

2022(R4 年度) 先端研究推進センター研究課題

生理心理学的研究における自律神経活動の指標として、モバイル型光学式容積脈波計測装置の利用可能性に関する検討

心理科学部 臨床心理学科 教授 百々尚美

## 研究の背景

脈拍変動から自律神経活動を評価するには心電図 (ECG : Electrocardiogram) を利用するのが一般的であるが、近年、簡便に評価する方法として光電式容積脈波記録法 (PPG : photoplethysmography) が注目を集めている。その背景には、光学式容積脈波計測装置を搭載したモバイルデバイスは、他のモバイル型心電図に比べて廉価であること、装着が簡便であること (腕時計のように装着して計測)、実験室の外でも測定が可能であること等が挙げられる。そのため、今後の自律神経活動に関する生理心理学的研究を推進するうえで、モバイル型光学式容積脈波計測装置は有望な機器と言え、その利用可能性を科学的に評価しておくことは重要である (科学的・社会的意義)。

現在、ECG と PPG のデータの一致率に関する研究が行われているが、運動負荷と測定する身体部位の違いに関する情報が多く、計測したデータが生理心理学的研究における自律神経活動の指標として利用できるか否かに関する情報は不足している。そこで自律神経活動を評価するゴールド・スタンダードな手法である ECG と、モバイル型光学式容積脈波計測装置による PPG とを同時計測して、測定データに対して自律神経活動を評価する解析 (ローレンツプロット解析) を用いて、その一致率を明らかにする。

本研究の目的は、モバイル型光学式容積脈波計測装置が自律神経活動を評価する測定機器として利用が可能であるのかを検証することである。

## 方法

### 実験参加者

健康な大学生、大学院生へ電子掲示板 (Google classroom) にて、実験協力への依頼文を掲示し実験参加者を募集した。実験への参加を希望し、説明後に同意の得られた参加者へは、実験を完遂したか否かにか

かわらず謝礼 (2000 円) を提供した。実験における分析対象者は 20 名 (男 9 名・女 11 名ずつ:  $24.25 \pm 7.81$  歳) であった。

#### 手続き

本研究では冷水課題 (CPT : cold pressor test) による自律神経系への影響を検討した。順応期 (浸漬する前)、CPT 期 (浸漬中)、回復期 (浸漬後) のそれぞれ 3 分間について、心電図から測定した心拍変動と、Polar® Verity Sense から測定した脈拍変動を比較した。CPT は、Dodo & Hashimoto (2017) に基づき、 $10^{\circ}\text{C}$  の冷水に、非利き手側の手首まで 3 分間つけてもらった。なお、手を浸すことができなくなった際は、いつでも中止できること、中止した場合でも本人の不利益につながらないこと (どの段階で実験中止の申し出があっても、謝礼は支払うこと) を実験前に必ず教示した。

#### 自律神経系の測定

脈波を測定するために Polar® Verity Sense は非利き手の前腕に装着し、Android 搭載モバイルデバイスにデータを保存した (MaP222A, ニホンサンテック株式会社)。また、心電図は、第 II 誘導に基づきディスポーザブル電極 (P-00-Sm/10・PPS-EDAm) 装着し、携帯型心電図アンプ (Polyam, ニホンサンテック株式会社製) にて測定した。測定された脈波、心電図はインプットモニタープログラム (MPL-IM, ニホンサンテック株式会社) を用いて AD 変換した。ローレンツプロット解析 (Toichi et al., 1997) を用いて測定した脈波、心電図から、それぞれ CVI (Cardiac Vagal Index)、CSI (Cardiac Sympathetic Index) を解析した。

#### 主観的評価

CPT 課題に対する主観的評価を検討するために、痛みに対する恐怖 (横田他, 2005) と、痛みに対する主観的評価 (Garra et al., 2010) を順応期の前と回復期の後に 2 回それぞれ測定した。

#### 結果

脈波と心電図から得られた自律神経系の指標 (脈波間隔と心拍間隔、CVI、CSI) について、位相 (順応期、CPT 期、回復期) を因子とした一元配置反復測定 ANOVA を実施した。その結果、位相の変化パターンは脈波と心電図のいずれの指標においても統計的にみても同様の結果を示していた (Table 1)。また、

脈波と心電図のそれぞれの指標の一致度を確認するために、Bland-Altman 解析と級内相関係数 (ICC: Intraclass correlation coefficient) を行ったその結果、脈波間隔と心拍間隔については固定誤差、比例誤差ともに認められず、ICC も非常に高かった。しかし、CVI と CSI には固定誤差の存在が認められ (CVI :  $t(59)=-7.80, p<.00$  ; CSI :  $t(59)=6.89, p<.00$ )、ICC も高いとはいえない結果であった (Figure 1)。

#### 考察

脈波と心電図に対してローレンツプロット解析によって得られた CVI と CSI には一定の固定誤差が認められた理由として、Polar Verity Sense の測定においてサンプリングレートが低かったことが起因していると考えられる。

※本研究は北海道医療大学先端研究推進センターの助成ならびに科研研究費補助金 (基盤研究 C 19K03291 : 代表・橋本竜作) を受けて実施された。

※本課題は論文投稿準備中である。

#### 引用文献

Dodo, N., & Hashimoto, R. (2017). The effect of anxiety sensitivity on psychological and biological variables during the cold pressor test. *Autonomic Neuroscience*. 2017, 72-76.

