

労働者の抑うつ・不安をモニタリングする深層学習モデルを 活用した身体活動促進アプリケーションの実装研究 —既存の職域介入プログラムとの比較試験—

渡 辺 和 広* 大 草 祥 一** 佐 藤 光 弘***
三 浦 豪 紀**** 森 本 真 弘***** 堤 明 純*

AN IMPLEMENTATION STUDY OF AN APP FOR PHYSICAL ACTIVITY PROMOTION USING A DEEP LEARNING MODEL TO MONITOR DEPRESSION AND ANXIETY AMONG WORKERS: A CONTROLLED TRIAL WITH EXISTING WORKPLACE PROGRAM

Kazuhiro Watanabe, Shoichi Okusa, Mitsuhiro Sato, Hideki Miura,
Masahiro Morimoto, and Akizumi Tsutsumi

Key words: eHealth, behavioral change, mobile phone, workplace, depression.

緒 言

身体活動の促進は抑うつ・不安の治療・予防に有効であり、労働者のメンタルヘルス不調の予防において重要な役割を果たす。従来対面で提供されてきた行動変容技法を、スマートフォンやその他のデバイスを通じて提供するモバイルヘルス介入は、さまざまな集団において身体活動促進に対する効果が確認されている⁶⁾。しかし、科学的根拠の質はいまだ低く、抑うつ・不安等のメンタルヘルスをアウトカムとした場合に、必ずしも効果が確認されていない。更に、継続利用率が短期間で低下する等、その実装も課題である。たとえ科学的に効果があるとしても、身体活動促進のため

のモバイルヘルス介入の、職域における実装・普及は限定的である。

上記のリサーチギャップを踏まえ、著者らは労働者の身体活動を促進し、抑うつ・不安を軽減することを目的としたスマートフォンアプリ「ASHARE」を開発した²⁾。本研究では、このアプリの有効性を、職場において従来提供されてきた身体活動促進プログラム（アクティブコントロール）と比較して評価することを目的とした。また、職場における実装可能性を評価するために、アプリの継続利用率、許容性、適切性、実施可能性、および満足度を既存の職場プログラムと比較した。

* 北里大学医学部公衆衛生学

** 東芝健康保険組合

*** 株式会社富士通ゼネラル人事本部

**** 株式会社日経 BP

***** MS&AD インターリスク総研株式会社

Department of Public Health, Kitasato University School of Medicine, Sagamihara, Japan.

TOSHIBA Health Insurance Society, Kawasaki, Japan.

Assistant to Head of Human Resources Unit, Fujitsu General Limited, Kawasaki, Japan.

Nikkei Business Publications, Inc., Tokyo, Japan.

MS & AD InterRisk Research & Consulting, Inc., Tokyo, Japan.

方 法

A. 研究デザイン

2023年10月から2024年9月に研究者の個人的なつながりを通じて企業の部署および従業員を募集し、3か月間の非無作為化比較試験を実施した。参加に同意した企業の健康増進担当者が代表となり、研究に参加する部署、および参加する従業員を選定した。対象部署の従業員は、事前のWeb調査に回答した後、参加企業の健康増進担当者の希望に応じて介入群、もしくは対照群に割り付けられた。各群のプログラムの終了後（3か月後）、従業員は事後のWeb調査に回答した。加えて、健康増進担当者も各プログラムの実装可能性の評価を行った。謝礼として、事後調査を完了した従業員、および健康増進担当者には、3000円分のAmazonギフトカードが送信された。研究実施にあたり、事前調査の実施前にすべての参加者からインフォームドコンセントを取得した。本研究プロトコルは、UMIN臨床試験登録システムに登録され（UMIN000052374）、北里大学医学部・病院倫理委員会の承認を受けて実施された（承認番号：C22-137）。

