

〔実践研究〕

遠隔健康支援のためのダンスプログラムの効果測定：
ポアンカレプロットを用いた自律神経機能評価※

河野 喬¹・森木 吾郎¹・房野 真也¹・高田 康史¹・相川 貴裕¹・加地 信幸¹

Measuring the effectiveness of a dance program developed for telehealth:
Assessment of autonomic function by Poincaré plot

Takashi KAWANO, Goro MORIKI, Shinya BONO, Yasufumi TAKATA, Takahiro AIKAWA
and Nobuyuki KAJI

Abstract

Purpose: To evaluate the effects of the adapted sport “Adapted Dance” (AdD) on autonomic nervous system function in healthy elderly participants. **Methods:** Five elderly male and female subjects (74.4±2.7 years old) underwent AdD, heart rate variability (HRV) was evaluated during AdD, and Poincaré plots were created from RR interval data collected using a wearable device. Circular regions of the Poincaré plot ($S = \pi \times SD1 \times SD2$) can be used to assess autonomic activity. **Results:** Comparison of the circular area before ($S = 707.9 \pi \pm 554.8$) and after ($S = 1598.6 \pi \pm 1093.4$) the introduction of AdD showed that it was significantly larger ($p < .05$). **Conclusion:** AdD intervention in healthy elderly subjects improved relaxation before and after the intervention. The Poincaré plot evaluation, which can be measured noninvasively, appears to be useful for assessing autonomic function in the elderly. In addition, analysis based on data collected online may be useful for monitoring the health status of the elderly.

Keywords:

Adapted sports (アダプテッド・スポーツ), *dance* (ダンス), *Telehealth* (遠隔健康支援),
Wearable devices (ウェアラブル端末), *Poincaré plot* (ポアンカレプロット)

1. 序論

新型コロナウイルス感染症 (Novel Coronavirus Disease 2019; COVID-19) によって、集合型での健康支援が難しくなるなかで、感染リスクを抑えつ

つ交流や社会参加の機会を設ける必要性が指摘されている (木村他, 2020)。近年は、動画配信やビデオ会議アプリケーションを通して、自宅でインストラクターの指導を確認しながら運動をすることが可能となっており、こうしたICTを用いた

※ 本研究は、JSPS 科研費 JP21K02065 の助成を受けて行い、日本体育・スポーツ・健康学会 第 72 回大会 (順天堂大学) で報告したものを発展させたものである。

¹ 広島文化学園大学 人間健康学部 (Faculty of Human Health Science, Hiroshima Bunka Gakuen University)

運動介入によって、高齢者の身体活動時間及び活動量が増加することが報告されている (Kwan et al., 2020)。また、運動の内容については、レジスタンストレーニング、有酸素運動、ヨガなどについて実現可能性の検討が進んでおり (Beauchamp et al., 2021; Gothe, et al., 2022; Schwartz et al., 2021)、高齢者にとって使用しやすい機器の探索的研究が進められている (渡邊他, 2022)。しかし、これらの研究の多くは、ウェアラブルデバイスを用いた身体活動量や、満足度や楽しさ、抑うつ、健康関連Quality of lifeといった自記式アンケートに基づく主観的指標の測定である。河野他 (2021) が行った遠隔健康支援のために開発したアダプテッド・ダンスの効果測定においても、気分プロフィール検査によって負の気分状態 (怒り - 敵意) の低減、正の気分状態 (活気 - 活力, 友好) の向上を示したが、あくまでも自記式アンケート調査による分析を中心としており、ウェアラブルデバイスを用いて行った心拍変動 (Heart rate variability: HRV) におけるRR間隔検査のLF値 (Low frequency component: 低周波数成分) と、HF値 (High frequency component: 高周波数成分) の解析にも、呼吸との関連分析等の課題が残されていた (中川, 2016)。対象者と支援者がインターネット接続によって遠隔でもウェアラブルデバイスの測定データが共有でき、更に呼吸成分の影響を受けにくいポアンカレプロット (豊福他, 2007; 松本他, 2010; 三島, 2020) を用いた介入効果の測定は、COVID-19によって集合型での健康支援が難しい現在、有用である可能性がある。

2. 目的

本研究は、健康な高齢者を対象に、遠隔健康支援の観点から作成したアダプテッド・スポーツが自律神経機能に及ぼす影響を評価することを目的に行った。

3. 方法

(1) 対象者

地域在住高齢者 5 名 (男性 3 名, 女性 2 名, 74.4歳 ± 2.7年) を分析対象とした。運動の実施場所については、自宅と集会所の 2 種類を提案し、各対象者が希望する場所での実施とした。

