

令和元年9月3日現在

機関番号：11201

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2018

課題番号：15K13136

研究課題名（和文）米国での調査を踏まえて長期間ニューロフィードバック訓練の効果検討

研究課題名（英文）Examination of the effect of long-term frontal asymmetry neurofeedback training for Japanese university students.

研究代表者

山口 浩（Hiroshi, Yamaguchi）

岩手大学・人文社会科学部・教授

研究者番号：20174625

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は抑うつ傾向に対して効果の考えられる脳波neurofeedback（NF）法で特に前頭部脳波非対称性（左前頭部賦活>右前頭部賦活を訓練）のNF訓練を長期間（20日間）実施し効果を検討した。実験は、統制群（8名;BDI-2平均23.1,SD=6.6）とNF実験群（8名;同23.5,SD=5.1）を設け、実験群に毎回25分間のNF訓練を実施。訓練未終了の被験者がいるため途中結果報告だが、抑うつ傾向に関し実験群でのみ得点が有意に低下。学習法について集中学習法の有利を予測したがそうとも言えなかった。更に訓練効果を上げるためには今回収集した内省報告をもとに修得方法や訓練時間配分の検討が必要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、今まで日本での前頭部非対称性ニューロフィードバック訓練に係わる長期間訓練効果の報告がない点、フィードバック情報として（右前頭部 / - 左前頭部 / ） / （右前頭部 / + 左前頭部 / ）を基礎とした点、個人によって見られる左右の全脳波パワー値の違いに左右されないフィードバック情報による研究である点、本分野で最近無視されがちな被験者のストラテジーを詳しく聞き取り訓練効果との対応を考える点に意義がある。今回、訓練参加者が脳波に対する十分なセルフコントロールを獲得したとは言えないが、今回のデータをもとによりよいストラテジーの獲得と訓練時間の検討を行うことが可能となる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we examined the effect of the neurofeedback training (NF) of the frontal electroencephalogram asymmetry (left frontal area activation> right frontal area activation training), considered to be effective for “depression tendency”, also in healthy university students. We conducted NF training for a long period (20 days) and examined its effect. The experiment consisted of a control group (8 persons: BDI-2 mean 23.1) and an NF experimental group (8 persons; BDI-2 mean 23.5,) and the experimental group underwent 25 minutes of NF training each time. Although there are untrained subjects, it is a result report as a middle course, but the depression score dropped significantly only in the experimental group. I could not say that I could predict the advantage of intensive learning for this type of NF training. In order to achieve further effects, it is necessary to consider learning methods and training time allocation based on the subject's reports collected this time.

研究分野：臨床心理学

キーワード：ニューロフィードバック バイオフィードバック 脳波 ポジティブ心理学 うつ 前頭部左右差

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 脳波のバイオフィードバック研究・訓練の中で臨床的応用や健康増進を目指す場合、特にニューロフィードバック(以下NF)と呼ぶことが多い。NFは近年米国で、セルフコントロール法の一つとして健康増進や代替医療の分野で有望な領域であると注目を集め応用が進んでいる。しかし現時点の日本においてNFに係わる研究は少ない。その理由は、脳波を指標とした複雑な応用技法であること、米国においても臨床家によってその訓練プロトコルが様々であること、長期間の訓練であること、特に長期間の訓練に係わって日本における十分な基礎研究がないことが原因として考えられる。

本研究は、日本におけるNFの応用可能性を考え長期間のNF訓練を実施し、その基礎的側面を明らかにすることを目指すものである。

(2) 本研究では特に、抑うつ気分(傾向)へのNFとして報告のある前頭部脳波非対称性ニューロフィードバック訓練(例えば、Baehr, Rosenfeld, & Baehr, 2001; Hammod & Baehr, 2009; Choi, Chi, Chung, Kim, Ahn, & Kim, 2011)を取り上げ、その訓練プロセスと効果を検討する。

