トレーニング・SCP トレーニング) もしくは統制群 (attention skill training: AST) にランダムに割り当てた実験統制を行い、いずれにおいても、親・教師の行動評価における改善がみられたことを報告した。さらに、Gevensleben, Holl, Albrecht, Schlamp, Kratz, Studer, Rothenberger, Moll, & Heinrich (2010) では、6 カ月後のフォローアップ時において、親の行動評価が、NFB 群は AST 群よりも顕著で、かつその効果が維持されていたことを報告している。Wangler et al. (2011) では、SCP トレーニングにおいて随伴性陰性緩電位変動 (contingent negative variation: CNV) の増大が、ADHD 症状の改善と関連するといった、神経生理的な対件についても検証している。

以上のように、NFB 法は種々の身体疾患や精神障害・発達障害に適応され、その効果が明らかにされてきた。効果の検証においても、ADHD 児を対象に比較的規模の大きく、ランダム化された研究デザインで、より精度の高い検討がなされつつある。その一方で、効果の主観的な側面については、ほとんど言及されてはいない。実際の臨床適用という点では、訓練を進める上で、獲得された自己制御感の変容過程を理解し、より適切に動機づけられた状況を支持するかわりが必要となろう。

今回、NFB 法の適用における訓練効果の検討を、心理・行動指標、および神経生理的指標から検討することと併せて、自己制御感にかかわる主観的変容を内省報告から検討することとした。これまでのところ、ADHD 児・者に対して効果のあった NFB 法は、健常成人においても同様に効果のあることが確認されている (例えば、Rasey, Lubar, McIntyre, Zoffuto, & Abbott, 1995; Egnerら, 2004など)。そこで本研究では、一定程度的内省報告が可能と想定される成人を対象に、代表的な NFB 法である β トレーニング (β 群) および SMR トレーニング (SMR 群) を実施し、トレーニングに伴う学習の様相を心理・行動指標と生理指標から検討するとともに、内省報告の質的分析から、その主観的な変容の手がかりについても検討した。なお今回は、協力者の確保が難しく、独立に統制群として、AST トレーニング条件等を設定できなかった。

方 法

実験協力者

実験では、20歳から35歳までの健常成人16名を対象とした (男性6名、女性10名)。協力者は β 群 (男性3名、女性5名) と SMR 群 (男性3名、女性5名) のいずれかの群に割り当てられた。なお、いずれの協力者においても、事前に趣旨を説明の上、書面にて同意を得た。また、本研究は立正大学心理学研究科研究倫理委員会の承認のもと実施された。

訓練手続き

訓練開始・終了時点で、いずれの協力者にも、大学生を対象とした自記入式 ADHD 症状チェックリスト (Davis, Takahashi, Shinoda, & Gregg, 2011) を用いて、訓練前後の行動特徴の変化を評価した。本チェックリストは、DSM- IV における ADHD 症状に関する18項目を、成人が自記入式で回答できるように修正したものである。「あてはまらない (0点)」～「よくあてはまる (3点)」の4件法で回答を求めたものを、今回は単純加算し、その総得点を分析に用いた。

NFB のトレーニングおよび脳波記録は、ProComp Infinity (Thought Technology Ltd, Montreal, QC) を用いて実施した。

① トレーニング

トレーニングは約30分、週1～2回、計8回行われた。トレーニング中、参加者は次の3課題 (所要時間各3分) を実施した。

- ・アニメーション課題：特定の周波数帯域のフィードバック情報に基づき、画面上に提示されている画像を変化させる。
- ・ボート課題：画面上に提示される3艇のボートの内、同様なフィードバック情報により操作が可能な中央の1艇をできるだけ早く、左から右へ進艇させ、ゴールさせる。
- ・ビデオ課題：画面に提示されたビデオ番組映像の表示サイズを、フィードバック情報により操作し、より大きく表示できるよう努める。

② フィードバック情報

β 群では、低 β (15～18Hz)、SMR 群では SMR (12～15Hz)、また両群とも θ (4～7 Hz) および高 β (22～30Hz) の各帯域情報もリアルタイムにフィードバックした。訓練では、対象周波数帯域の値を増大させるとともに、 θ および高 β 帯域の値を減少させるように教示した。

