

비대면 중재 방법에 따른 노인성 근감소증의 개선에 대한 연구

김명철¹ · 박주형^{2*} · 권민지² · 김범석² · 박민경² · 박서윤² · 박성진² ·
박세진² · 박시연² · 박정후² · 송준우² · 유중현² · 이정현² · 이지형² · 김해인³

¹을지대학교 물리치료학과 교수, ^{2*}을지대학교 물리치료학과 학생, ³을지대학교 물리치료학과 강사

A Study on the Improvement of Geriatric Sarcopenia by Non-face-to-face Intervention Method

Myung-Chul Kim, PT, Ph.D¹ · Ju-Hyung Park^{2*} · Min-Ji Kwon² · Beom-Seok Kim² · Min-Kyung Park² ·
Seo-Yoon Park² · Sung-Jin Park² · Si-Yeon Park² · Jung-Hu Park² · Joon-Woo Song² ·
Jong-Hyun Yu² · Jung-Hyun Lee² · Ji-Hyung Lee² · Hae-In Kim, PT, Ph.D⁴

¹Dept. of Physical Therapy, Eulji University, Professor

^{2*}Dept. of Physical Therapy, Eulji University, Student

³Dept. of Physical Therapy, Eulji University, instructor

Abstract

Purpose : This study was conducted to compare two non-face-to-face exercise interventions depending on whether mobile applications and wearable exercise aids are used to find out which interventions are more effective in improving senile sarcopenia. Ultimately, it was conducted to provide basic data for developing non-face-to-face intervention methods to improve sarcopenia.

Method : In this study, 18 elderly sarcopenia and possible sarcopenia aged 65 or older were randomly assigned to the digital and self-exercise intervention groups. The digital exercise intervention group performed eight exercise programs with mobile applications and wearable exercise aids to record and manage the elderly performing the programs in real time. And the self-exercise intervention group performed the same program on its own as implemented in the digital exercise group. The intervention was applied for 8 weeks, and before and after the intervention, sarcopenia evaluation and physical function evaluation were performed.

Results : In the digital exercise intervention group, arm muscle mass, skeletal muscle index, SPPB, 5TSTS, and BBS were improved, and in the self-exercise intervention group, grip strength, SPPB, 5TSTS, and BBS were improved.

Conclusion : It was confirmed that both groups are effective in improving physical performance and physical function, the digital exercise intervention is effective in improving muscle mass and self-exercise intervention is effective in improving muscle strength. Therefore, this study proposes to apply intervention methods separately according to the indicators to improve and prevent sarcopenia, and also simplify the instructions of applications used to improve sarcopenia and to create an environment where users can be trained regularly on how to use it. And, In the future, studies for the development of devices to be designed to help non-face-to-face exercise interventions or studies on the differences between face-to-face and non-face-to-face exercise interventions should be conducted in terms of the effect of improving sarcopenia.

Key Words : geriatric sarcopenia, non-face-to-face intervention, mobile application, wearable exercise aids

*교신저자 : 박주형, hyeong9419@naver.com

※ 이 연구는 2023년 을지대학교 대학혁신사업 지원을 받아 진행된 연구임.

※ 이 연구는 한국생명공학연구원 위탁과제 실험 연구를 통해 결과를 도출 하였음(KGM5392322).

제출일 : 2023년 11월 14일 | 수정일 : 2024년 1월 2일 | 게재승인일 : 2024년 1월 12일

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

우리나라는 다른 OECD 주요국들과 비교해 초고령사회(65세 이상 고령인구 비중 20 %)에 빠르게 도달하고 있다. 고령인구 비중은 계속 증가하여 2025년에는 21 %로 우리나라가 초고령사회에 진입하고, 2035년도에는 30 %, 2050년에는 79 %에 이를 것으로 전망된다(Statistics Korea, 2022). 인구 고령화가 급격하게 진행됨에 따라 다양한 노인질환이 삶의 질 측면에서 주요 관심사가 되고 있다(Kim 등, 2023). 그에 따라 노화로 인해 발생하는 신체적 변화 및 영양 문제로 노인성 만성질환인 근감소증이 주목받고 있는 추세이다(Chen 등, 2020). 근감소증은 노화, 영양 부족, 운동량 감소 등으로 인해 정상적인 근육량과 근력 및 근 기능이 저하되는 질환이다(Lee 등, 2023). 근육량은 노화로 인해 20~30세 이후 매년 약 1~2 %씩 감소하고 60세 이후부터는 더욱 급격하게 2~3 %씩 감소하는 것으로 알려져 있다(Jang, 2018). 미국의 경우 2016년 미국질병통제예방센터에서 근감소증 질병코드(M62.84)를 부여하였고(Shin 등, 2022a), 한국(KCD-8)의 경우에도 근감소증을 질병으로 인정하여 2021년 근감소증에 대해 신규 질병 코드를 부여했다(Kang 등, 2022). 이러한 추세를 보면 근감소증에 대한 경각심은 갈수록 고조되고 있음을 알 수 있다. 이러한 근감소증을 극복하고자 하는 노력이 최근 들어 다양하게 적용되고 있는데, 특히 COVID-19 팬데믹 동안 해당 질환을 중재하기 위한 비대면 의료 적용 방법과 디지털 중재 방법들이 주목받고 있다(Ju 등, 2023).

우리나라 독거노인가구 비율은 전체 일반가구 중에서 약 8 %에 해당하며, 독거노인은 계속 증가하고 있다. COVID-19 팬데믹 동안 독거노인들의 자택 내 거주 시간이 늘어났고(Kim & Lee, 2023), 지역적 제한으로 인해 보건의료 시설에 대한 접근성이 떨어져 의료서비스를 받지 못하는 노인인구가 증가하고 있다. 또한 신체적인 제한으로 운동 중재에 참여하기 위해 병원이나 의료센터와 같은 특정 장소에 가야 하는 환자들에게는 시간과 공간 제약과 불편함이 있다(Roh & Jang, 2021). 이에 따라 노인성 근감소증 환자의 신체구성과 근기능 향상을

위해 비대면 운동 중재에 관한 연구가 필요한 실정이다.

Global Market Insights(2020)에 따르면 COVID-19 팬데믹 영향으로 인해 2026년 디지털 헬스케어(digital health-care) 시장 규모가 820조 원을 증가할 것이라는 전망이 예측된다. 디지털 헬스케어는 의료영역에 정보통신 기술(information and communication technology; ICT)을 융합해 개인 건강과 질병에 맞춰 의료서비스나 건강관리서비스를 제공하는 산업 또는 기술을 말한다(Park, 2023). 이와 같은 디지털 헬스케어 시장의 확장과 관심은 노인 대상 비대면 중재의 발전 가능성이 높음을 시사한다. 또한 국내에서도 고령화 사회의 노인문제를 극복하기 위한 대안으로 노인 대상 비대면 중재법의 도입이 필요한 추세이다(Park 등, 2022).

