

노쇠를 위한 디지털헬스케어 -체계적 문헌고찰-*

유 하 진** / 박 명 이***

본 연구는 고령화로 인해 의료비용 지출이 증가하면서, 노인의 의료비용 지출과 관련이 높은 노쇠를 예방 및 개선하기 위해 디지털 헬스케어가 효과적인지 검증하고자 하였다. 연구 목적을 수행하기 위해 노쇠 예방 및 개선을 위한 디지털 기반의 노쇠중재연구 논문을 토대로 체계적 문헌 고찰을 수행하였다. 총 1,293편의 논문 중 선택 및 배제 과정을 거쳐 13편을 선정하였고, 이후 2명의 독립적인 연구자가 독립적으로 비뮴립 위험 평가를 진행한 후 합의의 과정을 거쳐 분석하였다. 본 연구에서 다룬 디지털 기반 노쇠중재로는 엑서게임, 웨어러블 디바이스, APP, ICT 디바이스, VR, 원격 모니터링이 있었으며, 중재 종류와 방식에 따라 노쇠 개선 효과에 차이를 보였다. 참가자의 신체활동을 포함하거나 유도할 경우 노쇠 예방 및 개선에 유의미하였으며, 중증도 강도일 경우 참여율에 효과적이었다. 이는 기존의 노쇠 중재연구에서 신체활동 중재가 노쇠 예방 및 개선에 효과적이라는 결과를 뒷받침하였지만, 디지털 기반의 노쇠중재가 기존 중재와 비교해 더 효과적인지에 대한 충분한 근거는 확보하지 못했다는 한계점이 있다. 그러나 본 연구는 고령화와 디지털화를 맞는 시대에 소외되기 쉬운 노인이 디지털화의 수혜자가 될 가능성을 제시한다는 점에서 연구 의의가 있으며 노인을 위한 디지털 헬스케어 관련 정책개발의 기초자료로 활용될 수 있기를 기대한다. 체계적 문헌고찰로서 효과 분석을 수행하지 못한 한계점이 있지만, 본 연구의 후속연구로 메타 연구가 진행되길 기대한다.

주제어 _ 고령화, 노쇠, 디지털 헬스케어, 체계적 문헌고찰

* 본 연구는 제 1저자(유하진)의 석사학위 논문을 토대로 수정, 보완하여 작성하였음

** 경희대학교 동서의학대학원 고령서비스테크융합학과(노년학) 석사(제1저자)

*** 경희대학교 동서의학대학원 노년학과 연구박사(교신저자)

Digital Healthcare for Frailty(Systematics Review)*

Yoo, Ha Jin** / Park, Myeong A***

This study attempted to verify whether digital healthcare is effective to prevent and improve frailty which is highly related to the elderly's medical expenditure, as medical expenditures increases due to an aging society. For the purpose of this study, a systematic literature review was conducted based on digital-based intervention research papers for the prevention and improvement of frailty. And a search was conducted after establishing key research questions based on previous research. Among a total of 1,293 papers, 13 papers were selected through a selection and exclusion process. And then two independent researchers independently assessed the risk of bias and analyzed them through a consensus process. In this study digital-based interventions included exergames, wearable devices, APP, ICT devices, VR, and remote monitoring. And there was a difference in the effect of frailty improvement according to the type of intervention. It was shown that digital-based interventions are significant in preventing and improving frailty when they include or induce physical activity, and participation rates increased during moderate-intensity activities. This result supported the previous studies which were effective in preventing and managing frailty by using physical activity in the frailty intervention. As a limitation of the study, there was not sufficient evidence to determine whether digital-based interventions were more effective than existing interventions. However The research is significant in that it suggests the possibility that elderly people who are easily marginalized in an age of aging and digitalization, may become beneficiaries of digitalization. I hope that the results of this study can be used as basic data for policy development related to digital healthcare for the elderly. Although this study has the limitation of not conducting an effect analysis as a systematic literature review, it is expected that a meta-study will be conducted as a follow-up study.

Key words _ Aging, Frailty, Digital Health Care, Systematic Review

* This article was re-written based on the master's thesis of the first author (Yoo Ha Jin).

