

# 心理的ストレスが心拍誘発電位に及ぼす影響

## Effect of Psychological Stress on Heartbeat Evoked Potential

菅生 大貴<sup>†</sup>, 都地 裕樹<sup>‡</sup>, 嶋田 総太郎<sup>††</sup>  
Daiki Sugo, Yuki Tsuji, Sotaro Shimada

<sup>†</sup> 明治大学大学院 理工学研究科, <sup>‡</sup> 明治大学 研究・知財戦略機構, <sup>††</sup> 明治大学 理工学部

<sup>†</sup> Graduate School of Science and Technology, Meiji University,

<sup>‡</sup> Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Properties, Meiji University,

<sup>††</sup> School of Science and Technology, Meiji University

<sup>†</sup> [ce231042@meiji.ac.jp](mailto:ce231042@meiji.ac.jp), <sup>‡</sup> [tsuji@meiji.ac.jp](mailto:tsuji@meiji.ac.jp), <sup>††</sup> [sshimada@meiji.ac.jp](mailto:sshimada@meiji.ac.jp)

### 概要

well-being とは「個人や社会が経験するポジティブな状態のことである」と世界保健機構は定義している。これは、人生への幸福感や満足度など一人ひとりによって異なる主観的な評価であるため、客観的かつ定量的に評価することが困難である。本研究では急性の心理的ストレスに曝された時の自律神経系の活動として心電図を、中枢神経系の活動として脳波を計測することで、well-being の客観的かつ定量的な指標を探索的に検討した。

### 1. 序論

世界保健機構は well-being を「個人や社会が経験するポジティブな状態のことである」と定義しており、さらに「健康と同様、日常生活の資源であり、社会的、経済的、環境的条件によって決定される」と説明している<sup>[1]</sup>。well-being には客観的な評価（財産や地位など）が伴う客観的 well-being と、主観的な体験による主観的 well-being がある。主観的 well-being は人生への幸福感や満足度など一人ひとり異なる主観的な評価であるため、客観的かつ定量的に評価することが困難である。そこで、本研究では心理的ストレスが人生への幸福感や満足度と関与していることから<sup>[2]</sup>、主観的 well-being の客観的な指標として心理的ストレスに着目した。

日本では死因の上位はがんや循環器系疾患であり、特に心血管疾患による死亡の一因として、不安を含む慢性的な心理社会的ストレスがある<sup>[3]</sup>。日常的に高負荷なストレスに曝されるとうつ病などの気分障害を引き起こすことが報告されていることから<sup>[4]</sup>、本研究では慢性的なストレスの主観的な指標として抑うつ尺度を測る BDI-II を採用した。

心理的なストレスを受けると交感神経系の活動が優位になることが知られている。ストレスは患者の心電図に対し不整脈を誘発し心室機能を低下させることが知られている<sup>[5]</sup>。心電図から心拍変動を求め時間周波数解析を行うことで交感神経系の活動を示す LF/HF 値

を求めることができる。LF/HF 値は、ストレス評価の指標として用いられる。

また、心臓の活動によって生じた脳波の電位変化は心拍誘発電位（Heartbeat Evoked Potential : HEP）と呼ばれ、心拍と脳波の相互作用を反映するためストレスの程度を反映する指標として注目されている。HEP は心室が電気的に興奮し収縮する際の R 波のピークの時刻を起点として脳波を加算平均して得られる事象関連電位である。この HEP はストレスホルモンであるコルチゾール投薬後、急速に振幅が変調することが報告されている<sup>[6]</sup>。

本研究では、主観的 well-being の客観的な指標として心理的ストレスに着目し、主観的な指標である抑うつ尺度を測るアンケート BDI-II と、心理的ストレスの生理的な指標である LF/HF 値を用いて、ストレスと HEP の関連を検討した。

### 2. 方法

#### 2.1. 被験者

本研究は、24名の被験者（男性：16名、女性：8名、年齢：22.2±0.87）が参加した。そのうち3名は、体動によるアーチファクトにより解析から除外した。

#### 2.2. 実験方法

被験者の心拍は、ワイヤレス生体計測アンプ（Polymate Pocket MP208, Miyuki Giken, Japan）を、脳波は生体計測アンプ（g.USBamp, g.tec Inc., Austria）を用いて計測した。心拍と脳波は実験中同時に計測した。被験者は椅子に座り5分間安静にした後、約10分間の暗算課題を行った。安静時は閉眼し楽な姿勢を取るよう教示した。暗算課題では1022から13を引き続けさせ、回答をその都度キーボードで入力するよう教示した。すべての被験者は実験の前に質問紙 BDI-II を回答した。

