

# 모바일 건강 애플리케이션의 건강행동이론 기반 군집화 및 질 분석

박경희\*, 허정원\*\*, 장혜원\*\*, 이영주\*\*, 김서연\*\*, 김혜령\*\*\*†

\*신한대학교 간호대학 간호학과 박사과정생, \*\*신한대학교 간호대학 간호학과 학부생

\*\*\*신한대학교 간호대학 간호학과 부교수

## Cluster-based quality analysis of mobile health applications based on health behavior theories

Kyong Hee Park\*, Jeongwon Heo\*\*, Hyewon Jang\*\*, Youngju Lee\*\*, Seoyeon Kim\*\*, Hye-Ryoung Kim\*\*\*†

\* Doctoral Student, College of Nursing, ShinHan University,

\*\* Undergraduate Student, College of Nursing, ShinHan University,

\*\*\* Associate Professor, College of Nursing, ShinHan University

**Objectives:** This study evaluated Korean mobile health (mHealth) applications, analyzing the extent to which they incorporated elements of health behavior theory. We aimed to classify application types and compare their structural characteristics and quality using cluster analysis. **Methods:** We evaluated 238 mHealth applications from Apple App Store and Google Play Store. Applications were assessed using the Health Care Smartphone Application Evaluation Tool, which considers content, design, and security as the criteria for quality evaluation. Elements from the Health Belief Model (HBM) and Theory of Planned Behavior (TPB), including perceived benefits/attitudes, cues to action, self-efficacy/perceived behavioral control, and subjective norms, were mapped onto application features. K-means clustering was performed using binary-coded theory elements, followed by validation and quality comparison. **Results:** Three clusters were identified: information-focused (36.6%), engagement-empowered (56.3%), and social influence-driven (7.1%) applications. Information-focused applications emphasized benefits but lacked interactivity. Engagement-empowered applications comprised diverse theory components, and social influence-driven applications emphasized peer influence. Application quality scores significantly differed across clusters ( $p < .001$ ), with information-focused apps scoring highest. **Conclusion:** mHealth applications can be meaningfully classified based on behavioral theory integration, which is associated with quality. Integrating structured theoretical frameworks may enhance both effectiveness and credibility of mHealth interventions.

**Key words:** mHealth apps, health behavior theory, Health Belief Model, Theory of Planned Behavior, cluster analysis

## I. 서론

최근 몇 년간 보건의료 분야는 디지털 기술의 급속한 발전과 함께 점진적인 전환을 경험하고 있다. 특히 팬데믹을

계기로 원격의료, 디지털 치료기기, 모바일 기반 자가 건강 관리 기술의 도입이 가속화되면서, 기존의 병원 중심 의료 전달체계에 대한 구조적 변화 요구가 심화되고 있다(Shin et al., 2025). 이러한 변화는 예방, 진단, 중재, 예후 관리에

Corresponding author: Hye-Ryoung Kim

College of Nursing, Shinhan University, Room 2260, Bethesda Hall, 30, Byeolmadeul-ro 40beon-gil, Dongducheon-si, Gyeonggi-do, 11340, Republic of Korea

주소: (11340) 경기도 동두천시 별마들로 40번길 30, 신한대학교 베테스다관 2260호

Tel: +82-31-870-0477, Fax: +82-31-870-1719, E-mail: hrkim@shinhan.ac.kr; apondio@gmail.com

• Received: July 21, 2025

• Revised: September 4, 2025

• Accepted: September 17, 2025

이르는 건강관리 전 영역에 영향을 미치며, 디지털 기반 도구들이 보건의료 서비스의 중요한 구성 요소로 자리잡고 있음을 시사한다.

모바일 헬스는 모바일 기술을 활용한 의료 및 보건 서비스로, Istepanian 등 (2004)이 “보건의료를 위한 모바일 통신 및 네트워크 기술”로 처음 정의하였다. 이후 세계보건기구는 모바일 헬스를 “휴대전화, 환자 모니터링 기기, 개인용 디지털 보조기기, 무선기기 등을 활용한 의학·공중보건적 실천”으로 규정하였다(World Health Organization, 2017). 국내에서는 Ministry of Trade, Industry and Energy (2015)가 스마트 헬스케어 산업군 내 세부 영역으로 건강정보 앱과 개인 맞춤형 건강관리 앱을 분류하여, 모바일 헬스가 디지털 헬스케어의 핵심 구성 요소임을 제시하였다. 글로벌 모바일 헬스 시장 규모는 2020년 약 860억 달러였으며, 2025년까지 연평균 약 37%의 높은 성장률이 전망되고 있다. 국내 모바일 헬스 시장 또한 향후 5년간 18.8% 성장할 것으로 예측되고 있다(Korea Health Industry Development Institute, 2020).

이러한 성장세와 함께 모바일 건강 애플리케이션(mobile health applications, 이하 mHealth 앱)은 인공지능, 웨어러블 센서, 개인 맞춤형 데이터 분석 기술 등과 결합되며, 건강행동의 실시간 추적과 증재를 가능하게 하는 수단으로 부상하고 있다(Deniz-Garcia et al., 2023). 이러한 기술은 단순한 정보 전달을 넘어 사용자 주도의 건강행동 변화, 만성질환의 자가관리, 예방 중심의 건강관리 확대 등에서 잠재력을 보이며, 보건의료의 접근성, 지속성, 형평성 향상에도 기여할 수 있다(Sharma et al., 2022).

그러나 현재 상용화된 다수의 mHealth 앱은 과학적 근거 없이 개발되고 있으며, 정보의 정확성, 보안성, 사용자 맞춤 설계 측면에서 구조적 한계가 지적되고 있다(Grundy, 2022). 또한, 국가 차원의 표준화된 평가 도구나 제도적 관리체계의 부재로 인해, 앱의 품질과 잠재적 위험성을 사용자 개인이 판단해야 하는 현실은 지속적인 문제로 지적되고 있다(Giebel et al., 2024). 기존의 연구들은 대부분 앱의 기능, 디자인, 사용자 경험 등 기술적 요소에 국한된 분석이 주를 이루었으며, 건강행동이론과 같은 체계적인 이론 틀을 기반으로 앱의 구조를 분석하거나 정책적 함의를 제시한 연구는 드물었다(Zhang & Liu, 2022). 특히 국내 연구의 경우, 홈트레이닝 앱이나 만성질환 관리 앱 등 일부

목적에 특화된 앱에 대한 분석이 주를 이루었고, mHealth 앱 전반을 포괄하는 구조적 분석은 상대적으로 부족하다(Lee, 2024; Na & Ahn, 2020).