2. 연구의 목적

본 연구는 비대면이 불가피한 상황에서도 근감소증 관리를 위한 운동 중재를 수행할 수 있도록 가정에서의 비대면 맨손 운동 중재를 활용했으며, 기존 운동치료와는 달리 웨어러블 운동 보조기기(ExoPill, Exosystems, Korea)를 운동 중재에 도입하여 활용한 그룹을 디지털 운동 그룹으로 구분하여 비대면 물리치료 중재에 따른 노인성 근감소증의 개선 효과를 비교하고자 하였다.

이를 통해 비대면 운동 중재법이 근감소증을 앓는 노인에게 긍정적인 효과를 가져올 수 있음을 입증하고, 웨어러블 운동 보조기기를 활용한 운동 프로그램에 대한 복합적인 중재법의 기초자료를 제공하고자 한다. 본 연구의 가설은 다음과 같다.

첫째, 운동 프로그램을 통한 비대면 물리치료 중재가 노인성 근감소증 개선에 유의미한 결과를 가져올 것이다.

둘째, 디지털 운동 중재와 맨손 운동 중재 사이에 근감소증 개선 측면에서 유의미한 차이가 있을 것이다.

II. 연구방법

1. 연구방법

본 연구의 실험은 경기도 소재의 성남 시니어 산업혁 신센터를 통해 성남시에 거주하는 만 65세 이상 노인 25 명의 참여를 통해 이루어졌다. 실험 전 을지대학교 기관 생명윤리위원회(institutional review board; IRB)의 승인을 받았으며(승인번호: EUIRB2023-045), 중재 전과 후에, 센터에 방문하여 평가를 수행하였고 8주간의 중재는 대 상자의 자택에서 수행하였다.

대상자는 본 연구에 대한 설명을 듣고 자발적으로 연 구에 동의를 한 자로, 연구자와의 의사소통이 원활하며 독립 보행이 가능한 만 65세 이상의 노인으로 의족, 의 수 착용으로 근육량 측정이 어려운 자, 의사소통이 어려 운 자, 기타 사유로 인하여 중재 및 평가 시 대상자에게

추가적인 위험을 불러올 수 있다고 연구자가 판단한 자 는 제외하였다. 실험을 시작하기 전에 모든 실험 대상자 에게 연구 목적과 실험 진행 방식에 대한 충분한 설명을 한 후 동의서를 받은 바 있다.

근감소증에 해당하거나 근감소증 위험도가 높은 25명 을 모집하여 무작위 배정으로 디지털 운동 그룹과 맨손 운동 그룹으로 분류하였다. 모집한 대상자 25명 중 사후 평가 불참자 1인, 중도 포기자 2인, 중재 불성실자 4인을 제외한 18명이 최종 연구대상자로 선정되었다. 디지털 운동 그룹(n=9)과 맨손 운동 그룹(n=9)의 일반적 특징은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. General characteristics of research subjects (n= 18)

	Digital exercise intervention groups (n=9)	self-exercise intervention groups (n=9)
Age	74.17±4.06 ^a	77.08±3.18
Height (m)	1.58±0.07	1.58±0.06
Weight (kg)	56.02±6.26	56.97±6.44
BMI (kg/m ²)	22.30±1.89	22.81±2.24

^amean±standard deviation, BMI; body mass index

2. 연구설계

본 연구는 대상자 선정 기준에 맞추어 국내 65세 이상 노인 18명을 대상자들의 동의를 받아 실시하였다. 동의 한 연구대상자는 무작위 배정을 통해 디지털 운동 그룹 9명과 맨손 운동 그룹 9명으로 나누었다. 디지털 운동 그룹은 애플리케이션 및 웨어러블 운동 보조기기가 대 상자의 운동 수행을 실시간으로 감독하고 기록하였으며, 맨손 운동 그룹은 디지털 운동 그룹에서 시행된 것과 동 일하게 구성된 프로그램을 애플리케이션 및 기기 없이 스스로 수행하였다.

근감소증은 AWGS 2019가 제시한 진단평가인 근육량 과 근력, 신체적 수행력을 측정하기 위해 생체전기저항 분석기(Inbody570, InBody, Korea), 악력, SPPB(short physical performance battery) score, 5TSTS(5 times sit to stand), 보행속도를 측정하였으며, 신체기능을 평가하기

위해 버그 균형 척도(Berg balance scale; BBS)를 시행하 였다. 디지털 운동 그룹과 맨손 운동 그룹 모두에 8주간의 중재를 통해 사전 사후평가를 측정하여 비교 분석을 하였다(Fig 1).

3. 평가방법 및 중재

1) 근감소증 진단평가

본 연구에서는 연구대상자들의 근감소증 수준을 알아 보기 위해 AWGS 2019에서 만든 기준을 적용하였다. 근 감소증은 노화로 인한 단순한 근육량의 감소뿐 아니라 삶의 질 저하, 영양 부족, 높은 이환율과 사망률을 동반 하는 복합적인 상태를 의미한다. 최근 근감소증의 정의 는 단순한 근육량의 감소를 의미하였지만, 현재에는 근 육량뿐만 아니라, 근 기능의 감소를 포함하는 개념으로 정의되고 있다(Kim 등, 2015). 근감소증은 중증도에 따

라 가능한 근감소증, 근감소증, 심각한 근감소증으로 구분할 수 있으나, 본 연구에서는 모든 단계의 근감소증을 통합하여 근감소증으로 조작적 정의하였다. 근육량의 저하를 보여주는 근육지수는 팔다리 근육량(kg)을 키의 제곱(m²)으로 나누어 계산하며, 근력의 수준은 악력 측정으로, 신체적 수행력(physical performance)은 SPPB 평가를 통해 평가하였다.

(1) 근육량(muscle mass)

대상자의 근육량 측정을 위해 생체전기저항분석기를 활용하여 측정한 대상자의 팔다리 근육량(appendicular skeletal muscle mass; ASM)에 키의 제곱(m²)으로 나누어 근육지수(skeletal muscle index; SMI)를 도출하여 여성 5.7 kg/m², 남성 7.0 kg/m² 미만일 경우 기준치 미달로 평가하였다. 팔다리 각각의 근육량 변화를 확인하기 위해 양쪽 팔의 근육량 합산한 값은 팔의 근육량, 양쪽 다리의 근육량을 합산한 값은 다리의 근육량으로 계산하였다.

(2) 근력(muscle strength)

대상자의 근력을 측정하기 위해 손의 쥐는 힘인 악력(handgrip strength)을 사용한다. 악력 측정은 일반적인 건강 상태의 검사에 중요한 방법이며, 운동기능의 검사 방법으로 사용된다. 악력은 근력을 측정하기 위한 신뢰할 수 있는 임상적 방법이다(Ryu 등, 2018). 대상자의 근력은 전자 악력계(DW781, Daewoo, Korea)를 사용하여 측정하였다. 악력은 네 개의 손가락과 엄지손가락의 협응 및 일반적 최대 근력을 측정하는 것으로, 스메들리식 악력계를 사용하였다(Ryu 등, 2018). 대상자는 팔을 아래로 최대한 수직으로 뻗어 악력계를 잡고 가능한 한 강하게 힘을 주어 5초 동안 유지하였다. 양손 각각 2번씩 측정한 후 가장 높은 측정값을 기록하며 결과값이 높을수록 근력이 높음을 시사한다. 측정 결과값이 남성은 28 kg 미만, 여성은 18 kg 미만일 경우 기준치 미달로 평가하였다(Fig 2).