脳波は、左耳朶を基準電極、右耳朶をグラウンド電極とし、Cz 部から導出した。計測された情報は、協力者に棒グラフで各帯域別周波数の値がリアルタイムに提示された。トレーニングでは、バーによるフィードバックと同時に、上述したようなアニメーション課題、ボート課題、動画課題の各課題に応じた視覚的なフィードバックがなされた (Fig. 1)。なお、課題を合計した所要時間は、約15分であった。



Fig. 1 NFB のトレーニングならびに評価手続き

訓練効果の評価

① 訓練経過に伴う帯域別脳波の変化

実際の低 β ないし SMR 帯域の調整訓練の学習に伴う変化を検討するため、各トレーニング直後に、開眼及び閉眼

状態で学習された状態を維持するように求め、脳波を各2分間記録した。

② 訓練経過に伴う内省報告の質的变化

対象者の主観的な変容について検討するために、一部の対象者9名について各課題後にトレーニング実施者が半構造化面接を行い、言語報告をICレコーダーに記録した。なお、質的な分析においては、テキストマイニング法を用いた。テキスト化された言語報告を基に、R上で動作するMeCabを用いて、記録された言語報告を形態素に分解した。品詞情報をもとに語を絞り込み、さらに出現頻度が3回以上の語を抽出した。抽出されたキーワードをカテゴリ化し、 β 群およびSMR群におけるトレーニング中の言語報告の特徴を検討した。

③ 訓練前後での事象関連電位による訓練効果の検討

今回、訓練に伴う行動制御にかかわる中枢機能の変化を検証するため、行動抑制との関連が示唆される視覚性オドボール課題遂行下で、Go/NoGoに関連したP3電位を計測した。オドボール課題では、アルファベット文字“O”を標的刺激(20%)として、“X”を非標的刺激(80%)として用い、標的刺激に対して右第一指によるボタン押しを求めた。各刺激は、刺激間隔1200~1600msで呈示時間100ms、300試行を連続して実施した。さらに、衝動性との関連が示唆されるエラー関連脳電位(error-related negativity: ERN)についてもフランカー課題遂行下で計測した。課題では、5つの矢印で構成される刺激に対して、中央の矢印が示す左右方向に対応した手の第一指でボタンを押すことを要請した。刺激は、中央の矢印とそれ以外の矢印の関係性から、一致刺激(<<<<<<, >>>>>>)及び不一致刺激(>><>>, <<><<)に分類された。刺激呈示時間は、100msであり、刺激開始間隔を2000~2500ms間隔に設定した。1ブロックは、60試行で構成され、計16ブロックを実施した。刺激は等確率で左右の反応を求め、不一致刺激の呈示確率は60%であった。

脳波は、NUAMPS (NeuroScan社製)を用いて、頭皮上の29部位(Fz, FCz, Cz, CPz, Pz, Fp1, Fp2, F7, F3, F4, F8, FC5, FC1, FC2, FC6, T7, C3, C4, T8, CP5, CP1, CP2, CP6, P7, P3, P4, P8, O1, O2)から、両耳朶連結を基準にして0.1~30Hzのバンドパスフィルタを通し、500Hzのサンプリング周波数でデジタル記録した。各電極の接触抵抗値は、5k Ω 以下とした。眼電図を左眼窩上下縁部及び左右外眼側方に位置した電極より双極導出し、併せて記録した。刺激呈示前100ms~呈示後800msを分析区間とし、眼球運動補正(Gratton, Coles, & Donchin, 1983)を行い、視察にてアーチファクトを除去した。条件ごとに加算平均処理を行った後、頭皮上の全電極の平均を基準とした。また、頭皮上の全電極の標準偏差として、Global Field Power (GFP)を算出した。

結果と考察

質問紙による行動特性の変化

両群におけるトレーニング前後の自記式ADHD症状尺度の下位尺度の注意、多動・衝動性各得点、および総得点をTABLE 1に示した。総得点について、群(β , SMR)×訓練(前、後)の分散分析を行った。その結果、トレーニングの主効果および群との交互作用は認められなかった($F(1,14) = .00, p = 1.00$; $F(1,14) = .08, p = .78$)。すなわち、

質問紙に反映されるような自覚的な行動面での変化は認められなかった。なお、 β 群に比べSMR群でその得点が総じて高い値となったが、統計的には群の主効果を認めなかった($F(1,14) = .72, p = .41$)。