(2) 運動内容

筆者らが開発した遠隔健康支援のためのアダプテッド・ダンス (河野他, 2021) を用いた。この内容は、(1) 足関節の背屈, (2) 足関節の底屈, (3) もも上げ, (4) 股関節の外転運動, (5) 上半身の運動, (6) 立ち座り, (7) サイドランジ, (8) 深呼吸, (9) 足踏み, (10) 肩の運動, (11) ファンクショナルリーチ, (12) 腕回し, (13) 深呼吸, によって構成されている (河野他, 2021)。

(3) 調査項目

1) バランス能力評価

実験中の転倒防止等の安全性を考慮し、実験前に対象者のバランス能力について、Short Form Berg Balance Scale (SFBBS) (Chou et al., 2006) を用いて測定した。SFBBSは、バランス能力を含めた包括的な身体機能の把握を行うことができる Berg Balance Scale (Berg et al., 1989) の短縮版であり、「椅子から立ち上がり動作」、「閉眼立位保持」、「上肢前方到達距離」、「床のものを拾う動作」、「肩越しの振り向き」、「タンデム立位 (継ぎ足保持)」、「片脚立位保持」の 7 項目について評価することができる。総得点は 28 点であり、転倒リスクのカットオフ値は 23 点とされている (Chou et al., 2006; 岡他, 2014)。

2) ポアンカレプロット面積法によるストレス評価

対象者がダンスに取り組んだときのリラックス状態ないし自律神経機能評価を行うために、非侵襲的かつ簡便にリラックス状態を定量的に評価できるという観点からHRVを計測した。HRVは、ダンス実施の15分前から計測を開始し、安静時、活

動時、活動後5分経過時点から15分間経過後までRR間隔検査モードで計測した。その後、RR間隔検査データをもとにポアンカレプロット（ローレンツプロット）（以下、PP）を描画した。PPは、視覚的にRR間隔の変動をとらえやすい特徴を有しており、横軸に n 番目のRR間隔、横軸に $n+1$ 番目のRR間隔をグラフ上に表示したものである。そのPPの分布を楕円として捉えることで、その円面積（ $S = \pi \times SD1 \times SD2$ ）によって、小さい場合にはストレスを受け続けている状態、大きい場合には安静時に近い状態として評価することができる（豊福他, 2007; 石田他, 2012; 多田他, 2021）(Figure 1)。これらの計測には、Polar V800 HR、及び胸部ベルトH10（Polar Japan）を用いた。

(4) 倫理的配慮

なお本研究は、広島文化学園大学人間健康学部

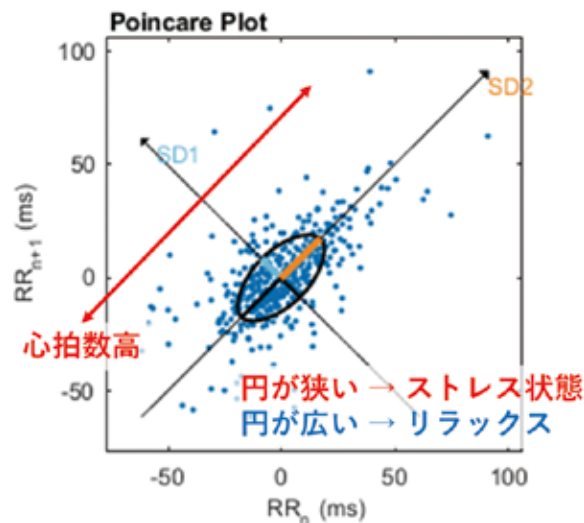


Figure 1 ポアンカレプロット面積法を用いたストレス評価の方法

研究倫理指針に則って計画し、人間健康学部研究倫理委員会の承認を得て行った（承認番号：HS-2022004）。事前に研究目的・方法・得られたデータの利用方法等を書面及び口頭で説明し、いつでも協力を辞めることができる旨を伝えた。その後、同意書への署名を行った対象者にも運動を提供した。

(5) 統計的処理

SFBBSの得点は、先行研究に基づきスコアリングを行い、平均値及び標準偏差を求めた。RR間隔検査データは、オンライン・サービスPolar FlowとPolar V800 HRの同期によって収集しPPの描画及び円面積の計算に使用した。介入前後の円面積 S の比較には、paired t -testを用いた。有意水準はそれぞれ5%未満とし、解析には無償の統計解析プログラムHAD version 17.206（清水, 2016）を使用した。PPの描画等には、Kubios HRV Premium 3.5.0を用いた。

