

マインドフルネス瞑想トレーニングによるストレス低減効果 —心拍変動解析による検討—

Stress reduction effects of mindfulness meditation —Examination by heart rate variability analysis—

近藤 樹[†], 橋本直美[†], 嶋田 総太郎[‡]

Itsuki Kondo, Naomi Hashimoto, Sotaro Shimada

[†] 明治大学大学院理工学研究科, [‡] 明治大学理工学部

[†] Graduate School of Science and Technology, Meiji University,

[‡] School of Science and Technology, Meiji University

ce221033@meiji.ac.jp

概要

近年, マインドフルネス瞑想によるストレスや不安の低減効果が注目されている. 本研究では, 客観的指標である心拍変動を用いて, 4週間のオンラインマインドフルネス瞑想トレーニングによるストレス低減効果を検証した. トレーニングは週1回のオンラインミーティングと毎日の瞑想訓練によって構成された. その結果, 統制群と比較して瞑想群ではストレス負荷時のストレスを感じにくくなることが示された.

キーワード: マインドフルネス瞑想, 心拍変動計測

1. 目的

近年, マインドフルネス瞑想による精神疾患や慢性疾患の改善効果が注目され[1], 医療や福祉の現場に限らず健康な成人においても, ストレスや不安の低減など様々な効果が報告されている[2]. また自宅等で行える非対面型のストレス低減法として, オンラインベースでのマインドフルネス瞑想プログラムやアプリが開発・検証されている. それらのオンライン瞑想アプリを用いた研究ではアンケート調査によってストレスや不安, うつに関するスコアが有意に減少したことが報告されている[3].

マインドフルネス瞑想によるストレス低減効果を調査した先行研究は, アンケート調査による主観的評価が多く, 客観的評価を用いた研究事例は少ない. また客観的評価を用いた研究では, マインドフルネス瞑想トレーニング後に安静状態の心拍やコルチゾールを測定し, 長期間にわたる瞑想トレーニング効果を検証している[4].

そこで本研究では瞑想経験前と4週間の瞑想経験後に測定を行い, ストレス負荷前からストレス負荷時, その後の瞑想まで一連の心拍の変化をみることで, 4週間のマインドフルネス瞑想トレーニングによる効果を主観的評価と客観的評価を用いて検証する.

2. 方法

2.1. 被験者

健康な24名の大学生が実験に参加した. 瞑想群12名(男性7名, 女性5名, 平均年齢: 20.9±1.6歳)と統制群12名(男性7名, 女性5名, 平均年齢: 20.8±1.1歳)にランダムに割り当てた.

2.2. 実験デザイン

実験は瞑想群, 統制群ともに図1に示す実験の流れに沿って行った.



図1 実験の流れ

2.2.1. 測定

測定は図2の流れに沿って行った. ストレス課題は先行研究[5]を参考に作成し, 1022から13を引き続ける暗算タスクを10分間行うこととした. 計算を間違えてしまった場合や制限時間(5s)以内に答えられなかった場合は, 再度1022に戻る仕組みにした. 主観的指標(アンケート)にはState-Trait Anxiety Inventory(STAI)を用い, 最初の安静後, ストレス課題後, 瞑想後に実施した. 客観的指標である心拍に関しては最初の安静時, ストレス課題時, 瞑想時, そして最後の安静時に測定した. なお, 実験において安静時を設けた理由は, ストレス課題前のwarming upという役割ではなく, ストレス課題時や瞑想時との比較対象にするためであった. また安静時には目を瞑ることで眠らないようにすることの2点のみを指示したのに対し, 瞑想時には呼

吸の瞑想の音源を聴きながら音声のアナウンス通りに呼吸に集中するよう指示した。



図2 測定の流れ

2.2.2. トレーニングプログラム

1回目の測定後、参加者は4週間のトレーニングプログラムに参加した。瞑想群はマインドフルネス瞑想トレーニングプログラムを、統制群は食事管理プログラム[6]を実施した。各群の毎週の課題を表1に示した。