TABLE 1 トレーニング前後のADHD症状尺度の変化

	注 意		多動・衝動性		total	
	pre	post	pre	post	pre	post
β	6.88	6.75	6.00	6.38	12.88	13.13
SD	4.94	5.47	5.55	5.66	8.32	8.92
SMR	11.13	9.88	6.13	7.13	17.25	17.00
SD	6.36	6.29	5.00	5.51	10.57	11.34

トレーニング経過に伴う対象周波数帯域脳波の変化

両群について、トレーニングの推移に伴う訓練直後の低 β ・SMR帯域脳波の変化を閉眼・開眼の各条件で検討した(Fig. 2)。トレーニング経過に伴い、低 β 帯域成分が若干増大する傾向がみられたが、明瞭なものではなかった。また、SMR群においても、SMR帯域成分の増大を維持することはできなかった。

ついで、トレーニング期間中の当該帯域成分の変化を、 θ 帯域成分との比として検討した。Fig. 3には、毎回の訓練終了直後に開閉眼状態で記録された低 β/θ の比とSMR/ θ の比を示した。 β 群では、トレーニング期間について分散分

析を行い、トレーニングに伴い、開眼時における低 β/θ の比が有意に増大し ($F(7,49) = 2.23, p < .05$)、トレーニングの効果が確認された。一方、SMR群では、同じく開眼時でSMR/ θ の比が有意に増大する傾向にあったが ($F(7,49) = 1.94, p = .08$)、2回目、6回目に生じた一時的な増大の影響に過ぎず、その効果は一貫したものではなかった。

なお、 β 群ではSMR帯域への波及は生じなかったが、SMR群では、低 β/θ 比が有意に増大する傾向 ($F(7,49) = 2.05, p = .07$) がみられた。

内省報告における言語内容の検討

β 群では、形態素解析の結果、動詞、助動詞、名詞、形容詞など計369語が抽出された。また、SMR群では、277語が抽出され、両トレーニングとも、「方略」、「コントロール感」、「感想」の3つのカテゴリに分類された。トレーニング開始当初は、課題を成功させることが“難しく”く、“焦り”を感じるが、課題が成功するようになると、“嬉しい”、“楽しい”など肯定的感想を抱き、“モチベーション”の向上につながっていた。カテゴリの内容を詳しくみると、「方略」では、“集中する”、“考える”、“力を抜く”、“込める”、“落ち着く”、“想像する”、“イメージ”、“リラックス”、“楽しむ”、“息を吐く”、“力む”、“念じる”、“注意”、“姿勢”、“呼吸”などが挙げられた。トレーニングの方略として、“考える”、“集中する”、“リラックス”、“イメージ”などの精神的方略と、“力む”“息を吐く”“呼吸”などの身体的方略を行っていた。「コントロール感」では、“(感覚)がわかる”、“(課題が)できる”、“コツがつかめる”などが挙げられた。トレーニング当初は“(感覚が)わからない”、“(課題が)できない”、“コツがつかめない”と課題の達成に困難さを感じていたが、課題が進むにつれて、徐々に方略を獲得し、コントロール可能なものへと主観的な変化がみられた。「感想」は“楽しい”、“おもしろい”など課題に対する「感想」と、“焦る”、“難しい”、“嬉しい”など課題の出来具合に対する「感想」が挙げられた。課題の達成に困難さがあり、コントロール感を感じていないと、“焦り”などが感じられるが、課題に徐々に慣れ、方略を獲得すると“楽しい”、“おもしろい”などトレーニングに対するモチベーションが上がり、より積極的に課題に取り組むようになったものと考えられた。

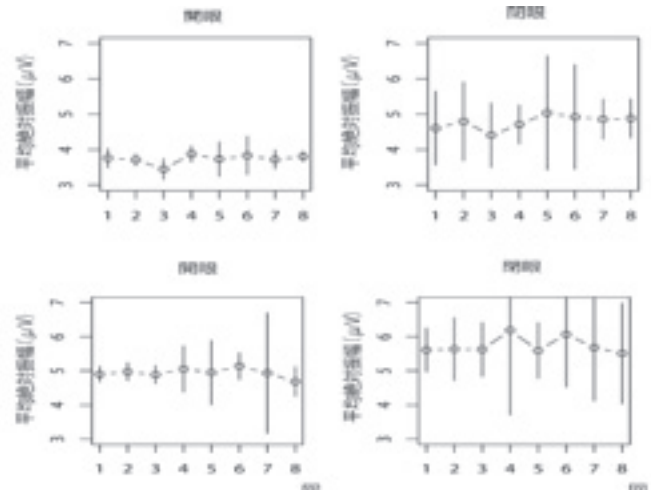


Fig. 2 トレーニングに応じた β 群における低 β 帯域成分の変化 (上段)とSMR群におけるSMR帯域成分の変化 (下段)