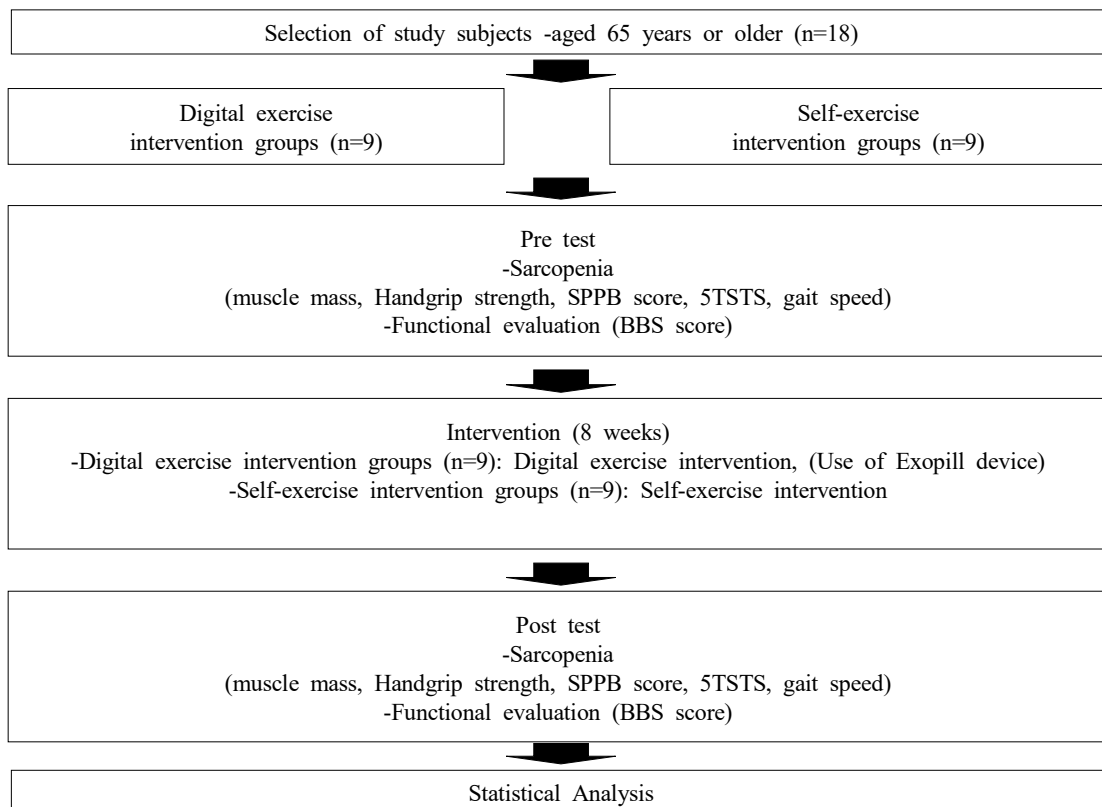


Fig 1. A study design



Fig 2. Grip measurement

(3) 신체적 수행력(physical performance)

신체적 수행력의 측정도구는 AWGS 2019에서 권장한 도구인 SPPB score, 5TSTS, 보행속도를 모두 이용하여 평가하였다.

가. short physical performance battery(SPPB)

SPPB는 고령자의 종합적인 체력검사 방법으로 미국 국립노화연구소(NIA)에서 개발한 간편신체기능평가(short physical performance battery)이고 balance test, gait speed test, chair stand test로 구성이 되어 있다(Park 등, 2022; Roh 등, 2015). 측정기준에 대하여 수행불능은 0점을 부여하고, 수행 능력 차이에 따라 1점에서 4점까지 점수를 부여해 각 과제당 4점씩 모두 성공했을 경우 12점 만점으로 한다.

5회 의자 앉았다 일어서기 항목은 대상자에게 가슴 위에 팔을 교차한 상태로 가능한 한 빨리 의자에서 앉았다가 일어서는 동작을 5회 반복하도록 하여 5회 완료하는데 걸리는 시간을 측정한다(Lee 등, 2018). 직립 균형 검사는 총 세 가지 자세로 서 있는 능력을 검사하는데 총 세 가지 항목으로 구성된다. 일반 자세(side-by-side stance)의 경우 다리를 어깨너비로 벌리고 선 상태에서 체간을 붙인 자세이며, 반 일렬자세(semi-tandem stance)는 발이 반만 겹치게 하여 선 자세이고, 일렬 자세(tandem stance)는 일반 자세에서 다리를 일렬로 붙인 자세를 말한다(Jung 등, 2020). 이번 연구를 위해 시행된 직립 균형 검사에서는 일반자세의 경우 양발을 붙이고 선

상태에서 체간을 붙인 자세로 시행하였다. 세 자세 간의 난이도 차이가 있으므로 순서를 지켜 자세마다 10초 이상 자세를 유지할 수 있는지 평가한다. 보행속도 검사는 대상자가 평소의 속도로 4 m의 거리를 걷는 데 걸리는 시간을 측정한다. 3가지 항목을 총합하여 점수를 낸 SPPB score가 9점 이하로 나오면 기준값에 미달인 것으로 평가했다.

나. 5TSTS(5 times sit to stand)

5TSTS는 5번 앉았다가 일어서는 동작으로 이루어진 검사로 앉았다 일어서기(Sit-to-stand; STS)는 일상생활 활동에서 수행되는 일반적인 움직임을 나타내고 이 테스트를 통해 의자에서 일어나는 기능적 활동을 정량화할 수 있으며 하체 근력을 평가할 수 있다. STS는 조정, 균형 조절, 안정성과 같은 기술을 의미하며 생체 역학적으로도 요구된다(Jiménez 등, 2019). STS 능력의 변화는 균형과 보행속도에 영향을 미칠 수 있으므로(Azharuddin & Zia, 2021) 근감소증 구조에서 STS 테스트는 근력보다는 근육의 신체적 수행력을 더 잘 나타낸다. STS 테스트는 근력, 동적 균형 및 심폐 지구력의 영향을 받으므로 단순한 근력이 아닌 전반적인 신체 성능을 나타낸다(Yee 등, 2021). 대상자들은 표준 의자에 앉은 자세에서 손 지지대를 사용하지 않고 가능한 한 빨리 연속으로 5회 일어서도록 요청받았고 테스트를 완료하는 데 걸리는 시간은 초 단위로 기록되었다(Deshpande 등, 2013).

다. 보행속도

걸음걸이 속도는 노인의 기능적 수행 능력을 예측할 수 있는 중요 인자이다(Kim, 2022). 보행속도 검사는 AWGS 2019에서는 6 m 걷기 검사 걷기 검사를 권장하지만, 본 연구에서는 4 m의 거리로 대신하였다. 대상자에게 평상시 걸음 속도로 걷도록 인지시킨 후 4 m 표적까지 보행하도록 하였다(Shin 등, 2022a). 보행속도 검사의 경우 2회 반복하여 평균값을 사용하였다.