** Yoo, Hajin, Master, Dept, of Gerontology, East-West Medical Science, Kyunghee University(First Author)

*** Park Myeong A, research doctor Dept, of Gerontology, East-West Medical Science, Kyunghee University(Corresponding Author)

I. 서론

통계청(2022) 자료에 따르면 전 세계적으로 고령 인구가 증가하고 있으며 우리나라도 2025년 초고령 사회에 진입할 예정이다. 한국 노인의 경우, 기대수명은 83.5세인 것에 반해, 건강수명은 66.3세로 평균 17년 정도를 아픈 상태로 보내고 있으며(통계청, 2021), 만성질환 보유 비율은 84%, 평균 1.9개의 만성질환을 보유하고 있다(이윤경 외, 2020). 노년기의 건강 악화는 독립적 생활과 사회적 활동능력을 제약하고, 삶의 만족도에도 부정적인 영향을 줄 뿐만 아니라, 의료비 지출로 개인적인 재정부담과 국가 차원의 지출도 확대하고 있다(국회예산처, 2018). 노년기 질환은 노화에 따라 기능 저하와 질병이 복합적으로 발현하는 것으로, 질환이 동반 발병하거나 비전형적 증상으로 만성화되는 특징이 있다(김철호, 2006). 이에 노인 질병 예방은 질병을 치료하는 것도 중요하지만 노쇠를 관리하여 의료비가 급증하는 장애 상태로의 전환을 예방하는 것이 가장 중요하다.

노쇠란 노년기가 들어감에 따라 여러 생리학적 시스템의 잔존능력 저하와 조절 장애로 인해 스트레스 요인에 대한 취약성이 증가하는 상태로 한국의 경우 70세 이상 노인의 2.5%~11.2%가 노쇠, 32.1%~49.7%가 전노쇠에 해당한다(Jang et al., 2018). 노쇠는 노년기 각종 질병의 이환율을 높여 의존, 장애, 낙상, 입원, 3년 내 사망률 등을 높이고(Fried, 2004), 치매 위험(Song et al., 2011), 입원율에도 영향을 미친다(Chang et al., 2018). 이러한 노쇠는 연령 증가에 따라 급격히 증가하나, 모든 고령의 노인에게서 관찰되지 않는데(김광일, 2010), 이는 노쇠가 노화의 필연적인 결과물이 아닌 적절한 진단과 조치로 예방하거나 나쁜 예후가 발생하는 것을 막을 수 있음을 보여준다. 이에 정부에서는 국민건강증진종합계획 5차를 통해 건강행태 개선과 노쇠 예방 위주의 보건소 사업과 방문 관리 서비스의 필요성을 제시하고 있다(보건복지부, 2021).

최근에는 코로나 19(COVID-19)로 인해 비대면으로 가능한 디지털 헬스케어에 대한 욕구가 증가하고(Deloitte, 2021) 4차 산업혁명의 발달로 디지털이 모든 혁신의 기본이 되면서 노인을 위한 디지털 헬스케어 연구와 함께 노쇠를 위한 연구도 등장하고 있다(Mugueta-Aguinaga & Garcia-Zapirain, 2017). 디지털 헬스케어란 WHO의 정의에 따르면, 건강 개선을 위한 디지털 기술의 개발 및 사용과 관련된 지식과 실천 분야를 이르는 말로 건강을 위해 사물인터넷, 인공지능, 빅데이터, 로봇공학 등의 디지털 기술의 사용하는 것을 말한다. 디지털 헬스케어는 의료인과 재택 거주 노인과 가족 간병인 간 협력을 강화하고(Guasti et al., 2022), 감염관리를 도우며, 환자의 접근성을 개선한다(Krishnaswami et al., 2020). 특히 디지털 헬스케어를 통한 접근성 개선은 주거환경에서 이동성이 제한된 노인에게 모니터링을 포함한 의료를 지원하여 삶의 질 개선을 돕는다(Van Hoof et al., 2011). 그러나 이러한 디

디지털 헬스케어가 노인의 건강관리를 위해 사용될 수 있는 잠재력에도 불구하고 국내에서는 노쇠에 대한 디지털 헬스케어 문헌이 전무한 수준이다. 해외의 노쇠 예방 및 개선 연구도 적으며, 노쇠에 대한 정확하지 않은 측정 도구 사용, 혼합 연구방법 사용 등으로 개입 효과성에 대한 측정 근거로 사용하기에는 어려움을 지니고 있다. 이에 신뢰성 높은 연구방법 사용과 정확한 측정 도구를 사용한 연구가 필요하며, 본 연구를 통해 디지털 기반 노쇠중재의 효과성을 통합하여 근거 기반을 마련하고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 노쇠의 정의 및 특징

노쇠는 노쇠 증후군, 허약, 허약 노인 등으로 사용되고 있으며(김창오, 2011), 노인의 복잡한 신체 상태로 전통적인 질병 안에서 정의 내리기 어려운 구조이다(Studenski, 2009; Matteo Cesari, 2016). 노쇠란 여러 생리학적 시스템의 잔존능력 저하와 조절 장애로 인해 스트레스 요인에 대한 취약성이 증가하는 상태를 이야기하며, 발병 이후 염증과 신경 내분비 조절 장애, 대사 변화의 메커니즘을 거쳐 낙상, 장애, 의존, 사망에 이르게 한다(Fulop et al., 2010). 대체로 동반 질환, 장애와 중복되거나, 개별적으로 발병하지만(Fried, 2004), 점차 노인환자의 건강상태를 결정하는 독립요소로 인식되고 있다(여성철, 우승훈, 2019). 노쇠는 주관적 건강상태와 다중 이환 질병 개수가 많을수록 영향을 받고, 우울할수록, 신체활동이 적을수록, 식생활이 나쁠수록(김혜지 외, 2021), 소득 수준이 낮을수록(Szanton et al., 2010) 발병률이 높아진다.