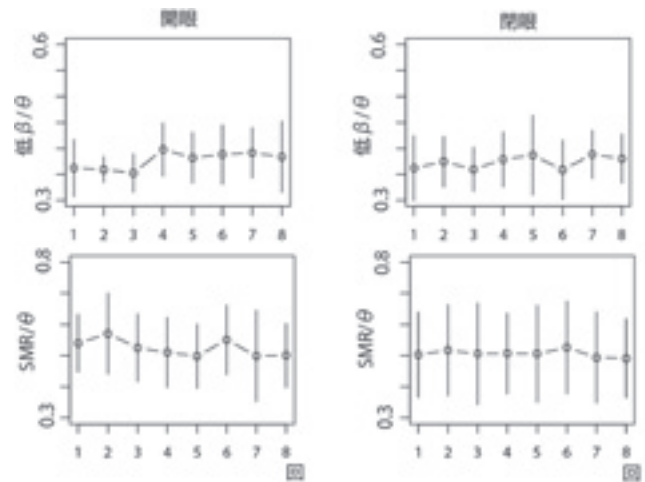


Fig. 3 トレーニングに応じた β 群における低 β/θ 帯域成分の比の変化とSMR群におけるSMR/ θ 帯域成分の比の変化

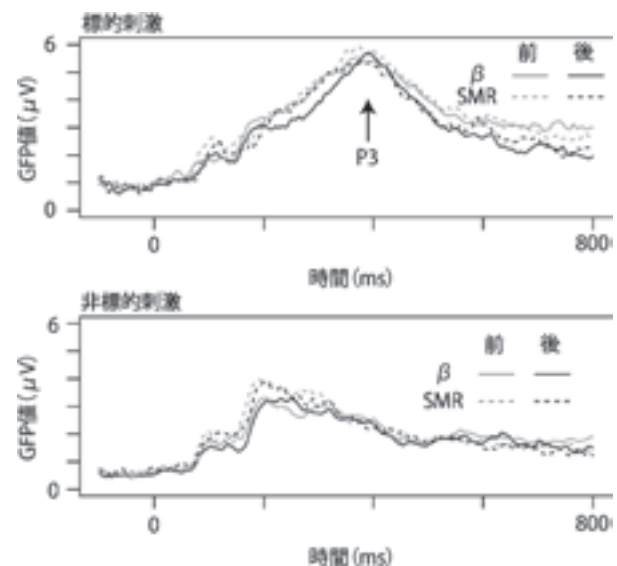


Fig. 4 β 群及びSMR群におけるトレーニング前後のGFP波形 (オドボール課題)

トレーニング前後での事象関連電位によるその効果の検討

Fig. 4 に視覚的なオドボール課題に対する、標的刺激と非標的刺激に対する β 群及び SMR 群における訓練前後の GFP 波形を示した。標的刺激において、約 400ms で GFP が最大値を示す成分が観察され、この成分は、非標的刺激に対する GFP 波形では確認できなかった。この成分を P3 として同定し、分析に用いた。最大 GFP 値及び頂点潜時を従属変数として、群 (β 、SMR) \times トレーニング (前、後) の分散分析を行ったが、群及びトレーニングの主効果、交互作用とも認められなかった ($p > .1$)。すなわち、視覚オドボール課題における標的刺激に対する P3 成分では、訓練の効果が確認できなかった。なお、フランカー課題に対する訓練前後の GFP 波形を検討した際にも、ERN 波形には特徴的な変化を認めなかった。

考 察

自覚的な行動特性

今回は、臨床適用を想定した心理評定尺度として、自記式 ADHD 症状尺度を用いた。健常者を対象とした検討ゆえ、すでに注意や多動性・衝動性にかかわる困難さは低値であり、大学生 243 名を対象に独立して収集した平均値 (注意: 10.14, SD=5.09、多動・衝動性: 7.14, SD=4.62、総点: 17.28, SD=8.96) と比較してもほぼ同等か下回ることから、それ以上の改善が意識されることはなかったものと考えられる。

