

デイリー・ハッスルズに対するバイオフィードバック介入の効果

Biofeedback-based Stress reduction for Stress management in daily hassles: A intervention study

事崎由佳^{*1} 竹内 光^{*1} 関口 敦^{*1,2} 山本 悠貴^{*1} 品田 貴光^{*1} 高橋 慶^{*1} 荒木 剛^{*1}
Yuka Kotozaki, Hikaru Takeuchi, Atsushi Sekiguchi, Yuki Yamamoto, Takamitsu Shinada, Kei Takahashi, Tsuyoshi Araki,

瀧 靖之^{*1,2} 荻野 武^{*3} 木口 雅史^{*3} 川島 隆太^{*1}
Yasuyuki Taki, Takeshi Ogino, Masashi Kiguchi, Ryuta Kawashima

^{*1} 東北大学加齢医学研究所 ^{*2} 東北大学東北メディカル・メガバンク機構 ^{*3} 日立製作所
#1 Institute of Development, Aging and Cancer, Tohoku University, Sendai, Japan #2 Tohoku Medical Megabank Organization,
Tohoku University, Sendai, Japan #3 Hitachi Ltd., Tokyo, Japan

The objective of this study was to investigate anatomical correlates of effects of the psychological, physiological and neuroanatomical effects of BF on subjects with daily hassles. Subjects were assigned randomly to two groups, the intervention group and the control group. Subjects in the intervention group performed a NIRS biofeedback training (NBFT) task, and performed every day, for about 5 minutes an once a day. As a result, compared with the control group, the intervention group showed significantly increased regional gray matter volume (rGMV) of the right lateral orbitofrontal cortex and anatomical cluster that mainly included the left hippocampus, and showed significant improvements in psychological measures and salivary cortisol levels. Our BFT induced improvement of psychological factors, improvement of biological markers, and increase of rGMV in GM regions associated with stress response and this region that is most sensitive to the detrimental effects of stress generally.

1. はじめに

私たちは、日々さまざまなストレスにさらされながら暮らしている。ストレスには、私たちが意識しない程度のものから、自分だけでは対応できずに第三者の介入を必要とする程度のもので、その範囲は幅広い。私たちがストレスを感じた時は、不快や苛立ちなどの否定的感情を伴っていることが多い。また、ストレスの程度によっては、仕事や日常生活に支障をきたしてしまう場合もある。

ストレスの原因となるものはストレッサーと呼ばれる [Selye 36]。Lazarus と Folkman が提唱した心理学的ストレスモデルでは、ストレッサーは3つに大別され [Lazarus 84]、日常で頻繁に起こるごく小さなストレッサーはデイリー・ハッスルといわれる [Kanner 81, Lazarus 84]。デイリー・ハッスルは、個人の人生の上での急激な変化や大きな出来事から生じるストレッサー (ライフイベント) とは異なると指摘されている [Lazarus 84]。例えば、交通渋滞に巻き込まれたり、抱えている仕事が進まないなど、日々の些細な出来事に対する苛立ちの積み重ねであるため、それらが積もり積もった結果、適応性が低下したり、心身の健康状態に深刻な影響を与えるということが指摘されており [Cohen 95]、デイリー・ハッスルが心身の健康状態の予測指標として適していることも示唆されている [Lazarus 77, Kanner 81]。また、デイリー・ハッスルを持ちやすい傾向にある人 (デイリー・ハッスルズ) は、不健康と関連することが複数の研究結果から明らかとなっている [Lazarus 84, Delonghis 82, Segal 93]。

私たちは、ストレスを感じた時、その解消のために運動や旅行など自分なりの方法気分転換をし、その状態からの改善を図ることが多い。このような行動はストレス・コーピングと呼ばれる [Lazarus 84]。しかし、それらの方法の多くは、直面しているストレス反応そのものを解決するための行動 (問題焦点型コーピング) というよりも、問題によって引き起こされているストレス反応をなるべく早く解消するための行動 (情動焦点型コーピング) である。情動焦点型コーピングによってストレス反応は改善されるが、その効果は一時的なものであり持続しない。我々は、従来の一時的な効果をもたらすストレス対処法ではなく、一定の効果の持続が見込めるストレス対処法が必要だと考えた。

そこで本研究では、誰でも簡便に実施でき、かつ効果が得られるようなストレス対処支援ツールの開発を最終目標とし、その足掛かりとして、バイオフィードバックに着目した。バイオフィードバックとは、通常知覚できない、あるいは知覚が困難な生理活動の状態を工学的手段を用いて生体信号の情報を取り込むことによって検出し、その情報を知覚できるようにフィードバックし、トレーニングすることによってその生理活動の随意制御を可能とする技法であり、意識的に制御することを訓練する。本研究では、我々のグループが開発した超小型近赤外光計測装置 (near-infrared spectroscopy, NIRS), 1chNIRS (図1) に着目し、脳血流と心拍数の生体情報を視覚的にフィードバックする、バイオフィードバック課題を用いて、自身の生理状態を制御することをトレーニングを一定期間実施することによって、ストレス反応が軽減されるか、および脳形態への影響について検討した。