## 2.3. 解析方法

### 2.3.1. 心拍変動

計測した心電図から R 波間隔を算出した。時間周波数解析を行うためウェーブレット変換をし、0.04~0.15 [Hz] の低周波成分である LF と 0.15~0.40 [Hz] の高周波成分である HF を算出し、LF/HF 値を求めた。LF/HF 値を用いて被験者のストレスを評価した。

### 2.3.2. 脳波

計測した脳波データに独立成分分析を行うことで眼電由来のアーチファクトを除去し、24Hz のハイカットフィルタをかけた。心電図の R 波に由来する HEP の波形を得るために、R 波のピーク時刻の -300~1000 [ms] を一つのエポックとし測定中の全てのエポックを加算平均し HEP を得た。本研究の HEP 解析区間を、ECG 由来のアーチファクトの影響が十分に小さくなる R 波後の 400 [ms] 以降<sup>5)</sup>に設定した。さらに、心周期における機能が異なるため、R 波から 400~500 [ms] と 500~600 [ms] で、解析区間を分けた。

### 2.3.3. 相関解析

LF/HF 値と HEP の平均振幅の値、BDI-II のスコアと HEP の平均振幅の相関係数を求めた。LF/HF 値、HEP 平均振幅、アンケートスコア全てにおいて正規性が認められなかったため、スピアマンの順位相関を用いた。

## 3. 結果

### 3.1. LF/HF 値と HEP

相関解析の結果、安静時と暗算課題時に、R 波から 400~500 [ms] において有意な相関が見られた。安静時では F3, FC4, FT8, Cz, C4, T8, CPz, CP4, TP8, P3, P4, P8, POz で有意な負の相関が見られた (表 1, 図 1 (a) : TP8)。暗算課題時では O2 において有意な正の相関が見られた ( $r = 0.46$ ,  $p = 0.039$ , 図 1 (b))。

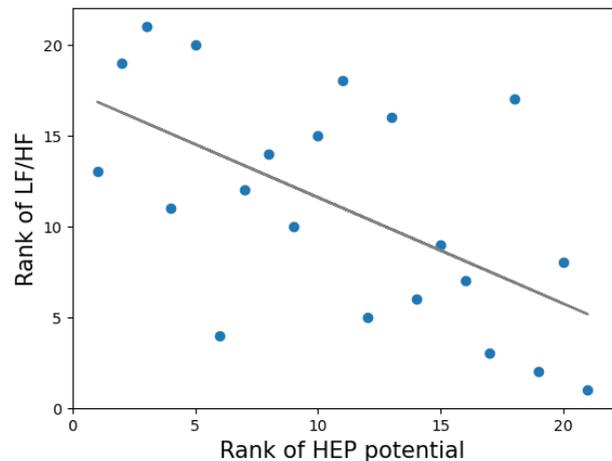
### 3.2. BDI-II と HEP

相関解析の結果、安静時と暗算課題時に、R 波から 500~600 [ms] において有意な正の相関が見られた。安静時では O2 において有意な正の相関が見られた ( $r = 0.48$ ,  $p = 0.027$ , 図 2 (a))。暗算課題時では T7, C3, TP7, CP3, TP8, P7, P3, P8, O1, O2 で有意な正の相関が見られた (表 2, 図 2 (b) : O2)。

表 1 安静時の LF/HF 値と HEP 平均振幅  
有意な相関が見られた ch, 相関係数, p 値

| ch  | $r$   | $p$   |
|-----|-------|-------|
| F3  | -0.46 | 0.035 |
| FC4 | -0.46 | 0.036 |
| FT8 | -0.67 | 0.001 |
| Cz  | -0.44 | 0.046 |
| C4  | -0.49 | 0.023 |
| T8  | -0.45 | 0.041 |
| CPz | -0.45 | 0.040 |
| CP4 | -0.55 | 0.010 |
| TP8 | -0.58 | 0.005 |
| P3  | -0.48 | 0.027 |
| P4  | -0.55 | 0.011 |
| P8  | -0.52 | 0.016 |
| Poz | -0.47 | 0.031 |

