

# 지역사회 거주 고령자의 노쇠 개선을 위한 복합맞춤 운동중재 모바일 어플리케이션의 효과성 및 사용 적합성 검증

## Validation of the Effectiveness and Usability of Mobile Application for Personalized Multi-component Exercise Intervention to Improve Frailty Status in Community-dwelling Older People

<b>이창석</b> Changseok Lee (주)디파이 DYPHI ckdckd145@dyphi.com	<b>이제훈</b> Jehun Lee (주)디파이 DYPHI jehuning@dyphi.com	<b>백경윤</b> Gyungyoon Baek (주)디파이 DYPHI gybaek@dyphi.com	<b>문희정</b> Heui Jeong Moon 서울노인복지센터 Seoul Senior Welfare Center soulhh@naver.com	<b>성헌주</b> Hun Ju Seong 목동실버복지문화센터 Mokdong Senior Welfare-culture center prince33@naver.com	<b>윤성준</b> Seongjun Yoon (주)디파이 DYPHI seongjun@dyphi.com
---	--	---	--	---	--

### 요약문

본 연구 목표는 고령자를 대상으로 복합맞춤 운동중재 모바일 어플리케이션을 적용하여 노쇠 개선 효과를 확인하고 사용 적합성을 개선하는 것이었다. 연구 결과, 신체기능 수준의 유의한 개선이 확인되었다. 사용자 경험 정보 및 고령자의 특성을 토대로 고령자 대상 모바일 어플리케이션의 사용 적합성 개선안을 제안하였다.

### 주제어

노쇠, 모바일 어플리케이션, 복합맞춤 운동중재, 효과성, 사용 적합성

### 1. 서론

노쇠(Frailty)는 노화에 따른 전반적인 기능 저하와 함께 생리적 예비능력이 감소하여 외부 자극에 대한 회복 탄력성이 저하됨으로써 질환에 이환될 위험이 높아지며 기능의존 및 입원의 가능성이 높아진 상태를 의미한다 [1]. 일반적으로 노쇠한 고령자는 근감소증이나 치매와 같은 다양한 만성 질환이 동반되어 있는 경우가 흔하여 [2,3], 건강한 고령자에 비해 평균 의료비용 지출이 높을 뿐만 아니라 [4], 노쇠한 고령자의 증가는 사회 전반적인 돌봄 요구도를 증가시켜 사회경제적 비용 측면에서도 반드시 해결되어야 할 문제이다.

디지털 기기 기반의 중재는 인적 및 물적 자원의 제한을 극복하기에 용이하다. 특히 스마트폰 어플리케이션에 기반한 중재 전달은 확장에 용이하다. 60 세 이상 인구의 70%가 스마트폰을 소지하였다는 최근 국내 조사 결과를 비롯해, 디지털 서비스에 대한 고령자의 개방적인 태도를 보고하는 최근 연구들은 고령자 대상의 소프트웨어 중재가 효과적일 가능성을 제시한다 [5,6]. 그러나 현재까지 디지털 기반 중재는 대부분 근거기반적 접근을 취하지 않고 [7] 고령자 대상 사용 적합성(Usability)을 고려하지 않았다는 점 [8]이 한계로 지적되고 있다. 따라서 노쇠 개선 목적의 고령자 대상 모바일 중재 서비스를 제공함에 있어

근거기반 중재는 물론이며, 순응도(adherence rate)와 사용 적합성 제고 방안이 반드시 필요하다.

근력 운동은 노쇠 예방 및 개선에 가장 효과적인 중재이다 [9,10]. 다만, 고령자는 노쇠 정도에 따라 신체기능의 차이가 상이하어, 맞춤화된 중재가 필요하다 [11]. 따라서, 노쇠 개선 목적의 운동 중재는 객관적인 신체기능평가 결과에 기반하여 맞춤화 되는 것이 적합하다. Short Physical Performance Battery (SPPB) [12] 는 고령자의 신체기능을 객관적으로 평가하여 노쇠 수준을 측정할 수 있는 도구이다 [12]. SPPB 점수에 기반한 복합맞춤 운동중재 적용시 노쇠 개선 효과가 있음이 알려져 있다 [13,14].