B. 参加者

従業員の適格基準は、1) 18歳以上である、2) 日本語で記載された調査票に回答することができる、3) 私的利用のためのスマートフォンを所持している、のすべてを満たす者とした。そのうち、現在休業中である、もしくは過去12か月間に休業の経験がある者は除外された。健康増進担当者の適格基準は、1) 人事労務、総務、あるいは健康管理を担当している者、2) 厚生労働省が策定した「労働者の心の健康の保持増進のための指針」において規定されている、事業場内メンタルヘルス推進担当者、のいずれかを満たす者とした。

C. 介入プログラム

1. 介入群

介入群の従業員は、自身のスマートフォンにアプリ「ASHARE」をインストールし、3か月間使用するよう依頼された²⁾。このアプリには身体活動促進のための基本的な行動変容技法として、活動量のセルフモニタリング、フィードバック、デ

ータ共有等が採用されている。また、long short-term memoryを使用した深層学習モデルによって、前日の身体活動データ、およびユーザーの基本属性から当日の抑うつ・不安の得点が予測され、フィードバックされる機能を備えている。

2. 対照群

アクティブコントロールとしての対照群に割り当てられた従業員には、職場環境の調整を含む既存の介入プログラムが3か月間提供された⁷⁾。このプログラムは、身体活動促進に関する方針の策定と宣言等を含む13の要素のうち、健康増進担当者との協議によって実行可能とされた要素から構成されるものである。

D. 測定項目

1. 身体活動

主要アウトカムとしての身体活動は、日本語版Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ)を用いて測定した¹⁾。解析には、GPAQの分析ガイドラインに従って算出された、1週間当たりの身体活動量 (MET-h/週)、および身体活動水準 (低、中、高) を使用した。加えて、スマートフォンの加速度計を利用して測定された1日当たりの身体活動時間 (分) をアプリから取得した。

2. 心理的苦痛

副次アウトカムとしての抑うつ・不安は、日本語版K6を用いて測定した⁴⁾。K6は、抑うつや不安に関連する症状 (心理的苦痛) の頻度を評価する6つの項目で構成される。解析には、合計得点、および提案されたカットオフ値に基づいた症状の水準 (軽度, 閾値下, 重度) を使用した。

3. 実装可能性の評価

各プログラムの実装に関する指標として、アプリの継続利用率 (介入群)、およびプログラムへの参加率 (対照群) を測定した。介入群においては、アプリの使用ログをクラウドサーバーから取得し、1週間に少なくとも1回アプリを起動した従業員を継続利用者としてみなした。対照群の従業員には、プログラムの各要素を閲覧したか、あるいは参加したか等を事後調査において聴取した。加えて、各プログラムの許容性、適切性、実施可能性、および満足度を、従業員および健康増進担当者に対して、日本語版 Implementation Outcome

Scale of Digital Mental Health を用いて測定した⁵⁾。

E. 統計解析

介入の有効性を検討するために、一般化線形モデルを用いて時間（事前、事後）と群（介入、対照）の交互作用効果を推定した。介入群と対照群の比較可能性を担保するために、ロジスティック回帰モデルを用いた介入群に対する傾向スコアを算出し、モデルの共変量として含めた。傾向スコアの予測変数として、年代、性別、雇用形態、職種、労働時間、および事前調査時の身体活動量と抑うつ・不安を使用した。感度解析として、各プログラムのプロトコル遵守者のみを対象とした解析を実施した。実装可能性の評価については、アプリの継続利用率（介入群）とプログラムへの参加率（対照群）を比較した。加えて、従業員、および健康増進担当者が評価した許容性、適切性、実施可能性、および満足度の平均値を両群間で比

較した。解析には、IBM SPSS Statistics バージョン29.0を使用した。

結 果

A. 参加者の特徴

適格基準を満たした6企業7部署の労働者84名が研究に組み入れられ（介入群5部署67名、対照群2部署17名）、うち3か月後の事後調査に回答した78名を解析対象とした（追跡率92.9%）。参加者の多くは正社員（83.3%、65/78）であり、全員が日勤（100.0%、78/78）の労働者であった。介入群と対照群の間で、年代、および雇用形態における不均衡が認められた（表1）。6企業の業種は、サービス業（3）、建設業（2）、製造業（1）であった。健康増進担当者（7名）は、人事労務担当者が5名、健康管理担当者（産業医）が1名であった。