2. 노쇠 진단 측정 도구

노쇠 진단 가능성을 높이기 위해 노쇠 징후와 원인, 특성에 대한 지식, 측정 도구 개발 연구가 지속되어 왔으며(Fulop et al., 2010), 노쇠를 선별하는 대표적인 방법으로는 현상을 진단하는 방법, 조사 항목 중 이상 항목의 총점을 누적점수로 계산하는 방법이 있다(원장원, 2022). 전자는 Fried의 Frailty Phenotype으로, 피로감, 의도하지 않은 체중감소, 활동량 감소, 걷기속도 감소, 악력 감소를 측정하며 5가지 항목 중 3개 이상을 만족한 경우 노쇠, 1-2개 이상일 경우 전노쇠로 구분할 수 있다(Fried et al., 2001). 후자로는 Rockwood frailty index로 70개의 항목에 신체적 질병, 장애뿐 아니라 인지 정

신적 질병과 장애, 일상생활 기능장애, 혈액검사 결과, 진찰소견까지 포함하여 누적점수를 측정한다 (Rockwood & Mitnitski, 2007). 두 가지 도구 외에도 다양한 평가 도구가 있으나 문헌에서 사용된 대부분의 평가 도구는 두 가지에서 유래했으며 <표 1>과 같다(여성철, 우승훈, 2019). 노쇠 측정 도구는 개인의 노쇠를 진단할 뿐만 아니라, 의료 현장에서 노인환자를 위한 중양(Kalsi et al., 2015), 응급실(이지환 외, 2021) 치료의 개입을 결정할 때도 중요한 기준이 되고 있으며, 수술 후 이환율(Afilalo et al., 2016)과 사망률(Robinson et al., 2015)의 예측 인자로도 활용 된다.

<표 1> 노쇠 측정도구

	도구	측정	점수
1	GS: Grip strength	3초간 악력계 사용	성별과 BMI 하위 20%
2	Gait speed	6초 이상 걸릴 경우	6초 이상 걸릴 경우
3	TUG: Times up Go fast	걸음걸이 및 균형: 의자에서 일어나 3미터를 걷고 오는 시간	15초 이상 걸릴 경우
4	SOF: Study of Osteoporotic Fractures	체중 변화, 탈진, 의자에서 5번 이상 일어날 수 없는 경우	자가 진단
5	FRAIL scale,	피로, 저항, 긴급상황, 질병, 체중감소	3개 이상 노쇠 1-2개 전노쇠, 0개 건강
6	FFP: Fried Frailty phenotype	체중감소, 낮은 활동량, 탈진, 느낌, 약함	3개 이상 노쇠 1-2개 전노쇠, 0개 건강
7	G8: Geriatric 8	연령, 입맛 없음과 체중감소, 이동성, 신경 심리학, BMI ¹⁾ , 약물복용, 주관적 건강 상태	14점 이상 노쇠
8	CFS: Clinical Frailty Scale	그림과 차트로 표기된 주관적 항목에 표기한 점수	5점 이상 노쇠
9	EFS: Edmonton Frail Scale	인지, 건강, 입원율, 사회 지지, 영양, 기분, 기능과 연속성	14개 중 8개 이상 노쇠 6-7개 연약함
10	mFI: modified Frailty Index	동반질환, 기능 상태, 감각 장애	연속 값, 0.27 이상 노쇠
11	VES-13: Vulnerable Elders Survey	신체 기능에 대한 자기 보고	3개 이상 노쇠
12	GFI: Groningen Frailty Index	자기보고:이동, 운동, 영양, 시력, 청력, 인지, 동반 질환, 심리상태	4점 이상 노쇠

1) BMI :body mass index

13	a-CGA: abbreviated Comprehensive Geriatric Assessment	기능 상태, 인지, 우울	아래 조건 중 해당할 경우 노쇠 -기능에서 1점 이상 -인지에서 6점 이상 -우울에서 2점 이상
14	FI-CGA:Frailty index derived from Comprehensive Geriatric Assessment	인지, 기분/ 동기부여, 의사소통 (시력, 청력, 말하기), 이동성, 균형, 소변, 대변기 능, ADLs ²⁾ 과 IADLs ³⁾ , 영양과 사회적 자본	노쇠 13점 이상 중간 7-13점 가벼움 0-7점
15	FI-CD:Frailty Index of Accumulative Deficits	건강상 결함 : 0점에서 1점	연속적인 값, 0.25 이상 노쇠