모바일 어플리케이션을 활용한 고령자 운동 중재에서 또 다른 중요 고려 요인은 사용 적합성이다 [6,15]. 고령자의 경우, 모바일 User interface (UI) / User experience (UX) 설계 과정에서 노화에 따른 감각 및 지각 등 인지적 변화를 고려하는 것이 필요하다. 콘텐츠의 길이는 줄이고, 중요한 정보 파악이 용이하도록 보조 UX 기법을 활용하는 것이 효과적이다. 콘텐츠 및 사용법 전달의 측면에서 추상적 사고를 요하는 상징 이미지를 최소화하고, 사용자 입력 방식에서는 문자 입력 대신 간단한 터치 입력과 음성 (Voice) 기반 상호작용이 더욱 효과적일 수 있다. 본 연구에서는 이러한 콘텐츠 사용경험을 "짧은 자각 (Short Awareness)"이라고 명명해 모든 UI/UX 설계의 중요 원칙으로 삼았다.

이에 본 연구는 고령자를 위한 복합맞춤 운동중재 모바일 어플리케이션을 개발하고 이를 지역사회 고령자에게 적용하여 노쇠 개선 효과성을 확인하였다.

### 2. 연구 절차 및 방법

#### 2.1 참가자 모집

연구 참가자는 만 65 세 이상의 고령자로, 서울노인복지센터와 목동실버복지문화센터에서 모집되었다. 연구 배제 기준은 다음과 같았다: 1)

스마트폰 미소유, 2) 비문해, 3) 심한 청력 혹은 시력 장애, 4) 주요신경인지장애 진단 확인, 5) 의사로부터 운동 중단을 권고받음. 서울노인복지센터에서 총 36 명이 신청하였고, 사전 혹은 사후 SPPB 측정에 참여하지 않은 중도 탈락자 8 명(22.22%)을 제외한 28 명(남 12, 여 16)을 분석하였으며, 평균 연령은 77.79 세(SD=6.34)이었다. 목동실버복지문화센터에서는 총 70 명이 신청하였고, 이 중 사전 혹은 사후 SPPB 측정에 참여하지 않은 18 명(25.71%)의 중도 탈락자를 제외한 52 명(남 6, 여 46)을 대상으로 분석하였다. 연령 평균은 75.12 세(SD=5.81)였다.

## 2.2 모바일 어플리케이션 구성

복합맞춤 운동중재의 경우, 선행 연구의 제언과 현행 임상 지침의 권고를 근거로 [12,16,17], SPPB 점수 별로 분류하여 기획하였다 (표 1). SPPB 점수 6 점 이하는 앉아서 진행하는 유산소 운동과 단관절 위주의 저항운동 그리고 균형운동으로 구성하였다. SPPB 점수 7-9 점은 서서 진행하는 유산소 운동과 단관절 및 복합관절 저항운동 그리고 이동성이 추가된 균형운동으로 구성하였다. SPPB 점수 10 점 이상은 움직이며 진행하는 유산소 운동과 복합관절 저항운동 그리고 고강도 균형운동으로 구성하였다. 운동 중재와 함께 순응도 제고를 위한 수용전념치료 (Acceptance and Commitment Therapy; ACT)와 수반성 관리 (Contingency Management; CM) 기법이 적용된 행동유도 콘텐츠가 포함되었다.

표 1. 운동 중재 콘텐츠

6 점 이하	앉아서 걷기, 누워서 엉덩이 들기, 앉아서 다리 들기, 아령 들기, 공 쥐었다 펴기, 앉아서 뒤꿈치 들기, 옆으로 걷기, 한 발 들고 서기
7-9 점	제자리 걷기, 앉았다 일어서기, 옆으로 다리 들기, 서서 뒤꿈치 들기, 마른 수건 짜기, 8 자 걷기, 벽 짚고 한 발 서기, 앉아서 만세자세
10-12 점	빠르게 제자리 걷기, 벽 짚고 팔굽혀 펴기, 앉아서 무릎 들기, 일자 걷기, 벽 기대고 일어서기, 뒤로 다리 들기, 런지, 아령 뒤로 들기

