

〔二次出版〕

高齢者におけるウェブを活用したエアロビックダンス運動プログラムの 実行可能性, 安全性, 楽しさ, およびシステムユーザビリティ: 単群パイロットスタディ

—JMIR Aging に掲載された英語論文の日本語による二次出版—

兵頭和樹¹⁾, 城所哲宏^{1, 2)}, 山口大輔¹⁾, 飯田倫崇³⁾, 渡邊裕也¹⁾, 上野愛子¹⁾,
野田隆行¹⁾, 西田純世¹⁾, 河原賢二^{1, 4)}, 甲斐裕子¹⁾, 荒尾 孝¹⁾

SUMMARY

背景: 新型コロナウイルス感染症の流行により, 高齢者の社会的交流や身体活動の機会が減少しており, 健康への悪影響が危惧されている。その解決策として, ビデオ会議プラットフォームを通じたオンラインの集団型運動教室が有用であると考えられる。そこで, 高齢者が自宅で簡単に, 安全に, 楽しく実践できる運動プログラムとして, 短時間で低強度のエアロビックダンス運動プログラムを開発した。この運動プログラムの有効性を検討する前に, 高齢者を対象に, プログラムの実行可能性, 安全性, 楽しさ, オンライン運動教室配信システムのユーザビリティなどを調べる必要がある。

目的: 本研究は, 高齢者を対象としたオンラインのエアロビックダンス運動プログラムの実行可能性, 安全性, 楽しさ, およびビデオ会議プラットフォームを用いた運動教室配信システムのユーザビリティを検証することを目的とした。

方法: 本研究は, 単群のパイロット試験として実施した。16名の高齢者が, 8週間, 平日毎朝午前8時30分から20分間, ビデオ会議プラットフォームを通じて配信されるエアロビックダンス運動プログラムに自宅から参加した。プログラムの実行可能性について, 継続率および遵守率を測定した。安全性については, 心拍数から算出される運動強度の指標である心拍予備率と, 運動中の有害事象の発生件数で評価した。運動プログラムの楽しさは, 1週目, 3週目, 6週目, 8週目の教室終了後に電話インタビューで取得した, 0(全く楽しくない)から10(非常に楽しい)までの11段階のリッカート尺度によって評価した。システムの使いやすさについては, ビデオ会議プラットフォームを使って運動教室に入るまでのシステムの使いやすさを, 8週間の介入後の電話インタビューで聞き取り評価した。

結果: 高血圧の女性参加者1名が, 1週目から運動教室参加前に非常に高い収縮期血圧(180 mmHg以上)を継続して報告したため, 2週目に実験から辞退した。そのため, 継続率は93.8%(15/16名)であった。残った15名の参加者では, 全体の遵守率の中央値(IQR)は97.4%(94.7-100)であった。安全性については,

- | | |
|--------------------------------|--|
| 1) 公益財団法人 明治安田厚生事業団体力医学研究所 | Physical Fitness Research Institute, Meiji Yasuda Life Foundation of Health and Welfare, Tokyo, Japan. |
| 2) 日本体育大学体育研究所 | Faculty of Sport Science, Nippon Sport Science University, Tokyo, Japan. |
| 3) 株式会社電通国際情報サービス | Information Services International-Dentsu Ltd, Tokyo, Japan. |
| 4) 一般財団法人 明治安田健康開発財団健康増進支援センター | Meiji Yasuda Health Promotion Center, Meiji Yasuda Health Development Foundation, Tokyo, Japan. |

本論文は以下の論文を忠実に日本語翻訳した二次出版です。引用を行う場合には原典を確認のうえ, 下記を引用してください。

Hyodo K, Kidokoro T, Yamaguchi D, Iida M, Watanabe Y, Ueno A, Noda T, Nishida S, Kawahara K, Kai Y, Arao T. Feasibility, safety, enjoyment, and system usability of web-based aerobic dance exercise program in older adults: single-arm pilot study. JMIR Aging. 2023; 6: e39898.

エアロビックダンス運動中の平均(SD)心拍予備値は29.8(6.8)%であり、運動は超低強度から低強度の比較的安全な強度で行われたことが示された。また、運動中の有害事象はなかった。教室の楽しさのスコア(0~10点)に関しては、第1週(6.7 [1.7])に比べて第6週(8.2 [1.3])と第8週(8.5 [1.3])で有意に増加した。ユーザビリティについては、11名が介入当初はタッチパネルの基本操作や不慣れなアプリケーションの使用などに困難を感じていたが、介入期間中に全員が慣れ、最後は困難を感じなかったことを報告した。

結論：本研究では、高齢者を対象としたオンラインのエアロビックダンス運動プログラムの高い実行可能性(継続率や遵守率)、楽しさ、安全性が示された。また、運動教室配信システムには、大きな問題はないものの、いくつかの改善点が見つかった。本研究で開発したオンライン運動教室プログラムは、高齢者の身体的・社会的活動の増加に貢献する可能性がある。

Key words: 低強度運動, ホームエクササイズ, オンラインエクササイズ, 指導者付き運動, 高齢者, 新型コロナウイルス感染症, スマートフォン, タブレット, ビデオ会議プラットフォーム