2つのトレーニングプログラムはどちらも、「週1回のオンラインミーティングへの参加」と「毎週の課題」によって構成した。ミーティングでは、前週の振り返りと、その週に行うトレーニングの概要説明をした。瞑想群は各週の瞑想の課題を毎日実践した。統制群は各週の課題で指示されるストレスの解消に効果的な栄養素を毎日摂取し、1日の食事を振り返る食事管理日記を書いた。なお、瞑想の比較対照として食事管理プログラムを用いた理由は、毎日同程度の時間と集中度をもって、トレーニングに取り組むことができると考えたからである。

表1 各群の毎週の課題

	瞑想群	統制群
第1週目	呼吸の瞑想	カルシウム
第2週目	ボディスキヤン瞑想	トリプトファン
第3週目	歩行の瞑想	ビタミンB1
第4週目	慈悲の瞑想	ビタミンC

2.3. 測定方法

生体信号収録装置ポリメイト (Polymate Pocket MP208, Miyuki Giken, Japan) を使用して心拍の測定を行った。心拍を検出するために、ポリメイトに接続した小型 ACT 生体電極(D) (AP-C151(A)-015, Miyuki Giken, Japan) 及び小型 ACT 生体電極(RE) (AP-C153-015, Miyuki Giken, Japan) を皮膚に貼り付けた。またサンプリング周波数は1000Hzとした。

2.4. 解析方法

心拍変動解析には MATLAB (The MathWorks, Massachusetts, USA) を用いて、ECG 信号の R 波間隔の変化から瞬時心拍数(HR: Heart Rate)を算出した。さらにウェーブレット変換により時間周波数解析を行い、

低周波数(LF: 0.04-0.15Hz)と高周波数(HF: 0.15-0.4Hz)に分け、LF/HF 値を求めた。その後 HR 値及び LF/HF 値共に、最初の安静時(=1)に対する比率をストレス課題時、瞑想時、最後の安静時において算出し、両群それぞれの測定中の HR 比率及び LF/HF 比率を求めた。

3. 結果

3.1. アンケートスコア

グループ(瞑想群および統制群)を被験者間因子、フェーズ(最初の安静後、ストレス課題後、瞑想後)を被験者内因子、測定回数(測定1回目および測定2回目)を被験者内因子とした3要因分散分析の結果、測定中の STAI-state において、フェーズと測定回数で交互作用が有意であった ($F(2,44) = 5.782, p = 0.006, \eta^2 = 0.021$)。Tukey の HSD 検定の結果、ストレス課題後及び瞑想後において測定1回目と測定2回目に有意差があった(ストレス課題後: $HSD < 8.583, r = 0.638$, 瞑想後: $HSD < 3.75, r = 0.555$)。また測定1回目では、最初の安静後とストレス課題後 ($HSD < 12.33, r = 0.782$)、ストレス課題後と瞑想後 ($HSD < 12.25, r = 0.841$) において有意差があった。さらに測定2回目では、最初の安静後とストレス課題後 ($HSD < 5.458, r = 0.500$)、ストレス課題後と瞑想後 ($HSD < 7.417, r = 0.708$) において有意差があった。両群の測定1,2回目における STAI-state の各スコアを図3に示した。

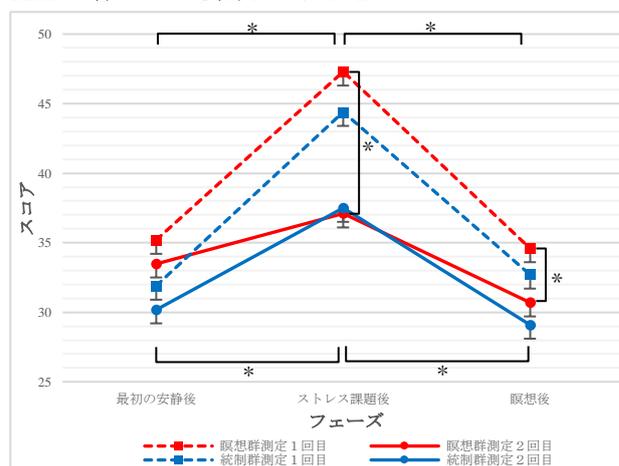


図3 STAI-stateの結果 (*: $p < 0.05$)