Garra, G., Singer, A. J., Taira, B. R., Chohan, J., Cardoz, H., Chisena, E., & Thode Jr, H. C. (2010). Validation of the Wong - Baker FACES pain rating scale in pediatric emergency department patients. *Academic Emergency Medicine*, 17(1), 50-54.

Toichi, M., Sugiura, T., Murai, T., Sengoku, A., 1997. A new method of assessing cardiac autonomic function and its comparison with spectral analysis and coefficient of Variation of R-R interval. *Autonomic Neuroscience*. 1997. 62, 79-84.

横田直正, 時村文秋, & 田中純一. (2005). 経験 慢性疼痛患者に対する簡易型マッギル疼痛質問表の信頼性. *整形・災害外科*, 48(6), 773-777.

Table 1. Autonomic nervous responses on ECG vs PPG.

	ECG			PPG		
	Rest	CPT	Recovery	Rest	CPT	Recovery
Mean	774.88 (96.00)	781.74 (98.19)	800.09 (100.30)	774.79 (96.00)	781.43 (96.70)	799.32 (99.73)
CVI	4.16 (0.26)	4.31 (0.29)	4.21 (0.20)	4.33 (0.25)	4.46 (0.28)	4.39 (0.22)
CSI	2.92 (0.70)	3.03 (0.86)	2.92 (0.79)	2.32 (0.81)	2.37 (0.73)	2.26 (0.57)

Note: Values mean RRI and PPI (Mean), cardiac vagal index (CVI) and cardiac sympathetic index (CSI) are expressed as mean (SD).

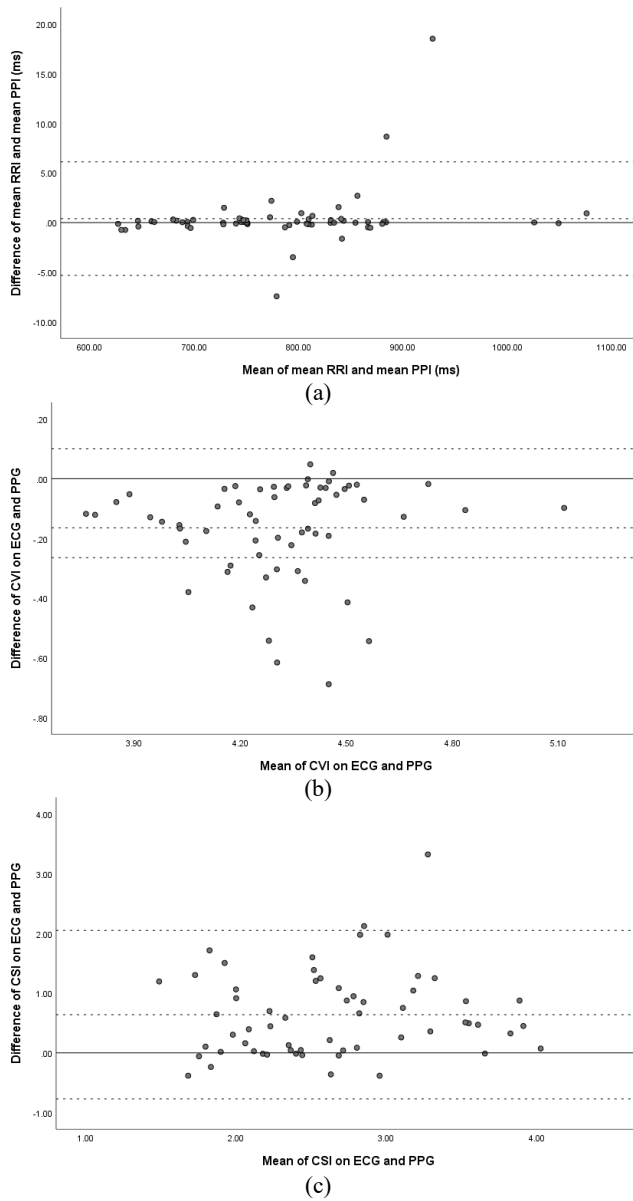


Figure 1. Aggregate data analysis results. Bland-Altman plots indicating mean bias scores and 95% limits of agreement (LoA) for the three sensor locations; (a) mean RRI and PPI (b) CVI (Cardiac Vagal Index) (c) CSI (Cardiac Sympathetic Index).