4. 結果

(1) 対象者の状態

対象者の状態及びバランス能力測定の結果をTable 1に示す。SFBBSのスコアは、 25.2 ± 1.1 を示し、転倒リスクの少ない健康高齢者群であることを示した。5名のうち、3名が集会所、2名が自宅での計測を行った。

(2) ポアンカレプロット面積法によるストレス評価

介入前後のポアンカレプロットの円面積 S の変

Table 1 対象者の測定結果

	性別	年齢	バランス能力測定 (SFBBS, range 7-26)	測定場所	S (介入前)	S (介入後)
A	男性	76	26	自宅	1409.2	3774.7
B	女性	74	26	自宅	1161.3	2041.0
C	男性	70	26	集会所	926.9	5600.1
D	男性	75	24	集会所	5158.0	10698.1
E	女性	77	24	集会所	2458.6	2983.5

$$S = \pi \times SD1 \times SD2.$$

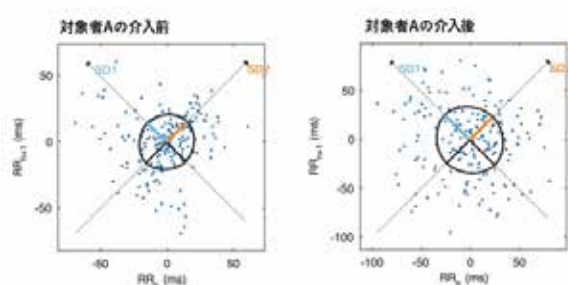


Figure 2-1 対象者Aの副交感神経活動評価

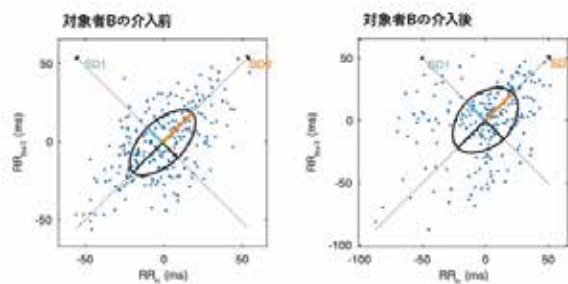


Figure 2-2 対象者Bの副交感神経活動評価

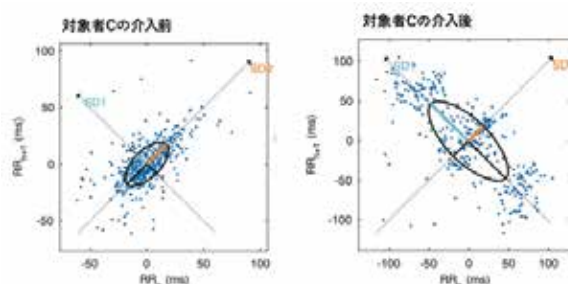


Figure 2-3 対象者Cの副交感神経活動評価

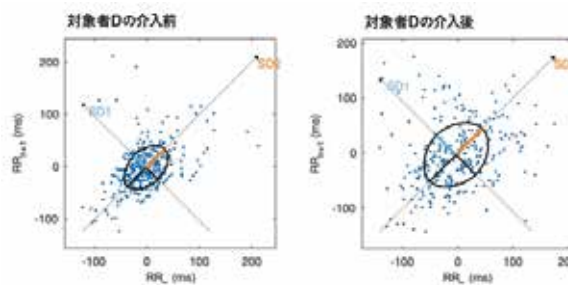


Figure 2-4 対象者Dの副交感神経活動評価

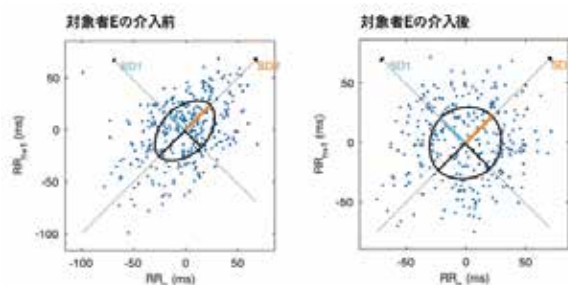


Figure 2-5 対象者Eの副交感神経活動評価

化は、Figure 2のとおりである。結果として、介入前後の S は有意な増加を示した ($p<.05$.)。 S の増加分について、自宅(対象者A・B)と集会所(対象者C・D・E)を実施場所で比較したが、有意差は示されなかった。