2. 実験方法

2.1 実験参加者

本研究は、ランダム化比較試験であった。被験者の募集は、新聞の折り込み広告を用いて行い、30名の健康な一般人男性が研究に参加した(年齢: 23-53歳)。被験者は、コンピュータを用いて無作為に2群(介入群とコントロール群、各15名ずつ)に分けられた。

本研究は、生活介入を開始する前の検査(介入前検査)、28日間の生活介入期間、生活介入終了後の検査(介入後検査)で構成されていた(図2)。介入前検査では、全被験者の脳形態、心理検査、唾液中コルチゾール濃度の各種検査を実施した。その後、介入群には、28日間のバイオフィードバック介入を実施した。一方、コントロール群は、28日間の介入期間は無介入であり、普段通りの生活で過ごしてもらった。どちらの群も、28日間の介入期間が終了後、介入前の検査と同じ内容の検査を再度実施した。なお、本研究は、ヘルシンキ宣言および東北大学大学院医学系研究科倫理委員会の承認のもと、実験参加者のインフォームド・コンセントによる同意を得て実施した。



図1 超小型近赤外光計測装

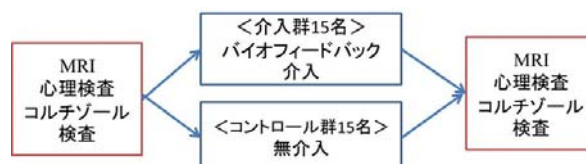


図2 実験デザイン

2.2 バイオフィードバック介入

介入群に割り当てられた被験者は、28日間の生活介入期間中、自宅で1日1回、約10分のNIRSバイオフィードバックトレーニング(NIRS biofeedback training, NBFT)を実施した。BFTとは、1chNIRSから得られる脳血流と心拍数の生体信号を利用したバイオフィードバック課題を使ったトレーニングである。BFTで使用する装置は、1chNIRS、生体情報を被験者にフィードバックするためのノートパソコン、および1chNIRSからノートパソコンに生体情報を送るためのZigBeeによって構成されていた(図3)。被験者は、自宅でのバイオフィードバック介入に入る前に、実験者から装置の起動方法やトレーニングについての説明を受け、各自装置を自宅に持ち帰って実施した。

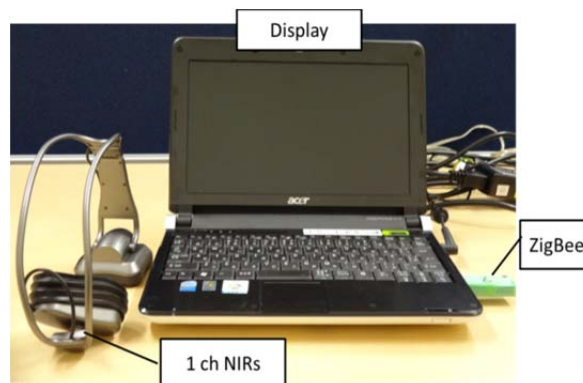


図3 バイオフィードバックトレーニング装置

1chNIRSのプロローブは、先行研究[Lane 97, Ochsner 04, McCaig 11]と予備実験の結果から、前頭極(frontal pole, Brodmann area [BA] 10)に配置した。前頭極は、感情制御に関連すると言われている[Damasio 94, Lane 97, Ochsner 04, McCaig 11]。この部分がトレーニングされることによって、過剰な情動を抑え、理性を保てるようになれば、デイリー・ハラスルも低減されるのではないかと考えられる。その後、キャリブレーションを行い、生体情報が測定可能となったら、バイオフィードバック課題が始まる。課題は、脳血流をコントロールする課題2回と心拍数をコントロールする課題2回で構成されている。被験者は、各課題において、画面上の青いエリアにターゲットを入れるように求められ、暗算や昨日の出来事などを思い出すなど、何らかの自分なりの方法でターゲットを操作した。一定時間青いエリアにターゲットが留まることができた場合、留まった時間に応じて得点が加算された(図4)。