2) 신체기능

(1) Berg balance scale(BBS)

BBS는 1989년 Berg 등에 의해 노인들의 낙상 위험도를 평가하기 위한 목적으로 개발되었다. 항목들은 일상

생활에서 자주 이용되는 동작들이 응용된 것으로 자세 유지 능력, 자발적 운동 조절 능력, 외부요인에 대한 반사 능력으로 구성되며(Won & Kim, 2011), 신체기능의 전반적인 균형 및 보행 능력을 평가할 수 있다(Kim, 2022).

평가항목은 앉기(의자 등받이에 기대지 않고 바른 자세로 앉기), 서기 자세(잡지 않고 서 있기, 두 눈을 감고 잡지 않고 서 있기, 두 발을 붙이고 잡지 않고 서 있기, 한 다리로 서 있기, 왼쪽과 오른쪽으로 뒤돌아 서 있기, 한 다리로 서 있기, 왼쪽과 오른쪽으로 뒤돌아보기, 바닥에 있는 물건을 집어 올리기, 한 발 앞으로 다른 발을 일자로 두고 서 있기, 선 자세에서 앞으로 팔을 뻗쳐 내밀기), 자세 변화(앉은 자세에서 일어나기, 선 자세에서 앉기, 의자에서 의자로 이동하기, 제자리에서 360도 회전하기, 일정한 높이의 발판 위에 발을 교대로 놓기)의 총 3개의 영역 14개 항목으로 구성되어 있다. 전체 항목을 수행하기 위해 소요하는 시간은 약 20분 이내이고, 점수 체계는 0점에서 4점까지의 5점 서열척도를 적용하여 총합은 56점으로 점수가 높을수록 균형 능력이 높음을 의미한다(Kim 등, 2018).

3) 중재

디지털 운동 그룹의 경우 ExoPill 기기를 이용하며 이는 애플리케이션과 웨어러블 운동 보조기기로 구성되었

다. 운동 중재 전 매뉴얼을 대면 1:1로 교육하여 대상자 스스로 충분히 가정에서 비대면으로 수행할 수 있도록 하였다. 운동 방법은 먼저 ‘엑소필’ 애플리케이션을 내려 받고 스마트폰의 블루투스를 활성화한다. 그리고 애플리케이션의 홈 화면에서 ‘나의 근육 맞춤형 관리’ 버튼을 클릭하고 크래들에서 모듈을 꺼내어 애플리케이션과 연동한다. 모듈 LED 표시 등에 초록색 불이 들어오는 것을 확인한 후에 모듈 뒷면의 자석과 습식 패드의 자석을 맞대어 부착한다(Fig 3).

측정을 원하는 부위를 선택한 후 패드를 붙이고 근육 스캔을 시작한다. 그리고 패드를 붙인 채로 애플리케이션 내에 저장된 34가지 운동 프로그램 중 8가지 운동을 따라 수행한다. 누워서 하는 운동, 앉아서 하는 운동, 서서 하는 운동 등 동작 별로 나누어 코어근육을 효과적으로 발달시킬 수 있는 운동으로 8가지 운동을 선택하여 운동 중재에 적용하였다. 즉 근감소증에 크게 영향을 줄 수 있는 몸쪽 큰 근육들 위주로 운동을 선택하였다.

디지털 운동은 크게 자세에 따라 누워서 하는 운동, 앉아서 하는 운동, 서서 하는 운동으로 나눌 수 있으며, 의료기관이나 센터에서 적용되는 운동을 포함하고 있으며, 애플리케이션에서 오늘 할 운동과 운동의 방법을 안내하며, 모든 사용 기록은 애플리케이션 내에 저장되어 대상자와 연구자를 확인할 수 있어 운동이 미비할 시 대상자에게 연락하여 수행을 독려하였다.

맨손 운동 그룹의 경우 엑소필 애플리케이션 및 웨어러블 운동 보조기기를 사용하지 않고 디지털 운동 그룹이 사용하는 애플리케이션 내에 있는 운동 34가지 운동 중 쉽고 코어에 영향을 줄 수 있는 8가지 운동을 선정하여 스스로 운동 할 수 있도록 안내하였다(Table 2). 위 8가지 운동 프로그램을 활용한 근감소증 대상 선행연구에서 악력과 SPPB, BBS score가 통계적으로 유의한 변화를 보였기에(Kim & Kim, 2023) 본 연구에서도 활용하였고, 대상자 관리는 하루에 2회 오전과 오후로 나누어 센터에서 주기적으로 연락하여 운동에 대한 피드백을 주거나 이상 반응을 확인하였다. 실험군과 대조군 모두 주기적인 연락을 통해 안내한 운동 프로그램 이외의 다른 운동은 삼가고 있는지 확인 및 통제하였다. 8주간의 운동 중재를 마친 후, 중재를 적용하기 전에 시행했던 사전평가와 동일하게 사후평가를 진행했다.

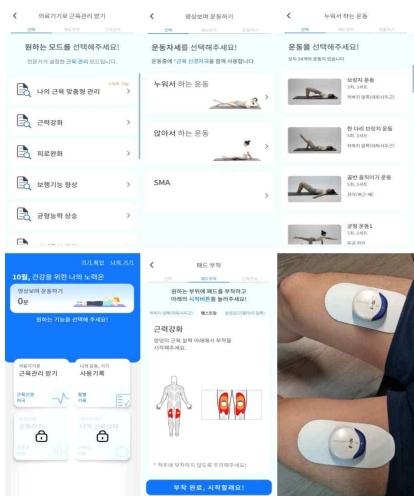


Fig 3. Application screens and device usage

사전, 사후와 그룹 간의 차이 검증은 통해 애플리케이션 및 웨어러블 운동 보조기기를 통한 노인의 근감소증 과 신체기능 변화 향상의 효과를 검증하였다. 8주간 적용한 운동 프로그램 내용은 다음과 같다(Table 2).