모든 콘텐츠에는 멀티모달(시각과 청각) 속성이 적용되었으며, 음성이나 터치를 통해 상호작용이 가능하도록 설계되었다. ‘사전 행동유도 콘텐츠-복합맞춤 운동중재 콘텐츠-사후 행동유도 콘텐츠-복습’의 순차적인 콘텐츠 경험 (Sequentially Unlocked) 구조로 구성하였으며, 하루 1 회(최대 54 회) 진행하도록 설정하였다. 구성 정보는 메인 화면에 목록 형태로 제공하여 사용자가 끝까지 완수하도록 의도하였으며, 프로그램을 완료하지

않은 경우에는 다음 날에도 직전 이탈한 부분부터 다시 진행하도록 하였다.

## 2.3 자료 수집

### • Short Physical Performance Battery (SPPB)

SPPB 는 전자동 신체기능측정 기기(AndanteFit, DYPHI Inc., South Korea)를 이용하여 측정되었다 [18,19]. SPPB 점수는 30 초 앉았다 일어서기(Sit-to-stand), 정적 균형(Static balance), 보행 속도(Gait speed)의 총 세 가지 세부 검사 점수를 합산하여 (각 4 점 만점), 0 점에서 12 점 사이로 획득되며, 높을수록 신체기능 수준이 우수하고 노쇠 정도가 낮음을 의미한다.

### • 순응도 (Adherence rate, %)

참가자별 순응도는 모바일 어플리케이션의 중재 프로그램을 완수한 비율을 의미하며, 설치된 날짜부터 연구 종료시까지 경과된 평일 대비 중재 프로그램을 완수한 횟수의 비율로 계산하였다. 매일 1 회 사용이 가능하였던 바, 완수한 중재 프로그램의 수가 평일보다 많은 경우 100%로 환산하였다.

## 2.4 모바일 어플리케이션 설치 및 사용

사전 SPPB 측정 후 집단 오리엔테이션 및 어플리케이션 설치가 진행되었다. 연구 목적과 진행 절차, 소요 기간이 안내되었고, 참가자의 스마트폰에 어플리케이션을 설치하고 사용법을 교육하였다. 서울노인복지센터와 목동실버복지문화센터 참가자들은 각각 4 주와 8 주 간 개인 스마트폰을 통해 어플리케이션을 사용하였다. 연구 진행 중 인터뷰와 간담회를 통해 모바일 어플리케이션과 콘텐츠에 대한 참가자의 경험 정보를 수집하였다.

## 3. 결과

### 3.1 노쇠 개선 효과

모든 통계 분석은 IBM SPSS version 28.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 통해 실시되었다. 모든 변수가 정규성 가정을 충족하지 않아, 비모수 검정법을 통해 차이를 확인하였다.

### • 서울노인복지센터

28 명의 참가자를 대상으로 분석하였다. 6 점 이하는 없었고, 7-9 점군(n=7)의 순응도는 평균 30.43%(SD=38.56)였으며, 10-12 점군(n=21)의 평균 순응도는 43.70%(SD=31.36)이었다.

각 SPPB 점수 군별로 사전-사후 SPPB 간 차이를 확인하기 위해 Wilcoxon Signed Ranksum Test 를 실시하였다 (표 2). 분석 결과, 7-9 점군의 사후 SPPB 점수가 사전보다 유의하게 높았다(Z=2.00, p=.045). 반면, 10-12 점군의 경우 사후 SPPB 점수와 사전 점수 간 유의한 차이가 없었다(Z=.47, p=.637).