図 1 LF/HF 値と HEP 平均振幅の相関  
(a) 安静時 TP8



(b) 暗算課題時 O2

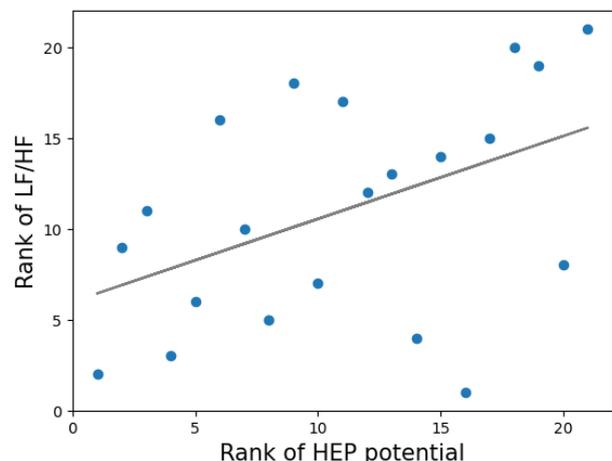
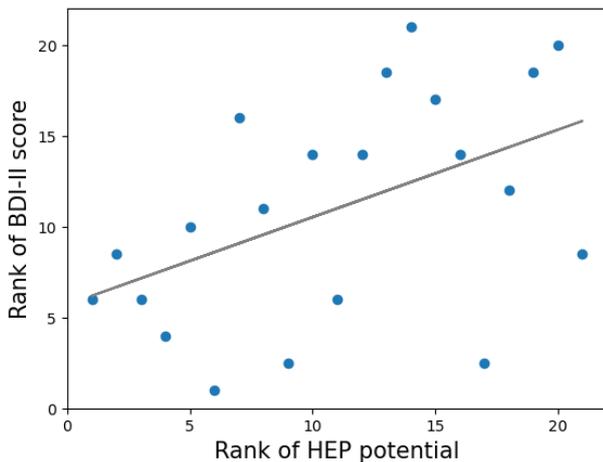


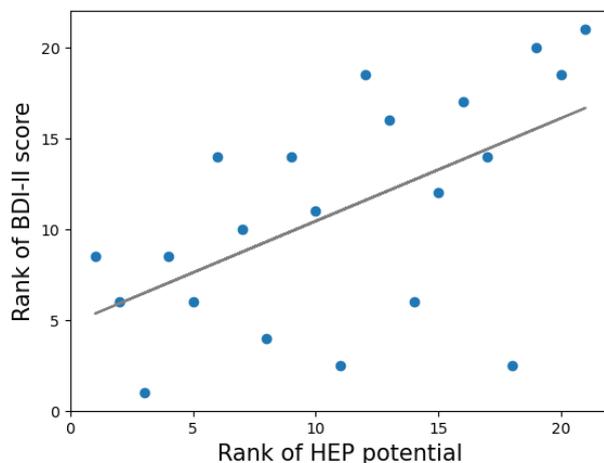
表2 暗算課題時のBDI-II scoreとHEP平均振幅  
有意な相関が見られたch, 相関係数, p値

| ch  | $r$  | $p$   |
|-----|------|-------|
| T7  | 0.59 | 0.005 |
| C3  | 0.48 | 0.028 |
| TP7 | 0.61 | 0.003 |
| CP3 | 0.44 | 0.046 |
| TP8 | 0.55 | 0.010 |
| P7  | 0.64 | 0.002 |
| P3  | 0.53 | 0.014 |
| P8  | 0.53 | 0.014 |
| O1  | 0.67 | 0.001 |
| O2  | 0.57 | 0.007 |

図2 BDI-II scoreとHEP平均振幅の相関  
(a) 安静時 O2



(b) 暗算課題時 O2



#### 4. 考察

本研究ではHEP平均振幅とストレスの指標であるLF/HF値、および抑うつ傾向の指標であるBDI-IIスコアとの関連を明らかにするために、それぞれの相関係数を求めた。