mHealth 앱은 단순한 정보 제공 도구를 넘어, 사용자의 행동 변화를 유도하는 개입 수단으로 작용해야 한다. 이를 위해서는 건강행동이론에 기반한 설계와 평가가 필수적이다(Salwen-Deremer et al., 2020). 건강행동이론은 개인이 건강과 관련된 행동을 어떻게 인식하고 실천하게 되는지를 설명하는 이론적 틀로, 건강 관련 증재의 효과성과 구조화를 위해 폭넓게 활용되고 있다. 대표적인 건강행동이론으로는 건강신념모형(Health Belief Model, 이하 HBM)과 계획된 행동이론(Theory of Planned Behavior, 이하 TPB)이 있으며, 이들은 개인의 심리적 요인과 사회적 환경이 건강행동에 미치는 영향을 구조적으로 설명할 수 있는 이론이다. HBM은 Becker와 Rosenstock (1974)에 의해 제안된 이론으로, 개인의 건강행동은 지각된 민감성(perceived susceptibility), 지각된 심각성(perceived severity), 지각된 유익성(perceived benefits), 지각된 장애(perceived barriers), 행위 계기(cues to action), 자기효능감(self-efficacy) 등에 의해 결정된다고 본다.

mHealth 앱은 사용자의 자가 건강관리 행동을 유도하는 디지털 증재 도구로서, 위 요인들과 밀접한 연관성을 지닌다(Paganin et al., 2023). 예를 들어, 정보제공 기능은 지각된 민감성과 유익성을 높이는 데 기여할 수 있으며, 목표설정 및 피드백 기능은 자기효능감 증진에 기여할 수 있다. TPB에서는 개인의 행동의도가 실제 행동의 가장 강력한 예측 변수이며, 이는 태도(attitude), 주관적 규범(subjective norm), 지각된 행동통제(perceived behavioral control)에 의해 형성된다고 본다(Ajzen, 1991). 이러한 구성요소는 mHealth 앱의 UI/UX, 커뮤니티 기능, 피드백 시스템 등과 밀접하게 연관될 수 있다.

mHealth 앱에서는 사용자 인터페이스(UI)나 콘텐츠 설계가 건강행동에 대한 태도 형성에 영향을 줄 수 있으며, 커뮤니티 기능이나 피어 피드백은 주관적 규범 인식과 연결될 수 있다. 또한, 실시간 모니터링, 리마인더, 동기부여 기능은 지각된 행동통제를 높이는 데 기여할 수 있다(Kim et al., 2023; Palos-Sanchez et al., 2021).

선행 연구에서는 건강행동이론이 mHealth 앱 설계에 효과적으로 적용될 수 있음을 보고하고 있다. 예를 들어,

Martin-Key 등 (2024)은 HBM을 기반으로 폐경기 여성을 위한 정신건강 앱을 설계하고 사용요인을 분석하였으며, Tizvir 등 (2024)은 TPB를 바탕으로 한 모바일 모유수유 교육 앱을 통해 행동 변화 효과를 입증하였다. 그러나 실제 시장에 출시된 mHealth 앱의 대부분은 명확한 이론적 기반 없이 개발되고 있으며, 이로 인해 사용자에게 제공되는 정보의 구조성, 중재 설계의 체계성, 지속 사용 유도 전략이 결여되어 있다는 지적이 제기되고 있다(Jakob et al., 2022).

그러므로 이 연구는 국내 상용 mHealth 앱을 대상으로, 건강행동이론(HBM 및 TPB) 요소 반영 수준에 따라 앱을 군집화 하고, 각 군집을 대상으로 콘텐츠의 정확성, 사용자 인터페이스의 적절성, 개인정보 보호 및 보안 기능 등을 중심으로 앱의 질을 다차원적으로 평가하고자 한다.

이를 통해 mHealth 앱이 사용자 중심성과 과학적 근거를 얼마나 충실히 반영하고 있는지를 진단함으로써, 향후 이론 기반의 앱 개발과 질 향상에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구설계

이 연구는 국내 상용 mHealth 앱을 건강행동이론의 주요 구성 요소 반영 수준에 따라 앱을 군집화 하고, 군집별로 앱의 질을 다차원적으로 분석하는 서술적 조사연구이다.

### 2. 자료수집

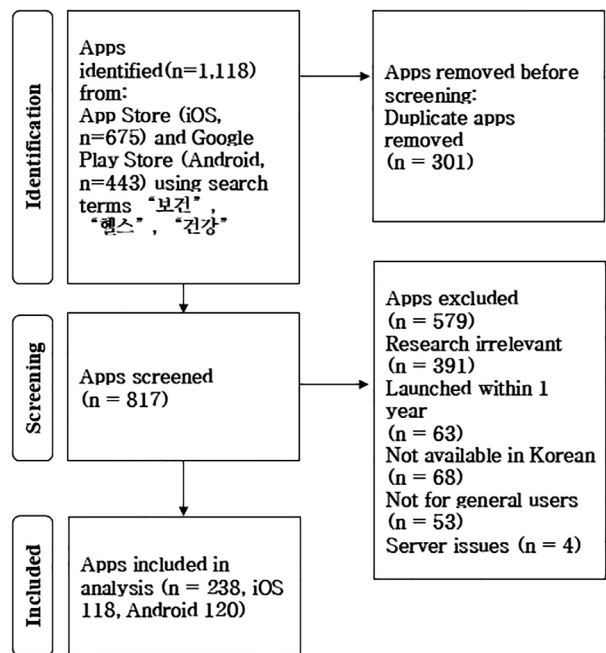
자료수집은 2023년 7월 3일부터 9일까지 진행하였다. 구글 플레이(Android)와 앱 스토어(iOS)에서 ‘헬스’, ‘건강’, ‘보건’을 검색어로 1,118개(Android 675개, iOS 443개)의 건강 앱을 검색하였다. 이 중 301개의 중복을 제거하고 817개(Android 555개, iOS 262개)의 앱에 대하여 연구 포함 여부를 결정하였다. 연구 포함 기준은 출시한지 1년 이상인 앱으로 한국어 지원하며 사용자 접근성을 고려하여 무료로 이용 가능한 앱으로 하였다. 제외 기준은 단순 게임, 보험 등 상업성이 주된 목적인 앱과 현재 사용

가능하지 않은 앱 및 멤버십 전용으로 일반인의 접근이 용이하지 않은 앱이다. 이러한 기준에 따라 최종 연구에 포함된 건강 앱은 Android 118개, iOS 120개로 총 238개였다[Figure 1].