10-12 점군을 대상으로 사전-사후 SPPB 세부 검사 점수 간 차이를 확인하기 위해 동일한 분석을 실시하였다 (표 3). 그 결과, 일어서기 및 보행 속도에서는 유의한 차이가 없었으나( $Z=.58$ ,  $p=.564$ ;  $Z=-1.74$ ,  $p=.082$ ), 사후 정적 균형 점수가 사전보다 유의하게 높았다( $Z=2.53$ ,  $p=.011$ )

표 2. 서울노인복지센터 사전-사후 SPPB 점수

	사전 SPPB	사후 SPPB
<b>7-9 점 군</b>		
<i>M</i>	8.29	10.43
<i>Mdn</i>	8.00	11.00
<i>SD</i>	.76	2.07
<b>10-12 점 군</b>		
<i>M</i>	10.90	11.00
<i>Mdn</i>	11.00	11.00
<i>SD</i>	.63	1.05

표 3. 서울노인복지센터 SPPB 10-12 점군 세부검사 점수

	사전 점수	사후 점수
<b>일어서기</b>		
<i>M</i>	3.62	3.81
<i>Mdn</i>	4.00	4.00
<i>SD</i>	.59	.51
<b>정적 균형</b>		
<i>M</i>	3.57	3.95
<i>Mdn</i>	4.00	4.00
<i>SD</i>	.68	.22
<b>보행 속도</b>		
<i>M</i>	3.71	3.33
<i>Mdn</i>	4.00	4.00
<i>SD</i>	.56	.86

#### • 목동실버복지문화센터

6 점 이하군( $n=5$ )의 평균 순응도는 38.40%( $SD=35.82$ )였으며, 7-9 점군( $n=6$ )과 10-12 점군( $n=41$ )은 각각 35.41%( $SD=28.14$ ), 68.32%( $SD=37.85$ )이었다.

사전-사후 SPPB 에 대한 Wilcoxon Signed Ranksum Test 결과 (표 4), 6 점 이하군에서 사후 SPPB 점수가 사전보다 유의하게 높았고( $Z=2.04$ ,

$p=.041$ ), 7-9 점군에서도 사후 SPPB 점수가 사전보다 유의하게 높았다( $Z=2.21$ ,  $p=.027$ ). 반면, 10-12 점군에서는 사후 SPPB 점수와 사전 점수간 차이가 없었다( $Z=1.61$ ,  $p=.107$ ).

10-12 점군 대상 추가 분석 결과 (표 5), 정적 균형과 보행 속도에서 유의한 차이는 없었고( $Z=1.52$ ,  $p=.129$ ;  $Z=.43$ ,  $p=.664$ ), 사후 일어서기 점수가 사전보다 유의하게 높았다( $Z=3.44$ ,  $p=.001$ ).

표 4. 목동실버복지문화센터 사전-사후 SPPB 점수

	사전 SPPB	사후 SPPB
<b>6 점 이하 군</b>		
<i>M</i>	5.40	9.40
<i>Mdn</i>	6.00	9.00
<i>SD</i>	.89	1.67
<b>7-9 점 군</b>		
<i>M</i>	7.67	10.33
<i>Mdn</i>	7.50	11.00
<i>SD</i>	.82	1.21
<b>10-12 점 군</b>		
<i>M</i>	10.95	11.24
<i>Mdn</i>	11.00	12.00
<i>SD</i>	.81	.92

표 4. 목동실버복지문화센터 SPPB 10-12 점군 세부검사 점수

	사전 점수	사후 점수
<b>일어서기</b>		
<i>M</i>	3.49	3.85
<i>Mdn</i>	4.00	4.00
<i>SD</i>	.68	.42
<b>정적 균형</b>		
<i>M</i>	3.90	3.78
<i>Mdn</i>	4.00	4.00
<i>SD</i>	.37	.61
<b>보행 속도</b>		
<i>M</i>	3.56	3.61
<i>Mdn</i>	4.00	4.00
<i>SD</i>	.71	.67

### 3.2 사용 적합성

#### • 어플리케이션 접근성

지속적으로 시사된 사항은 고령자가 모바일 어플리케이션이라는 개념에 익숙하지 않다는 점이다. 대부분의 참가자들이 어플리케이션의 검색과 설치에 어려움을 겪었다. 다만, 어플리케이션을 찾는 법과 사용법을 안내받고 난 이후에는 어플리케이션을 지속적으로 사용하는데 지장이 발생하지 않았다. 위젯과 같이 어플리케이션에 접근을 보조하는 UI의 활용이 도움이 될 수 있다.