2. 研究の目的

(1) 前頭部脳波非対称性NF訓練(左前頭部賦活>右前頭部賦活を訓練)を20日間の長期に渡って行い、前頭部非対称性のセルフコントロールを獲得できるかを検討する。

(2) 訓練の結果、抑うつ気分を含めて感情的側面に改善が見られるかを検討する。

(3) 訓練方法として、発見学習に有利とされる集中学習法と学習成果の固定に有利とされる分散学習法(辰野千寿, 1977)のいずれが有利かを検討する。

(4) 被験者が訓練成果を上げるためにどのようなストラテジーを採用していくのかを検討する。

3. 研究の方法

(1) 被験者

2018年6月から2018年7月の間に、1大学生102名に日本版BDI-II(Beck Depression Inventory-Second Edition, 日本文化科学社)を実施し、抑うつ傾向を測定した(うち1名は回答に不備があり除外。残り101名のBDI-II得点平均は13.5点、 $SD=8.0$ 、得点範囲は0~37点)。その際、今後の本実験参加協力の同意の得られた者の中で、抑うつ傾向の高い者から実験群と統制群にランダムに配置した。その際、現在、抑うつ傾向に関わり投薬治療中の者(一名)はNF訓練効果との交絡を避けるために辞退いただいた。またH・Nきき手テスト(八田・中塚, 1975)を用いて一名を除き全員右利きの被験者である。この一名はH・Nきき手テストで4点であったため両手ききと判断し統制群の方へ配置した。結果として、NF実験群8名のBDI-II得点平均は23.5点($SD=5.1$ 、範囲は15~31点)、統制群8名のBDI-II得点平均は23.1点($SD=6.6$ 、範囲は16~34点)となり、BDI-IIについて有意な群間差はない。なお、男性被験者の該当者が少なかったため、全員女性被験者とした。また、BDI-IIの抑うつ傾向・得点基準に従えば14~19点は軽症レベル、20~28点は中等症レベル、29~63点は重症レベルとされる。そのため、両群とも平均値では中等症レベル、範囲は軽症レベルから重症レベルまでを含むこととなる。本研究の場合、被験者は基本的に講義に出席している学生であり健常学生と考えられるが、BDI-IIの基準からすれば軽症レベル~重症レベルに含まれる被験者であった。なお、被験者が実験に参加した場合、岩手大学の規定により時給800円のアルバイト代を月毎に被験者の口座に振り込んだ。

(2) NF訓練装置と脳波測定

NF訓練のために、カナダのThought Technology社製のProComp Infiniti Encoder(信号分解能は256ポイント/秒)、およびフィードバック信号提示および解析用にBioGraph Infiniti(Ver.6.2.0)(Z-Score Biofeedback Add-Onを組み込んでいる)を使用した。

なお、当初、組み込まれていたフィードバック画面を利用する予定であったが、前頭部脳波出現量の左右差を計算するベースとなっている「NeuroGuideのnormative database」が左前頭部-右前頭部なのか、右前頭部-左前頭部なのか不明であり、Thought Technology社の技術者に問い合わせても最終的に不明であった。そのため、改めてThought Technology社の有料技術相談を利用してフィードバック画面を作成し直した。その際、前頭部脳波の賦活を測定する指標として、先行研究で使用されている波パワー値だけではなく、 $\frac{\text{パワー値}}{\text{パワー値}}$ を新たに算出し、 $(\text{右前頭部} /) - (\text{左前頭部} /)$ の値が正の時(すなわち、左前頭部賦活>右前頭部賦活)の時に、値の絶対値に比例してフィードバック画面上のバーが右方向に伸びていくフィードバック信号(その時は緑色のバー)を設定した。逆に右前頭部が相対的に賦活した場合(式の値は負)は、バーは値の絶対値に比例して左に伸びていき、そのバーの色は白色とした。また、聴覚的フィードバック信号を付加し、右方向へ緑のバーが伸びるとき(左前頭部の相対的な賦活)、フィードバック・ディスプレイの横においた左右のスピーカーから「G線上アリア」が流れた。バーが中央線から左に白く伸びるとき(右前頭部賦活)には音は鳴らず、緑のバーが右に伸びれば伸びるほど音量が大きくなるように設定した。すなわち被験者は視覚的および聴覚的フィードバック信号を受け取ることができるため、開眼および閉眼は被験者の自由とした。