3. 노쇠 예방 및 개선을 위한 중재 선행연구

노쇠 예방 및 개선을 위해서는 신체 관리의 중요성이 강조되는데 이는 노쇠가 조기 발견과 적절한 조치로 증상과 나쁜 예후의 발생을 막기 때문이다(원장원, 2022). 노쇠는 조기 진단 및 치료, 발병 후 적절한 운동(CK Liu, 2011), 복합 영양개입(Khor, 2022) 등의 중재로 개선될 수 있으며, 노쇠 예방 및 관리를 위해 운동 중재, 복합 영양 중재의 효과성 연구가 많이 진행되어왔다. 일차 진료 중재로는 신체 운동과 단백질 보충의 조합이 가장 효과적인 것으로 알려져 있으며(Travers et al., 2019), 영양 중재의 경우 1일 체중당 1g/1kg의 단백질을 섭취하였을 때 노쇠의 위험을 낮췄다(Bonnefoy et al., 2015). 신체 운동 중재의 경우 개입 시기의 참가자 연령에 따라 효과에 영향을 미치나, 개입 자체의 영향보다는 적으며 65세 이상의 참가자를 대상으로 한 연구에서 가장 효과적이었다(Apóstolo et al., 2018). 하지만 신체활동은 강렬한 운동 진행 시 오히려 스트레스를 받아 체내 염증을 발생시키고 면역력이 약화되기 때문에(곽이섭, 2020), 적절한 운동 강도를 찾는 것이 중요하다. 평균 연령 75~85세의 노인 참가자로 구성된 Negm et al.(2019)의 연구에서는 신체활동이 노쇠함을 줄이고 삶의 질을 높이는 데 효과적이었으나 운동 중재 개입 후 근골격계 관련 부작용 발생 가능성을 제시했다(Cameron et al., 2013). 최근에는 사회적 요인도 다루어지면서 높은 사회적 지지가 인지 노쇠 감소에 긍정적인 영향을 미친다는 것이 증명되었으며(하자현 외 2022), 사회적 접촉이 많은 노인일수록 노쇠의 발병률이 낮음을 확인했다(Chon et al., 2018).

2) ADLs :activities of daily living

3) IADLs :instrumental activities of daily living

4. 디지털 헬스케어 정의 및 특징

디지털 헬스케어는 질병의 진단과 치료뿐 아니라 건강을 유지하거나 증진하는 행위까지 포함하는 광범위한 의미로 사용되고 있다(한정원, 2022). WHO(World Health Organization)에 따르면 디지털 헬스케어란 건강 개선을 위한 디지털 기술의 개발 및 사용과 관련된 지식과 실천 분야를 이르는 말로 e-health의 의미를 확장하여 건강을 위한 사물인터넷, 인공지능, 빅데이터, 로봇공학 등 디지털 기술의 사용을 이야기한다(WHO, 2021). 이에 혁신 의료기기 지정제도를 시행하고 있는 미국 FDA에서는 디지털 헬스의 범주에 대하여 모바일 건강(mHealth), 정보 기술(IT), 웨어러블 디바이스(wearable device), 원격 건강관리(telehealth) 및 원격 의료(telemedicine), 개인화 의료(personalized medicine)까지 포함하여 설명한다(FDA, 2021). 국내에서는 제4차 산업혁명의 핵심 ICT 기술이 헬스케어와 융합된 분야로, 기존의 e-Health와 원격 의료, u-Health를 포함하여 Smart-Health, m-Health까지 포함하는 광의의 개념으로 여겨진다(보건산업진흥원, 2018).

5. 노쇠 관련 디지털헬스케어 선행연구

이전까지는 노쇠 관련 디지털 헬스케어의 목적으로는 모니터링, 돌봄 및 지원, 건강 상태 평가, 노쇠 감지, 개선, 낙상 예방 및 재활 등이 있으며, 주로 디지털 기술을 활용하여 노쇠를 진단하는 연구로 이루어져 있다(Linn et al., 2021). 진단의 기술 분류로 살펴보면, E-furniture(Chang et al., 2013), 인공지능 로봇(Boumans et al., 2019), 웨어러블 디바이스(Kim et al., 2020)와 키오스크(Hernandez et al., 2022)등으로 분류된다. 그러나 노쇠 진단 시 측정 도구를 엄격하게 적용한 연구가 거의 없고, 노쇠 예방의 방법으로 진단 및 측정은 있으나 노쇠 개선을 위한 개입은 거의 보고되지 않아 연구가 아직 초기 단계에 있음을 확인할 수 있었다(Gallucci et al., 2021).