解析の結果、R波から400~500 [ms]のHEP平均振幅とLF/HF値に有意な相関が示され、安静時では正中線から右側頭部にかけてF3, FC4, FT8, Cz, C4, T8, CPz, CP4, TP8, P3, P4, P8, POzで負の相関が、暗算課題時ではO2において正の相関が見られた。Legazら(2022)<sup>17)</sup>は安静時のHEPとLF/HF値との間に有意な負の相関関係がみられたことを報告しており、これは本研究の安静時のHEPとLF/HF値に有意な負の相関関係がみられたことと一致する。LF/HF値はストレスの指標と考えられていることから本研究の結果は、安静時において、ストレスの程度が高いこととHEP平均振幅が減少することには関連があることを示唆している。R波から500~600 [ms]におけるHEP平均振幅とBDI-IIスコアでは有意な正の相関が示され、安静時にはO2において正の相関が、暗算課題時には主に左頭頂部から左側頭部にかけて正の相関が見られた。これらのことは、抑うつ傾向が強いこととHEP平均振幅が高いことに関連があることを示唆している。

HEPは、ストレスの指標として考えられているLF/HF値と被験者の抑うつ傾向を測る主観的な指標であるBDI-IIと関連があり、ストレスや人生へのネガティブな思いがHEPに反映されると考えられる。

本研究で、安静時にはLF/HF値とHEPの有意な相関を示したチャンネルと、暗算課題時には、BDI-IIスコアとHEPの有意な相関を示したチャンネルが異なった。安静時と暗算課題時でHEPとの有意な相関が見られた指標が異なることの一因として、被験者の注意が考えられる。注意は内部的注意と外部的注意に分類できることが知られている<sup>18)</sup>。内部的注意は意識的に記憶や思考に向ける注意を指し、外部的注意は感覚器官が受けた外部刺激に向けられた注意である。安静時にはリラックスするように被験者に求めたことから、被験者は内部的注意がはたらかず外部的注意が優位になり、生理的なストレス反応とHEPの振幅の関連が深まったと考えられる。暗算課題時には被験者に暗算をするように求めたことから、ワーキングメモリにアクセスするため内部的注意が優位となり、自身の置かれて

いる環境のストレス源には注意が向かず、それまでに自身が経験した慢性的ストレスと HEP の関連が深まったと考えられる。

客観的な指標である LF/HF 値との相関が見られる時間が、主観的な指標である BDI-II スコアとの相関が見られる時間よりも早い。このことから、人間が外部からの刺激を受けそれを認知する前に生理指標は変化していると考えられ、我々が認知できないような潜在的な事象も HEP をモニタリングすることで認識できると考えられる。

以上より、安静な状態下、さらには急性の心理的ストレス下における HEP は現在のストレスだけでなく、その人が持つ人生へのネガティブな思いとも関連している。そのため、HEP は主観的 well-being に関連する心理的ストレスの客観的かつ定量的な指標となる可能性が示された。

## 参考文献

- [1] World Health Organization. (2021). Health promotion glossary of terms 2021. World Health Organization.
- [2] Schwerdtfeger A., Gaisbachgrabner K. & Traummüller C. (2017). Life Satisfaction and Hemodynamic Reactivity to Mental Stress. *Annals of Behavioral Medicine*, 51(3), 464-469.
- [3] Krantz D S. & McCeney M K. (2002). Effects of psychological and social factors on organic disease: a critical assessment of research on coronary heart disease. *Annual review of psychology*, 53(1), 341-369.
- [4] Caspi A, Sugden K, Moffitt TE, Taylor A, Craig IW, Harrington H, McClay J, Mill J, Martin J, Braithwaite A, Poulton R. (2003). Influence of life stress on depression: moderation by a polymorphism in the 5-HTT gene. *Science*. 18;301(5631):386-9.
- [5] Gray MA, Taggart P, Sutton PM, Groves D, Holdright DR, Bradbury D, Brull D, Critchley HD. (2007). A cortical potential reflecting cardiac function. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 104(16), 6818-23.
- [6] Schulz A., Strelzyk F., Ferreira De Sá., D S., Naumann E., Vögele C. & Schächinger H. (2013). Cortisol rapidly affects amplitudes of heartbeat-evoked brain potentials—Implications for the contribution of stress to an altered perception of physical sensations? *Psychoneuroendocrinology*, 38(11), 2686–2693.
- [7] Legaz A, Yoris A, Sedeño L, Abrevaya S, Martorell M, Alifano F, García AM, Ibañez A. (2022). Heart-brain interactions during social and cognitive stress in hypertensive disease: A multidimensional approach. *Eur J Neurosci*. May;55(9-10):2836-2850.
- [8] Chun, M. M., Golomb, J. D., & Turk-Browne, N. B. (2011). A taxonomy of external and internal attention. *Annual review of psychology*, 62(1), 73-101.