Table 2. Exercise program

Week	Types and methods of exercise
Week 1	<p>Bridge exercise</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lie comfortably on the floor and keep your back close to the floor. 2. Bend both legs and support the ground well with the soles of your feet. 3. Lift your hips while applying strength to your abdomen, buttocks, and thighs. 4. Hold for 10 to 15 seconds, then lower your hips again.
Week 2	<p>Quadruped position exercise</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. While lying down and lying down, place your palms and knees on the floor and make it into a quadruped position. 2. Raise one hand in the quadruped position and extend it forward. 3. Balance the body so that it does not lean to both sides, perform the movement, and lower the arm again.
Week 3	<p>Seated knee up</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sit comfortably with your legs straight on the floor. 2. Keep your hands behind your hips and support them. 3. Lift both legs slightly in a position where both knees are slightly bent. 4. Pull both legs proximally while applying strength to the abdomen. 5. Hold for 2-3 seconds and slowly lower your legs.
Week 4	<p>Lifting your hip in a prone lying position</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lying prone in a comfortable position. 2. Both hands can be placed under the forehead or next to the body. 3. With your legs stretched comfortably straight, lift one leg while applying strength to your waist and hips. 4. Repeat lifting and lowering, taking care not to bend the knee or turn the trunk.
Week 5	<p>Wall push-up</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Stand straight against the wall. 2. Spread your legs and hands shoulder width apart and touch the wall. 3. Take a step or two back and take a posture. 4. Apply strength to both shoulders and arms and slowly bend your elbows. 5. Slowly go down to the extent possible, then come up to the original position with pressure on the palm.
Week 6	<p>Core exercises in knee standing</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. In a kneeling position, take your hip off your heels and sit in a half-knee position. 2. Stretch your arms forward in a upright position. 3. Move slowly the body back. 4. It is important to move so that the hip does not fall out, and it is repeated. 5. Exercise so that your posture is straight from your knees to shoulders.
Week 7	<p>Moving weight from side to side</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. In the upright position, spread your legs wider than your shoulders. 2. Be careful not to bend your waist forward or backward and move your weight to one leg. 3. The knee of the leg loaded with weight is slightly bent and held out. 4. Hold it for 2-3 seconds and return to its original position.
Week 8	<p>Superman position</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lie down in a comfortable position. 2. Stretch both arms and legs. 3. Apply strength to the whole body and lift both arms and legs at the same time so that they can fall off the ground. 4. Be careful not to separate your arms and legs from your torso holding it for five seconds, and then return to its original position.

4. 자료분석

본 연구의 대상자의 수는 군별 9명으로 적은 표본 수로 인해 정규분포 가정이 어려워 Shapiro-Wilk test 정규성 검정을 시행하였다. 그 결과 모든 변수가 정규분포를 따르지 않아 Whitney-U 검정, Wilcoxon signed rank test 검정을 시행하였다. 수집된 자료의 분석을 위해 검정을 시행하기 위해 IBM SPSS 29.0 (IBM SPSS Statics for Windows, IBM Corp., USA)을 사용하였으며, 해당 연구에서 통계학적 유의수준은 .05로 지정하여 유의성 여부를 판단하였다.

III. 결 과

1. 집단 내 근감소증 진단평가

1) 근육량

디지털 운동 그룹과 맨손 운동 그룹에서 중재 전후의 팔다리 근육량, 팔 근육, 다리 근육, 근육지수의 차이가 있는지 알아보기 위해 Wilcoxon's signed-ranks test를 시행하였다. 디지털 운동 그룹에서 팔다리 근육량은 중재 전 15.78±2.99, 중재 후 15.72±3.03으로 나타났고, 팔 근육은 중재 전 3.76±.82, 중재 후 3.83±.77로 나타났고, 다리 근육은 중재 전 12.01±2.26, 중재 후 11.89±2.31로 나타났고, 근육지수는 중재 전 6.24±.73, 중재 후 6.25±.77로 나타났고, 이는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다 (p>.05). 맨손 운동 그룹에서 중재 전 팔다리 근육량은 15.31±2.72, 근육지수는 6.05±.60이었으며, 중재 후 팔다리 근육량은 14.97±2.69, 근육지수는 5.91±.60으로 나타났고, 이는 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<.05). 반면, 팔 근육은 중재 전 3.81±.67, 중재 후 3.65±.66으로 나타났고, 다리 근육은 중재 전 11.49±2.10, 중재 후 11.31±2.08로 나타났고, 이는 유의한 차이가 없었다 (p>.05)(Table 3).

디지털 운동 그룹과 맨손 운동 그룹의 팔다리 근육량, 팔 근육, 다리 근육, 근육지수의 변화량을 비교하기 위해 Mann Whitney-U 검정을 시행하였다. 팔 근육, 근육지수

의 차이는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05). 반면 팔다리 근육량, 다리 근육의 차이는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05)(Table 4).

2) 근력

디지털 운동 그룹과 맨손 운동 그룹에서 중재 전후의 악력 차이가 있는지 알아보기 위해 Wilcoxon's signed-ranks test를 시행하였다. 악력은 디지털 운동 그룹에서 중재 전 24.11±8.38, 중재 후 21.22±6.06으로 나타났고, 이는 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<.05). 또한, 맨손 운동 그룹에서 중재 전 21.40±7.64, 중재 후 21.41±8.12로 나타났고, 이는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05)(Table 3).

디지털 운동 그룹과 맨손 운동 그룹의 악력 차이를 비교하기 위해 Mann Whitney-U 검정을 시행하였다. 악력 차이는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(Table 4).

3) 신체적 수행력

디지털 운동 그룹과 맨손 운동 그룹에서 중재 전후의 SPPB score, 5TSTS, 보행속도의 차이가 있는지 알아보기 위해 Wilcoxon's signed-ranks test를 시행하였다. 디지털 운동 그룹에서 SPPB score는 중재 전 10.88±.92, 중재 후 11.11±1.05로 나타났고, 5TSTS는 중재 전 10.76±2.35, 중재 후 10.58±2.95로 나타났고, 보행속도는 중재 전 4.49±.65, 중재 후 4.60±.57로 나타났고, 이는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05). 맨손 운동 그룹에서 SPPB score 중재 전 9.88±2.31, 중재 후 10.33±1.41로 나타났고, 5TSTS는 중재 전 16.23±16.85, 중재 후 10.16±1.79로 나타났고, 보행속도는 중재 전 4.93±0.83, 중재 후 4.96±.79로 나타났고, 이는 유의한 차이가 없었다(p>.05)(Table 3).

디지털 운동 그룹과 맨손 운동 그룹의 SPPB score, 5TSTS, 보행속도의 차이를 비교하기 위해 Mann Whitney-U 검정을 시행하였다. SPPB score, 5TSTS, 보행속도 모두 통계학적으로 유의한 차이가 없었다 (p>.05)(Table 4).

Table 3. Comparison of differences muscle mass, muscle strength, and physical performance pre- and post- intervention within the groups (n= 18)

			Pre	Post	Z	p
MM	ASS (kg)	DG	15.78±2.99	15.72±3.03	-.77	.441
		SG	15.31±2.72	14.97±2.69	-2.19	.028
	AMM (kg)	DG	3.76±.82	3.83±.77	-1.36	.172
		SG	3.81±.67	3.65±.66	-1.83	.066
	LMM (kg)	DG	12.01±2.26	11.89±2.31	-1.24	.213
		SG	11.49±2.10	11.31±2.08	-1.59	.110
SMI (kg/m ²)	DG	6.24±.73	6.25±.77	-.14	.888	
	SG	6.05±.60	5.91±.60	-2.31	.021	
MS	GS (kg)	DG	24.11±8.38	21.22±6.06	-2.49	.013
		SG	21.40±7.64	21.41±8.12	-.29	.767
PP	SPPB (score)	DG	10.88±.92	11.11±1.05	-.64	.516
		SG	9.88±2.31	10.33±1.41	-.42	.671
	5TSTS (s)	DG	10.76±2.35	10.58±2.95	-.53	.594
		SG	16.23±16.85	10.16±1.79	-1.12	.260
	WS (m/s)	DG	4.49±.65	4.60±.57	-.53	.594
		SG	4.93±.83	4.96±.79	.00	1.000