なお、被験者によって左前頭部と右前頭部の脳波パワー値に差がある場合、単純にパワー値だけをフィードバック信号に使った場合、左右前頭部の賦活に差を生み出せたのか、単に

左右前頭部いずれかのパワー値全体を変化させたのか断定できない欠点がある。さらに左右前頭部パワー値に関わる個人差も考えられる。この点、本研究では、 α / β の比を使うことにより、さらに正確な左右賦活の差を検出できるため、指標として以前の研究より優れていると考えられる。

脳波測定について、左右前頭部の脳波は F3 (左前頭部) と F4 (右前頭部) を活性電極、左右両耳朶結合電極を基準電極とする単極誘導を行った。また接地電極は、Thought Technology 社のマニュアルに従い、右耳介上部に装着した。脳波測定前に各皮膚抵抗値を測定し、すべての電極において 5K 以下とした。また脳波測定開始前に被験者には、瞬目および歯ぎしりをしてもらい、アーティファクトレベル(電位水準)を決め、NF 訓練時にはアーティファクト信号・リジェクションをオンにし、アーティファクトによる誤フィードバック信号を提示しないようにした。

(3) 手続き

実験群および統制群は実験開始に先立ち、改めて抑うつ傾向を測定する BDI-_{II}、また、特性不安を測定する新版 STAI (State-Trait Anxiety Inventory-Form JYZ, 実務教育出版)、楽観性と悲観性を測定する楽観性・悲観性尺度(外山, 2013)、また無意識的な感情投影を測定する目的で TAT (Thematic Apperception Test; 絵画統覚検査)の図版 1, 10 (1 回目)、図版 2, 13G (2 回目)、図版 3GF, 20 (3 回目)を大型スクリーンに提示(刺激図版は EPSON-EP903A でスキャン読み込みを行った)し評価を行わせた。なお、TAT 図版に対して、絵に対して感じる投影感情を、ポジティブ感情およびネガティブ感情を測定する日本版 PANAS (Japanese version of Positive and Negative Affect Schedule, 佐藤・安田, 2001)にて測定(6 件法)し、また TAT の絵の主人公の過去・現在・未来の幸福度について 6 件法(1; 大変幸福、2; かなり幸福、3; どちらかといえば幸福、4; どちらかといえば不幸、5; かなり不幸、6; 大変不幸)で評価させた。

これらの質問紙による感情的側面についての測定は、実験群の訓練 10 回が終わった時点で統制群も含めて 2 回目の測定、実験群が訓練 20 回を終了した時点で統制群も含めて 3 回目の測定を行う。

なお、この報告書の作成時点で実験群の 1 名が訓練途上のため、対応させる統制群の 2 名を含めての 3 回目のデータは未整理である。早急に訓練を進め、この 3 回目も実施予定である。

実験群は訓練スケジュールの組み方によってさらに 2 群(各群 4 名)に分けられた。実験群(集中学習法群; 以下「集中」)と実験群(分散学習法群; 以下「分散」)の 2 群である。実験群(集中)は、20 回の訓練のうち最初の 10 回を集中学習法で行い、後半の 10 回を分散学習法で行う。実験群(分散)は最初の 10 回を分散学習で行い、臨床的な配慮(注 1)に基づき後半 10 回のうち最初の 5 回(11 回目~15 回目)は集中学習法で行い、最後の 5 回(16 回目~20 回目)は分散学習法で訓練を実施した。

【注 1: 当初の仮説として、バイオフィードバック訓練という学習課題は、普段意識できない内的な生理過程へ意図的なセルフコントロールを獲得する過程と考え、自分の戦略とパフォーマンス結果の関係に関する気づき・発見が重要だと推測した。すなわち発見学習的側面が重要な学習課題であり、訓練初期において集中学習法が有利だと推測した。そうすると本研究において実験群(分散)は不利な実験条件下おかれる可能性があり、そのために 11 回目~15 回目に集中学習法と取り入れ、もしこの時点で有効な戦略を得られていない被験者がいた場合、有効な戦略を発見してもらうべく「臨床的な(被験者の利益を考える)」配慮を目的に集中学習法を 5 回体験してもらうことを組み込んだ。