### 3. 연구도구 및 질 평가

이 연구에서는 mHealth 앱의 질 평가를 위해 Jin과 Kim (2015)이 개발한 건강관리용 스마트폰 앱 평가도구를 활용하였다. 이 도구는 mHealth 앱의 신뢰성과 유용성을 평가하는데 적합한 것으로 알려져 있으며(Ramos et al., 2021), 특히 국내에서 mHealth 앱 평가에서도 타당성과 신뢰도가 입증된 바 있다(Shao et al., 2024). 이 도구는 내용타당도 분석과 확인적 요인분석, 신뢰도 검증을 거쳐 개발되었으며, 개발 당시 평가도구의 신뢰도는 Cronbach’s  $\alpha=.91$ 이었으며(Jin & Kim, 2015), 이 연구에서 Cronbach’s  $\alpha$ 는 .89이었다.

이 도구는 콘텐츠, 인터페이스 디자인, 기술의 세 가지 영역, 총 23문항으로 구성되어 있다. 콘텐츠 영역은 정보의 정확성, 이해 용이성, 정보의 전문성과 체계성을 평가하며, 인터페이스 디자인 영역은 시각적 일관성, 콘텐츠의 접근



[Figure 1] Flow diagram of mHealth app selection and screening process

용이성, 표현의 명확성 등을, 기술 영역은 개인정보 보호와 보안 시스템의 구비 여부를 평가한다.

각 문항은 4점 Likert 척도로 평가하되, 콘텐츠 영역의 정보 전문성 항목과 기술 영역은 2점 척도로 평가한다. 각 영역의 최대 점수는 콘텐츠 영역 25점, 인터페이스 디자인 33점, 기술 영역 3점이며, 총점은 61점을 기준으로 미흡(0~20점), 보통(21~41점), 양호(42~61점)로 구분한다.

연구팀은 다수의 건강행동 관련 연구와 앱 개발 경험이 있는 간호학 교수 1명, 간호학 박사과정생 1명 및 4명의 간호학 학부생으로 구성되었다. 연구자들은 질 평가 전에 평가지표에 대한 정의를 확인하고 평가 방법에 대한 교육을 받았으며 모의 평가를 통해 결과를 비교하고 토의하는 과정을 통해 측정의 평가자간 신뢰도를 확보하기 위하여 노력하였다. 안드로이드와 iOS 앱을 각각 두 명의 연구자들이 개별적으로 평가한 후 합의하여 결정하였으며 의견이 다를 경우 제 3의 연구자가 이를 중재하였다. 평가자간 신뢰도는 급내 상관계수(Intra-class Correlation; ICC)로 확인하였으며 Android 앱 평가의 경우 ICC는 .84이었으며 iOS 앱 평가의 ICC는 .83이었다.

#### 4. 건강행동이론 요소 분석

HBM과 TPB의 주요 구성 요소가 mHealth 앱에 어떻게 반영되어 있는지를 분석하기 위한 분석 틀은, 문헌 검토를 바탕으로 초안을 마련한 후, 간호학과 교수 및 디지털 헬스 분야 전문가 5인으로 구성된 전문가 패널의 검토 및 합의 과정을 거쳐 최종 확정하였으며, 내용 타당도지수(CVI)는 .86이었다.

확정된 분석 틀은 네 가지 이론적 범주를 포함하고 있다. 첫째, '지각된 유익성(HBM)'과 '태도(TPB)' 요소는 앱이 제공하는 건강정보의 명확성, 교육 콘텐츠의 효과성, 그리고 행동에 대한 긍정적 인식을 유도하는 메시지의 포함 여부를 기준으로 평가하였다. 둘째, '자기효능감(HBM)'과 '지각된 행동통제(TPB)'는 사용자가 능동적으로 건강행동을 수행할 수 있도록 지원하는 기능의 유무로 판단하였으며, 여기에는 건강기록 기능, 목표 설정, 피드백 제공 기능 등이 포함된다. 셋째, '행위 계기(cues to action)'는 리마인더, 푸시 알림, 커뮤니티 기능 등과 같이 행동을 촉진하는 외적 자극의 제공 여부를 기준으로 분석하였다. 마지막으로, '주

관적 규범(subjective norm)'은 사용자 간 상호작용, 타인의 의견이나 평가 제공, 커뮤니티 기반 피드백 시스템의 구현 여부를 중심으로 확인하였다.

건강행동이론 요소의 평가 신뢰도를 확보하기 위해, 두 명의 훈련된 평가자가 15개의 앱을 대상으로 사전 평가를 실시하였으며, 평가자 간 일치도는 Cohen's  $\kappa=.83$ 이었다.

#### 5. 자료분석

이 연구에서 수집된 자료는 IBM SPSS Statistics version 29.0 프로그램을 사용하여 분석하였으며, 통계적 유의 수준은 .05로 설정하였다. 앱의 일반적 특성은 빈도와 백분율을 이용한 기술통계로 분석하였고, 앱의 질 평가는 평균과 표준편차를 산출하여 기술하였다.

건강행동이론 요소의 반영 여부(지각된 유익성/태도, 행위 계기, 자기효능감/지각된 행동 통제, 주관적 규범)를 기준으로 mHealth 앱을 유형화하기 위해 비계층적 K-평균 군집분석(K-means cluster analysis)을 실시하였다. 각 이론 요소는 포함 여부에 따라 이진 변수로 코딩하였으며, 유클리드 거리를 기반으로 반복 알고리즘을 통해 군집 수를 순차적으로 증가시키며 군집 내 분산의 변화 추이를 확인하였다. 군집의 수는 분산 감소 곡선이 꺾이는 지점(elbow point)을 기준으로 결정하였다.

군집 해석의 타당성 확보를 위해, 군집 간 건강행동이론 구성 요소의 포함 여부 차이에 대해 카이제곱 검정(chi-square test)을 실시한 결과 통계적으로 유의한 차이가 나타나( $p<.001$ ) 내적 타당도를 확인하였다. 또한 군집 분석에 포함되지 않은 앱의 질 평가 점수를 활용한 일원분산분석(one-way ANOVA)에서도 군집 간 유의미한 차이가 나타나( $p<.001$ ), 외적 타당도 역시 확보되었다.

신뢰도 검증을 위해 전체 데이터를 무작위로 두 집단으로 나누어 split-sample replicability 분석을 실시하였고, 각 하위 집단의 군집 중심값과 전체 데이터의 군집 중심값 간 Pearson 상관계수를 산출하였다. 그 결과 분할1 집단에서는 완전한 상관( $r=1.000$ ), 분할2 집단에서는 중등도 수준의 상관( $r=.625$ )이 나타나 군집 해석의 신뢰도를 전반적으로 확보한 것으로 판단하였다.