III. 연구방법

1. 연구의 이론적인 틀

본 연구는 디지털 헬스케어가 노쇠의 예방 및 개선에 효과적인지 객관적 근거를 마련하기 위해 체계

적 문헌고찰로 수행되었다. 본 연구에서는 비노쇠, 전노쇠, 노쇠 환자의 노쇠 예방 및 개선을 위해 실시한 디지털 기반의 노쇠중재를 서술하고 효과를 확인하고자 하였으며, 연구수행의 과정은 한국보건의료원에서 발간된 체계적 문헌고찰 매뉴얼(김수영 외, 2011)에서 제시하는 연구수행의 틀을 따라 진행하였다.

2. 연구 질문 및 문헌검색 방법

본 연구의 연구 질문은 체계적 문헌고찰 수행방법에 따라 PICO-SD 기준을 이용하여 구체화하였으며 설정된 핵심 연구 질문과 질문에 따른 구성요소는 <표1>과 같다.

연구 질문 1. 노쇠 예방 및 개선을 위해 고령자에게 개입되는 디지털 기반 노쇠중재 효과를 검증한 연구 및 중재 특성은 연도에 따라 변화가 있는가?

연구 질문 2. 노쇠 예방 및 개선을 위해 개입된 디지털 기반 노쇠중재는 비교군과 대조해서 효과적으로 노쇠를 예방하는가?

연구 질문 3. 노쇠 예방 및 개선을 위해 디지털 기반 노쇠중재는 중재 분류와 특성에 따라 효과에 차이가 있는가?

<표 2> PICO-SD개요

구분	세부내용
Patient(대상자)	노쇠 예방 혹은 상태 개선이 필요한 60세 이상 노인
Intervention(중재)	디지털 기술을 사용한 노쇠 예방 및 개선 프로그램
Comparison(비교)	기존 중재법, 비개입 혹은 비교 개입
Outcomes(결과 변수)	측정 도구를 사용하여 측정된 노쇠 점수
Time(추적 기간)	제한 없음
Setting(중재 장소)	요양병원 내 장기입원실, 요양원을 제외한 생활공간
Study Design(연구유형)	무작위배정 비교 임상시험 연구에 대한 체계적 문헌고찰 (systematic review of RCTs) 무작위배정 비교 임상시험 연구(randomized controlled trials) 전향적 코호트연구(prospective cohort study)

3. 문헌 선택 및 배제 기준

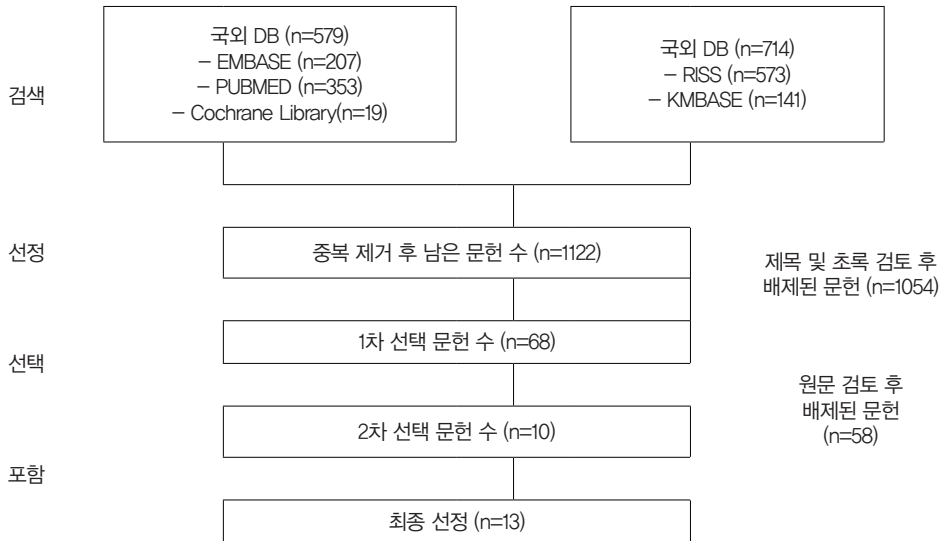
문헌의 선택 기준은 연구 질문에 따라 선정하였다. 연구 대상자는 60세 이상의 노인으로 선정하였고, 중재법은 기존의 치료법에 ICT(Information Communication Technology), IoT(Internet of Thing), 웨어러블 디바이스(Wearable Device), 인공지능(Artificial Intelligence), 센서(Sensor), 키넥트(Kinect),

콘솔(Console) 등 디지털 기술 및 기기를 결합하여 제공하는 디지털 기반의 노쇠중재로 정의하였다. 비교 중재는 디지털 기술을 활용하지 않은 전통 중재법, 비개입, 중재 강도를 달리해서 개입한 디지털 기반의 노쇠중재로 정의하였으며, 노쇠의 예방 및 개선을 목적으로 임상 연구를 수행한 연구를 포함했다. 사전에 정의한 노쇠 측정법으로 개입 전-후의 임상 결과에서 효과를 확인할 수 있는 연구 중 영어 또는 한국어로 출판된 무작위배정 임상시험 연구와 체계적 문헌고찰, 전향적 코호트연구를 포함했다.