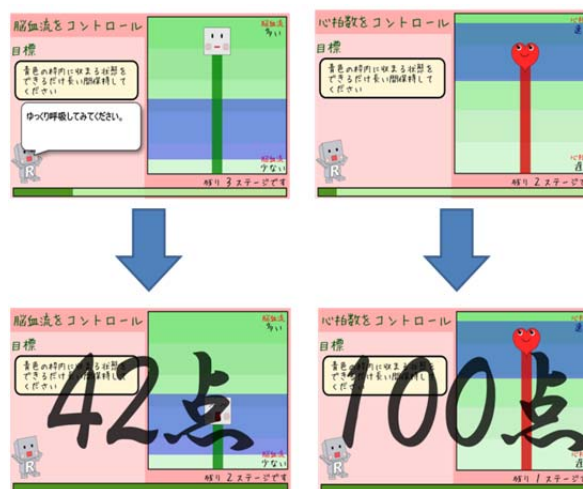


図4 バイオフィードバック課題

2.3 心理検査

介入前後の心理的評価として、以下の質問紙を用いた。

- CES-D (Center for Epidemiologic Studies Depression scale) 日本語版: 抑うつを測定するための尺度で、うつ病の主要症状に関する20項目から構成されており、得点が高いほど、抑うつが強いことを示す。うつ病罹患の可

能性を示す基準点(cut-off point)として、16点が設定されている[島85]。

- PANAS (Positive affect Negative Affect Scale) 日本語版: 陽性感情(Positive affect. 以下, PA), 陰性感情(Negative affect. 以下, NA)各8項目から構成される。得点が高いほど、その感情が高いことを示す[佐藤01]。

2.4 コルチゾール検査

介入前後の生理的評価として、唾液中コルチゾール濃度を測定した。コルチゾールは、副腎皮質ホルモンの1種であり、生体がストレスを受けると、視床下部-下垂体-副腎皮質系というストレス応答系の活動が高まり、コルチゾール濃度が上昇することが知られている [森本 04]。唾液の採取には唾液採取チューブを用い (Sarstedt, Germany)、唾液コルチゾールの日内変動を考慮し、午後4時に採取した。

2.5 脳形態画像・解析

介入前後の脳形態の変化を評価するため、脳形態画像を撮像した。脳形態データの収集は、3テスラMRIスキャナ (フィリップス社製, Intera Achieva) を用いた。撮像は、240 x 240 matrix, repetition time = 6.5 ms, echo time = 3ms, field of view = 24 cm, 162 slices, 1.0 mm slice thickness で行った。脳画像処理および解析は、SPM2 の拡張版である VBM2 ソフトウェアパッケージ、および SPM5 を用いた。

2.6 統計処理

心理データおよび唾液中コルチゾール濃度のデータの分析は、PASW statistical software package (ver. 18 for Windows; SPSS Inc., Chicago, IL, USA) を用いた。従属変数として介入前の得点と介入後の得点の差、それぞれの心理検査の共変量として介入前検査の得点を用いて、共分散分析を行った。本研究では、NBFT の効果が有効であるかをエンドポイントとして定めたので、片側検定を採用した。統計的有意水準は、危険率 5% 未満とした。

3. 結果

介入群とコントロール群における双方の介入前後の心理検査の結果を表 1 に示す。介入群は、CES-D 得点がコントロール群よりも有意に改善した ($p < .05$)。また、介入群は、PANAS NA 得点でも有意に改善した ($p < .05$)。PANAS PA 得点では有意な差は認められなかった。

次に、コルチゾール検査の結果を表 2 に示す。介入群は、唾液中コルチゾール濃度がコントロール群よりも有意に改善した ($p < .05$)。

最後に、脳形態の結果を図 5 に示す。介入群において右眼窩前頭前野と左海馬および海馬周辺領域の灰白質量が有意に増加した。

4. 考察

本研究では、我々が開発した脳血流と心拍数の生体情報を使ったバイオフィードバック装置を用いて、自身の生理的状態を制御するトレーニングを一定期間実施することによって、ストレス反応が軽減されるか、および、脳形態への影響について検討した。その結果、NBFT を 28 日間行うことにより、うつやストレス反応が改善し、ストレスと関連がある脳部位である眼窩前頭前野と左海馬の灰白質量が増加した。

介入群の心理検査の得点や唾液中コルチゾール濃度が改善されたことは、28 日間の NBFT を実施したことによって、ストレスを感じても自分の中でうまくコントロールし、対処する能力が身についた結果、ストレス反応が下がった結果が反映されたと考え

	介入群		コントロール群		P値
	介入前	介入後	介入前	介入後	
CES-D	8.13±6.62	7.07±6.87	11.07±6.91	14.73±12.65	0.039*
PANAS PA	27.13±5.07	26.87±5.74	20.33±7.24	22.07±8.22	0.267
PANAS NA	19.20±7.58	16.87±7.21	16.47±7.21	18.60±7.59	0.020*

表 1 CES-D と PANAS の介入前後の得点変化

	介入群		コントロール群		P値
	介入前	介入後	介入前	介入後	
唾液中コルチゾール濃度 (pmol/ml)	4.14±3.48	2.18±2.69	4.04±4.52	5.43±5.05	0.026*