緒 言

身体活動や社会的交流は高齢者の身体、認知、精神的健康に好影響を与える¹⁻⁴⁾。しかし、身体的制限や社会的要因、環境的な障壁(交通機関の制限、歩きにくさ、遠隔地など)により、運動や社会参加が困難な高齢者も多い^{5,6)}。新型コロナウイルス感染症のパンデミック初期には、感染対策を目的とした政策から自宅待機が推奨され、公共のスポーツ・レクリエーション施設が閉鎖されたことにより、運動や社会的活動に参加する障壁がより強まった^{7,8)}。現在ではいくつかの制限は緩和されたものの、新型コロナウイルス感染症の流行は続いており、自宅に引きこもり身体活動量が低下したままの高齢者も多い⁸⁾。したがって、自宅にいながら身体的・社会的活動に参加する機会を作ることは非常に重要である。

これらの問題の解決に、インターネットを利用して自宅から参加するオンライン運動教室が有用であると考えられる^{9,10)}。近年の通信技術の発達により、Zoom アプリケーション(Zoom Video Communications)などのビデオ会議プラットフォームを通じて、インストラクターの指導のもと、自宅でグループエクササイズに参加できるようになった^{11,12)}。このようなオンライン運動教室は有益であるが、高齢者が活用するうえで、オンライン運動プログラムの実行可能性(継続率や遵守率)、安全性、楽しさ、オンライン運動教室配信システムの使いやすさなどは慎重に

検討する必要がある¹³⁾。例えば、インストラクターやサポーターによる現場でのサポートを受けずに自宅で運動するため、安全に実施できる運動であることが重要である。運動中の有害事象発生リスク軽減のために、低い運動強度で短時間のプログラムであることが望ましい。更に、多くの高齢者が実践・継続するために、複雑な動きよりも簡単に実施できて楽しめるプログラムであることが望ましい¹⁴⁾。また、高齢者にとってICT機器の使用に不慣れであることは教室参加の主な障壁であるため、オンライン運動教室に参加するためのICT機器の操作はできるだけシンプルにするべきである^{9,15)}。

そこで、これらの条件を考慮し、運動プログラムとして短時間(20分)、低強度のエアロビックダンス運動に注目した。ダンスは高齢者の集団運動として広く受け入れられており¹⁶⁾、器具を必要とせず手軽に実施することができる。自宅の狭い空間で安全に実施できるように、上肢と体幹の動きを主体とした低強度の有酸素ダンスプログラムを開発し、実験室研究で、高齢者が楽しく実践できて認知機能や気分を一過性に高めることを確認した^{17,18)}。更に、オンライン運動プログラムの提供に、タブレット端末のビデオ会議アプリケーション Zoom を用いた。このアプリケーションは無料で使用できて社会に広く普及しており、最近の研究では高齢者の使い勝手に大きな問題がないことが報告されている^{13,19,20)}。これまで、筋力トレーニング、有酸素運動、ヨガを用いたオンライ

ン運動プログラムの実行可能性と効果についてはいくつかの研究で検討されているが^{13,19,20)}、我々の知る限り、短時間・低強度のオンラインのエアロビックダンス運動について検討した研究はいまだない。

そこで本研究では、有効性を評価する前に、パイロット試験として、オンラインのエアロビックダンス運動プログラムの実行可能性、安全性、楽しさ、および運動教室配信システムの使いやすさについて、高齢者を対象に単群介入を実施した。

方 法

A. 参加者

研究参加者は、八王子保健生活協同組合に加入する、地域在住の高齢者から募集した。本組合は病気や虚弱になった際に医療や介護のサービスを提供しており、健康な人から何らかの疾病をもつ人までさまざまな健康状態の人が組合員として所属している。同組合の職員が地域の組合員に本研究のチラシを配布し、興味をもった高齢者24名（男性6名〔25%〕、女性18名〔75%〕）が説明会に参加し、研究の目的と実験方法についての説明を受けた。説明会終了後、8名が参加を辞退した（7名は日程が合わず、1名は坐骨神経痛により運動ができないため辞退）。最終的に、16名の高齢者（男性4名〔25%〕、女性12名〔75%〕）から、書面による研究参加の同意を得た。対象者は65歳以上で、東京都八王子市在住であり、循環器・整形外科疾患により医師から運動制限を受けておらず、認知症を含む精神疾患の診断を受けていなかった。本研究は探索的研究であるため、サンプルサイズを決定するための検出力分析は行わなかった。表1に参加者の基本情報を示す。

B. 倫理承認

公益財団法人 明治安田厚生事業団倫理審査委員会により、研究計画書が承認された（承認番号：2020-0001）。

C. 実験手順

参加者は、自宅でタブレット端末上のビデオ会議プラットフォーム（Zoom）を通じて、オンライ

表1. 参加者の特性 (n = 16)

変数	値
年齢(歳), 平均(標準偏差)	77.6 (4.5)
性別, n(%)	
男性	4 (25.0)
女性	12 (75.0)
独居, n(%)	7 (43.8)
仕事あり, n(%)	2 (12.5)
社会参加 ^a , n(%)	
No	4 (25.0)
Yes	12 (75.0)
運動 ^a , n(%)	
No	1 (6.3)
Yes	15 (93.8)
治療中 ^b , n(%)	
No	6 (37.5)
Yes	10 (62.5)
身体の痛み ^c , n(%)	
No	5 (31.3)
Yes	11 (68.8)
ICT 機器の所有, n(%)	
パソコン	6 (37.5)
携帯	4 (25.0)
スマートフォン	13 (81.3)
タブレット	3 (18.8)
インターネット利用の目的, n(%)	
メール	7 (43.8)
コミュニケーションアプリケーション	10 (62.5)
情報収集	12 (75.0)
ビデオ会議	1 (6.3)
オンラインショッピング	2 (12.5)
オンラインゲーム	1 (6.3)
音楽やビデオ	8 (50.0)