3.2. HR 比率

HR 比率に対して3要因分散分析を行った結果、交互作用は有意でなかったが、フェーズの有意な主効果があった ($F(2,34) = 26.93, p < 0.001, \eta^2 = 0.256$)。Tukey の HSD 検定より、ストレス課題時と瞑想時 ($HSD <$

0.069, $r=0.599$), ストレス課題時と最後の安静時 ($HSD < 0.095, r=0.740$), 瞑想時と最後の安静時 ($HSD < 0.026, r = 0.455$) で有意差があった. また交互作用及び単純主効果の検定で, 測定 2 回目におけるグループ間に有意な傾向が見られた (交互作用 : $F(1,17)=3.104, p=0.096$, 単純主効果の検定 : $F(1,34)=3.111, p=0.087$). 両群の測定 1,2 回目の各 HR 比率を図 4 に示した.

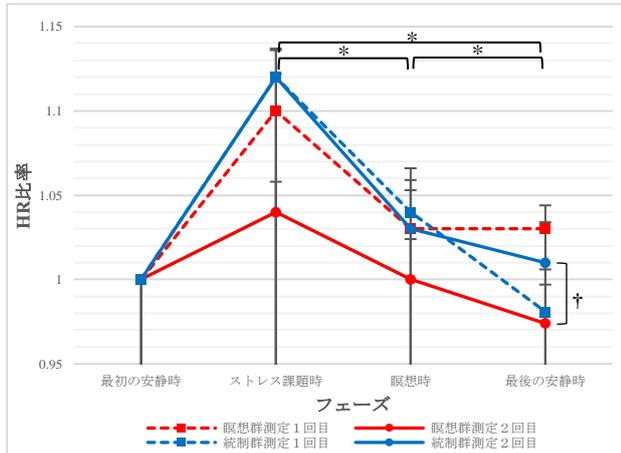


図 4 HR 比率の結果 (* : $p < 0.05$, † : $p < 0.1$)

3.3. LF/HF 比率

LF/HF 比率に対して 3 要因分散分析を行った結果, グループと測定回数で交互作用が有意であった ($F(1,17) = 7.773, p = 0.013, \eta^2 = 0.082$). 単純主効果の検定の結果, 測定2回目のグループ間に有意差があった ($F(1,34) = 11.70, p = 0.002$). 両群の測定 1,2 回目の各 LF/HF 比率における 3 要因分散分析の結果を図 5 (a) に示した.

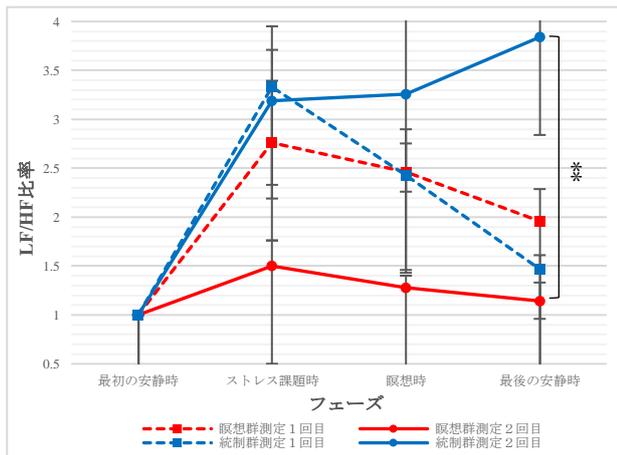


図 5 (a) LF/HF 比率における 3 要因分散分析結果 (** : $p < 0.01$)