5. 考察

本稿では、ウェアラブルデバイスを用いた遠隔健康支援の観点から、ポアンカレプロット面積法による高齢者のストレス評価を行った。結果として、介入前後の円面積の優位な増加が見られ、リラクゼーション効果が観察された。

ポアンカレプロット面積法は、元々は心不全リスクのある者を発見するための視覚的ツールとして使用されていたが(Woo et al., 1992), SD1(副交感神経活動の指標)とSD2(交感神経活動の指標)の2つの指標を用いた自律神経機能評価が提案されて以降(Tulppo et al., 1996; Toichi et al., 1997), 臨床場面はもちろん、メタボリックシンドロームの予測(Stuckey et al., 2014), 労働現場や公共交通機関等のサービス評価等(原嶋他, 2021; 石田他, 2012)で幅広く用いられており、その信頼性も評価されている(Rahman et al., 2018)。近年、分析に用いられるRR間隔測定値が簡便に収集できるウェアラブルデバイスの発展と併せて(Büzás et al., 2022), 運動・スポーツないし中長期的な健康支援のモニタリングにおいても、有用な技術・分析方法であると考えられる。

本研究では、対象者の自宅か地域の集会所といった任意の場所での運動介入を行った。自律神経機能評価の結果において、実施場所での有意差がなかったことは、集合型での運動教室がむずかしい現在において、有用なプログラムであること

Table 2 介入前後における自律神経機能評価の得点比較 ($N=5$)

	Pre		Post		p -value
S	2222.8	\pm 1742.1	5019.5	\pm 3433.3	0.049 *

Mean \pm SD, $S = \pi \times SD1 \times SD2$, *: $p<.05$.

を示すものと考えられる。また、各自宅でアダプテッド・ダンスを実践した際の測定データを、ウェアラブルデバイスのオンライン・サービスを介して収集して分析に用いたことは、感染症対策や地域特性によって外出が難しい高齢者においても、中・長期的な健康状態のモニタリングを可能とする介入方法であり、心拍変動による自律神経機能評価は、健康な高齢者だけでなく、自己申告が難しい認知症高齢者及び知的障害児・者への介入評価についても有用であるものと考えられる。但し、機器の使用方法やトラブルへの対応等、高齢者や障害者に配慮した支援を要するといった課題が残されている。

6. 結論

本研究は、健康な高齢者を対象に、遠隔健康支援の観点から作成したアダプテッド・ダンスが自律神経機能に及ぼす影響を評価することを目的に行った。ウェアラブルデバイスを介して心拍変動の分析を行った結果、アダプテッド・ダンスが高齢者のリラクゼーションに効果があることが示された。

謝辞

本研究は、JSPS科研費JP21K02065の助成の成果の一つである。実験にご協力いただいた皆様に、深く感謝を申し上げる。

参考文献

- 1) 木村美也子, 尾島俊之, 近藤克則 (2020). 新型コロナウイルス感染症流行下での高齢者の生活への示唆: JAGES 研究の知見から. *日本健康開発雑誌*, 41, 3-13.
- 2) Kwan, R. Y. C., Salihu, D., Lee, P. H., Tse, M., Cheung, D. S. K., Roopsawang, I., & Choi, K. S. (2020). The effect of e-health interventions promoting physical activity in older people: a systematic review and meta-analysis. *European Review of Aging and Physical Activity*, 17(1), 1-17.
- 3) Beauchamp, Mark R., et al. "Online-Delivered Group and Personal Exercise Programs to Support Low Active Older Adults' Mental Health During the COVID-19 Pandemic: Randomized Controlled Trial." *Journal of medical Internet research* 23.7 (2021): e30709.
- 4) Gothe, N. P., & Erlenbach, E. (2022). Feasibility of a yoga, aerobic and stretching-toning exercise program for adult cancer survivors: the STAYFit trial. *Journal of Cancer Survivorship*, 16(5), 1107-1116.
- 5) Schwartz, H., Har-Nir, I., Wenhoda, T., & Halperin, I. (2021). Staying physically active during the COVID-19 quarantine: exploring the feasibility of live, online, group training sessions among older adults. *Translational behavioral medicine*, 11(2), 314-322.
- 6) 渡邊裕也, 野田隆行, 西田純世, 西川敦, 工藤芳彰, 兵頭和樹, 荒尾孝 (2022). スマートテレビを活用した高齢者への健康支援に関する探索的検討. *体力研究*, 120, 9-16.
- 7) 河野喬, 森木吾郎, 高田康史, 房野真也, 加地信幸. (2021). 遠隔健康支援に向けたアダプテッド・ダンスの開発. In *日本体育・スポーツ・健康学会予稿集* (p. 226). 一般社団法人日本体育・スポーツ・健康学会.
- 8) 中川千鶴 (2016). 特集 ③ 人間工学のための計測手法 第 4 部: 生体電気現象その他の計測と解析 (5) -自律神経系指標の計測と解析. *人間工学*, 52 (1), 6-12.
- 9) 豊福史, 山口和彦, 萩原啓 (2007). 心電図 RR 間隔のローレンツプロットによる副交感神経活動の簡易推定法の開発. *人間工学*, 43 (4), 185-192.
- 10) 松本佳昭, 森信彰, 三田尻涼, 江鐘偉 (2010). 心拍揺らぎによる精神的ストレス評価法に関する研究. *ライフサポート*, 22 (3), 105-111.
- 11) 三島利江子 (2020). 心拍変動解析から解釈する自律神経評価の難しさ: 複数の副交感神経