^a 1か月に1回あれば「はい」に分類

^b 何か治療を受けていれば「はい」に分類

^c 何か身体の痛みがあれば「はい」に分類

ンのエアロビックダンス運動プログラムを8週間受講した。介入開始前に、オンライン運動教室の参加および運動中の心拍数(HR)測定のために、4つの電子機器を参加者全員に無償で貸与した：(1)運動用タブレット端末(iPad [Apple Inc]), (2)HR測定装置(OH1 [Polar Electro Oy]), (3)HR測定用スマホ(iPhone SE2 [Apple Inc]), (4)データ通信用 Wi-Fi ルーター (Pocket Wi-Fi 801ZT

[Softbank], 下り速度最大112.5 Mbps, 上り速度最大37.5 Mbps)。Zoomでのグループビデオ通話の推奨帯域は3.8 Mbps/3.0 Mbps(上り/下り)であったため、この条件を満たすWi-Fiルーターを用意した。本研究で利用したデータ通信料は研究所で負担した。機器の貸出前に、iPadにはLINE WORKS(株式会社ワークスモバイル)とZoomを、iPhoneにはHRモニタリングアプリケーションを、参加者それぞれの端末にインストールした。LINE WORKSは、グループチャットや通話、アンケート機能などを備えたメッセージアプリケーションであり、Zoomの運動教室URLを参加者に送るため、またアプリケーション上の簡単なチェックリストで健康状態を確認するために用いた。

運動中は、各参加者のHRを心拍モニターで測定し、全員の心拍情報を研究スタッフがリアルタイムで遠隔管理した。介入1週目、3週目、6週目、8週目の教室終了時に、参加者の運動プログラムの楽しさに関する主観的スコアを電話インタビューにより聴取した。図1に、参加者が自宅で機器を使用して運動している様子を示す。

D. 運動プログラム

1回の運動教室の時間は20分で、5分のウォーミングアップ(ストレッチ)、10分の低強度エアロビクダンス運動(スローエアロビク®)、5分

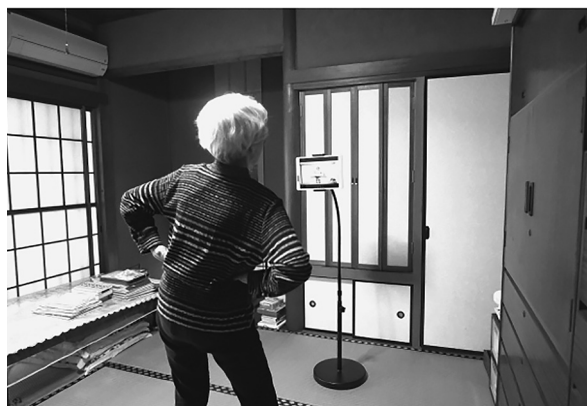


図1. 自宅で運動する参加者

参加者はタブレット上のZoomアプリケーションを通してインストラクターの指導に従って運動した。機器のセッティングはすべて研究スタッフが行った。

のクールダウン(ストレッチ)で構成された。スローエアロビクの詳細については、以前の研究で報告されている¹¹⁾。簡潔に説明すると、主に上半身の3つのダイナミックな動き(上体をひねる、肘を引いて腰を左右に振りながら手を叩く、腰を左右に振りながら窓を拭くように腕を振る)から構成される。高齢者がスローエアロビクを90~120 bpmで快適に実施できることを確認しており^{17,18)}、すべての動作を90~120 bpmのテンポの音楽に合わせて行った。更に、飽きないように2週間ごとに動きを変更した。指導は3名の女性のエアロビクインストラクターが担当し、毎回の教室で1名がZoom越しに指導を行った。運動教室は2021年2月1日から3月27日の8週間で計37回、祝日を除いた平日(月~金曜日)に毎朝8時30分から実施した。

E. オンライン運動教室配信システム

オンライン運動プログラムはZoomを用いて参加者に配信した。運動当日の朝、ZoomのURLがLINE WORKSを通じて参加者に送られ、参加者はタブレット上のLINE WORKSのアプリケーションを起動し、送られてきたZoomのURLをクリックし、運動プログラムに参加した。

F. 安全管理

運動中の参加者の安全性を監視・管理するため、毎回教室前にLINE WORKSの簡易チェックシートで健康状態を確認し、運動中は動作や心拍数をモニターした。簡易チェックシートは以下の3問からなる：(1)今日の健康状態はいかがですか？(よい/ふつう/悪い)、(2)今朝の収縮期血圧(SBP)と拡張期血圧(DBP)を教えてください(SBP：140 mmHg未満/140~179 mmHg/180 mmHg以上、DBP：90 mmHg未満/90~109 mmHg/110 mmHg以上)、(3)今日の教室に参加しますか？(はい/いいえ)。参加者の安静時血圧は、教室開始前に貸与された自動血圧計を用いて参加者自身で測定した。教室開始前に、研究スタッフが回答を確認し、当日の健康状態が「悪い」と回答した者に、電話で体調や安全に参加できるかを確認した。また、血圧については、厚生労働省の報告²¹⁾に基づき、



図2. 研究室内のモニター画面に映し出された参加者
研究スタッフは、運動中、画面に映し出された参加者の動きが安全かどうかを確認した。

SBP180 mmHg 以上または DBP110 mmHg 以上の者は、安全のため当日の運動への参加を見合わせることにした。更に、介入中に有害事象(例：転倒、怪我、心血管イベント)が発生した場合に備え、参加者本人や同居の親族、近隣に住む者に状況確認依頼の電話をする準備や、緊急時には救急車を呼ぶ準備をした。