DG; digital exercise intervention group, SG; self-exercise intervention group, MM; muscle mass, ASS; appendicular skeletal muscle mass, AMM; arm muscle mass, LMM; leg muscle, scale, SMI; skeletal muscle index, MS; muscular strength, GS; grip strength, PP; physical performance, SPPB; short physical performance battery, 5TSTS; 5 times sit to stand, WS; walking speed

Table 4. Comparison of differences muscle mass, muscle strength, and physical performance pre- and post- intervention between the groups (n= 18)

			Pre	Post	Z	p
MM	ASS (kg)	DG	15.78±2.99	15.72±3.03	-1.32	.185
		SG	15.31±2.72	14.97±2.69		
	AMM (kg)	DG	3.76±.82	3.83±.77	-2.74	.006
		SG	3.81±.67	3.65±.66		
	LMM (kg)	DG	12.01±2.26	11.89±2.31	-.30	.757
		SG	11.49±2.10	11.31±2.08		
SMI (kg/m ²)	DG	6.24±.73	6.25±.77	-2.12	.034	
	SG	6.05±.60	5.91±.60			
MS	GS (kg)	DG	24.11±8.38	21.22±6.06	-2.07	.038
		SG	21.40±7.64	21.41±8.12		
PP	SPPB (score)	DG	10.88±.92	11.11±1.05	-.04	.964
		SG	9.88±2.31	10.33±1.41		
	5TSTS (s)	DG	10.76±2.35	10.58±2.95	-.48	.627
		SG	16.23±16.85	10.16±1.79		
	WS (m/s)	DG	4.49±.65	4.60±.57	-.66	.508
		SG	4.93±.83	4.96±.79		

DG; digital exercise intervention group, SG; self-exercise intervention group, MM; muscle mass, ASS; appendicular skeletal muscle mass, AMM; arm muscle mass, LMM; leg muscle, scale, SMI; skeletal muscle index, MS; muscular strength, GS; grip strength, PP; physical performance, SPPB; short physical performance battery, 5TSTS; 5 times sit to stand, WS; walking speed

2. 집단 내의 신체기능 평가 전후 비교

디지털 운동 그룹과 맨손 운동 그룹 두 집단의 중재 전후의 BBS score의 차이를 알아보기 위해 Wilcoxon’s signed-ranks test를 시행하였다. BBS score는 디지털 운동 그룹에서 중재 전 52.66±2.82, 중재 후 53.88±2.42로 나타났고, 이는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05). 맨손 운동 그룹에서는 중재 전 48.88±5.94, 중재 후

52.88±1.76으로 나타났고, 이는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(Table 5).

디지털 운동 그룹과 맨손 운동 그룹의 BBS score의 차이를 비교하기 위해 Mann Whitney-U 검정을 시행하였다. BBS score는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05)(Table 6).

Table 5. Comparison of BBS score pre- and post- intervention within the group

		Pre	Post	Z	p
BBS (score)	DG	52.66±2.82	53.88±2.42	-1.55	.121
	SG	48.88±5.94	52.88±1.76	-2.01	.044

BBS score; Berg balance scale score, DG; digital exercise intervention group, SG; self-exercise intervention group

Table 6. Comparison of BBS score pre- and post- intervention between the group

		Pre	Post	Z	p
BBS (score)	DG	52.66±2.82	53.88±2.42	-1.37	.168
	SG	48.88±5.94	52.88±1.76		

BBS score; Berg balance scale score, DG; digital exercise intervention group, SG; self-exercise intervention group

IV. 고 찰

근감소증은 노화에 따라 근육량의 감소와 신체기능이 떨어지는 질환이라는 측면에서 1989년 Rosenberg에 의해 처음 소개되었다. 노화에 따른 근력 감소는 운동기능의 상실을 초래하며 장애, 사망률 및 기타 건강 악화의 주요 원인이다(Santilli 등, 2014). 본 연구는 비대면 환경에서 시행할 수 있는 디지털 운동 중재와 맨손 운동 중재가 노인의 근감소증 및 신체기능의 개선에 미치는 영향을 확인하고자 하였다.

근감소증의 진단은 근육량의 평가와 근력의 평가 그리고 신체수행능력의 평가를 통해 진단할 수 있다. 근감소증은 2019년에 협의한 아시아 근감소증 평가위원회(Asia working group for sarcopenia 2019; AWGS 2019)의

기준을 따른다(Chen 등, 2020). 악력 측정을 통한 근력, 보행속도 측정을 통한 신체적 수행력, 팔다리 근육량의 측정을 통한 근육량을 포함한다(Kim 등, 2020).

근육량이 감소하는 현상은 낙상, 골절, 심혈관 및 대사 질환 등과 관련이 있어 현대사회에 와서 더욱 근육량의 중요성을 강조하고 있다. 중재 후 팔다리 근육량은 두 그룹 모두 감소하였고, 맨손 운동 그룹은 이러한 변화가 통계적으로 유의하였다(p<.05).

본 연구에서는 팔다리 근육량의 변화를 더 자세하게 살펴보기 위하여 팔 근육량과 다리 근육량을 각각 확인하였다. 중재 후 팔 근육량은 디지털 운동 그룹에서는 증가하였고, 맨손 운동 그룹에서는 감소하였으며, 다리 근육량은 두 그룹 모두 감소하였으나 이러한 변화는 통계적으로 유의하지는 않았다.

운동 중재 프로그램은 주로 상체 위주의 운동으로 구

성하여 다리 근육이 증가하지 않았을 것으로 생각되며, 맨손 운동 그룹의 운동 수행 시간을 통제하지 못한 점이 팔 근육량의 증가를 확인할 수 없는 결과를 초래한 것으로 사료된다. 추후 연구에서 팔과 다리를 균형 있게 사용하는 운동 중재 프로그램을 구성하고, 운동을 적절한 시간 동안 수행할 수 있도록 통제한다면 근육량의 변화에 긍정적인 결과를 발견할 수 있을 것으로 보인다.

디지털 운동 그룹의 근육지수는 유의미하지는 않지만 증가하였고 맨손 운동 그룹의 근육지수는 유의미하게 감소하였다. 비록 디지털 운동 그룹의 팔다리 근육량은 줄었지만, 근육지수는 팔다리 근육량(kg)을 키의 제곱(m^2)으로 나누어 계산한 최종값이므로 디지털 운동 중재 그룹의 근육량은 늘었다고 판단할 수 있다. 위 결과들을 통해 디지털 운동 중재 그룹의 중재 방식이 근육량 증가에 도움이 되었음을 알 수 있다.

최근 팬데믹으로 인한 노인복지시설의 대면 서비스가 많이 중단되면서 디지털기기 및 온라인을 이용한 운동 교육이 중요해진 시대인데 위 연구의 결과는 노인들이 디지털 교육을 잘 학습하고 이해할 수 있다면 근육량에 대해서는 긍정적인 운동 효과를 보일 수 있음을 나타낸다.

악력은 근력을 측정하는 방법으로, 신뢰도가 높고 사용이 간단하여, AWGS 2019에서도 근력을 확인하는 방법으로 악력의 활용을 권고하고 있다.