### III. 연구결과

#### 1. mHealth 앱의 일반적 특성

전체 238개의 mHealth 앱 중 Android 기반 앱은 118개 (49.6%)이었으며 iOS 기반 앱은 120개(50.4%)였다. 개발 주체는 상업기관이 87.8%로 가장 많았고, 공공기관 및 의료기관(7.6%)과 개인 개발자(4.6%)의 비중은 상대적으로 낮았다. 앱의 주요 목적은 건강관리(45.0%)와 생활습관 개선(35.7%)이 대부분 이었고, 그 외 인식 개선(11.3%), 건강 검진(5.5%), 질병관리(1.3%), 증상관리(1.3%) 등이 있었다. 이론 요소의 포함 여부를 살펴보면, 지각된 유익성/태도는 206개(86.6%)의 앱에서 확인할 수 있었으며, 행위 계기 (70.6%), 자기효능감/지각된 행동 통제(61.8%), 주관적 규범(22.3%)의 순으로 나타났다<Table 1>.

#### 2. 앱 군집별 건강행동이론 구성 요소 분포 분석

총 238개의 mHealth 앱을 대상으로 군집 분석을 실시한 결과, 정보 제공 기능은 포함하지만 행동 변화 유도 요소가 상대적으로 부족한 정보중심형, 내재적 동기를 유발하는 요소들이 전반적으로 반영된 참여강화형, 사회적 상호작용과 외적 영향 요인의 반영이 두드러진 사회영향기반

형, 이렇게 세 가지 유형이 도출되었다[Figure 2].

세 군집 간 건강행동이론 요소의 포함 비율은 모두 통계적으로 유의미한 차이를 보였다( $p < .001$ ) <Table 2>.

지각된 유익성/태도는 정보중심형(92.0%)과 참여강화형(87.3%)에서 높은 비율로 나타났으나, 사회영향기반형에서는 52.9%로 상대적으로 낮았다( $\chi^2=18.75, p < .001$ ). 행위 계기는 참여강화형과 사회영향기반형에서 모두 100% 포함된 반면, 정보중심형에서는 19.5%에 불과하였다( $\chi^2=172.12, p < .001$ ). 자기효능감/지각된 행동통제는 참여강화형이 100%로 가장 높았으며, 사회영향기반형 (29.4%)과 정보중심형(9.2%)은 상대적으로 낮은 수준을 보였다( $\chi^2=192.29, p < .001$ ). 주관적 규범은 사회영향기반형에서 94.1%로 두드러졌고, 참여강화형은 27.6%, 정보중심형은 포함되지 않았다(0%)( $\chi^2=77.83, p < .001$ ).

#### 3. 군집별 유형에 따른 모바일 헬스 앱의 질 평가 비교

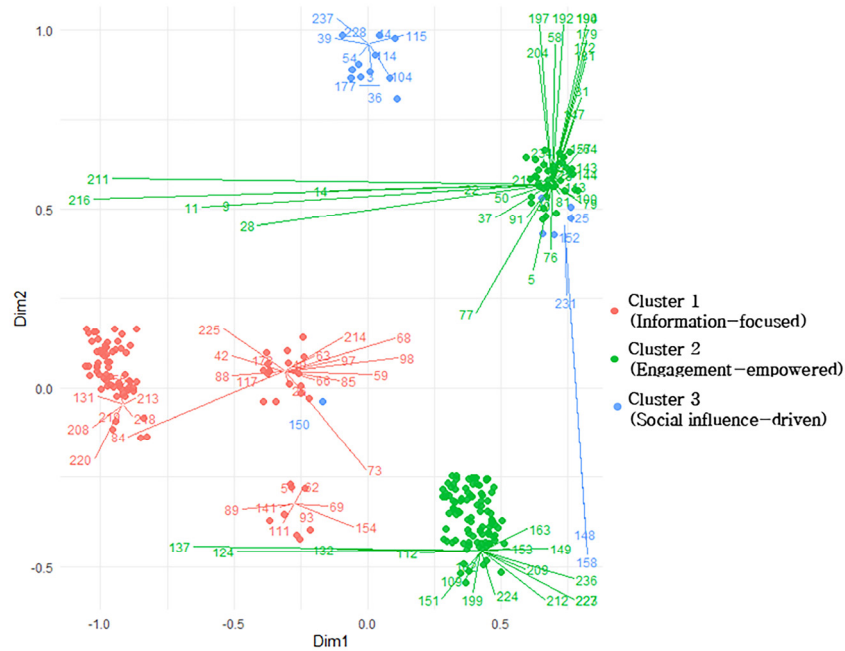
mHealth 앱의 질 평가 점수는 군집 간 모든 영역(콘텐츠, 디자인, 보안, 총점)에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다<Table 3>.

정보중심형 앱은 콘텐츠(17.36점/25점), 디자인(24.88점/33점), 보안(1.97점/3점), 총점(44.21점/61점)에서 모두 가장 높은 점수를 기록하였으며, Bonferroni 사후검정 결

<Table 1> Descriptive characteristics of included mHealth apps

Characteristics	Categories	n (%)
Platform	Android	118 (49.6)
	iOS	120 (50.4)
Developer type	Individual	11 ( 4.6)
	Commercial organization	209 (87.8)
	Medical / public institution	18 ( 7.6)
Purpose of apps	Awareness enhancement	27 (11.3)
	Disease management	3 ( 1.3)
	Health management	107 (45.0)
	Health screening	13 ( 5.5)
	Lifestyle modification	85 (35.7)
	Symptom management	3 ( 1.3)
Inclusion of theoretical constructs <sup>†</sup>	Perceived benefit / attitude	206 (86.6)
	Cues to action	168 (70.6)
	Self-efficacy / perceived behavioral control	147 (61.8)
	Subjective norm	53 (22.3)

Notes. <sup>†</sup> Multiple attributes coded; N=238



[Figure 2] Multidimensional scaling (MDS) plot of mHealth apps based on health belief model construct clustering

<Table 2> Distribution of constructs from Health Behavior Theories among app clusters

Unit: n (%)

Category†	Cluster 1 Information -focused (n=87, 36.6%)	Cluster 2 Engagement -empowered (n=134, 56.3%)	Cluster 3 Social influence -driven (n=17, 7.1%)	$\chi^2$	<i>p</i>
Perceived benefit / attitude (yes)	80 (92.0)	117 ( 87.3)	9 ( 52.9)	18.75	<.001
Cues to action (yes)	17 (19.5)	134 (100.0)	17 (100.0)	172.12	<.001
Self-efficacy / perceived behavioral control (yes)	8 ( 9.2)	134 (100.0)	5 ( 29.4)	192.29	<.001
Subjective norm (yes)	0 ( 0.0)	37 ( 27.6)	16 ( 94.1)	77.83	<.001