表1. 事前調査時における参加者の基本属性 (n = 78)
Table 1. Characteristics of the participants at baseline (n = 78).

| | Total (n = 78) n (%) | Intervention group (n = 61) n (%) | Control group (n = 17) n (%) | P-value |
|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------|
| Age group (years) | | | | |
| 20-29 | 16 (20.5) | 14 (23.0) | 2 (11.8) | |
| 30-39 | 28 (35.9) | 22 (36.1) | 6 (35.3) | |
| 40-49 | 14 (17.9) | 14 (23.0) | 0 (0.0) | 0.025 |
| 50-59 | 14 (17.9) | 8 (13.1) | 6 (35.3) | |
| ≥ 60 | 6 (7.7) | 3 (4.9) | 3 (17.6) | |
| Gender | | | | |
| Male | 42 (53.8) | 33 (54.1) | 9 (52.9) | 0.933 |
| Female | 36 (46.2) | 28 (45.9) | 8 (47.1) | |
| Employment status | | | | |
| Full-time | 65 (83.3) | 54 (88.5) | 11 (64.7) | 0.020 |
| Other | 13 (16.7) | 7 (11.5) | 6 (35.3) | |
| Shift type | | | | |
| Day shift | 78 (100.0) | 61 (100.0) | 17 (100.0) | - |
| Occupation | | | | |
| Manager | 10 (12.8) | 7 (11.5) | 3 (17.6) | 0.137 |
| Professional Engineer/Academic | 28 (35.9) | 26 (42.6) | 2 (11.8) | |
| Clerk | 37 (47.4) | 26 (42.6) | 11 (64.7) | |
| Other | 3 (3.8) | 2 (3.3) | 1 (5.9) | |
| Working hours per week (hours) | | | | |
| 1-40 | 32 (41.0) | 27 (44.3) | 5 (29.4) | 0.525 |
| 41-50 | 31 (39.7) | 22 (36.1) | 9 (52.9) | |
| 51-60 | 13 (16.7) | 10 (16.4) | 3 (17.6) | |
| ≥ 61 | 2 (2.6) | 2 (3.3) | 0 (0.0) | |

表 2. 3 か月間の介入による身体活動、および抑うつ・不安の変化(n = 78)
Table 2. Changes in physical activity and depression/anxiety after the 3-month interventions (n = 78).

| | Intervention group (n = 61) | | Control group (n = 17) | | Effectiveness | | |
|---|-----------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------|---------|
| | Baseline | 3-month follow-up | Baseline | 3-month follow-up | Interaction effect of time by group | SE | P-value |
| Physical activity (GPAQ) | | | | | | | |
| Total amount (MET-h/week) | | | | | | | |
| Mean (SD) | 20.63 (18.5) | 21.58 (20.3) | 34.86 (73.2) | 36.21 (48.2) | -0.40 | 12.84 | 0.975 |
| Mean (SE) [†] | 23.60 (5.2) | 24.54 (4.1) | 24.23 (11.5) | 25.58 (9.9) | | | |
| Level of physical activity [‡] | | | | | | | |
| Low (n [%]) | 25 (41.0) | 21 (34.4) | 8 (47.1) | 3 (17.6) | -1.16 | 0.91 | 0.201 |
| Moderate/high (n [%]) | 36 (59.0) | 40 (65.6) | 9 (52.9) | 14 (82.4) | | | |
| Depression/anxiety (K6) | | | | | | | |
| Total score | | | | | | | |
| Mean (SD) | 3.87 (3.3) | 3.75 (4.3) | 4.18 (5.8) | 4.59 (4.9) | -0.53 | 1.62 | 0.746 |
| Mean (SE) [†] | 4.13 (0.6) | 4.01 (0.6) | 3.25 (1.3) | 3.67 (1.4) | | | |
| Level of distress | | | | | | | |
| Light (≤ 4) | 42 (68.9) | 42 (68.9) | 12 (70.6) | 9 (52.9) | -0.78 | 0.84 | 0.358 |
| Subthreshold/severe (≥ 5) | 19 (31.1) | 19 (31.1) | 5 (29.4) | 8 (47.1) | | | |

[†]Estimated mean scores adjusted by propensity score.