なお、最後の 16 回目~20 回目はいずれの実験群も分散学習法を実施させた。これはいずれの群も訓練 15 回目までに獲得した戦略(あるいはそこまでの学習成果)の固定化を促進するために共通に設けたところである(これも臨床的配慮となる)。

実験群の各回の訓練手続き;

③-1 実験開始に先立ち、脳波測定用電極を 5 箇所装着。その際、皮膚抵抗を 5K 以下にするために専用ジェルを綿棒につけ皮膚表面を軽く擦るという事前処理を行った。

③-2 電極装着後に訓練直前の気分状態を測定するために、ポジティブ感情とネガティブ感情を測定する PANAS および、その他の気分を測定するために POMS-2 (Profile of Mood States 2nd Edition, 成人版・短縮版, 金子書房)を実施した。

③-3 続いて、閉眼安静時の脳波測定を 2 分間実施。被験者はボール紙の覆いを着けた眼前のディスプレイを眺め、覆いのボール紙の下辺近辺に書いてある 辺りをポーと眺めるよう指示される(ディスプレイ画面見えない)。

③-4 続いて、被験者は目をつぶり、閉眼安静状態での脳波記録を 2 分間行う。

③-5 続いて NF 訓練期に入る。将来、臨床的に NF 訓練を使用する事を考えて、教示として左前頭部の賦活はポジティブ感情に、右前頭部の賦活はネガティブ感情に結びついていること、訓練の目的はポジティブなことやリラックスできることをイメージすることでフィードバック信号のバーグラフを右に動かすこと、そしてできるだけバーを右側に持って行けるようにうまく行く方法を自分なりに発見しそこに磨きをかけていくこと、訓練中はフィードバック信号提示画面をビデオ記録し、被験者のつぶやき音声も記録するので、使用戦略をつぶやいてほしいこと、実験最後にどのような戦略がうまく行ったのか報告してほしいことを伝えた。しかし戦略として意図的に体を使った方法は避けるように教示した。

③-6 訓練群（集中）の場合、訓練時間は連続 25 分間であった。訓練群（分散）は 5 分間×5 試行の訓練を行い、間に 2 分間の休みを入れた。

③-7 訓練終了後、今度は閉眼・テスト期として、訓練時に効果があったストラテジーをフィードバック信号がない状態で、2 分間実行してもらった。このときは必ず閉眼で行うよう指示した。

③-8 その後、開眼安静状態で 2 分間の脳波測定を行った。

③-9 その後、閉眼安静状態で 2 分間の脳波測定を行った。

③-10 その後、脳波測定用電極を外し、実験後の感情測定のために、POMS-2 と PANAS を実施した。

③-11 その後、訓練期に実施したストラテジーについてインタビューを行い、どのストラテジーがどの程度効果的だったのかを報告してもらった。さらにテスト期に採用したストラテジーについて報告してもらった。

(4) 倫理審査

当研究は「岩手大学における人を対象とする医学系研究計画実施」についての学内倫理審査の承認を得た上で実施している。

4. 研究成果

なお、本研究は科学研究費研究の最終年度が終わった時点で実験群の一人が 20 回の訓練予定のうち残り 10 回が未実施であった。そのため現在残りの訓練を実施中である。またそのため結果も途中段階での報告となる。

(1) 前頭部左右非対称性に関する訓練効果（閉眼テスト期の結果）

訓練後の 2 分間の閉眼テスト期の前頭部左右非対称性（F3 部位と F4 部位の差）の比較を訓練 1 回目（ないしは 2 回目）（データの不備のため、実験群（集中）と実験群（分散）の各 1 名は、訓練 2 回目のデータを使用）と訓練 10 回目および訓練 15 回目のデータについて行った。なお、実験群（集中）は 1 回目～10 回目が集中学習法を使用し、11 回目～15 回目は分散学習法を使用した。実験群（分散）は 1 回目～10 回目が分散学習法を使用し、11 回目～15 回目は集中学習法を使用した。また分析に用いたデータは、左前頭部（F3）および右前頭部（F4）の 30 秒毎の α/β の値につき $(F4-F3)/(F4+F3)$ を計算し、3 要因（A 要因；実験群（集中）vs 実験群（分散）、B 要因；訓練期 1（または 2）回・10 回・15 回、および C 要因；30 秒間×4 回）の分散分析を行った。なお、被験者は各群 4 名ずつである。