トレーニングに伴う脳波指標の変化

β 群ではトレーニングを重ねることで、相対的に θ 帯域成分に対し低 β 帯域成分が優勢となる状態を、協力者が獲得したことが確認された。健常者を対象とした比較的短期のトレーニングでも、比を用いた検討により、相対的に θ 帯域成分に対し低 β 帯域が優勢な状態を、学習を通して獲得できることが示唆され、その効果が SMR 帯域に波及せず、 θ と β 間の関係に限定して生じていたことも確認された。ADHD に対する NFB 法では、 θ 帯域の活動が優勢な状態から β 帯域の活動が優勢な状態を獲得し、ヴィジラントな状態の創出を自己制御することで生活上の問題行動を減じる効果があるとされる。今回、健常者においても、学習により同様な状態を獲得し、その際自己制御感の変容を伴うことが次の内省報告の分析から示唆された。なお、SMR 群では、その効果が低 β/θ 比にも影響をもたらしたが、トレーニング経過に伴う変化としては、限定的なものであった。内省報告と関連させて検討すると、SMR 帯域成分の増大が、コントロール感の増大と一致するとは言い難い状況が生じていたことも推察された。SMR 帯域の活動は、体性感覚の遠心性のゲーティングに関連するとされ、その活動を増大させることで、視床における抑制機能を向上させることが仮定されている。意図的な運動制御が必要な状況では一過性に亢進するが、コントロールが容易と感じるような制御の負担が少ない状況が獲得された後は、あえて SMR 帯域成分の増大を要しない可能性もあろう。

トレーニングに伴う内省の変化

トレーニング中に記録された言語報告はテキストマイニング法を用いて分析し、抽出された語をカテゴリ別にまとめて、両群に共通した「方略」、「コントロール感」、「感想」の主要な 3 カテゴリを中心に検討した。さらに、 β 群、SMR 群での異同をみていくと、「方略」においては、「集中する」、「落ち着く」、「イメージする」といった点で共通していたが、 β 群では、精神的方略と身体的方略を、SMR 群では、精神的方略のみを行っていた。特に、 β 群では、「腹式呼吸」、「深呼吸」、「力む」などの身体的方略が多く、特定の周波数帯域成分をコントロールする姿勢は共通するものの、 β 帯域成分の増大を意図した場合は、身体的状態をより強く意識していたことも推察された。トレーニング時の指示では具体的な指示は出さなかったが、精神的方略や身体的方略を自ら試行錯誤しながら行っていた。今回、標的となる周波数帯域成分が異なる場合、それぞれの方略が異なる可能性も示唆された。方略においては、より具体的なアドバイスが有効で、緊張している状態では高 β 帯域成分が増大してしまうため、高 β 帯域成分の増大が見られる時は、落ち着くよう適宜助言するなど一手である。

また、両群で「コントロール感」が意識されていたが、リアルタイムな視覚的フィードバックにより、用いた方略が成功か失敗か確認しやすく、数回のトレーニングでも方略を獲得することができた。しかし、トレーニング開始直後は、さまざまな方略を試行錯誤しており、この時点での助言は、モチベーションを維持する上でも重要であった。さらに、

前回との比較や学習結果などを提示することなども、その効果を実感することにつながると考えられた。

「感想」は、課題に対する「感想」と、課題の出来具合に対する「感想」に分類され、課題を成功させる方略を獲得し、コントロール感を感じるようになると、肯定的な感想を抱き、トレーニングへのモチベーションも向上するようになった。「感想」は、トレーナーが参加者のモチベーションを確認するために重要な言語報告であると考えられる。トレーナーは、「感想」をもとに参加者のモチベーションを確認しつつ、周波数帯域成分の調整学習に関わっていくことが必要である。今後とも、自己制御感の変容につながる方略を手がかりとして、トレーニング中の助言を工夫し、取り組みへの動機づけを高める介入の検討を続けたい。

以上、いずれにおいてもトレーニング開始当初は、課題を成功させることが“難し”く、“焦り”を感じるが、課題が成功するようになると、“嬉しい”、“楽しい”など肯定的感想を抱き、“モチベーション”の向上につながったと考えられた。