表 2 唾液中コルチゾール濃度の介入前後の変化

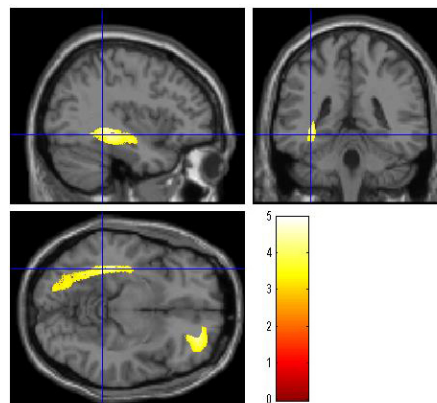


図 5 介入群において介入後に灰白質量が増加した脳部位

られる。一方、眼窩前頭前野と左海馬の灰白質量の有意な増加については、デイリー・ハッスルによって弱くなっていたこれらの部分の機能が、NBFT を行ったことによって鍛えられたということが考えられる。しかしながら、バイオフィードバック課題の生体信号を取っていた前頭極の灰白質量の変化については、有意な増加が見られなかった。そのため、脳形態の結果については、今後さらに詳細に検討していく必要がある。

謝 辞

本研究は、文部科学省科学研究費補助金基盤研究(B) (KAKENHI 23650103)、および、日立製作所共同研究の援助を受けた。

参考文献

- [Cohen 95] Cohen, S., Kessler, R.C., and Gordon, L.U.: Strategies for measuring stress in studies of psychiatric and physical disorders. In Cohen, S., Kessler, R.C., Gordon, L.U., eds. Measuring stress: a guide for health and social scientists. New York: Oxford University Press (1995)
- [Damasio 94] Damasio, H., Grabowski, T., Frank, R., Galaburda, M., and Damasio, A. R.: The return of Phineas Gage: Clues about the brain from the skull of a famous patient. *Science*. Vol. 264, pp. 1102-1105 (1994)
- [Delonghis 82] Delonghis, A., Coyne, J.C., Dakof, G., Folkman, S., and Lazarus, R.S.: The impact of daily hassles, uplifts and

- major life events to health status. *Journal of Personality and Social Psychology*. Vol. 54, No. 3, pp. 486-495 (1988)
- [Kanner 81] Kanner, A.D., Coyne, J.C., Schafer, C., and Lazarus, R. S.: Comparison of two models of stress measurement: Daily hassles and uplifts versus major life events. *Journal of Behavioral Medicine*, Vol. 4, No. 4, pp. 1-39 (1981)
- [Lane 97] Lane, R.D., Fink, G.R., Chau, P.M., Dolan, R.J.: Neural activation during selective attention to subjective emotional responses. *NeuroReport*. Vol. 8, No. 18, pp. 3969-3972 (1997)
- [Lazarus 77] Lazarus, R. S., and Cohen, J.B.: Environmental Stress. In Attman, I., and Wohlwill, J.F. (Eds.) *Human Behavior and Environment, Current Theory and Research*, 2, New York: Plenum (1977)
- [Lazarus 84] Lazarus, R.S. and Folkman, S.: *Stress, appraisal, and coping*. New York: Springer (1984)
- [McCaig 11] McCaig, R.G., Dixon, M., Keramatian, K., Liu, I., Christoff, K.: Improved modulation of rostralateral prefrontal cortex using real-time fMRI training and meta-cognitive awareness. *Neuroimage*. Vol. 55, No. 3, pp. 1298-1305 (2011)
- [Ochsner 04] Ochsner, K.N., Ray, R.D., Cooper, J.C., Robertson, E.R., Chopra, S., Gabrieli, J.D., and Gross, J.J.: For better or for worse: neural systems supporting the cognitive down- and up-regulation of negative emotion. *Neuroimage*. Vol. 23, No. 2, pp. 483-499 (2004)
- [Segal 93] Segal, S.P., VanderVoort, D.J.: Daily hassles and health among persons with severe mental disabilities. *Psychosocial Rehabilitation journal*, Vol. 16, No. 3, pp. 27-40 (1997)
- [Selye 36] Selye, H.: A syndrome produced by diverse nocuous agents. *Nature*, Vol. 138, No. 3479, pp. 32 (1936)
- [佐藤 01] 佐藤 徳, 安田 朝子. 日本語版 PANAS の作成. 性格心理学研究. Vol. 9, No. 2, pp. 138-139 (2001)
- [島 85] 島 悟, 鹿野達男, 北村俊則, 浅井昌弘. 新しい抑うつ性自己評価尺度について. 精神医学, Vol. 27, pp. 717-723 (1985)
- [森本 04] 森本兼曩, 戸田雅裕, 一色百合子. 内分泌学的ストレス反応評価—コルチゾール・クロモグラニン A 唾液測定系—. 産業ストレス研究, Vol. 11, pp. 205-209 (2004)