- 活動指標に着目して. 甲南大学紀要. 文学編, (171), 269-276.
- 12) Chou, C. Y., Chien, C. W., Hsueh, I. P., Sheu, C. F., Wang, C. H., & Hsieh, C. L. (2006). Developing a short form of the Berg Balance Scale for people with stroke. *Physical therapy*, 86(2), 195-204.
- 13) Berg, K., Wood-Dauphine, S., Williams, J. I., & Gayton, D. (1989). Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Canada*, 41(6), 304-311.
- 14) 岡真一郎, 江頭琢磨, 平田大勝, 鶴貝亮太, 中尾佳隆, 下田武良, 国徳裕美, 上田智子, 中原公宏. (2014). 急性期脳血管障害症例に対する Short Form Berg Balance Scale を用いた退院先の予測. In 理学療法学 Supplement Vol.41 Suppl. No.2 (第 49 回日本理学療法学術大会 抄録集) (p.1403). 公益社団法人 日本理学療法士協会.
- 15) 石田眞二, 武田超, 白川龍生, & 鹿島茂. (2012). 鉄道サービスにおけるストレス軽減効果の検証. *運輸政策研究*, 15(2), 010-019.
- 16) 多田有輝, 伊藤淳子, & 吉野孝. (2021). 遠隔会議における複数参加者の心拍の可視化と共有. 2021 年度 情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集, 2021.
- 17) 清水裕士 (2016). フリーの統計分析ソフト HAD: 機能の紹介と統計学習・教育, 研究実践における利用方法の提案. *メディア・情報・コミュニケーション研究*, 1.
- 18) Woo, M. A., Stevenson, W. G., Moser, D. K., Trelease, R. B., & Harper, R. M. (1992). Patterns of beat-to-beat heart rate variability in advanced heart failure. *American heart journal*, 123(3), 704-710.
- 19) Tulppo, M. P., Makikallio, T. H., Takala, T. E., Seppanen, T. H. H. V., & Huikuri, H. V. (1996). Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. *American Journal of physiology-heart and circulatory physiology*, 271(1), H244-H252.
- 20) 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. *Journal of the autonomic nervous system*, 62(1-2), 79-84.
- 21) Stuckey, M. I., Tulppo, M. P., Kiviniemi, A. M., & Petrella, R. J. (2014). Heart rate variability and the metabolic syndrome: a systematic review of the literature. *Diabetes/metabolism research and reviews*, 30(8), 784-793.
- 22) 原嶋春輝, 荒川豊, 石田繁巳, & 中村優吾. (2021). ウェアラブル心拍センサによるワーク・エンゲイジメントの推定. 第 29 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, 115-122.
- 23) Rahman, S., Habel, M., & Contrada, R. J. (2018). Poincaré plot indices as measures of sympathetic cardiac regulation: Responses to psychological stress and associations with a pre-ejection period. *International Journal of Psychophysiology*, 133, 79-90.
- 24) Búzás, A., Horváth, T., & Dér, A. (2022). A Novel Approach in Heart-Rate-Variability Analysis Based on Modified Poincaré Plots. *IEEE Access*, 10, 36606-36615.