Notes. † Multiple attributes coded; N=238

<Table 3> Comparison of mHealth app quality scores among clusters

Unit: Mean±SD

Category	Total (n=238, 100%)	Cluster 1 Information -focused (n=87, 36.6%)	Cluster 2 Engagement -empowered (n=134, 56.3%)	Cluster 3 Social influence -driven (n=17, 7.1%)	<i>F</i>	<i>p</i>
Contents (25)	16.17±3.47	17.36±3.27	15.41±3.43	16.06±3.26	8.914	<.001
Designs (33)	24.07±3.24	24.88±3.08	23.57±3.19	23.39±3.80	4.754	.009
Security (3)	1.67±1.26	1.97±1.17	1.46±1.28	1.79±1.34	4.555	.011
Total score (61)	41.87±6.89	44.21±6.21	40.44±6.87	41.25±7.55	8.461	<.001

Notes. † Bonferroni post hoc tests showed Cluster 1 > Cluster 2 across all domains; N=238

과, 이 군집은 참여강화형보다 모든 영역에서 유의하게 높은 점수를 나타냈다( $p < .001 \sim .011$ ). 참여강화형은 콘텐츠(15.41점), 보안(1.46점), 총점(40.44점)에서 상대적으로 가장 낮은 점수를 보였으며, 사회영향기반형은 디자인(23.39점)에서 가장 낮은 점수를 보였다.

#### IV. 논의

이 연구는 건강행동이론의 주요 구성 요소를 바탕으로 국내 mHealth 앱을 정보중심형, 참여강화형, 사회영향기반형의 세 유형으로 분류하고, 각 유형별 특성과 앱 질의 차이를 분석하여, 이론적 기반이 앱 설계 및 품질에 미치는 영향을 실증적으로 규명하고자 하였다.

분석 결과, 국내 mHealth 앱의 대부분은 상업기관에 의해 개발되었으며, 공공기관이나 의료기관의 개입은 미미한 수준임을 확인할 수 있었다. 이러한 경향은 국내 디지털 헬스 시장이 상업적 동기를 중심으로 빠르게 확산되고 있음을 시사하며, 일부 앱에서는 과학적 근거나 의료 전문가 참여가 충분히 반영되지 않았을 가능성을 고려할 필요가 있다. 실제로 상업적 앱의 상당수는 사용자 유치와 수익 창출을 우선시하여 이론 기반 설계나 의료 전문가 참여 없이 개발되는 경우가 있는 것으로 보고되었다(Arigo et al., 2019; Pereira-Azevedo et al., 2015; Pires et al., 2020). 그러므로 공공기관과 의료기관이 협력하여 신뢰성과 과학적 타당성이 보다 강화된 앱 개발 체계를 마련하는 것이 바람직하며, 이는 건강행동 변화의 실질적 효과를 도모하기 위한 기반이 될 수 있다.

이를 위해서는 정부 주도의 인증평가제도 마련과 함께, 개발 초기 단계부터 건강행동이론, 임상근거, 개인정보보호 규범을 통합하는 ‘근거 기반 설계 가이드라인’을 의무화할 필요가 있다(Frey et al., 2025). 또한, 출시 후에도 주기적인 업데이트 시마다 전문가·사용자·규제기관이 참여하는 다층적 거버넌스 체계를 운영해야 할 것이다.

이 연구에서 건강행동이론 요소 반영을 분석한 결과, 대다수의 mHealth 앱이 지각된 유익성/태도와 같은 개인 내적 동기 요소를 포함하고 있었던 반면, 주관적 규범과 같은 사회적, 문화적 맥락 요소는 상대적으로 미흡하게 반영되고 있음을 확인할 수 있었다. 이는 사용자 행동에 중요한

영향을 미치는 사회적 규범과 문화적 맥락을 보다 적극적으로 통합한 설계가 필요함을 시사한다.

사회적 규범과 문화적 맥락은 개인의 건강행동 형성 및 유지, 특히 행동의 지속성과 집단 내 지지체계 형성에 중요한 역할을 한다(Dahlke et al., 2015). 그러므로 mHealth 앱 설계 시 이러한 사회문화적 요소를 통합하는 것은 행동 변화 효과를 극대화하는 데 필수적이라고 할 수 있다. Bandura (2004)의 사회인지이론은 사회적 환경 및 집단 규범이 개인 행동에 미치는 영향력을 체계적으로 설명하며, 최근 연구들은 온라인 및 모바일 환경에서 사회적 지지와 네트워크가 건강증진 행동의 지속에 긍정적 영향을 미친다고 보고하고 있다(Alluhaidan et al., 2023; Yin et al., 2021).

이에 mHealth 앱 개발은 단순히 개인의 동기 부여에 초점을 맞추는 데 그치지 않고, 사용자의 사회적 환경과 문화적 배경을 반영한 기능과 콘텐츠를 적극적으로 통합해야 한다. 이러한 전략은 건강 행동 변화의 지속 가능성과 효과를 더욱 강화하는 데 중요한 역할을 할 것이다. 군집분석 결과, 지각된 유익성/태도는 전체 앱에서 비교적 높게 반영된 반면, 행위 계기, 자기효능감, 주관적 규범은 군집 간 반영 수준에 뚜렷한 차이를 보였다. 이는 앱의 기능 구성 및 설계 방향에 따라 특정 이론 요소의 구현 정도가 달라져야 한다는 점을 시사한다(Spohrer et al., 2021).

예를 들어, 정보중심형 앱은 주로 건강 정보를 구조화하여 제공하는 데 집중하며 인지적 설계를 강조하지만, 사용자 행동을 직접 유도하는 기능(예: 알림, 피드백 등)은 상대적으로 부족하다. 반면 참여강화형 앱은 목표 설정, 수행 피드백, 자기 모니터링 등 행동 변화 유도를 위한 심리적 설계를 포함하지만, 정보 신뢰성이나 사회적 지지 요소는 상대적으로 미흡할 수 있다. 사회영향기반형 앱은 사용자 간 비교, 공동 목표 달성, 커뮤니티 기능 등 사회적 동기 강화에 중점을 두고 있어, 행동에 대한 사회적 압력이나 규범 인식 요소가 두드러진다.

이러한 결과는 mHealth 앱 설계 시 단일 이론 요소나 한정된 동기 전략에 의존하기보다는, 다양한 건강행동이론 요소를 사용자 특성과 목적에 맞게 통합적으로 반영하는 것이 앱의 효과성과 지속 가능성을 높이는 데 기여할 수 있음을 시사한다. 또한 개발 단계에서 콘텐츠 신뢰성, 행동 촉진 기능, 사회적 지지 메커니즘 등을 모듈화하여 앱의 목

적과 대상 집단에 따라 유연하게 조합할 수 있도록 설계하는 방식은, 이론적 정합성과 질적 완성도를 동시에 고려할 수 있는 효과적인 전략으로 제시된다(Lim et al., 2021).