ウェブ上での心拍数管理システムの概要は、マルチメディア付録1に示した。参加者は全員、運動開始前に HR モニターを上腕部に装着した。各参加者の HR は Bluetooth を介して iPhone に表示され、その HR 情報はインターネットを利用して研究室の PC 上のウェブアプリケーションにリアルタイムで送信された。このシステムを用いて、運動中の各参加者の HR と心拍予備能(HRR)をモニターした。教室開始前に、ウェブアプリケーションに HR が正しく表示されているかどうかを確認した。Bluetooth や Wi-Fi などの問題で HR が表示されない者がいた場合は、電話で問題を解決した。各参加者の HRR は、以下の式で算出した。

$$\text{HRR}(\%) = (\text{運動中の HR} - \text{安静時の HR}) / (\text{予測最大 HR} - \text{安静時 HR}) \times 100$$

予測最大 HR は、次の式²²⁾を用いて算出した： $208 - 0.7 \times \text{年齢}$ 。安静時 HR は、参加者の自宅を機器設置で訪問した際に測定した。60% HRR 以上の運動は、米国スポーツ医学会²³⁾によると高強度と定義され、心血管イベントのリスクが高くなる可能性があるため、各参加者は HRR の60%未

満の強度で運動するよう管理した²⁴⁾。参加者の HRR が60%以上になる状態が数分間続いた場合は、研究スタッフが参加者に声をかけ、主観的な運動強度を確認し、状況に応じて運動を緩めるようアドバイスした。HR のモニタリングと並行して、参加者が安全かつ正しく運動しているかどうかを確認した。図2は、セッション中の各参加者の運動の様子をモニタリングしている画面である。

G. 測定項目

1. 実行可能性

継続率として、8週間の教室を途中辞退しなかった参加者の総数に対する割合(%で表示)を算出した。遵守率は、開催された教室の総数(37回)に参加した割合(%を参加者ごとに計算し、平均することで求めた。

2. 安全性

安全性は、運動プログラムの強度と有害事象の発生件数で検討した。運動強度は、各参加者の全セッションにおけるスローエアロビック中の平均 HR および HRR から計算した。有害事象は、運動介入中に発生した転倒、怪我、心血管系イベントなどの数を算出した。

3. 楽しさ

楽しさについては、介入1, 3, 6, 8週目の終了時に、電話インタビューで「運動プログラムについてどう感じますか」という1つの質問に対して、参加者が0(全く楽しくない)から10(非常に楽しい)までの11段階のリッカート尺度で答え

た回答で評価した。

H. ユーザビリティ

オンライン運動教室配信システムの使いやすさは、ウェブ上の運動教室に入る仕組みや、心拍数を管理する機器(タブレット, OH1, スマートフォン, Wi-Fi ルーター)の使用感を、8週間の介入後に電話インタビューで聞き取り評価した。参加者は、「ウェブ上で運動を行うシステムの使用感はどうでしたか」という単一質問に対して自由に答え、インタビュアーが参加者のコメントを記録し、主なものを抽出した。共著者全員で議論し、参加者を以下の3つのカテゴリーに分類した：(1)カテゴリーA：介入期間中、システムの使用に問題がなかったと回答した者、(2)カテゴリーB：介入当初は問題があったが、徐々に慣れてきた、あるいは介入終了時にはサポートなしで使用できるようになったと回答した者、(3)カテゴリーC：介入期間を通して困難さを感じた、または慣れなかったと回答した者。

I. 統計解析

参加者の教室遵守率、運動中のHRとHRRは、それぞれの値が正規分布している場合は平均値(SD)、非正規分布の場合は中央値(IQR)で報告した。運動プログラムの楽しさに関するスコアには、反復測定分散分析を実施し、介入期間中(1, 3, 6, 8週目)の変化を調べた。分散分析で有意差が認められた場合、ボンフェローニの多重比較検定を行った。システムの使いやすさの評価については、3つのカテゴリーについてカイ二乗検定を用い、適合度の検定を行った。統計解析の効果量として介入に対する結果指標の変化を評価するためにCohen d 効果量を計算し、分散分析の効果量の測定値として η^2 を計算した。すべての分析で有意水準は0.05に設定された。統計解析にはRバージョン4.1(R Foundation for Statistical Computing)²⁵⁾を使用した。

結 果

A. 実行可能性：継続率と遵守率

高血圧の女性参加者1名は、初回から継続して

教室参加前の収縮期血圧が高い(180 mmHg以上)ことが続いたため安全性を考慮し、2週目にはかかりつけ医に相談することと本研究から辞退することを提案した。そのため、15名が8週間の介入プログラムに参加し、継続率は93.8%となった。遵守率は辞退した参加者を除いた15名($n = 4$, 男性27%, $n = 11$, 女性73%)のデータを使用し、中央値(IQR)は97.4%(94.7-100)であった。

B. 安全性

15名の参加者のなかで、スローエアロビック中の平均(SD)HRとHRRはそれぞれ93.4(5.7)bpmと29.8(6.8)%で、スローエアロビックは参加者にとって低強度であることが示された²⁶⁾。介入期間全体を通して、運動教室中の有害事象は報告されなかった。

C. 楽しさ

第1週、第3週、第6週、第8週における運動プログラムの楽しさスコアの平均(SD)は、それぞれ6.7(1.7), 7.5(1.4), 8.2(1.3), 8.5(1.3)であった。反復測定分散分析により、週の間で有意差が認められた($F_{1.98, 27.73} = 7.67, P = .002, \eta^2 = 0.35$)。ボンフェローニの多重比較検定の結果、6週目と8週目の楽しさスコアは1週目に比べて有意に高かった($t_{14} = -3.14, P = .04, d = -0.81$; $t_{14} = -3.81, P = .01, d = -0.98$)。