#### • 사용자 인터페이스

화면 터치에 기반한 스크롤, 스와이프 등의 조작 방식에 고령자가 익숙하지 않다는 점이 반복적으로 관찰되었다. 또한, 대부분의 참가자가 화면 상단부터 하단의 방향으로 순차적으로 정보를 확인하였고, 버튼이 다수 배치되는 경우 어려움이 두드러졌다. 이는 과도한 선택지가 제시되는 경우 인지적 부하가 발생한다는 희의 법칙(Hick's Law)에 부합한다 [20]. 또한, 스스로 운동을 다짐하는 콘텐츠에 손가락을 거는(finger-cross) 일러스트 같은 상징 체계를 통해 음성 상호작용을 유도하였다. 그러나, 일부 참가자들에서 상징 체계에 대한 잘못된 이해로 일러스트를 터치하는 것과 같은 잘못된 행동 유도가 발생함이 관찰되었다. 초기 메인 화면의 경우 (그림 1), 콘텐츠 구조 및 절차 정보를 목록 형태로 제시하였다. 이는 정보 확인이 효율적이고 정황 정보를 통한 조작이 용이한 전통적인 위계 구조의 네비게이션 UI를 취한 것이었다. 하지만 예상과 달리, 고령자들은 절차적 구성 정보를 완수해야 할 중재 절차로 인지하지 못하여, 운동중재를 완료한 이후 다른 콘텐츠를 진행하지 않는 사용행태가 관찰되었다. 그리고, 메인 화면 하단에 추가로 배치되는 완료 목록과 운동 복습 패널이 위계 구조를 인지하는 데에 혼란을 가중하는 양상도 관찰되었다.

이러한 사용행태는 노화에 따른 인지기능의 변화와 서비스에 대한 낮은 숙련도와 관련된 것으로 추정된다. 고령자가 UI를 확인한 후 필요한 조작 행태를 명확하게 인지할 수 있도록, 화면에 한 개의 활성화된 터치 버튼만을 배치하는 카드형 UI를 취하고, 조작 가능성을 명백히 인지할 수 있도록 구성 요소 사이즈를 크게 구성하고 명확한 색상 대비를 사용할 필요가 있다 [21] (그림 2). 콘텐츠 경험의 본질 외에는 다른 추가 정보(위계구조, 위치, 경로 등)는 제하는 것이 권고된다.

#### • 운동중재 콘텐츠

운동중재 콘텐츠는 동영상 형식으로 구성되었다. 참여자 인터뷰를 통해 고령자가 그림보다 실사형 동영상을 선호하며, 다양한 각도에서 반복적으로

설명하지 않는 경우 자세 이행도가 저조함이 확인되었다. 또한, 운동의 효과를 상세하게 설명하는 경우 만족도가 더욱 높았다 (예, “몸에 좋아요”보다 “종아리의 힘을 기르는 데 도움이 돼요”). 이에 여러 각도에서 반복적으로 지도하는 실사형 동영상의 형태로 기대 효과를 구체적으로 명시하는 것이 도움이 될 것으로 보인다.