이러한 접근은 사용자 중심 설계와 맞춤형 디지털 헬스케어 기술 개발의 중요성을 강조한 기존 연구들에서도 지지되고 있다(Baumel et al., 2019; Salwen-Deremer et al., 2020). 특히 Baumel 등 (2019)은 디지털 치료제 개발에서 행동과학 기반 모듈을 조합해 사용자 맞춤형 개입이 가능하다고 제안하였으며, Salwen-Deremer 등 (2020)은 헬스 앱이 특정 이론 요소에 치우치기보다 다양한 요소의 균형 있는 통합이 효과성 증진에 기여함을 강조하였다.

이 연구에서 정보중심형 앱은 콘텐츠, 디자인, 보안 등 전반적인 질 평가에서 가장 우수한 점수를 받은 반면, 참여강화형은 특히 보안과 콘텐츠 품질에서 상대적으로 낮은 점수를 보여, 설계의 복잡성에 따른 질 저하 가능성을 보여주었다. 이는 행동 변화 유도를 위한 기능이 많아질수록 설계 난이도와 보안 관리의 부담이 커지는 현실적인 문제를 반영한 것으로 해석된다. 이러한 결과는 Simblett 등 (2018)의 연구와 일치하는데, 이들은 mHealth 기반 원격 모니터링 기술에서 사용자 참여를 저해하는 주요 요인으로 복잡한 인터페이스, 낮은 사용성, 개인 정보 보호 문제를 지적하였다.

특히 이번 연구에서 참여강화형 앱의 보안 점수가 낮게 나타난 점은 Rezaee 등 (2023)의 분석과도 맥을 같이 한다. 해당 연구에 따르면 대부분의 mHealth 앱은 보안 기능 구현을 후순위로 두며, 실제로 인증, 암호화, 프라이버시 고지 등 핵심 보안 요소의 미비가 빈번한 것으로 나타났다(Rezaee et al., 2023). 따라서 mHealth 앱 개발 시에는 행동 개입 기능 강화와 더불어 보안 기능을 초기 설계 단계부터 통합하고, 개인정보 수집 최소화, 명확한 고지 및 동의 원칙을 적용하는 접근이 필요하다. 특히 참여강화형 앱은 개입 효과는 유지하되, 핵심 기능 중심으로 구조를 간소화하고, 보안 체계를 병행 구축하는 전략이 요구된다. 이러한 균형적 설계는 사용자 신뢰 확보와 지속 가능한 활용을 위한 기반이 될 수 있다.

사회영향기반형 앱은 주관적 규범 요소가 뚜렷하게 반영되어 사용자 간 상호작용을 촉진하지만, 디자인 영역에서 낮은 점수를 기록하여 사회적 기능 구현이 화면 설계의 직관성이나 사용 편의성과 충돌할 수 있음을 보여주었다.

특히 커뮤니티 기반 기능은 다양한 연령, 디지털 리터러시 수준, 건강 상태를 지닌 사용자들을 포용하기 위한 맞춤형 설계 전략이 요구되며, 이 과정에서 디지털 건강 형평성 관점의 고려가 중요하다. 실제로 고령층, 장애인, 저소득층 등 디지털 취약 계층은 사회적 연대나 지지를 필요로 하면서도, 앱의 정보 처리나 인터페이스 복잡성으로 인해 실질적인 접근성에 제약을 경험하는 경우가 많다(Jiang et al., 2024). 이러한 사용자 특성을 고려하지 않은 사회적 기능 설계는 오히려 배제와 정보격차를 심화시킬 수 있다.

따라서 사회영향기반형 앱은 커뮤니티 기능을 중심으로 하되, 사용자 중심의 사용 편의성을 고려한 설계와 글자 크기 조절, 음성 안내 등과 같은 접근성 강화 원칙을 반영해야 할 것이다. 특히, 커뮤니티 기반 기능은 다양한 연령, 지역, 디지털 역량 수준을 고려한 맞춤형 설계를 통해 디지털 인프라 격차와 접근성 한계를 보완해야 하며, 이는 디지털 헬스 기술이 공중보건 형평성과 보편적 건강보장에 실질적으로 기여하기 위한 필수 조건으로 강조된다(Ahmed et al., 2025).

이 연구는 다음과 같은 의의를 가진다. 첫째, 본 연구는 기존의 건강행동이론(HBM 및 TPB) 기반 연구들이 주로 설문조사를 통해 사용자의 앱 사용 의도나 태도를 분석하는데 그쳤던 한계를 넘어, 실제 유통 중인 mHealth 앱의 구조와 기능을 중심으로 건강행동이론 요소의 반영 정도를 실증적으로 분석하였다. 이를 통해 건강행동이론의 적용 범위를 '사용자 인식' 수준에서 '디지털 건강기술 설계 구조'로 확장하였으며, 이론의 실천적 활용 가능성을 넓혔다는 점에서 의의가 있다. 둘째, 앱 유형별로 기능적 초점과 설계상의 강점 및 취약점을 체계적으로 도출함으로써, 사용자 맞춤형 mHealth 앱 개발을 위한 실천적 전략을 제시하였다. 특히 군집 간 이론 요소 구성과 품질 평가 차이를 분석함으로써, 건강행동이론 요소를 목적과 대상에 따라 유연하게 조합할 수 있는 모듈화 설계 전략과 사용자 중심 설계 원칙의 적용 가능성을 제안하였다.

이 연구에는 몇 가지 제한점이 존재한다. 분석 대상은 2023년 기준 국내 앱 마켓에 등록된 무료 앱으로 한정하였기 때문에, 유료 앱이나 특정 기관 내부용 앱은 포함되지 않아 결과를 일반화 하는데 제한이 있다. 또한, 연구 대상 앱 선별과정에서 국문 검색어만을 활용하여 관련된 모든 앱을 포함하지 못했을 가능성이 있다. 이러한 한계를 보완

하기 위해, 향후 연구에서는 국문과 영문 검색어를 병행하여 체계적이고 포괄적인 검색 전략을 적용할 필요가 있다. 마지막으로, HBM과 TPB이라는 특정 건강행동 이론을 기반으로 분석을 수행하였으나, 행동경제학, 습관 형성 이론, 자기결정이론 등 다른 행동과학 이론들을 포괄하지 못해 이론적 다양성 측면에서 제한이 있을 수 있다.

## V. 결론

이 연구는 건강행동이론(HBM과 TPB)의 핵심 요소를 기반으로 국내 mHealth 앱을 정보중심형, 참여강화형, 사회영향기반형의 세 유형으로 분류하고, 각 유형의 이론적 구성과 품질 특성을 비교함으로써 이론 기반 설계가 앱의 구조적 완성도 및 질에 미치는 영향을 실증적으로 분석하였다. 이러한 접근은 국내 mHealth 앱 평가 연구에서 이론적 근거를 명확히 적용하고, 앱 유형별 특성을 체계적으로 제시했다는 점에서 학문적 의의가 있다.