선행연구에 따르면 악력이 노인의 체력 수준을 나타내는 중요한 지표로 활용된다고 하였다(Lee & Sung, 2019). 본 실험연구를 진행하기에 앞서, 대상자의 악력 수준이 대상자들의 신체적 수행력과 기능평가 결과와도 상관관계가 있을 것으로 예측하고 연구를 진행하였다. 본 실험에서는 맨손 운동 그룹의 악력이 더 나은 차이 값을 보였으며 신체적 수행력과 기능평가 역시 좋은 결과 값을 보여주고 있다.

악력 측정은 대상자의 신체 컨디션과 평가 장소 주변 환경, 그리고 측정 자세 등에 영향을 받는다. 따라서 디지털 운동 그룹의 악력이 다소 감소한 이유는 악력 자체의 감소보다는 당일 대상자의 신체 컨디션을 고려하지 못했던 점과 검사자의 구두 명령이 일관적으로 적용되지 못했던 부분이 있어 측정 과정의 미흡으로 사료된다.

본 연구에서 근감소증의 진단평가 항목 중 하나로

SPPB를 실시하였다. SPPB는 노인의 근감소증을 선별하고 평가하기에 간편하고 유용한 평가도구이다(Lee 등, 2021). Kern과 Barberi(2014)의 연구에 의하면 EMS를 운동과 병행한 그룹은 운동만 진행했던 그룹보다 더 높은 SPPB 점수를 증가시켰다. Son과 Park(2016)의 연구에서도 65세 이상 노인을 대상으로 한 근 성장 프로그램을 통해 EMS 적용이 노인의 하지 근력 및 근지구력 향상에 긍정적인 효과를 주고 있음을 증명하였다. 본 연구에서 측정된 디지털 운동 그룹의 중재 전 SPPB 점수는 10.88 ± 0.92 , 중재 후 SPPB 점수는 11.11 ± 1.05 였고 맨손 운동 그룹의 중재 전 점수는 9.88 ± 2.31 , 중재 후 점수는 10.33 ± 1.41 이었다. 디지털 운동 그룹은 평균 .22점, 맨손 운동 그룹은 평균 .44점이 상승했음을 확인할 수 있었다. 통계적으로 유의한 값은 아니지만, 두 그룹 모두 점수가 올랐음을 확인할 수 있었다. 특히 맨손 운동 그룹에서 작은 수치나마 좀 더 상승하였는데, 이는 아직 노인들이 애플리케이션과 디지털기기인 웨어러블 운동 보조기기를 이용하며 운동하는 것보다 아무것도 없이 수행하는 맨손 운동이 좀 더 익숙하기 때문으로 사료된다.

5 times sit to stand(5TSTS)의 경우 디지털 운동 그룹에서 중재 전 10.76 ± 2.35 , 중재 후 10.58 ± 2.95 로 나타났고, 맨손 운동 그룹에서는 중재 전 16.23 ± 16.85 , 중재 후 10.16 ± 1.79 로 나타났다. 디지털 운동 그룹과 맨손 운동 그룹 모두 기록을 단축하므로 신체적 수행력을 향상하였음을 증명하였다. 이 경우에도 맨손 운동 그룹의 단축량이 디지털 운동 그룹의 단축량보다 많아, 이 역시 노인들이 디지털기기 사용에 대해 익숙지 않음을 시사하고 있다. 그리고 맨손 운동 중재 그룹의 중재 전 측정에서 1명의 대상자가 편차가 큰 결괏값을 가지게 되어, 결과적으로 평균적인 감소 폭이 두드러져 보이는 것으로 사료된다. 보행속도 검사의 경우 마찬가지로 디지털 운동 그룹이 다소 측정시간이 길어졌는데, 이 역시 위와 같은 이유라고 판단된다.

본 연구에서 대상자들의 동적 균형을 평가하고자 BBS를 사용하였다. BBS는 낙상을 평가할 수 있는 척도이다. 두 그룹 모두의 균형 능력이 올랐고 보행속도가 줄었으므로 부적 관계를 나타냈다.

제한점은 다음과 같았다. 첫째 대상자는 65세 이상 노인으로서 디지털기기와 애플리케이션 사용에 대한 교육이

철저히 이루어지지 못한 점, 둘째 대상자들의 중재 기간 중 교육과 안내 등 통제에 대한 한계점 등이다.

V. 결 론

본 연구는 디지털 운동 중재를 이용한 그룹과 맨손 운동을 시행하는 그룹으로 나누어 비대면 물리치료 중재 방법에 따라 근감소증 지표와 운동기능에 미치는 영향을 알아보았다.

노인의 근감소증 개선과 예방에 도움이 되는 비대면 중재에 관한 후속 연구를 위한 기반 자료를 제공하고자 하는 목적으로 디지털 운동 중재와 맨손 운동 중재를 적용하여 근육량, 근력, 신체적 수행력 측정을 통해 근감소증 지표의 변화와 BBS 평가를 통해 신체기능의 변화를 비교하였다.

그 결과 디지털 운동 그룹에서 팔 근육, 근육지수, SPPB, 5TSTS, BBS의 긍정적 변화를 확인할 수 있었고, 맨손 운동 그룹에서 악력, SPPB, 5TSTS, BBS의 긍정적 변화를 확인할 수 있었다. 이를 통해 두 그룹 모두 신체적 수행력 및 신체기능의 개선에는 효과적임을 알 수 있었고, 근육량의 개선에는 디지털 운동 중재가, 근력 개선에는 맨손 운동 중재가 효과적임을 알 수 있었다.

따라서 본 연구는 근감소증 개선 및 예방을 위해 개선하고자 하는 지표에 따라 중재 방법을 구분하여 적용할 것을 제안한다. 또한 사용하는 기기와 애플리케이션의 사용법을 더욱 단순화하거나 주기적으로 사용법을 교육 받을 수 있는 환경을 조성할 것을 제안한다. 그리고 가능하다면 비대면보다는 대면으로 운동 중재를 시행하는 것이 근감소증 개선에 더 유리함을 피력하는 바이다. 향후 비대면 운동 중재를 돕기 위해 고안될 기기의 발전을 위한 연구 또는 근감소증 개선 효과 측에서 대면 운동 중재와 비대면 운동 중재 간의 차이에 관한 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

Azharuddin M, Zia NU(2021). Correlation between sit-to-stand ability, dynamic balance, gait speed, and quality of life in stroke population: a non-randomized pilot study. *Bulletin of faculty of physical therapy*, 26(1), Printed Online. <https://doi.org/10.1186/s43161-021-00043-x>.

Chen LK, Woo J, Assantachai P, et al(2020). Asian working group for sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. *J Am Med Dir Assoc*, 21(3), 300-307. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2019.12.012>.

Deshpande N, Metter EJ, Guralnik J, et al(2013). Predicting 3-year incident mobility disability in middle-aged and older adults using physical performance tests. *Arch Phys Med Rehabil*, 94(5), 994-997. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.10.032>.

Jang HC(2018). How to diagnose sarcopenia in Korean older adults?. *Ann Geriatr Med Res*, 22(2), 73-79. <https://doi.org/10.4235/agmr.2018.22.2.73>.