4. 문헌검색

본 연구의 문헌검색은 미국의 e-헬스 액션플랜(e-Health Action Plan), 영국의 100K Genome 프로젝트 착수로 디지털 헬스케어 정책의 포문이 열렸던 2012년부터 검색 전일인 2023년 3월 31일까지로 설정하여 검색하였다. 국내외 학술지에 실린 문헌 중 해외 데이터베이스인 Embase, PubMed, Cochrane Library, 국내 데이터베이스인 RISS, KMBase를 이용하였다. 국외 데이터베이스를 통해 검색된 579편, 국내 데이터베이스를 통해 검색된 714편을 합하여 총 1,293편 중 최종 10편의 문헌이 선택되었으며, 선행연구 및 선정 문헌의 참고문헌에 대한 수기 검색을 통해 총 3편의 문헌을 추가 선정되어 최종 13편이 선정되었다.

〈그림 1〉 PRISMA에 따른 문헌 분류



5. 비플립 위험 평가결과

본 연구의 비플립 위험 평가는 비플립 위험 평가 매뉴얼에 따랐으며, 평가 가능한 12편의 RCT 연구 논문을 대상으로 진행하였다. 1) 무작위배정 과정에서 생기는 비플립 위험 낮음 12편(100%), 2) 중재의 이탈로 발생하는 비플립 위험 낮음 12편(100%), 3) 중재의 결과자료 결측으로 생기는 비플립 위험 낮음 12편(100%), 4) 중재 결과 측정 시의 비플립 위험 낮음 12편(100%), 5) 연구 결과 보고 선택의 비플립 위험이 낮음 11편(92%)으로 나타나, 연구 목적에 부합하였다.

IV. 연구 결과

1. 문헌의 선정 결과 및 선택 문헌 특성

선정된 논문의 일반적 특성은 아래<표 3>와 같다. 출판 연도는 2015년 이전 출판된 문헌이 1건, 2015년 이후~2020년 이전 출판된 문헌이 6건, 2020년 이후 출판된 문헌이 6건으로, 시간이 지날수록 문헌의 수가 증가하는 추세를 보였으며, 총 13건의 문헌 중 10건(77%)이 2019년 이후에 출간되었다. 최종 선택된 13편의 문헌의 참여자 수는 총 880명으로, 연령 범위는 65세에서부터 92세까지이다. 수행 국가로는 홍콩(3), 스페인(2), 브라질(2)을 제외하고는 한국, 일본, 미국, 대만, 유럽, 네덜란드에서 각각 한편의 문헌이 출간되었다. 중재 기간은 3개월 미만인 경우가 3건(23%), 3개월 이상~6개월이 7건(53.8%), 6개월 이상이 3건(23%)으로 연도에 따른 차이는 없었다. 참가자에 관한 조건은 Bathel 점수(2), ERA⁴⁾ 점수(1), FFP 점수(4), ADL 점수(1), SPPB⁵⁾ 점수(1), MMES⁶⁾ 점수(1), MOCA⁷⁾ 점수(1)와 함께, 보행 가능, 지역 거주 등의 조건을 두었다. 연령 조건은 60세 이상(46%)과 65세 이상(39%)이 고르게 분포하였으며, 연도별로 차이는 없었다. 중재기술의 경우 엑서제임(6)이 가장 많이 사용되었으며, 웨어러블 디바이스(2), APP(2), ICT 디바이스(1), VR(1), 원격 모니터링(1)이 사용되었다. 노쇠를 측정하기 위한 척도로는 FFP가 가장 많이 사용되었으며(7), SPPB(2), TUG(1), CHS⁸⁾(1), CS-30⁹⁾(1),

4) ERA: The Elderly Risk Assessment Score

5) SPPB: Short Physical Performance Battery

6) MMSE: Mini-Mental State Examination

7) MoCA: Montreal Cognitive Assessment

8) CHS: Cardiovascular Health Study

9) CS-30: 30-s Chair-Stand test

EFIP¹⁰⁾(1)도 사용되었다.