D. ユーザビリティ

オンライン運動教室配信システムの使用感を評価するための電話インタビューの結果、4名(27%)は問題なし(カテゴリーA)、11名(73%)が当初は課題があったが介入終了時には慣れたかサポートなしで使用できた(カテゴリーB)と回答し、全介入期間を通じて使いにくい、または慣れないと訴えた者はいなかった(カテゴリーC)。適合度に関するカイ二乗検定では、カテゴリーBとカテゴリーAまたはCの間に有意差が認められた($\chi^2(2) = 12.4, P = .002$)。

考 察

A. 主な結果

本研究では、高齢者を対象にオンラインの低強

度エアロビックダンスプログラム(スローエアロビック)の実行可能性、楽しさ、安全性、および運動プログラムを提供するウェブシステムの使いやすさを評価するために、単群パイロット試験を実施した。研究から、以下のことがわかった：(1)実行可能性については、継続率と遵守率のいずれも高かった、(2)安全性については、スローエアロビック中の平均 HRR は低強度運動の範囲内であり、教室中の有害事象は起こらなかった、(3)運動教室の楽しさスコアは、介入期間を通じて上昇した、(4)システムの使いやすさについては、最初は約3分の2の参加者がシステムの使用に困難を感じていたが、終了時には全員が慣れた。これらの結果から、我々が活用したオンラインスローエアロビック運動プログラムは、配信システムに改善点はあるものの、高齢者にとって楽しく、安全に取り組みやすいことが示唆された。

B. 先行研究との比較

22件の文献を参照した最近のシステムティックレビューで、テクノロジーを用いた運動介入プログラムの遵守率とそれに影響を与える要因が考察されている²⁷⁾。それによると、高齢者を対象とした運動プログラムの離脱率(0~36%)と遵守率(67.78~100%)には論文間で大きな差があり、その違いは、運動プログラムの実施時間、頻度、期間、強度、対話型または非対話型、個人型または集団型、指導者の有無などの運動条件の要素や、使われているテクノロジーの要素(市販のものかカスタマイズされたものか)、および自立生活者または施設入居者などの参加者の特性など、さまざまな介入特性の違いから起こることが示唆されている。本研究では、参加者はオンライン運動プログラムに対して高い継続率(15/16名, 93.8%)と遵守率(中央値が36/37回, 97.4%)を示し、これは介入期間、参加者の年齢、生活状況、家庭環境、セッション時間といった同様の介入特性を用いた先行研究の結果と一致している。

Schoene ら²⁸⁾はビデオゲームを用い、自宅で指導者がいない状態で実施する、15分から20分のダンスステップ運動プログラムの継続率が83.3%

(15/18)、遵守率が100%であったことを報告した。Daly ら²⁹⁾は、運動プログラムの継続率が90%以上、全体の平均アドヒアランス率が75%以上であれば、実行可能性が高いことを示唆した。このことを考慮すると、我々の運動プログラムは高齢者にとって実行可能性が高いと考えられる。これは、低強度のエアロビックダンス、短い運動時間といった特徴が関係していると思われる。ダンス運動は、欧米諸国では高齢者のグループエクササイズとして広く受け入れられている¹⁶⁾。このタイプの運動は、音楽に合わせて行う軽体操として日本の高齢者にも受け入れられている。我々の運動プログラムの頻度(5日/週)は、Schoene らの研究²⁸⁾の頻度(3日/週)よりも高いにもかかわらず、継続率はわずかながら高い値を示した。これは、本研究で参加者はビデオ会議プラットフォームを使ってインストラクターから指導を受けながら教室に参加できたことや、平日の毎朝同じ時間に教室を実施して教室参加のリズムができたことが要因であると考えられる。Kim ら³⁰⁾は、太極拳とヨガのプログラムを用いて、1回60分、週3日、8週間の運動介入を行い、高い実行可能性(継続率および遵守率100%)を報告した。しかし、彼らは大学の研究室でモーションキャプチャセンサーとバーチャルリアリティアバターを用いて、運動のリアルタイム視覚フィードバックを提供しながら介入を行ったため、現時点では家庭での介入プログラムとしては実用性に難点があることが考えられる。

システムティックレビューで Valenzuela ら²⁷⁾は、テクノロジーを使った運動介入から参加者が脱落する理由として、モチベーションの低下、興味の喪失、関節痛、時間がない、教室に出かけられない、自宅でシステムをセットアップする場所が限られている、テクノロジーを使えない、コンピューターゲームをするのが恥ずかしい、などを挙げている。これらの理由を考慮すると、我々の運動プログラムの継続率や遵守率が高いのは、運動プログラムが楽しく運動負荷が少なく安全性が高いことが要因であることも考えられる。参加者から得た運動教室の楽しさに関するスコアは、最

初の介入週終了時から比較的高く、その後、介入期間中を通じて徐々に増加した。この結果は、運動プログラムが介入期間を通して参加者にとって楽しいものであったことを示している。その要因として、運動プログラムが参加者の運動スキルに適しており、それが飽きさせず、教室参加のモチベーションを高めた可能性がある。また、今回の運動プログラムであるスローエアロビックは、高齢者に好ましい軽い運動強度と簡単な動作で構成されていた³¹⁾。これらの運動条件は、介入期間中、参加者が毎朝運動セッションに参加する動機付けになった可能性がある。このことは、介入後の電話インタビューにより得られた参加者のフィードバックからも確認された。参加者は、インストラクターが非常に専門的で親切な指導を行ったため、運動についていきやすかったとコメントしている。更に、動きが難しすぎず、教室に参加できない日があっても問題なく運動できたというコメントも得られた。また、運動後の爽快感も報告しており、それが継続の意欲につながった可能性がある。