また両群の測定 1,2 回目でのストレス課題時, 瞑想時及び最後の安静時において, 最初の安静時(=1)より大きくなったかを調べた. その結果, 瞑想群の測定 1

回目はストレス課題時, 瞑想時及び最後の安静時の全てにおいて有意差があった (ストレス課題時 : $t(8) = 2.778, p = 0.024, r = 0.701$, 瞑想時 : $t(8) = 3.320, p = 0.011, r = 0.761$, 最後の安静時 : $t(8) = 2.948, p = 0.018, r = 0.722$). 瞑想群の測定 2 回目では瞑想時において有意差があったが, ストレス課題時及び最後の安静時において有意差がなかった (ストレス課題時 : $t(8) = 1.903, p = 0.094, r = 0.558$, 瞑想時 : $t(8) = 2.324, p = 0.049, r = 0.635$, 最後の安静時 : $t(8) = 0.739, p = 1.860, r = 0.253$). 瞑想群の測定 1,2 回目の各 LF/HF 比率における最初の安静時(=1)との t 検定の結果を図 5 (b) に示した.

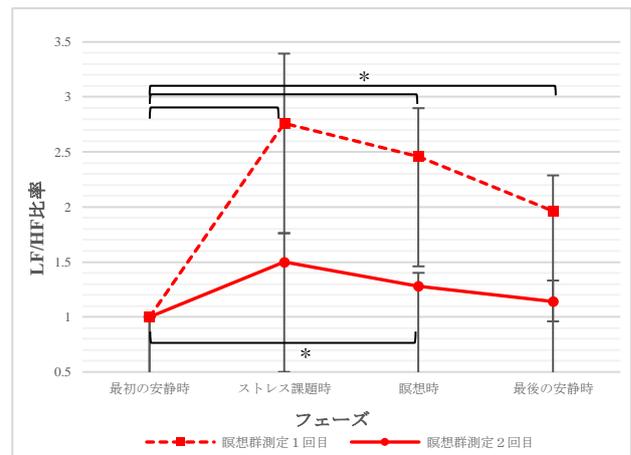


図 5 (b) LF/HF 比率における最初の安静時(=1)との t 検定の結果 (瞑想群) (* : $p < 0.05$)

統制群については, 測定 1 回目はストレス課題時, 瞑想時及び最後の安静時の全てにおいて有意差があった (ストレス課題時 : $t(8) = 3.751, p < 0.01, r = 0.781$, 瞑想時 : $t(8) = 4.439, p < 0.01, r = 0.829$, 最後の安静時 : $t(8) = 3.358, p < 0.01, r = 0.746$). 測定 2 回目も同様にストレス課題時, 瞑想時及び最後の安静時の全てにおいて有意差があった (ストレス課題時 : $t(8) = 4.213, p < 0.01, r = 0.815$, 瞑想時 : $t(8) = 2.561, p = 0.031, r = 0.649$, 最後の安静時 : $t(8) = 2.730, p = 0.023, r = 0.673$). 統制群の測定 1,2 回目の各 LF/HF 比率における最初の安静時(=1)との t 検定の結果を図 5 (c) に示した.

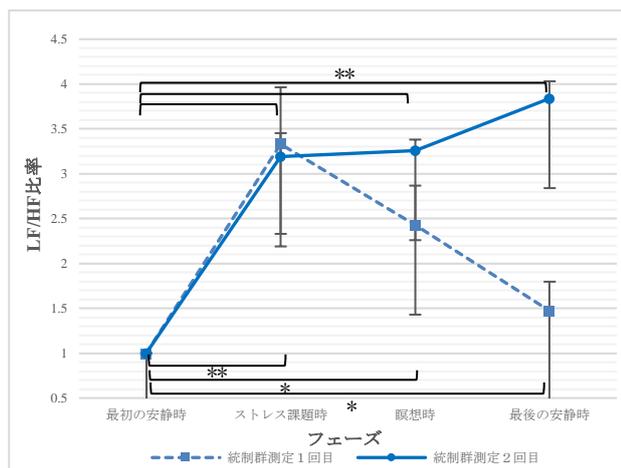


図5(c) LF/HF比率における
最初の安静時(=1)とのt検定の結果(統制群)
(* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$)