その結果、B 要因の主効果 ($F(2, 12)=4.475, p<0.05$)、 $A \times B \times C$ 要因の交互作用 ($F(6, 36)=4.751, p<0.01$) が有意であった。事後検定の結果、実験群（分散）のテスト期最初の 30 秒間で、訓練回に差が見られ、10 回目が 1 ないし 2 回目よりも、また 15 回目よりも値が高く（正の値）、すなわち、左前頭部の賦活が見られた。また、同じく、テスト期の 2 つ目の 30 秒間でも同様であった。また実験群（分散）・訓練 10 回目の中で、最初の 30 秒間、次の 30 秒間が最後の 30 秒間よりも有意に左前頭部の賦活が見られた。実験群（集中）に 5% 水準での有意な差は見られなかった。なお以下の図 1 は実験群（分散）の結果を、図 2 は実験群（集中）のものである。

訓練を 10 回行った段階での結果として、分散学習群の方が集中学習群よりも訓練効果が上がったことが推測された。

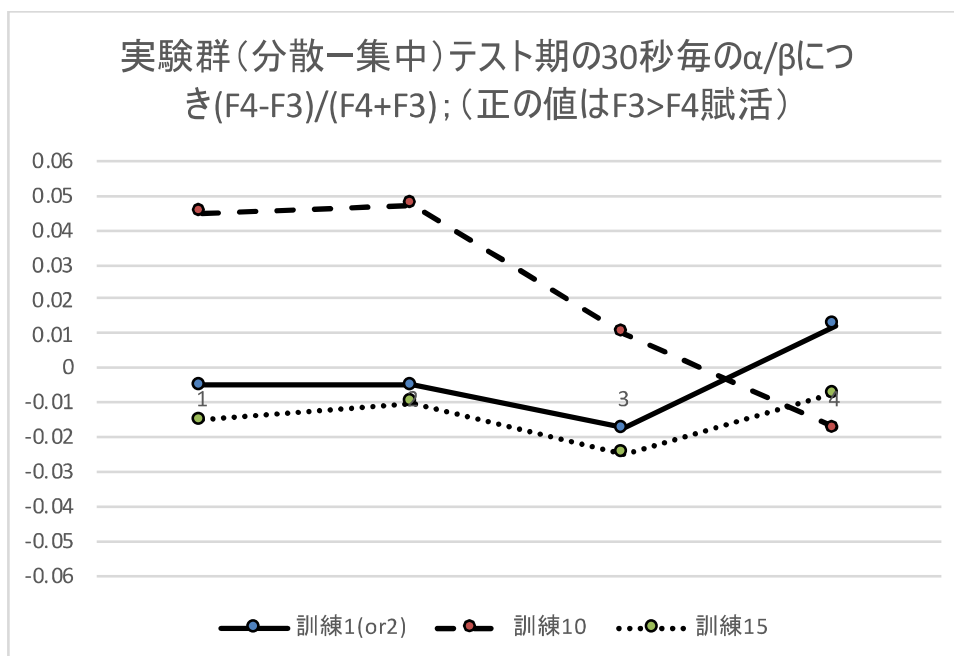


図 1. 実験群（分散-集中）テスト期 30 秒毎の左右非対称性賦活結果（正の値は $F3 > F4$ を示す）

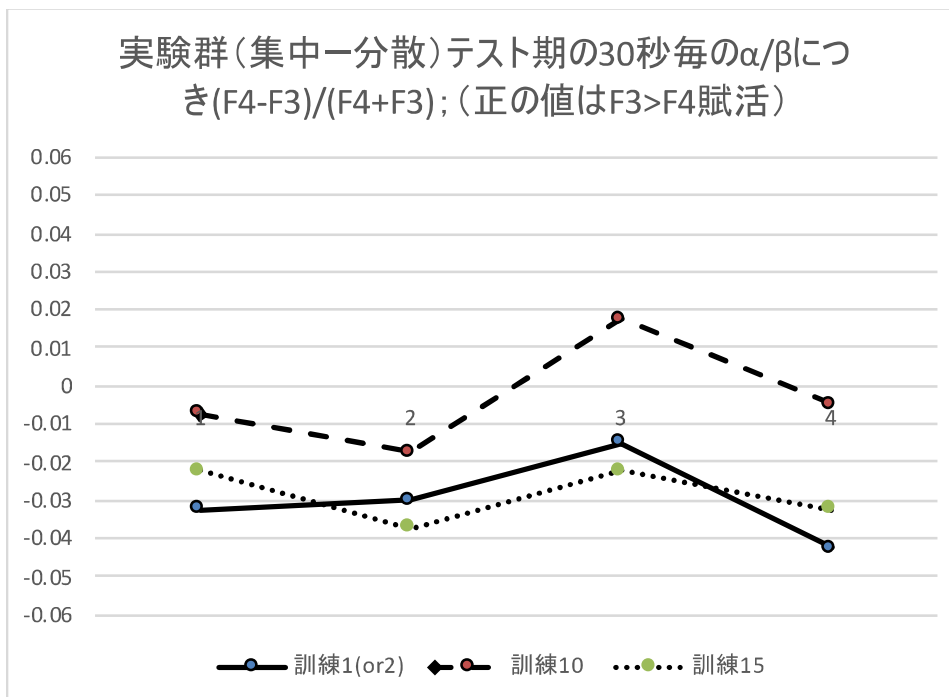


図 2. 実験群（集中-分散）テスト期 30 秒毎の左右非対称性賦活結果（正の値は F3>F4 を示す）

しかし、実験群はいずれも、訓練 1 回目～訓練 10 回目から訓練 11 回目～訓練 15 回目には学習法が替わっているためいずれの群も成績が下がっていることが推測される。

(2) 感情の変化について