安全性については、スローエアロビック時の運動強度と有害事象の発生件数から検討した。運動中の HR の平均(SD)は93.4(5.7)bpm, HRR は29.8(6.8)%であった。この平均 HRR は、米国スポーツ医学会のガイドライン²⁶⁾を基にすると、超低強度から低強度の範囲であり、比較的安全な運動強度であることが示された。有害事象については、運動教室中に心血管系イベント、転倒、怪我などの有害事象は発生しなかった。これまでのテクノロジーベースの運動介入研究のなかで発生した有害事象として、筋力トレーニング中に膝やふくらはぎの痛みが発生した事例²⁹⁾や、バランスボードを用いたエクサゲーム介入中に転倒した事例³²⁾がある。本研究で用いたスローエアロビックは上半身の動きが主であり前後左右への移動が少なく、身体的負荷も軽いことから、転倒のリスクが低く、関節痛や筋肉痛などが発生しなかったと考えられる。

運動中の有害事象はなかった一方、高血圧の参加者1名が、初回から運動教室参加前に高い収縮

期血圧(180 mmHg 以上)を繰り返し報告していたことは言及する必要がある。今回の介入との因果関係は不明だが、ICT 機器を用いて運動教室に参加することへの不安が心理的ストレスを誘発し、結果としてコントロール不良の高血圧を引き起こした可能性がある。本ケースは、運動関連の有害事象のリスクを低減するために、自宅でオンライン運動教室に参加する場合も各自で血压管理をしておくことの重要性を示唆している。

安全性や楽しさなどの他に、高齢者を対象としたオンライン運動プログラムにとって重要な点として、運動教室配信システムのユーザビリティがある。この条件については、介入終了時の電話インタビューにより検討した。その結果、介入終了時にシステムの使いにくさや不慣れさを訴えた者はおらず、ユーザビリティに大きな問題はなかったと考えられる。この結果は、オンライン運動教室に参加するための Zoom 操作が高齢者にとって容易であったと報告した先行研究¹³⁾と一部一致する。しかし、参加者の約3分の2は、使い始めに何らかの困難を感じており、ユーザビリティに改善の余地があることを示唆している。参加者のコメントによると、操作の難しい点として、スマートフォンやタブレット端末のタッチパネル操作(タップ、スクロール、スワイプなど)が挙げられた。また、Zoom や LINE WORKS など、使い慣れていないアプリケーションを操作する際、いつもと違う操作をして見慣れない画面が表示されると、次に何をすればいいのかわからなくなったとの意見もあった。スマートフォンやタブレット端末を持っている参加者は多いものの、ほとんどが貸与された端末やアプリケーションを使ったことがなく、慣れるまでに時間がかかった可能性がある。ユーザビリティを高めるためには、オンライン運動教室に参加するまでの操作回数を減らし、端末やアプリケーションの使い方の説明をより丁寧にするなど、操作性をより高齢者に優しいものにする必要があるかもしれない³³⁾。

本研究の参加者にはユーザビリティに大きな問題はなかったが、これは参加者のスマートフォ

ン・タブレットの所有率が87%と高かったことも要因となった可能性がある。最近の通信機器利用に関する全国調査によると、日本におけるインターネット利用者の割合は、60歳で73.4%，70歳以上で40.8%であった³⁴⁾。したがって、ICTに不慣れな高齢者は、このオンライン運動教室配信システムを利用する際に、何らかの問題が発生する可能性がある。日本では高齢者のインターネット利用者は急速に増加しているが³⁵⁾、ICTリテラシーの低い高齢者に対してのユーザビリティについても更なる検討が必要である。

C. 限界点と今後の展望

本研究にはいくつかの限界点があり、更なる研究が求められる。第一に、参加者の特性が結果に影響を与えた可能性がある。参加者はボランティアであり、多くは地域の組織のリーダーとして所属していた。そのため、介入プログラムへの参加意欲が高く、それが参加率や楽しさに影響を与えた可能性がある。更に、参加者の多くがスマートフォンやタブレット端末を所有しており、ユーザビリティの結果に影響を与えた可能性がある。身体・社会的活動が少ない高齢者やICT機器の使用に不慣れな高齢者でも同様の結果が得られるかどうか、サンプル数を増やした研究が必要である。次に、本研究では運動プログラムの安全性を厳密に検証するために、スマートフォンとHRモニターを使用して運動強度を確認し、研究スタッフが運動教室中の参加者の体調や動作をモニタリングした。しかし、費用対効果の観点から、実社会に実装するためにはシステムの簡略化が必要である。最後に、今回は単群のパイロット研究であるため、運動プログラムの有効性は不明である。今後、本オンライン運動プログラムが高齢者の身体、精神、認知機能に及ぼす効果について、ランダム化比較デザインによる研究を行う必要がある。

結 論

本研究で、8週間の短時間(20分)、高頻度(週5日)、低強度(HRR 29.8%)の音楽に合わせた軽体操(スローエアロビク)のオンライン運動教室

が、高齢者にとって実行可能で、安全かつ楽しいものであることが示された。また、ビデオ会議プラットフォーム(Zoom)を用いた運動教室配信システムにいくつかの改善点が見つかったものの、大きな問題はなかった。これらの結果は、本運動プログラムが、高齢者の運動や社会的交流の機会を高める手段として有用であることを示唆している。今後は本結果の一般化可能性や本オンライン運動教室の有効性、および実社会での実施に向けたユーザビリティの改善に関する研究が求められる。