[‡]High: ≥ 3 days of vigorous-intensity activity of ≥ 1500 MET-min/week or ≥ 7 days of any combination of walking or moderate-to-vigorous-intensity physical activity of 3000 MET-min/week, Moderate: ≥ 3 days of vigorous-intensity activity of ≥ 20 min/day or ≥ 5 days of moderate-intensity activity or walking of ≥ 30 min/day or ≥ 5 days of any combination of walking or moderate-to-vigorous-intensity physical activity of ≥ 600 MET-min/week, Low: not meeting the criteria for High or Moderate.

SE; standard error, GPAQ; Global Physical Activity Questionnaire, MET; metabolic equivalent, SD; standard deviation, K6: Kessler Psychological Distress Scale.

B. 介入プログラムの効果

身体活動量、および身体活動水準は両群において増加し、特に対照群において増加した。しかし、時間と群の交互作用は統計的に有意ではなかった ($P = 0.975$, $P = 0.201$)。介入群におけるアプリから取得された身体活動時間は、介入 1 週目 (83.3 ± 68.6 分) と比較して介入 13 週目 (73.9 ± 51.2 分) で減少した。抑うつ・不安については介入群で改善し、対照群で悪化した。また、閾値下・重度の抑うつ・不安を有する従業員の割合は、介入群では維持されたのに対し、対照群では増加した。しかし、時間と群の交互作用はいずれも統計的に有意でなかった ($P = 0.746$, $P = 0.358$) (表 2)。

C. 実装可能性の評価

介入群におけるアプリの継続利用率は、4 週目までに 50% を下回り、その後 8 週目まで単調に低下した (図 1)。最終週のユーザー利用率は 19.7% (12/61) だった。対照群の 2 部署では、用意した 13 の要素のうち、所属長からの方針設

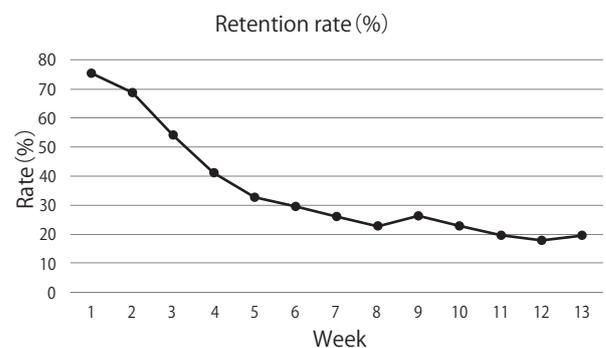


図 1. 介入群におけるアプリ「ASHARE」の継続利用率
Fig.1. A user retention rate of the ASHARE app over 3 months during the intervention period.

定・宣言、活動量を競うコンペティション、および心理教育を含む 5 要素、および 8 要素が実施された。対照群におけるプログラムのすべてに参加した従業員の割合は 52.9% (9/17) であった。

従業員によるプログラムの許容性、適切性、実施可能性、および満足度に関する評価は、いずれも対照群に比べて介入群のほうが有意に低かった (表 3)。一方、健康増進担当者の評価については、

表3. 従業員、および健康増進担当者によるプログラムの実装可能性評価
Table 3. Assessment of the implementation outcomes of the interventions.

