

遊泳 VR 視聴時の心臓自律神経反応と遠泳ドロップアウト泳者との関係性

Relationship between pre-exposure cardiac autonomic responses to swimming VR and non-finishers in long-distance swimming

濱田大幹^{*1,2}, 山形高司^{*2}, 渡邊知央^{*2}, 中尾有子^{*2}, 鳥越貴之^{*2}, 川島将人^{*2,3},
小柳えり^{*2}, 脇本敏裕^{*2}, 田島誠^{*2}, 依田健志^{*2,4}, 宮崎仁^{*5}, 矢野博巳^{*2}
Hiroki HAMADA^{*1,2}, Takashi YAMAGATA^{*2}, Chihiro Watanabe^{*2}, Yuko NAKAO^{*2}, Takayuki TORIGOE^{*2},
Masato KAWASHIMA^{*2,3}, Eri OYANAGI^{*2}, Toshihiro WAKIMOTO^{*2},
Makoto TAJIMA^{*2}, Takeshi YODA^{*2,4}, Hisashi MIYAZAKI^{*5}, Hiromi YANO^{*2}

^{*1}川崎医療福祉大学大学院, ^{*2}川崎医療福祉大学, ^{*3}九州工業大学, ^{*4}川崎医科大学, ^{*5}日本文理大学
^{*1} Graduate School of Health Science and Technology, Kawasaki University of Medical Welfare,
^{*2} Kawasaki University of Medical Welfare, ^{*3} Kyushu Institute of Technology,
^{*4} Kawasaki Medical School, ^{*5} Nippon Bunri University

Email: h.hamada@mw.kawasaki-m.ac.jp

要旨: 本研究は、遠泳ドロップアウト泳者の事前遊泳 VR 視聴時における心臓自律神経系活動の反応を分析し、遠泳時のリスク検知に対する有効性を検討した。遠泳ドロップアウト泳者の遊泳 VR 視聴時の交感神経変化量は、遠泳完泳者と比較して有意に低値を示した。遊泳 VR 視聴時の交感神経を検討することが、遠泳時のリスクを予測する一つの指標として有用である可能性が示唆された。

キーワード: VR, HMD, 遠泳, 心臓自律神経系, 水辺教育

1. 背景

バーチャルリアリティ (Virtual Reality: VR) の中でも 360° ビデオは、VR ヘッドマウントディスプレイ (Head Mounted Display: HMD) を用いることで、没入型の体験が可能となる。VR は、さまざまな仮想環境におけるトレーニング、特に危険を伴う状況への事前対応訓練に適しており⁽¹⁾、危険な場面を安全にシミュレートしながら、対象者にその対応行動を体験させることができる。さらに、こうした体験は、実際の場面における行動や心理的反応の予測にもつながる⁽²⁾。その結果、VR は現実に近い心理的・感情的プロセスを引き出すことができ、効果的なトレーニング手段となり得る⁽³⁾。

子どもを対象とした安全教育においても、火災避難訓練⁽⁴⁾や交通安全教育⁽⁵⁾の分野で VR の活用が報告されている。また、海に関する安全教育では、360° ビデオを活用し、離岸流や水の危険性について学ぶことで、学習効果が高まることが示されている⁽¹⁾。近年では、視聴覚的な刺激に加えて、身体感覚を伴う多感覚的な VR 体験も可能となり、より現実に近い追体験が実現されつつある⁽⁶⁾。このような技術の進展により、今後の安全教育には、身体追体験を取り入れた VR 教材の開発と活用が求められる⁽⁷⁾。

一方で、さまざまなストレスに対して自律神経活動は、交感神経活動の亢進と副交感神経活動の抑制を示す⁽⁸⁾。運転中の自律神経活動を測定することで、衝突リスクを予測することが報告されている⁽⁹⁾。このことから、VR 体験時の自律神経反応を

評価することで、遠泳時のリスク要因を事前に把握し、安全性の向上につながる可能性があると考えられる。

これまで我々は、遊泳 VR を視聴することで、交感神経活動が亢進し、副交感神経活動が抑制されることを明らかにした⁽¹⁰⁾。これらの知見を遠泳実習の状況と照らし合わせることで、VR 視聴がリスクスクリーニング手段として有効かどうかを検討することが可能であると考えた。

本研究は、遊泳 VR 視聴時の心臓自律神経反応と実際に遠泳時にドロップアウトしてしまった泳者との関係性について検討することを目的とした。

2. 方法

研究参加者は、2023 年度 K 大学大学生で、遠泳実習に参加した、39 人のうち、全てのデータに欠損値がなかった 31 名 (男性: 16 名, 女性: 15 名) とした。本研究は、川崎医療福祉大学倫理委員会の承認を得て実施した (23-046)。

事前に、遊泳 VR 視聴、400m 平泳ぎの測定および運動負荷テストを行った。

遊泳 VR は、海を泳いでいる時の映像 (Fig. 1) とし、視聴時の自律神経系活動の評価には、



Fig. 1 Participant during pre-exposure to a swimming VR video.