BDI- で測定した抑うつ傾向について、実験前の段階と実験群の訓練平均 15.8 回の時点（ほぼ 20 回訓練が終了した者もいれば途中の者もいるので、その最後の時点で臨時に測定したデータ）、および統制群でほぼその時期に取得したデータの比較を、2 要因の分散分析（A 要因；実験群（集中 / 分散込み）vs 統制群、B 要因；回答時期で pre 期と平均 15.8 回の時点=post 期）を行ったところ、A × B 要因の交互作用が有意であった（ $F(1, 14)=8.275, p<0.5$ ）。単純主効果検定を行ったところ実験群で有意（ $F(1, 28)=8.716, p<0.01$ ）、post 期で有意（ $F(1, 14)=7.900, p<.05$ ）であった。すなわち実験群でのみ pre 期 > post 期、post 期で実験群 < 統制群であり、実験群でのみ有意に抑うつ傾向が低下した。

特性不安、楽観性についても上記同様に測定し比較したが、有意な変化は見られなかった。TAT については、実験前および実験群が 10 回訓練を終了した時点（正式の測定 時点でのデータ）での比較のため実験群 7 人、統制群 8 人のデータの比較であるが、回答時期の主効果が見られたのみで、群 × 回答時期の交互作用は有意ではなかった。

以上、感情の変化について、抑うつ傾向についてのみ実験群における有意な低下が見られ、しかし他の感情尺度には変化があるとは言えないことを踏まえると、もし実験群に対する全体的なプラセボ効果を考えるとすれば多くの感情尺度にも類似の影響が出るはずであるが、抑うつ傾向のみに効果が見られたため、前頭部非対称性 NF 訓練の抑うつに対する特異的な効果を考えることが妥当であろう。