〈표 3〉 선택 문헌의 특성

no	연구자	형태	참가자	기간	척도	기술	국가
1	Upatising et al.(2013)	RCT	60세 이상, ERA ¹¹⁾ : 16 이상 CG: 90(80.4±7.6) EG: 77(80.4±8.9)	12개월	FFP	원격 모니터링	미국
2	Mugueta -Aguinaga et al.(2017)	RCT	65세 이상, Barthel: 90 이상 CG: 19(83.1±9.0) EG: 20(85.5±6.4)	3주	SPPB	엑서게임	스페인
3	Mugueta -Aguinaga et al.(2019)	RCT	65세 이상, Barthel: 90 이상, SPPB: 10 미만 CG: 19(83.3±8.8) EG: 20(85.5±6.5)	6주	SPPB	엑서게임	스페인
4	Karssemeijer et al. (2019)	RCT	60세 이상, 치매 진단 MMES: 7 이상 CG: 30(79.2±6.9) EG1: 32(79.2±6.9) EG2: 30(79.2±6.9)	12주	EFIP	엑서게임	네덜란드
5	Santos et al.(2019)	RCT	60세 이상 전노쇠 EG1: 11(69.7±5.6) EG2: 9(69.1±5.0)	12주	TUG	엑서게임	브라질
6	Liao et al.(2019)	RCT	FF: 1-2 EG1: 25(84.1±5.5) EG2: 27(79.6±8.5)	12주	FFP	엑서게임	대만
7	Biesek et al.(2021)	RCT	여성 FF: 1-2 CG: 18(71.2±4.5) EG1: 18(71.2±4.5) EG2: 18(71.2±4.5) EG3: 18(71.2±4.5) EG4: 18(71.2±4.5)	12주	FFP	엑서게임	브라질
8	Kwan et al.(2020)	RCT	60세 이상, MOCA: 25 이상, ADL: 14 이상, FF: 1-2 EG1: 16(71.0) EG2: 17(71.0)	12주	FFP	앱	홍콩
9	Rainero et al.(2021)	RCT	60세 이상, 전노쇠, 독립 보행 CG: 100(73.4±6.6) EG: 101(70.4±6.1)	12개월	FFP	앱	유럽
10	Jang et al.(2018)	Chort Study	65세 이상, 자택 거주 EG1: 9(68.6±1.8) EG2: 11(72.5±4.2)	13개월	CHS	웨어러블 디바이스	한국
11	Liu JYK et al.(2021)	RCT	65세 이상 지역거주 보조 장치 없음 FF: 1-3 EG1: 18(80.4±6.8) EG2: 22(72.1±3.7)	14주	FFP	웨어러블 디바이스	홍콩

10) EEIP: Evaluative Frailty Index for Physical Activity

11) ERA: The Elderly Risk Assessment score

12	Kwan RYC et al.(2021)	RCT	60세 이상 지역거주 인지장애 없음 EG1: 8(77.5) EG2: 9(73.0)	6주	FFP	VR	홍콩
13	Oba et al. (2022)	RCT	65세 이상 CG: 34 EG: 36	6개월	CS-30	ICT 디바이스	일본

중재기술과 사용 척도를 연도별로 구분하면, 2020년 이전 출판된 문헌의 경우 총 7편으로 2012년 이전 발간된 원격 모니터링 관련 1편(7.7%)을 제외하고는 6편 중 5편(83%)이 액서게임 기반 중재법에 대한 문헌이었다. 사용된 노쇠 척도는 FFP(2), CHS(1), EFIP(1) 외에 TUG(1), SPPB(2)등이 사용되어 다양한 노쇠측정 척도를 사용한 것을 확인할 수 있었다. 2020년 이후 출판된 6편의 문헌의 경우, 사용된 중재기술은 액서게임, 웨어러블, 앱, VR, ICT-device 등으로 2020년 이전에 출간된 문헌과 비교하였을 때 중재기술이 다양한 면모를 보였으며, 사용된 노쇠 척도는 CS-30을 사용한 1편을 제외하고는 5편 모두 FFP척도를 사용하여 2020년 이전 문헌과 비교하였을 때 노쇠측정 척도로 FFP를 사용하는 경향이 높았다.

노쇠 예방 및 개선을 위한 디지털 헬스케어 프로그램의 중재 분류에 따른 효과를 살펴보면 아래<표 4>와 같으며, 중재 분류로는 액서게임(6), 웨어러블 디바이스(2), APP(2), ICT 디바이스(1), VR(1), 원격 감시 모니터링(1)이 있다.

〈표 4〉 Study Design and Result(Frailty)

no	연구자	기술	척도	그룹	결과
1	Upatising et al.(2013)	원격 모니터링	(1) 노쇠 (2) 사망률	CG:통제	
				EG:원격	
2	Mugueta -Aguinaga et al.(2017)	액서게임	(1) 노쇠	CG:통제	노쇠위험(100%)
				EG:액서게임	노쇠 개선(+) 노쇠 위험(40%)
4	Mugueta -Aguinaga et al.(2019)	액서게임	(1) 노쇠 (2) 생활 독립성: Barthel (3) 건강 관련 만족도 :EQ5D-5L ¹²⁾ (4) 사용성:SUS ¹³⁾	CG:통제	노쇠위험(100%)
				EG: 액서게임	노쇠 개선(+) 노쇠 위험(0%) *사용성