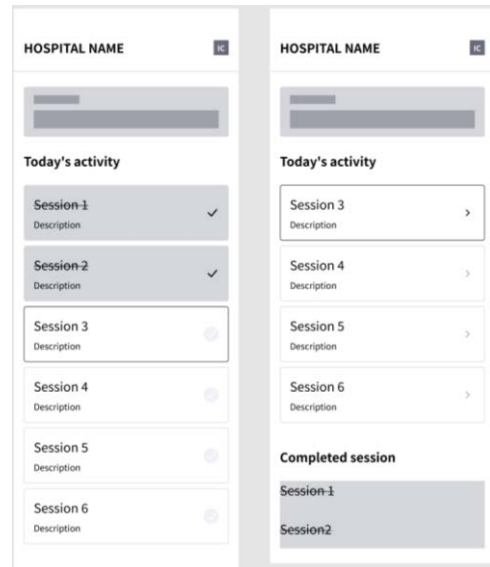


그림 1. 기존 메인 화면 UI 컨셉

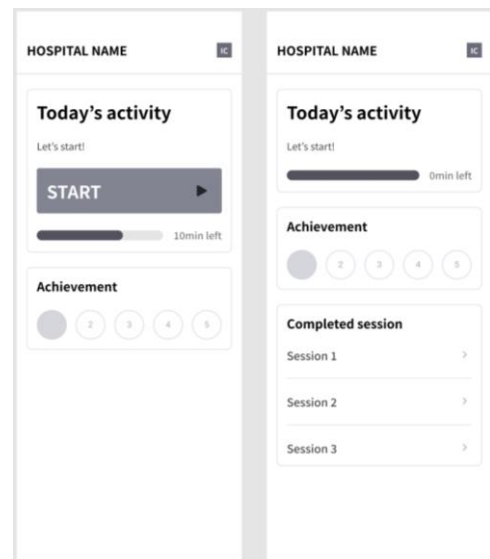


그림 2. 개선안을 적용한 메인 화면 UI 컨셉

#### • 행동유도 콘텐츠

고령자의 경우 음성 오디오를 통한 내용 전달이 효과적인 것으로 관찰되었다. 다만, 익숙하지 않은 조작이 요구되거나, 내용이 길어지는 경우 멀티모달 형식의 콘텐츠가 이해를 방해하는 양상이 관찰되었다. 특히, 화면 상단의 그림에서 주의가 멈춰, 하단의 텍스트나 음성 오디오에 집중하지

못하는 경우가 빈번했다. 또한, 간략한 형식의 텍스트를 배치하는 경우 의도된 UX로 이어지지 않는 경우가 관찰되었다. 이에, “네모 칸 안에 손가락으로 서명하세요”, “아래 마이크 모양에 말해주세요”와 같은 구체적인 텍스트가 도움이 될 것으로 보인다.

#### 4. 결론

본 연구 목적은 복합맞춤 운동중재 모바일 어플리케이션의 노쇠 개선에 대한 효과성과 사용 적합성을 검증하는 것이었다.

노쇠 개선에 대한 복합맞춤 운동중재 모바일 어플리케이션 중재의 효과가 확인되었다. 서울노인복지센터의 SPPB 점수 7-9 점군에서 어플리케이션 사용 후 평균 SPPB 점수가 2.14 점 상승하였고, 목동실버복지문화센터에서는 SPPB 점수 6 점 이하군에서 4.00 점, SPPB 점수 7-9 점군에서 2.66 점 상승하여 유의미한 노쇠 상태 개선 효과를 보였다. SPPB 점수 10-12 점군에서는 두 복지센터 모두 유의한 증가가 관찰되지 않았다. 해당 군의 사전 SPPB 점수 평균이 서울노인복지센터와 목동실버복지센터 각각 10.90 점, 10.95 점으로 12 점 만점 중 11 점에 근접하였던 바, 천장 효과(ceiling effect)로 인해 개선 폭이 과소 평가되었을 가능성이 존재한다. 다만, SPPB 점수 10-12 점군에 대한 추가 분석 결과, 4 점 만점 기준으로 서울노인복지센터에서 정적 균형 점수가 0.38 점 유의하게 상승하였으며, 목동실버복지문화센터의 경우, 일어서기 점수에서 0.36 점의 유의한 상승이 나타났다.

순응도의 경우, 서울노인복지센터의 SPPB 점수 7-9 점군에서 30.43%, 목동실버복지문화센터의 SPPB 점수 6 점 이하군 및 7-9 점군에서 각각 38.40%, 35.41%로 나타났다. 일반적으로 디지털 기반 중재의 순응도가 10% 이하 수준인 점을 고려하면 모바일 어플리케이션에 설계된 UX/UI 및 행동유도 콘텐츠가 순응도 제고에 효과가 있었음을 시사한다. [22,23].

#### 사사의 글

본 연구는 중소벤처기업부에서 자금을 지원하는 BIG3 혁신분야 창업패키지의 지원을 받았습니다.