トレーニング前後での神経生理的指標によるその効果の検討

今回、訓練前後における効果の評価を、神経生理的指標として、ERPを用いて検討した。視覚性オドボール課題を用いたGo/NoGo事態では、いずれの群においても、トレーニング前後でP3成分にGFP波形上では変化を認めず、行動の制御の側面にかかわる効果を確認できなかった。今後はトポグラフィカルな特徴から、その優勢な部位が頭頂・中心領域から前頭領域へ移行するか否か等、制御的な処理が駆動された可能性がないか、さらに検証を進める必要があろう。なお、フランク課題下での前中心(FCz)部におけるERNにおいても、波形上の変化を認めることはできず、衝動性との関連は β 群、SMR群ともに確認できなかった。しかし、刺激時点でタイムロックしたERP波形では、 β 群で刺激提示から約200ms前後に出現する選択的注意に関連したN2成分が前頭(Fz)部で有意に増大することが確認された(鈴木・石井・篠田, 2012)。フランク課題事態における反応であるため、葛藤処理に先行した注意関連成分の増大ではあるが、P3成分における処理の実行段階では制御的な効果を検出しがたいものの、それ以前の判断を行う早期の過程において、選択的な注意が駆動されることも示唆された。

今後の課題として、トレーニング終了後から一定期間後にフォローアップを行い、NFB法の効果の持続性についての検証も必要であろう。

付 記

本研究の一部は、日本LD学会第21回大会(2012年)に発表された。また、本研究は、平成22～24年度日本学術振興会科学研究費補助金(基盤(C)課題番号22530765 研究代表者 篠田晴男)の補助を受けた。研究の実施にあたり、佐藤舞子、溝口佐江子の両氏から協力を得た。記して、感謝致します。

引用文献

- Davis, J. M., Takahashi, T., Shinoda, H., & Gregg, N. (2011). Cross-cultural comparison of ADHD symptoms among Japanese and US university students. *Int J Psychol*.
- Egner, T., & Gruzelier, J. H. (2004). EEG biofeedback of low beta band components: frequency-specific effects on variables of attention and event-related brain potentials. *Clin Neurophysiol*, **115** (1), 131-139.
- Gevensleben, H., Holl, B., Albrecht, B., Schlamp, D., Kratz, O., Studer, P., et al. (2009a). Distinct EEG effects related to neurofeedback training in children with ADHD: a randomized controlled trial. *Int J Psychophysiol*, **74** (2), 149-157.
- Gevensleben, H., Holl, B., Albrecht, B., Vogel, C., Schlamp, D., Kratz, O., et al. (2009b). Is neurofeedback an efficacious treatment for ADHD? A randomised controlled clinical trial. *J Child Psychol Psychiatry*, **50** (7), 780-789.
- Gevensleben, H., Holl, B., Albrecht, B., Schlamp, D., Kratz, O., Studer, P., et al. (2010). Neurofeedback training in children with ADHD: 6-month follow-up of a randomised controlled trial. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, **19** (9), 715-724.
- Gratton, G., Coles, M.G.H., & Donchin, E. (1983) A new method for the off-line removal of ocular artifact. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, **55**, 468-484

- Lubar, J. F., Swartwood, M. O., Swartwood, J. N., & O'Donnell, P. H. (1995). Evaluation of the effectiveness of EEG neurofeedback training for ADHD in a clinical setting as measured by changes in T.O.V.A. scores, behavioral ratings, and WISC-R performance. *Biofeedback Self Regul*, **20** (1), 83-99.
- Rasey, H.W., Lubar, J.F., McIntyre, A., Zoffuto, A.C. & Abbott, P.L. (1995). EEG biofeedback for the Enhancement of Attentional Processing in Normal College Students. *Journal of Neurotherapy*, **1** (3), 15-21.
- Ruiz, S., Lee, S., Soekadar, S. R., Caria, A., Veit, R., Kircher, T., et al. (2011). Acquired self-control of insula cortex modulates emotion recognition and brain network connectivity in schizophrenia. *Hum Brain Mapp*.
- Surmeli, T., & Ertem, A. (2009). QEEG guided neurofeedback therapy in personality disorders: 13 case studies. *Clin EEG Neurosci*, **40** (1), 5-10.
- Wangler, S., Gevensleben, H., Albrecht, B., Studer, P., Rothenberger, A., Moll, G. H., et al. (2011). Neurofeedback in children with ADHD: specific event-related potential findings of a randomized controlled trial. *Clin Neurophysiol*, **122** (5), 942-950.
- 渡邊留美、篠田晴男 (2011). ニューロフィードバック研究の最近の動向について——ADHD児者への適用を中心に——立正大学臨床心理学研究, **9**, 49-59.