| | Intervention group Mean (SD) | Control group Mean (SD) | <i>P</i> -value for <i>t</i> -test |
|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Employees (n = 78) | n = 61 | n = 17 | |
| Overall score (14 items: 14-56) | 36.21 (7.2) | 48.00 (5.4) | < 0.001 |
| Acceptability (3 items: 3-12) | 7.05 (1.9) | 9.24 (1.5) | < 0.001 |
| Appropriateness (4 items: 4-16) | 9.87 (2.4) | 13.65 (2.0) | < 0.001 |
| Feasibility (6 items: 6-24) | 17.00 (3.5) | 21.59 (2.3) | < 0.001 |
| Satisfaction (1 item: 1-4) | 2.30 (0.8) | 3.53 (0.5) | < 0.001 |
| Harm (5 items: 5-20) | 7.10 (2.8) | 6.18 (1.5) | 0.194 |
| Health promotion managers (n = 7) | n = 5 | n = 2 | |
| Acceptability (4 items: 1-4) | 3.30 (0.5) | 3.63 (0.5) | 0.504 |
| Appropriateness (4 items: 1-4) | 3.35 (0.2) | 3.42 (0.1) | 0.716 |
| Feasibility (4 items: 1-4) | 3.80 (0.1) | 3.75 (0.4) | 0.762 |
| Satisfaction (1 item: 1-4) | 2.80 (0.8) | 3.50 (0.7) | 0.350 |
| Harm (1 item: 1-4) | 1.20 (0.4) | 1.00 (0.0) | 0.576 |

表4. 感度解析：プロトコル遵守者を対象とした身体活動、および抑うつ・不安の変化(n = 21)
Table 4. Sensitivity analysis: changes in physical activity and psychological distress among program completers (n = 21).

| | Intervention group (n = 12) | | Control group (n = 9) | | Effectiveness | | |
|---|-----------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------------------|------|-----------------|
| | Baseline | 3-month follow-up | Baseline | 3-month follow-up | Interaction effect of time by group | SE | <i>P</i> -value |
| Physical activity (GPAQ) | | | | | | | |
| Total amount (MET-h/week) | | | | | | | |
| Mean (SD) | 28.31 (25.5) | 28.92 (25.1) | 49.70 (99.0) | 16.10 (9.9) | 34.22 | 31.1 | 0.283 |
| Mean (SE) [†] | 26.90 (20.0) | 27.51 (7.7) | 51.58 (23.4) | 17.97 (9.4) | | | |
| Level of physical activity [‡] | | | | | | | |
| Low (n [%]) | 4 (33.3) | 3 (25.0) | 2 (22.2) | 2 (22.2) | 0.41 | 1.54 | 0.795 |
| Moderate/high (n [%]) | 8 (66.7) | 9 (75.0) | 7 (77.8) | 7 (77.8) | | | |
| Depression/anxiety (K6) | | | | | | | |
| Total score | | | | | | | |
| Mean (SD) | 5.58 (4.1) | 3.17 (3.3) | 2.44 (1.9) | 4.89 (4.5) | -4.86 | 2.23 | 0.036 |
| Mean (SE) [†] | 6.47 (1.2) | 4.06 (1.3) | 1.26 (1.4) | 3.70 (1.5) | | | |
| Level of distress | | | | | | | |
| Light (≤ 4) | 6 (50.0) | 9 (75.0) | 8 (88.9) | 4 (44.4) | -3.68 | 1.65 | 0.032 |
| Subthreshold/severe (≥ 5) | 6 (50.0) | 3 (25.0) | 1 (11.1) | 5 (55.6) | | | |

[†]Estimated mean scores adjusted by propensity score.

[‡]High: ≥ 3 days of vigorous-intensity activity of ≥ 1500 MET-min/week or ≥ 7 days of any combination of walking or moderate-to-vigorous-intensity physical activity of 3000 MET-min/week, Moderate: ≥ 3 days of vigorous-intensity activity of ≥ 20 min/day or ≥ 5 days of moderate-intensity activity or walking of ≥ 30 min/day or ≥ 5 days of any combination of walking or moderate-to-vigorous-intensity physical activity of ≥ 600 MET-min/week, Low: not meeting the criteria for High or Moderate.

SE; standard error, GPAQ; Global Physical Activity Questionnaire, MET; metabolic equivalent, SD; standard deviation, K6: Kessler Psychological Distress Scale.