#### 참고 문헌

1. 원장원, “노쇠의 평가와 관리.” Journal of the Korean Medical Association. 60(4) (2017): 314-320.
2. Cruz-Jentoft, Alfonso J., et al. "Nutrition, frailty, and sarcopenia." Aging clinical and experimental research 29.1 (2017): 43-48.

3. Nascimento, C. M., et al. "Sarcopenia, frailty and their prevention by exercise." Free Radical Biology and Medicine 132 (2019): 42-49.
4. 한국보건 의료연구원. 일차의료에서 노쇠(frailty)의 의료적 비용 산출 및 통합 노쇠관리의 비용효과분석. 서울: 한국보건 의료연구원. 2022.
5. SaracchiniR, Catalina C., and L. Bordoni. "Mobile assistive technology with augmented reality for the elderly." Wearable Technology 3.1 (2022): 53-61.
6. 김서영, 정경미, 박재섭, 이은, 박진영. "고령자의 이동통신 기기 사용현황 및 특성." 고령자정신의학 22.2 (2018): 47-54.
7. Romeo, Amelia, et al. "Can smartphone apps increase physical activity? Systematic review and meta-analysis." Journal of medical Internet research 21.3 (2019): e12053.
8. Chung, Jae Eun, et al. "Age differences in perceptions of online community participation among non-users: An extension of the Technology Acceptance Model." Computers in Human Behavior 26.6 (2010): 1674-1684.
9. Beckwée, David, et al. "Exercise interventions for the prevention and treatment of sarcopenia. A systematic umbrella review." The journal of nutrition, health & aging 23.6 (2019): 494-502.
10. Nascimento, C. M., et al. "Sarcopenia, frailty and their prevention by exercise." Free Radical Biology and Medicine 132 (2019): 42-49.
11. Zhang, Yan, et al. "Development of frailty subtypes and their associated risk factors among the community-dwelling elderly population." Aging (Albany NY) 12.2 (2020): 1128.
12. Guralnik, Jack M., et al. "A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission." Journal of gerontology 49.2 (1994): M85-M94.
13. Casas-Herrero, Álvaro, et al. "Effects of Vivifrail multicomponent intervention on functional capacity: a multicentre, randomized controlled trial." Journal of

- cachexia, sarcopenia and muscle 13.2 (2022): 884–893.
14. World Health Organization. Integrated care for older people (ICOPE): guidance for person-centred assessment and pathways in primary care. No. WHO/FWC/ALC/19.1. World Health Organization, 2019.
15. Hoque, Rakibul, and Golam Sorwar. "Understanding factors influencing the adoption of mHealth by the elderly: An extension of the UTAUT model." *International journal of medical informatics* 101 (2017): 75–84
16. Pavasini, Rita, et al. "Short physical performance battery and all-cause mortality: systematic review and meta-analysis." *BMC medicine* 14.1 (2016): 1–9.
17. Pritchard, J. M., et al. "Measuring frailty in clinical practice: a comparison of physical frailty assessment methods in a geriatric out-patient clinic." *BMC geriatrics* 17.1 (2017): 1–8.
18. Jung, Hee-Won, et al. "Validation of a Multi-Sensor-Based Kiosk for Short Physical Performance Battery." *Journal of the American Geriatrics Society* 67.12 (2019): 2605–2609.
19. Hernandez, Herb Howard C., et al. "Validation of a multi-sensor-based kiosk for short physical performance battery in older adults attending a falls and balance clinic." *Journal of the Korean Geriatrics Society* (2022).
20. Hick, William E. "On the rate of gain of information." *Quarterly Journal of experimental psychology* 4.1 (1952): 11–26.
21. Von Restorff, Hedwig. "Über die wirkung von bereichsbildungen im spurenfeld." *Psychologische Forschung* 18.1 (1933): 299–342.
22. Fleming, Theresa, et al. "Beyond the trial: systematic review of real-world uptake and engagement with digital self-help interventions for depression, low mood, or anxiety." *Journal of medical Internet research* 20.6 (2018): e9275.
23. Hershman, Steven G., et al. "Physical activity, sleep and cardiovascular health data for 50,000 individuals from the MyHeart Counts Study." *Scientific data* 6.1 (2019): 1–10.