연구 결과, 이론 요소 반영 수준과 질은 앱 유형에 따라 뚜렷한 차이를 보였으며, 앱의 목적과 사용자 특성에 따라 다양한 건강행동이론 요소를 통합적으로 반영한 사용자 맞춤형 설계의 필요성이 확인되었다. 이러한 결과는 앱 개발자와 공공기관이 사용자 참여, 정보 정확성, 사회적 영향 요소를 균형 있게 고려할 때 참고할 수 있는 시사점을 제공하며, 정책적 차원에서는 이론 기반 설계를 포함한 앱 개발과 질 평가 체계 구축을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

## References

Ahmed, M. M., Okesanya, O. J., Olaleke, N. O., Adigun, O. A., Adebayo, U. O., Oso, T. A., Eshun, G., & Lucero-Prisno, D. E., III. (2025). Integrating digital health innovations to achieve universal health coverage: Promoting health outcomes and quality through global public health equity. *Healthcare*, *13*(9), Article 1060. <https://doi.org/10.3390/healthcare13091060>

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, *50*(2), 179-211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)

Alluhaidan, A. S., Chatterjee, S., Drew, D. E., Ractham, P., & Kaewkitipong, L. (2023). Empowerment enabled by information and communications technology and intention to sustain a healthy behavior: Survey of general users. *Journal of Medical Internet Research Human Factors*, *10*, Article e47103. <https://doi.org/10.2196/47103>

Arigo, D., Jake-Schoffman, D. E., Wolin, K., Beckjord, E., Hekler, E. B., & Pagoto, S. L. (2019). The history and future of digital health in the field of behavioral medicine. *Journal of Behavioral Medicine*, *42*(1), 67-83. <https://doi.org/10.1007/s10865-018-9966-z>

Bandura, A. (2004). Health promotion by social cognitive means. *Health Education & Behavior*, *31*(2), 143-164. <https://doi.org/10.1177/1090198104263660>

Baumel, A., Muench, F., Edan, S., & Kane, J. M. (2019). Objective user engagement with mental health apps: Systematic search and panel-based usage analysis. *Journal of Medical Internet Research*, *21*(9), Article e14567. <https://doi.org/10.2196/14567>

Becker, M.H. (1974) The Health Belief Model and Personal Health Behavior. *Health Education Monographs*, *2*, 324- 508. <http://doi.org/10.1177/109019817400200407>

Dahlke, D. V., Fair, K., Hong, Y. A., Beaudoin, C. E., Pulczynski, J., & Ory, M. G. (2015). Apps seeking theories: Results of a study on the use of health behavior change theories in cancer survivorship mobile apps. *Journal of Medical Internet Research mHealth and uHealth*, *3*(1), Article e3861. <https://doi.org/10.2196/mhealth.3861>

Deniz-Garcia, A., Fabelo, H., Rodriguez-Almeida, A. J., Zamora-Zamorano, G., Castro-Fernandez, M., Alberiche Ruano, M. D. P., Solvoll, T., Granja, C., Schopf, T. R., Callico, G. M., Soguero-Ruiz, C., & Wagner, A. M. (2023). Quality, usability, and effectiveness of mhealth apps and the role of artificial intelligence: Current scenario and challenges. *Journal of Medical Internet Research*, *25*, Article e44030. <https://doi.org/10.2196/44030>

Frey, A.-L., Phillips, B., Baines, R., McCabe, A., Elmes, E., Yeardsley-Pierce, E., Wall, R., Parry, J., Vose, A., Hewitt, J., Coburn, J., Dowdle, C., Sollitt, L., Leahy, M., Hunt, S., Andrews, T., & Leigh, S. (2025). Domain coverage and criteria overlap across digital health technology quality assessments: A systematic review. *Health and Technology*, *15*(1), 15-27. <https://doi.org/10.1007/s12553-024-00934-8>

Giebel, G. D., Speckemeier, C., Schrader, N. F., Abels, C., Plescher, F., Hillerich, V., Wiedemann, D., Borchers, K., Wasem, J., Blase, N., & Neusser, S. (2024). Quality assessment of mHealth apps: A scoping review. *Frontiers in Health Services*, *4*, Article 1372871. <https://doi.org/10.3389/frhs.2024.1372871>