4. 考察

4.1. STAI-state における考察

STAI-state において、測定1回目も測定2回目もストレス課題後に比べ瞑想後で有意に減少した(図3)。先行研究より、瞑想トレーニングによってSTAI-stateのスコアが有意に減少することが報告されている[7]。この結果から主観的評価において、瞑想初心者及び瞑想経験者共に、ストレス課題によってストレスが増加し、その直後に瞑想をすることでストレスが低減することが示唆された。

またストレス課題後において、測定2回目のスコアが測定1回目に比べ有意に小さくなった(図3)。したがって、ストレス課題によるストレス負荷具合がトレーニングの前後で変化し、ストレス耐性効果が表れたことが示唆された。加えて、瞑想後においても、測定2回目のスコアが測定1回目に比べ有意に下がった(図3)。被験者は測定2回目でも測定1回目と同様の実験をすることを知らされていたために、最初の安静後に比べ瞑想後でストレスから解消されたことが原因でスコアに影響を及ぼし、測定1回目と差が出たと考えられる。また別の見解として、STAI-stateのスコアの一連の変化に注目すると、ストレス課題後において測定1回目より測定2回目の方が有意に小さくなり、その状態から測定1回目同様、測定2回目でも瞑想によるストレス低減効果が表れたことで、瞑想後における測定1回目と測定2回目の間で有意差が出たとも考えられる。

4.2. HR 比率における考察

HR 比率において、測定1回目も2回目もストレス課題時に比べ瞑想時で有意に減少した(図4)。先行研究より、ストレス負荷時にHRが有意に高くなることが報告されている[5]。したがって、客観的評価において、ストレス課題によってストレスが負荷され、その直後に瞑想をすることでストレスが低減することが示唆された。

4.3. LF/HF 比率における考察

測定2回目では統制群より瞑想群の方がLF/HF比率が有意に低くなった(図5(a))。また両群の測定1,2回目でのストレス課題時、瞑想時及び最後の安静時において、最初の安静時(=1)とのt検定を行った結果、瞑想群の測定2回目のみ、ストレス課題時及び最後の安静時で有意差がなかった(図5(b)(c))。先行研究では、心拍変動解析により算出したLF/HFがストレスレベルの評価に関連していることが報告されている[8]。測定1回目では両群共にストレス課題によりストレスを大きく受けているが、測定2回目の瞑想群は統制群と比較すると、LF/HF比率の上昇が大幅に抑えられていることが読み取れる。以上のことから、本研究で使用した4週間のマインドフルネス瞑想プログラムは、ストレス低減効果を高め、生理的なストレス変化を起きにくくすることが示唆された。

4.4. HR と LF/HF の比較における考察

本研究では、客観的指標として先行研究[5,8]でもストレス評価の際に使用されているHR及びLF/HFを用いてマインドフルネス瞑想の効果を検討した。自律神経系には、交感神経系と副交感神経系があり、HRとLF/HFはどちらも自律神経系の活動の指標とされる。HRは交感神経系が賦活すると上がり、副交感神経系が賦活すると下がる。LF/HFは交感神経と副交感神経のバランスを表すストレス指標であり、HF成分は副交感神経活動に影響を受け、LF成分は交感神経と副交感神経の両方の活動に影響を受ける。

今回測定した心拍変動から算出したHR比率とLF/HF比率の結果について比較する。HR比率ではストレス課題時と瞑想時、及び瞑想時と最後の安静時で有意差が見られたが(図4)、LF/HF比率では見られなかった(図5)。これらの結果について、HRはECG信号の1分間におけるR波間隔の数から算出するのに対し、