Jiménez RC, Bennett P, García OA, et al(2019). Fatigue detection during sit-to-stand test based on surface electromyography and acceleration: a case study. *Sensors*, 19(19), Printed Online. <https://doi.org/10.3390/s19194202>.

Ju MNN, Park CE, Chang-geun Oh CG, et al(2023). Design and implementation of a custom exercise program application for prevention of sarcopenia in middle-aged women : proposal of HCI design for exercise habit formation. *Proceedings of HCI Korea*, pp.961-966.

Jung HJ, Lee YM, Kim MS, et al(2020). Suggested assessments for sarcopenia in patients with stroke who can walk independently. *Ann Rehabil Med*, 44(1), 20-37. <https://doi.org/10.5535/arm.2020.44.1.20>.

Kang HM, Park CE, Ju MN, et al(2022). Design and implementation of a mobile-based sarcopenia prediction

- and monitoring system. *J Korea Multimedia Soc*, 25(3), 510-518. <https://doi.org/10.9717/kmms.2022.25.3.510>.
- Kern H, Barberi L, Löfler S, et al(2014). Electrical stimulation counteracts muscle decline in seniors. *Front Aging Neurosci*, 6, Printed Online. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2014.00189>.
- Kim IS, Nam TH, Kim GM, et al(2018). Comparison of the Berg balance and fullerton advanced balance scale for predicting falls in patients with chronic stroke. *Phys Ther Korea*, 25(1), 39-46. <https://doi.org/10.12674/ptk.2018.25.1.039>.
- Kim HI(2022). A study on sarcopenia and locomotive syndrome in the elderly: propose of cut-off values through physical therapy evaluation tools. Graduate school of Eulji University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Kim HJ, Yoon DH, So BH, et al(2015). Practical application of resistance exercise for prevention of sarcopenia. *Ann Geriatr Med Res*, 19(4), 205-217. <https://doi.org/10.4235/jkgs.2015.19.4.205>.
- Won JI, Kim KS(2011). Concurrent validity of the functional gait assessment, Berg balance scale, and timed up and go test in patients with stroke. *Phys Ther Korea*, 18(2), 43-51.
- Kim MC, Kim HI, Park SW, et al(2020). A study on the analysis of physical function in adults with sarcopenia. *J Korean Soc Integr Med*, 8(2), 199-209. <https://doi.org/10.15268/ksim.2020.8.2.199>.
- Kim MC, Kim HI(2023). The effect of 9 weeks of non-contact exercise intervention on sarcopenia in the old people. *J Phys Ther Sci*, 38(7), 1341-1667.
- Kim SR, Kim DY, Oh JS, et al(2023). Analysis of Interfaces for the elderly's movement services for elderly infection patients. *Acad Conference Korean HCI Soc*, 160-165.
- Kim SY, Lee YH(2023). Implications for convergence of smart care services to strengthen medical functions of emergency safety and safety services for the elderly living alone -focusing on the case of Suyeong-gu, Busan-. *J Korea Contents Assoc*, 23(8), 540-550. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2023.23.08.540>.
- Lee CS, Lim DW, Noh SH, et al(2023). Development and validation of AI image segmentation model for CT image-based sarcopenia diagnosis. *KIPS Transactions on Computer and Communication Systems*, 12(3), 119-126. <https://doi.org/10.3745/KTCCS.2023.12.3.119>.
- Lee SY, Choo PL, Pang BWJ, et al(2021). SPPB reference values and performance in assessing sarcopenia in community-dwelling Singaporeans-Yishun study. *BMC Geriatr*, 21(1), Printed Online. <https://doi.org/10.1186/s12877-021-02147-4>.
- Lee WJ, Lee EM, Son JY, et al(2018). A study of human error in elderly's SPPB test. 1st ed, Gangwon State, Proceedings of HCI Korea, pp.960-964.
- Sung BJ, Lee WY(2019). Difference in a physical fitness level according to grip strength and age group in Korean older adults. *J Wellness*, 14(4), 361-370. <https://doi.org/10.21097/ksw.2019.11.14.4.361>.
- Park SH, Kim MK, Park HY(2022). A study on the research trends of effectiveness of telehealth for the elderly through bibliographic analysis. *Therapeutic Sci Rehabil*, 11(1), 7-20. <https://doi.org/10.1002/alz.057272>.
- Park YJ(2023). A review on community care for chronic disease management based on digital health care: for elderly living alone. *J Korean Diabetes*, 24(1), 48-53. <https://doi.org/10.4093/jkd.2023.24.1.48>.
- Roh CG, Park BJ, Moon BS(2015). Development of elderly walking independence index model. *J Korean Soc Transp*, 33(4), 348-356. <https://doi.org/10.7470/jkst.2015.33.4.348>.
- Roh HL, Jang SH(2021). Meta-analysis of the effects of untact convergence exercise programs on balance, gait, and falls efficacy of Parkinson's disease patients. *J Korea Converg Soc*, 12(5), 39-50. <https://doi.org/10.15207/JKCS.2021.12.5.039>.
- Ryu JS, Jeong HL, Kang HY(2018). A grip strength development of non-dominant hand and dominant hand on growing male students. *Korean J Phys Educ*, 57(1),

- 523-532. <https://doi.org/10.23949/kjpe.2018.01.57.1.39>.
- Santilli V, Bernetti A, Mangone M, et al(2014). Clinical definition of sarcopenia. *Clin Cases Miner Bone Metab*, 11(3), 177-180.
- Shin JS, Kim YS, Ku BH, et al(2022a). A study on the sarcopenia and its association with factors related to obesity and sarcopenia in the elderly subjects. *Korean Soc Sports Sci*, 31(5), 845-855. <https://doi.org/10.35159/kjss.2022.10.31.5.845>.
- Shin JY, Eom HJ, Kim HS, et al(2022b). Classification consistency & accuracy of the criterion-referenced evaluation for the short physical performance battery(SPPB) in the elderly. *Korean J Measurement Evaluation Phys Educ Sports Sci*, 24(2), 73-84. <https://doi.org/10.21797/ksme.2022.24.2.006>.
- Son YH, Park HS(2016). The effects of electrical muscle stimulation on lower body muscular function and balance ability of elderly. *Korean Soc Sports Sci*, 25(1), 1371-1383.
- Yee XS, Ng YS, Allen JC, et al(2021). Performance on sit-to-stand tests in relation to measures of functional fitness and sarcopenia diagnosis in community-dwelling older adults. *Eur Rev Aging Phys Act*, 18(1), Printed Online.<https://doi.org/10.1186/s11556-020-00255-5>.
- Global Market Insights. Digital health market size by technology, 2020. Available at <https://www.gminsights.com/filters?q=Digital+health+market+size+by+technology/> Accessed September 9, 2023.
- Statistics Korea. 2022 elderly statistics, 2022. Available at <https://kostat.go.kr/synap/skin/doc.html?fn=44fc580646bd977f4b72b1e4523aeb799f43db0045f93b133958e4cb6ca69ae6&rs=/synap/preview/board/10820/> Accessed February 14, 2023.