(3) 被験者が使用したストラテジーについて

まだ全実験が終了していない被験者がいるため、各被験者の終了時点までの検討に留めるが、以下の表 1 に各被験者が主に修得したストラテジー内容を示す。

今回の実験では、当初の教示として、ポジティブ感情の使用を促しているため、被験者は概ねポジティブなイメージを採用しているが、例えば被験者 2 や 6、また被験者 4 の様に「りんごの数を数える」、「太鼓をたたく」、「数を数える」、また「野菜をリズムカルに切っていく」などの「単純作業系のストラテジー」が見られた。また、やや集中学習法群にその傾向が強かったように思われる。また「ポジティブ感情系のストラテジー」の場合、「最近あった楽しいこと」や「友人のこと」など主に被験者の直近の経験に基づいている場合が多かった。被験者 3 の「好きな音楽」もその日の気分によって効果的な音楽が違ったということで、基本方針は同じもののイメージ内容を変化させ、より新鮮で入り込めるイメージの方がポジティブ感情をよりリアルなものとするのができ、より効果的だということが考えられた。

表1. 被検者がよく使用したストラテジー

実験群	被験者	ストラテジーの内容	採用初回は
集中-分散群	被験者2	布団で昼寝をするイメージ、りんごを数える、大型犬、色	2回目
	被験者5	好きなアーティストの映像、何も考えずに深呼吸	1回目
	被験者6	太鼓をたたく、数を数える、歌を歌う	2回目
	被験者8	最近あった面白いことで友人のこと、サークルのこと	1回目
分散-集中群	被験者1	最近あった楽しいこと、時系列順、美味しく食べたもの	1回目
	被験者3	好きな音楽、気分に合わせて	1回目
	被験者4	野菜を切る、おいしい食べ物、無心	4回目
	被験者7	友人のこと、最近あった楽しいこと、将来の楽しみなこと	1回目

なお、訓練後の閉眼テスト期について、訓練回数(訓練1回~訓練10回)による成績変化を見た時に、漸増傾向(目的の方向)がみられるのは、分散群の被験者1,3,7であった。集中群の被験者2,5,6はどちらかと言えば横ばい傾向であった。また逆に成績が下降傾向になったのは分散群の被験者4と集中群の被験者8であった。ストラテジーとの対応を考えると最近体験したポジティブ感情体験イメージ(新しいイメージに「更新」していく)やその日に合わせて好きな音楽を更新させながら思い出すことが(繰り返しになるが)良さそうだと考えられる。相対的に、単純作業系イメージはそれほど効果的ではなかったことが考えられる。

なお、本研究では「ニューロフィードバックという学習課題は問題解決型の学習課題であり、集中学習法を先に行った方がより良いストラテジーをより早く発見できる」という仮説を立てていたが、「更新型」ポジティブ感情イメージと単純作業系イメージとも、各群の訓練初期段階で使用されており、集中学習群と分散学習群間で明確なストラテジー発見の早さの違いはなかったと考えられる。

なお、更に分析を進めて行きたい。

【引用文献】

- Baehr, E., Rosenfeld, J. P., & Baehr, R. (2001). Clinical use of an alpha asymmetry neurofeedback protocol in the treatment of mood disorders: Follow-up study one to five years post therapy. *Journal of neurotherapy*, 4(4), 11-18.
- Choi, S. W., Chi, S. E., Chung, S. Y., Kim, J. W., Ahn, C. Y., & Kim, H. T. (2011). Is alpha wave neurofeedback effective with randomized clinical trials in depression? A pilot study. *Neuropsychobiology*, 63(1), 43-51.
- Hammond, D. C., & Baehr, E. (2009). Neurofeedback for the treatment of depression current status of theoretical issues and clinical research. Budzynski et al. (Eds) *Introduction to QEEG and Neurofeedback*. (2nd Ed.) Elsevier, pp.295-313.
- 八田武志・中塚善次郎(1975) きき手テスト制作の試み 大野晋一(編)大西憲明教授退任事業論文集 大阪市立大学心理学研究室25年のあゆみ pp.224-247.
- 佐藤徳・安田朝子(2001) 日本語版 PANAS の作成. 性格心理学研究 9(2), 138-139.
- 辰野千寿(1977) 学習心理学総説(第三版)(第八章二・集中法と分散法、特にp.278の「集中法に有利な条件」) 金子書房 pp.266-286.

5. 主な発表論文等

- [雑誌論文] 現時点では未発表
[学会発表] 現時点では未発表

6. 研究組織

研究代表者1名のみ

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。