LF/HF は心拍変動から周波数成分を算出して求めるといった計算方法の違い (2.4 参照) から結果に違いが生じたことが原因と考える。一方、瞑想群の測定 1 回目と測定 2 回目の間においては HR 比率で有意傾向 (図 4), LF/HF 比率で有意差が見られた (図 5)。本研究で行った瞑想トレーニングは 4 週間で、先行研究に比べると比較的短期間のトレーニングであった [9]。したがって、より長期的に行うことができれば、HR 比率においても更なるトレーニング効果が表れると考える。

5. 結論

本実験では、客観的指標である心拍変動を用いて、4 週間のオンラインマインドフルネス瞑想トレーニングによるストレス低減効果を検証した。その結果、主観的評価と客観的評価共に、瞑想トレーニングはストレス低減効果を高め、生理的なストレス変化を起きにくくすることが示唆された。ストレス負荷前からストレス負荷時、その後の瞑想まで一連の心拍の変化をみることで、ストレス耐性効果やストレス負荷状態後のマインドフルネス瞑想によるストレス低減効果を実際に生理的に示したことが本研究の新たな発見といえる。今後、脳波や呼吸など心拍変動以外の生理指標を用いて、更なるトレーニングの有効性を検証していく必要があると考える。

6. 参考文献

- [1] Wahbeh, H. (2018). "Internet Mindfulness Meditation Intervention (IMMI) Improves Depression Symptoms in Older Adults", *Medicines (Basel)*, 5(4), 119.
- [2] Lemay, V., Hoolahan, J., & Buchanan, A. (2019) "Impact of a Yoga and Meditation Intervention on Students' Stress and Anxiety Levels", *Am J Pharm Educ*, 83(5), 7001.
- [3] Lahtinen, O., Aaltonen, J., Kaakinen, J., Franklin, L., & Hyönä, J. (2021). "The effects of app-based mindfulness practice on the well-being of university students and staff", *Current psychology (New Brunswick, N.J.)*, 1–10, Advance online publication.
- [4] Brinkmann, A. E., Press, S. A., Helmert, E., Hautzinger, M., Khazan, I., & Vagedes, J. (2020) "Comparing Effectiveness of HRV-Biofeedback and Mindfulness for Workplace Stress Reduction: A Randomized Controlled Trial" *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 45(4), 307-322.
- [5] Yao, Z., Zhang, L., Jiang, C., Zhang, K., & Wu, J. (2016) "Stronger cortisol response to acute psychosocial stress is correlated with larger decrease in temporal sensitivity", *PeerJ*, 4
- [6] McCabe, D., Bednarz, J., Lockwood, C., & Barker, TH. (2020) "Specific Nutrient Intake Via Diet and/or Supplementation in Relation to Female Stress: A Cross-Sectional Study", *Womens Health Rep (New Rochelle)*, 1(1), 241-251.
- [7] La, Torre, G., Raffone, A., Peruzzo, M., Calabrese, L., Cocchiara, R., A., D'Egidio, V., Leggieri, PF., Dorelli, B., Zaffina, S., Mannocci, A., & Yomin, Collaborative, Group. (2020) "Yoga and Mindfulness as a Tool for Influencing Affectivity, Anxiety, Mental Health, and Stress among Healthcare Workers: Results of a Single-Arm Clinical Trial", *J Clin Med*, 9(4), 1037.
- [8] Von, Rosenberg, W., Chanwimalueang, T., Adjei, T., Jaffer, U., Goverdovsky, V., & Mandic, DP. (2017) "Resolving Ambiguities in the LF/HF Ratio: LF-HF Scatter Plots for the Categorization of Mental and Physical Stress from HRV", *Front Physiol*, 8, 360.
- [9] Younge, JO., Wery, MF., Gotink, RA., Utens, EM., Michels, M., Rizopoulos, D., van, Rossum, EF., Hunink, MG., Roos-Hesselink, JW. (2015) "Web-Based Mindfulness Intervention in Heart Disease: A Randomized Controlled Trial", *PLoS One*, 10(12), e0143843.