両群間で差がみられなかった。

D. プロトコル遵守者を対象とした感度解析

各プログラムにプロトコルどおり参加した21名の従業員（介入群12名，対照群9名）を対象とし

た有効性の検討においては、介入群における身体活動および抑うつ・不安の変化は、いずれも対照群と比較してより好ましい傾向を示した（表4）。身体活動に関しては統計的に有意な差はみられな

かったものの、介入群における閾値下・重度の抑うつ・不安を有する従業員の割合は、対照群と比較して有意に減少した（係数 = -3.68, 標準誤差 = 1.65, $P = 0.032$ ）。

考 察

プロトコル遵守者においては抑うつ・不安の有意な改善が認められたものの、主要な結果はアプリ「ASHARE」の既存の職場プログラムと比較した際の有効性を支持しなかった。しかし、有意な差ではなかったものの、抑うつ・不安の変化に群間で違いがみられたことは、身体活動と抑うつ・不安の関連をアプリが深層学習モデルを通じて強調し、参加者がメンタルヘルスのセルフモニタリングを行うことを意図したことに起因する可能性がある³⁾。

モバイルヘルス介入の実装上の課題は、本研究では解決されなかった。3か月後のアプリの継続利用率（19.7%）は部署単位で好ましい結果を得るには不十分で、従業員による実装可能性の評価も、多くの指標において対照群より低かった。一方で、健康増進担当者はアプリの実装可能性を対照群のプログラムと同程度に評価していた。したがって、介入を希望した担当者と実際のユーザー（従業員）との間に実装のギャップがある可能性がある。職場におけるモバイルヘルス介入の実装においては、アプリに関する説明会を設けるなど、従業員の理解、および関与を促進する戦略が役立つ可能性がある。

本研究にはいくつかの限界がある。本研究は研究期間内に十分なサンプルサイズを確保できなかったために検出力が低下し、十分な仮説検証が行えなかったとともに、介入後のフォローアップ調査を十分に実施できなかった。参加企業の募集に難航した主な理由として、組織単位での意思決定が複雑なこと、研究参加にかかるコストに見合う利益が得られないと判断されてしまったこと、組織における既存の取り組みと重複してしまったこと等が挙げられる。また、非無作為化デザイン

を採用したことにより、未測定の変因による交絡の影響が存在する可能性がある。更に、参加者は労働者の一部であり、本研究の知見の一般化可能性は限定的である。

総 括

アプリ「ASHARE」は、既存の職場プログラムと比較して優れた効果を示さなかった。健康増進担当者や従業員の間の実装のギャップが存在する可能性があり、これがアプリの継続利用率の低さに寄与した可能性がある。

謝 辞

本研究は、公益財団法人明治安田厚生事業団の第38回研究助成金のほか、独立行政法人日本学術振興会科学研究費助成事業（JP20K19671, JP24K20247）、および国立研究開発法人日本医療研究開発機構（JP21de0107006）の支援を受けて実施された。

参 考 文 献

- 1) Bull FC, et al. (2009): Global physical activity questionnaire (GPAQ): nine country reliability and validity study. *J Phys Act Health*, **6**, 790-804.
- 2) 働く人の身体活動とメンタルヘルスのためのアプリ ASHARE(アスハレ). <https://www.ashare-hp.jp/> (2025年1月15日閲覧)
- 3) Kauer SD, et al. (2012): Self-monitoring using mobile phones in the early stages of adolescent depression: randomized controlled trial. *J Med Internet Res*, **14**, e67.
- 4) Kessler RC, et al. (2003): Screening for serious mental illness in the general population. *Arch Gen Psychiatry*, **60**, 184-189.
- 5) Sasaki N, et al. (2021): Implementation outcome scales for digital mental health (iOSDMH): scale development and cross-sectional study. *JMIR Form Res*, **5**, e24332.
- 6) Tong HL, et al. (2024): The use of mobile technologies to promote physical activity and reduce sedentary behaviors in the Middle East and North Africa region: systematic review and meta-analysis. *J Med Internet Res*, **26**, e53651.
- 7) Watanabe K, et al. (2018): Effects of a multi-component workplace intervention program with environmental changes on physical activity among Japanese white-collar employees: a cluster-randomized controlled trial. *Int J Behav Med*, **25**, 637-648.