謝 辞

本研究は科研費基盤研究(JP19K238, JP22K17846)の支援を受けて実施しました。日本エアロビク連盟、エアロビクインストラクター(浅山美樹様、吉村知美様、真野まり子様)、征矢先生、諏訪部先生には、オンラインスローエアロビクプログラムの開発および参加者の指導に貢献いただいたこと、八王子保健生活協同組合には、参加者募集の協力、高士直己先生には、質的データ分析に助言をいただいたことに感謝の意を表します。また、英文校正を担当したエディテージに感謝申し上げます。

データ提供

本研究の結果に関する資料は、責任著者(兵頭和樹)が要求に応じて提供します。

利 益 相 反

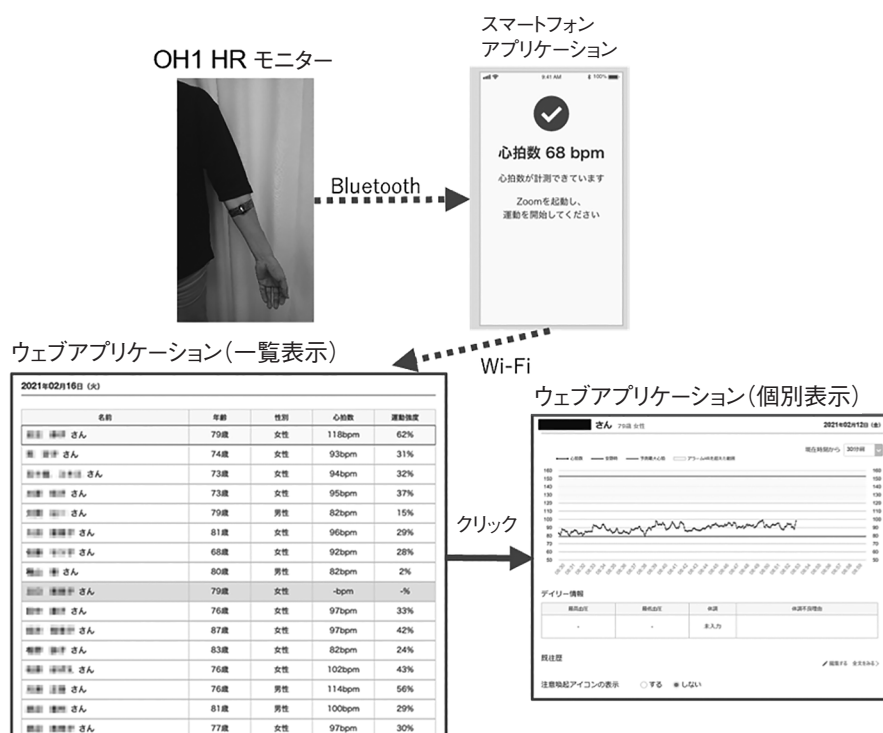
本研究に関して、開示すべき利益相反状態はありません。

参 考 文 献

- 1) Park NS. The relationship of social engagement to psychological well-being of older adults in assisted Living Facilities. *Journal of Applied Gerontology*. 2009; 28(4): 461-81.
- 2) McAuley E, Blissmer B, Marquez DX, Jerome GJ, Kramer AF, Katula J. Social relations, physical activity, and well-being in older adults. *Preventive Medicine*. 2000; 31(5): 608-17.
- 3) Mellow ML, Crozier AJ, Dumuid D, Wade AT, Goldsworthy MR, Dorrian J, Smith AE. How are combinations of physical activity, sedentary behaviour and sleep related to cognitive function in older adults? A systematic review. *Experimental Gerontology*. 2022; 159: 111698.
- 4) Manini TM, Pahor M. Physical activity and maintaining physical function in older adults. *British Journal of Sports*