心拍変動解析 (MemCalc 法) による心臓自律神経系活動を用いた。心拍変動の周波数解析 (Bonaly Light, GMS 社製) から高周波成分 (HF: 0.15~0.4 Hz), 低周波成分 (LF: 0.04~0.15 Hz) を算出し, 正規化するために自然対数変換によって求めた $\ln\text{LF}/\ln\text{HF}$ を交感神経活動, $\ln\text{HF}$ を副交感神経活動の指標とした。

測定は,

①Baseline : 安静状態での 2 分間

②VR 視聴 : HMD (Meta: Meta Quest Pro) を装着して VR 動画を視聴した 2 分間で実施し, それぞれの平均値を解析に用いた。

遠泳は 3 時間を目標として行った。泳速度は, 400m 平泳ぎ記録をもとに隊列を作成し, 記録の遅い研究参加者に合わせるようにした。実施場所は, 島根県松江市北浦海水浴場であった。遠泳中, 研究参加者は側頭に心拍数 (HR) センサー (Polar: Verity Sense) を装着し, 心拍数を測定した。

分析は, 3 時間泳を完泳した泳者 (Finishers, $n = 22$) と途中でドロップアウトした泳者 (DNFs: Did Not Finishers, $n = 9$) に分け, 比較を行った。

3. 結果および考察

実際の遠泳の実施時間は, 2 時間 52 分であった。遠泳時におけるドロップアウトの判断は, スタッフによる判断または本人からの申告によって行った。DNFs 泳者のドロップアウト時の HR は, 急激な上昇や低下といった顕著な変化は観察されなかった。

Finishers と DNFs の身体特性および 400m 平泳ぎの記録に有意な差は観察されなかった。Baseline と VR 視聴時の各パラメータ (HR, $\ln\text{LF}/\ln\text{HF}$, $\ln\text{HF}$) の変化量を Finishers と DNFs で比較した結果, DNFs では $\Delta \ln\text{LF}/\ln\text{HF}$ が有意に低値を示した (Fig. 2B, $p < 0.05$)。急性ストレスに対して, LF/HF が亢進することは知られており⁽⁸⁾, 我々の先行研究においても, 遊泳 VR 視聴により同指標が有意に上昇することが示されている⁽¹⁰⁾。一方, 本研究では, DNFs の $\Delta \ln\text{LF}/\ln\text{HF}$ が Finishers と比較して有意に低く, VR 視聴による交感神経活動の上昇が抑制されていることが明らかとなった。

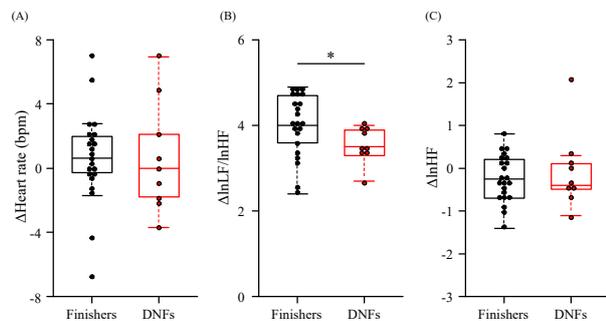


Fig. 1 Comparison of changes in heart rate (A) and cardiac autonomic system (B: $\ln\text{LF}/\ln\text{HF}$, and C: $\ln\text{HF}$) in response to swimming VR viewing
Data were shown as beeswarm and boxplots. *, $p < 0.05$.

遊泳 VR 視聴において, $\ln\text{LF}/\ln\text{HF}$ が上昇すると

いう反応が統計学的に示されているものの, それとは異なる反応を示した参加者で遠泳時のドロップアウトが生じやすい可能性が考えられた。しかしながら, Finishers の中でも DNFs と同程度の $\Delta \ln\text{LF}/\ln\text{HF}$ を示した参加者も存在していたことから, 心臓自律神経系の指標に加えて, 他の指標もリスクファクターのデータとして検討していく必要があるのかもしれない。

4. まとめ

本研究では, 遠泳時の DNFs 泳者における $\Delta \ln\text{LF}/\ln\text{HF}$ が Finishers と比較して有意に低値を示し, 遠泳時のリスクファクター指標の一つとして有用である可能性が示唆された。

5. 利益相反

本演題発表に関連し, 開示すべき利益相反関係にある企業等はない。

参考文献

- (1) Araiza-Alba, P., Keane, T., Matthews, B., et al.: "The potential of 360-degree virtual reality videos to teach water-safety skills to children", Computers & Education, Vol.163, pp.104096 (2021)
- (2) Makransky, G., Terkildsen, T. S., Mayer, R. E.: "Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning", Learning and instruction, Vol.60, pp.225-236 (2019)
- (3) Angel-Urdinola, D., Castillo Castro, C., Hoyos, A.: "Meta-Analysis Assessing the Effects of Virtual Reality Training on Student Learning and Skills Development", Policy Research Working Paper Series, pp.19587 (2021)
- (4) Çakiroğlu, Ü., Gökoğlu, S.: "Development of fire safety behavioral skills via virtual reality", Computers & Education, Vol.133, pp.56-68 (2019)
- (5) Smith, S., Ericson, E., Smith, S., et al.: "Using immersive game-based virtual reality to teach fire-safety skills to children", Virtual Reality, Vol.13, No.2, pp.87-99 (2009)
- (6) 池井寧: "バーチャルリアリティによる身体的追体験", バイオメカニズム学会誌, Vol.43, No.1, pp.17-22 (2019)
- (7) 濱田大幹, 中尾有子, 山形高司, et al.: "情報通信技術を用いた遠泳教育モデルの可能性", 川崎医療福祉学会誌, Vol.32 No.1, pp.1-11 (2022)
- (8) La Rovere, M. T., Gorini, A., Schwartz, P. J.: "Stress, the autonomic nervous system, and sudden death", Auton Neurosci, Vol.237, pp.102921 (2022)
- (9) Minusa, S., Mizuno, K., Ojima, D., et al.: "Increase in rear-end collision risk by acute stress-induced fatigue in on-road truck driving", PLoS One, Vol.16, No.10, pp.e0258892 (2021)
- (10) 濱田大幹, 山形高司, 鳥越貴之, et al.: "遊泳 VR 視聴が心臓自律神経活動に及ぼす影響", 第 91 回日本体力医学会中国・四国地方会 (2023/12/2)