Grundy, Q. (2022). A review of the quality and impact of

- mobile health apps. *Annual Review of Public Health*, *43*, 117-134. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-052020-103738>
- Istepanian, R. S. H., Jovanov, E., & Zhang, Y. T. (2004). Introduction to the special section on M-health: Beyond seamless mobility and global wireless health-care connectivity. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, *8*(4), 405-414. <https://doi.org/10.1109/titb.2004.840019>
- Jakob, R., Harperink, S., Rudolf, A. M., Fleisch, E., Haug, S., Mair, J. L., Salamanca-Sanabria, A., & Kowatsch, T. (2022). Factors influencing adherence to mHealth apps for prevention or management of noncommunicable diseases: Systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, *24*(5), Article e35371. <https://doi.org/10.2196/35371>
- Jiang, X., Wang, L., Leng, Y., Xie, R., Li, C., Nie, Z., Liu, D., & Wang, G. (2024). The level of electronic health literacy among older adults: a systematic review and meta-analysis. *Archives of Public Health*, *82*(1), Article 204. <https://doi.org/10.1186/s13690-024-01428-9>
- Jin, M., & Kim, J. (2015). Development and evaluation of an evaluation tool for healthcare smartphone applications. *Telemedicine and e-Health*, *21*(10), 831-837. <https://doi.org/10.1089/tmj.2014.0151>
- Kim, H.-M., Cho, I., & Kim, M. (2023). Gamification aspects of fitness apps: Implications of mHealth for physical activities. *International Journal of Human-Computer Interaction*, *39*(10), 2076-2089. <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2073322>
- Korea Health Industry Development Institute. (2020). *Digital health industry analysis and outlook study* (Korean, authors' translation). <https://www.khidi.or.kr>
- Lee, J.-Y. (2024). An analysis on current mobile health care apps for chronic diseases using text mining. *The Proceedings of the 2024 KIIT Summer Conference* (pp. 274-277).
- Lim, J. Y., Kim, J. K., Kim, Y., Ahn, S.-Y., Yu, J., & Hwang, J. H. (2021). A modular mobile health app for personalized rehabilitation throughout the breast cancer care continuum: Development study. *Journal of Medical Internet Research Formative Research*, *5*(4), Article e23304. <https://doi.org/10.2196/23304>
- Martin-Key, N. A., Funnell, E. L., Benacek, J., Spadaro, B., & Bahn, S. (2024). Intention to use a mental health app for menopause: Health belief model approach. *Journal of Medical Internet Research Formative Research*, *8*(1), Article e60434. <https://doi.org/10.2196/60434>
- Ministry of Trade, Industry and Energy. (2015). *Analysis and statistics survey of the smart healthcare industry group* (Korean, authors' translation). <https://dl.nanet.go.kr/search/searchInnerDetail.do?controlNo=MONO1202200020471>
- Na, J. J., & Ahn, J. S. (2020). A study on home workout mobile applications - Focused on user tasks and interface design -. *Illustration Forum*, *21*(65), 5-19. <https://doi.org/10.37379/JKSIR.2020.65.1>
- Paganin, G., Margheritti, S., Farhane-Medina, N. Z., Simbula, S., & Mazzetti, G. (2023). Health, stress and technologies: Integrating technology acceptance and health belief models for smartphone-based stress intervention. *Healthcare*, *11*(23), Article 3030. <https://doi.org/10.3390/healthcare11233030>
- Palos-Sanchez, P. R., Saura, J. R., Rios Martin, M. Á., & Aguayo-Camacho, M. (2021). Toward a better understanding of the intention to use mHealth apps: Exploratory study. *JMIR mHealth and uHealth*, *9*(9), Article e27021. <https://doi.org/10.2196/27021>
- Pereira-Azevedo, N., Carrasquinho, E., Cardoso de Oliveira, E., Cavadas, V., Osório, L., Fraga, A., Castelo-Branco, M., & Roobol, M. J. (2015). mHealth in urology: A review of experts' involvement in app development. *PLoS One*, *10*(5), Article e0125547. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125547>
- Pires, I. M., Marques, G., Garcia, N. M., Flórez-Revuelta, F., Ponciano, V., & Oniani, S. (2020). A research on the classification and applicability of the mobile health applications. *Journal of Personalized Medicine*, *10*(1), Article 11. <https://doi.org/10.3390/jpm10010011>
- Ramos, G., Ponting, C., Labao, J. P., & Sobowale, K. (2021). Considerations of diversity, equity, and inclusion in mental health apps: A scoping review of evaluation frameworks. *Behaviour Research and Therapy*, *147*, Article 103990. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2021.103990>
- Rezaee, R., Khashayar, M., Saeedinezhad, S., Nasiri, M., & Zare, S. (2023). Critical criteria and countermeasures for mobile health developers to ensure mobile health privacy and security: Mixed methods study. *JMIR mHealth and uHealth*, *11*, Article e39055. <https://doi.org/10.2196/39055>
- Rosenstock, I. M. (1974). The health belief model and preventive health behavior. *Health Education Monographs*, *2*(4), 354-386. <https://doi.org/10.1177/10901981740020040>
- Salwen-Deremer, J. K., Khan, A. S., Martin, S. S., Holloway, B. M., & Coughlin, J. W. (2020). Incorporating health behavior theory into mHealth: An examination of weight loss, dietary, and physical activity interventions. *Journal of Technology in Behavioral Science*, *5*(1), 51-60. <https://doi.org/10.1007/s41347-019-00118-6>

- Shao, J.-H., Yu, K.-H., Kao, Y.-C., Liang, Y.-C., & Chen, S.-H. (2024). Effects of a smartphone app-based intervention on rheumatoid arthritis self-management efficacy: A randomized controlled trial. *Journal of Nursing Research*, *32*(5), Article e349. <https://doi.org/10.1097/jnr.0000000000000638>
- Sharma, S., Gergen Barnett, K., Maypole, J., & Grochow Mishuris, R. (2022). Evaluation of mHealth apps for diverse, low-income patient populations: Framework development and application study. *JMIR Formative Research*, *6*(2), Article e29922. <https://doi.org/10.2196/29922>
- Shin, H. J., Cho, I. T., Choi, W. S., Kim, H. R., Kang, M. B., & Yang, W. J. (2025). Digital therapeutics in Korea: Current status, challenges, and future directions - A narrative review. *Journal of Yeungnam Medical Science*, *42*, Article 8. <https://doi.org/10.12701/jyms.2024.01004>
- Simblett, S., Greer, B., Matcham, F., Curtis, H., Polhemus, A., Ferrão, J., Gamble, P., & Wykes, T. (2018). Barriers to and facilitators of engagement with remote measurement technology for managing health: Systematic review and content analysis of findings. *Journal of Medical Internet Research*, *20*(7), Article e10480. <https://doi.org/10.2196/10480>
- Spohrer, K., Fallon, M., Hoehle, H., & Heinzl, A. (2021). Designing effective mobile health apps: Does combining behavior change techniques really create synergies? *Journal of Management Information Systems*, *38*(2), 517-545. <https://doi.org/10.1080/07421222.2021.1912936>
- Tizvir, A., Rakhshanderou, S., Mehrabi, Y., Mazar, L., Daneshvar, S., & Ghaffari, M. (2024). Mobile-based peer-led theoretically-designed intervention on continued breastfeeding among Iranian mothers. *BMC Pregnancy and Childbirth*, *24*(1), Article 871. <https://doi.org/10.1186/s12884-024-07094-7>
- World Health Organization. (2017). *Global diffusion of eHealth: making universal health coverage achievable: Report of the third global survey on eHealth*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241511780>
- Yin, M., Tayyab, S. M. U., Xu, X.-Y., Jia, S.-W., & Wu, C.-L. (2021). The investigation of mobile health stickiness: The role of social support in a sustainable health approach. *Sustainability*, *13*(4), Article 1693. <https://doi.org/10.3390/su13041693>
- Zhang, Q., & Liu, Y. (2022). Smart user experience medical app interface design based on mobile devices. *Expert Systems*, *39*(5), Article e12808. <https://doi.org/10.1111/exsy.12808>

- |                  |   |
|------------------|---|
| ■ Kyong Hee Park | <a href="https://orcid.org/0009-0008-9413-032X">https://orcid.org/0009-0008-9413-032X</a> |
| ■ Jeongwon Heo   | <a href="https://orcid.org/0009-0005-1362-3623">https://orcid.org/0009-0005-1362-3623</a> |
| ■ Hyewon Jang    | <a href="https://orcid.org/0009-0001-8483-2351">https://orcid.org/0009-0001-8483-2351</a> |
| ■ Youngju Lee    | <a href="https://orcid.org/0009-0007-0747-8903">https://orcid.org/0009-0007-0747-8903</a> |
| ■ Seoyeon Kim    | <a href="https://orcid.org/0009-0001-9926-7420">https://orcid.org/0009-0001-9926-7420</a> |
| ■ Hye-Ryoung Kim | <a href="https://orcid.org/0000-0002-7348-3061">https://orcid.org/0000-0002-7348-3061</a> |