- Medicine. 2009; 43(1): 28-31.
- 5) Townsend BG, Chen JT, Wuthrich VM. Barriers and facilitators to social participation in older adults: a systematic literature review. *Clinical Gerontologist*. 2021; 44(4): 359-80.
- 6) Bethancourt HJ, Rosenberg DE, Beatty T, Arterburn DE. Barriers to and facilitators of physical activity program use among older adults. *Clinical Medicine & Research*. 2014; 12(1-2): 10-20.
- 7) Wu B. Social isolation and loneliness among older adults in the context of COVID-19: a global challenge. *Global Health Research and Policy*. 2020; 5: 27.
- 8) Yamada M, Kimura Y, Ishiyama D, Otobe Y, Suzuki M, Koyama S, Kikuchi T, Kusumi H, Arai H. The influence of the COVID-19 pandemic on physical activity and new incidence of frailty among initially non-frail older adults in Japan: a follow-up online survey. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*. 2021; 25(6): 751-6.
- 9) Cohen-Mansfield J, Muff A, Meschiany G, Lev-Ari S. Adequacy of web-based activities as a substitute for in-person activities for older persons during the COVID-19 pandemic: survey study. *Journal of Medical Internet Research*. 2021; 23(1): e25848.
- 10) Daly JR, Depp C, Graham SA, Jeste DV, Kim H, Lee EE, Nebeker C. Health impacts of the stay-at-home order on community-dwelling older adults and how technologies may help: focus group study. *JMIR Aging*. 2021; 4(1): e25779.
- 11) Murray A, Marenus M, Cahuas A, Friedman K, Ottensoser H, Kumaravel V, Sanowski J, Chen W. The impact of web-based physical activity interventions on depression and anxiety among college students: randomized experimental trial. *JMIR Formative Research*. 2022; 6(4): e31839.
- 12) Lim J, Leow Z, Ong J, Pang L, Lim E. Effects of web-based group mindfulness training on stress and sleep quality in Singapore during the COVID-19 pandemic: retrospective equivalence analysis. *JMIR Mental Health*. 2021; 8(3): e21757.
- 13) Schwartz H, Har-Nir I, Wenhoda T, Halperin I. Staying physically active during the COVID-19 quarantine: exploring the feasibility of live, online, group training sessions among older adults. *Translational Behavioral Medicine*. 2021; 11(2): 314-22.
- 14) Devereux-Fitzgerald A, Powell R, Dewhurst A, French DP. The acceptability of physical activity interventions to older adults: a systematic review and meta-synthesis. *Social Science & Medicine*. 2016; 158: 14-23.
- 15) Seifert A, Cotten SR, Xie B. A double burden of exclusion? Digital and social exclusion of older adults in times of COVID-19. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*. 2021; 76(3): e99-103.
- 16) Fan JX, Kowaleski-Jones L, Wen M. Walking or dancing: patterns of physical activity by cross-sectional age among U.S. women. *Journal of Aging and Health*. 2013; 25(7): 1182-203.
- 17) Hyodo K, Jindo T, Suwabe K, Soya H, Nagamatsu T. Acute effects of light-intensity, slow-tempo aerobic dance exercise on mood and executive function in older adults. *Bulletin of the Physical Fitness Research Institute*. 2019; 117: 8-16.
- 18) Hyodo K, Suwabe K, Yamaguchi D, Soya H, Arao T. Comparison between the effects of continuous and intermittent light-intensity aerobic dance exercise on mood and executive functions in older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2021; 13: 723243.
- 19) Tanhamira LA, Randhawa G, Hewson D. Remotely delivered mind-body physical activity improves physical function in older adults. *Medical Sciences Forum*. 2021; 4(1): 25.
- 20) Beauchamp MR, Hulteen RM, Ruissen GR, Liu Y, Rhodes RE, Wierds CM, Waldhauser KJ, Harden SH, Puterman E. 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*. 2021; 23(7): e30709.
- 21) 厚生労働省. 介護予防マニュアル第4版. 2022. URL: <https://www.mhlw.go.jp/content/12300000/000931684.pdf> (アクセス日: 2022年12月16日).
- 22) Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*. 2001; 37(1): 153-6.
- 23) American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, 10th Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2017.
- 24) Siscovick DS, Weiss NS, Fletcher RH, Lasky T. The incidence of primary cardiac arrest during vigorous exercise. *The New England Journal of Medicine*. 1984; 311(14): 874-7.
- 25) R Foundation for Statistical Computing. R: A language and environment for statistical computing. 2016. URL: <https://www.r-project.org/> (アクセス日: 2022年12月16日).
- 26) Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee I, Nieman DC, Swain DP, American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise

- for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2011; 43(7): 1334-59.
- 27) Valenzuela T, Okubo Y, Woodbury A, Lord SR, Delbaere K. Adherence to technology-based exercise programs in older adults: a systematic review. *Journal of Geriatric Physical Therapy*. 2018; 41(1): 49-61.
- 28) Schoene D, Valenzuela T, Toson B, Delbaere K, Severino C, Garcia J, Davies TA, Russell F, Smith ST, Lord SR. Interactive cognitive-motor step training improves cognitive risk factors of falling in older adults - a randomized controlled trial. *PLoS One*. 2015; 10(12): e0145161.
- 29) Daly RM, Gianoudis J, Hall T, Mundell NL, Maddison R. Feasibility, usability, and enjoyment of a home-based exercise program delivered via an exercise app for musculoskeletal health in community-dwelling older adults: short-term prospective pilot study. *JMIR Mhealth and Uhealth*. 2021; 9(1): e21094.
- 30) Kim J, Son J, Ko N, Yoon B. Unsupervised virtual reality-based exercise program improves hip muscle strength and balance control in older adults: a pilot study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2013; 94(5): 937-43.
- 31) Morris JN, Hardman AE. Walking to health. *Sports Medicine*. 1997; 23(5): 306-32.
- 32) Williams MA, Soiza RL, Jenkinson AM, Stewart A. EXercising with Computers in Later Life (EXCELL) - pilot and feasibility study of the acceptability of the Nintendo® WiiFit in community-dwelling fallers. *BMC Research Notes*. 2010; 3: 238.
- 33) Haase KR, Cosco T, Kervin L, Riadi I, O'Connell ME. Older adults' experiences with using technology for socialization during the COVID-19 pandemic: cross-sectional survey study. *JMIR Aging*. 2021; 4(2): e28010.
- 34) 総務省. 令和3年情報通信白書. 2020. URL: <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r03/html/nd111430.html> (アクセス日: 2022年5月15日).
- 35) 総務省. 令和3年通信利用動向調査の結果. 2022. URL: https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/220527_1.pdf (アクセス日: 2022年5月15日).



マルチメディア付録 1. 心拍数(HR)オンラインモニターシステムの概要

参加者の HR は腕に装着した OH1 HR モニターで計測され、そのデータは Bluetooth でスマートフォンアプリケーションに送信された。参加者はスマートフォンアプリケーションで自分の HR を確認しながら運動した。更に HR データはスマートフォンアプリケーションからインターネット経由でウェブアプリケーションに送られ、研究スタッフは 1 つの画面で参加者全員の HR を確認した。参加者の名前をクリックすると、個人の HR の時系列データが表示される。