12) EQ5D-5L: EuroQol 5D-5L

13) SUS: Evaluation of usability scale

5	Karssemeijer et al.(2019)	역서게임	(1) 노쇠 (2) 체력 (3)이동성:TUG, 10MWT ¹⁴⁾ (4) 하지지구력:STS ¹⁵⁾ (4) 균형:FICSIT-4 ¹⁶⁾ (5) 신체기능:SPPB (6) 신체활동:PASE ¹⁷⁾ (7) ADL: ¹⁸⁾ KATZ	CG:통제	
				EG1:역서게임	노쇠 개선(+) TUG 개선(+) *순응도(+)
				EG2:유산소	
6	Santos et al.(2019)	역서게임	(1) 노쇠 (2) 신체기능: 등속성 근관절 (3) STS (4) 10MWT (5) Feeling (6) benefit	EG1:중증도	노쇠 개선(+) 10MWT개선(+) Feeling(+) benefit(+) *하위 쾌락
				EG2:고강도 (반복+조끼)	10MWT개선(+)
3	Liao et al. (2019)	역서게임	(1) 노쇠	EG1:복합운동	노쇠 개선(+) 보행속도(+) 신체활동(+)
				EG2:역서게임	노쇠 개선(+) 보행속도(+) 신체활동(+) *탈진감소(+)
7	Biesek et al. (2021)	역서게임	(1) 노쇠 (2) 체질량 구성 (3) 근육 골격 (4) 생화학적 시험 및 혈액 (6) 최대우력/약력 (7) 음식섭취량	CG:통제	총열량(-)
				EG1:게임	탈진 개선(+) uplimbs fat감소(+) 약력(+),asm 개선(+) 전노쇠→비노쇠(11인)
				EG2:단백질 보충	탈진 개선(+) 총열량(+) 프로틴 섭취(+)
				EG3:게임+ 단백질 보충	탈진 개선(+) 프로틴 섭취(+) 전노쇠→비노쇠 (10인) 전노쇠→노쇠(1인)
				EG4: 증진제+게임	탄수화물 섭취(+) 전노쇠→비노쇠(7인)
8	Kwan et al. (2020)	앱	(1) 노쇠 (2) MoCA (3) 보행 (4) 신체활동	EG1:행동변화+전화	인지기능(+)
				EG2:행동변화+앱	노쇠 개선(+) 인지기능(+) 걸는 시간(+) 걸음 수(+) 피크케이던스(+) 중증도신체활동 (MVPA)(+)

14) 10MWT: 10meter Walking Test

15) STS: Sit to Stand

16) FICSIT: Frailty and Injuries: Cooperative Studies of Intervention Techniques

17) PASE: The Physical Activity Scale for the Elderly

18) KATZ: Katz Index of ADL

9	Rainero et al.(2021)	앱	(1) 노쇠 (2) QoL ¹⁹⁾ (3) HADS ²⁰⁾ (4) self-MNA ²¹⁾ (5) IPAQ ²²⁾ (6) TUG (7) SPPB (8) ABC ²³⁾	CG:통제	QoL(-) 우울감(+) 노쇠 유의미한 차이 없음
				EG:앱	QoL(+) 우울감(-) *영양점수(+) 노쇠 전환율 발견 유의미하지 X
10	Jang et al. (2018)	웨어러블 디바이스	(1) 노쇠 (2) IPAQ (3) MMSE (4) MNA-SF ²⁴⁾ (5) SPPB (6) GS (7) FALL (8) BMI (9) CES-D ²⁵⁾	EG1:건강노인	
				EG2:전노쇠	보행속도(+) 손응도(+)
11	Liu JYK et al. (2021)	웨어러블 디바이스	(1) 노쇠 (2) 활동 수준 (3) 신체지구력 : TUG, 2MWT ²⁶⁾ , (4) 운동 자기효능 : CSEE ²⁷⁾ (5) 참여동기 : BREQ-2	EG1:행동변화 기술(BCT) +신체훈련	노쇠 개선(+) TUG 속도(+) TMWT개선(+) CS-30 개선(+)
				EG2:행동변화 기술(BCT) +WAT	노쇠 개선(+) TUG 속도(+) TMWT개선(+) CS-30 개선(+) BREQ-2(+)
12	Kwan RYC et al. (2021)	VR	(1) 노쇠 (2) 인지 기능 : MOCA (3) 걷는속도 : TUG (4) 근력 : GS	EG1:운동 /인지훈련	노쇠 개선(+) 보행속도(+)
				EG2:VR 기반 운동/인지훈련	노쇠 개선(+) 인지기능(+)
13	Oba et al. (2022)	ICT 디바이스	(1) 노쇠 (2) TUG (3) SOLEO ²⁸⁾ (4) 자가평가건강변화 (5) 일상생활변화	EG1:중증도 운동	노쇠 개선(+) TUG 개선(+) *준수자 많음
				EG2:고강도 운동	노쇠 개선(+) TUG 개선(+)

CG: Control Group, EG: Experimental Group

19) QoL:Quality of Life Scale

20) HADS: Hospital Anxiety and Depression Scale

21) self-MNA: Self-Mini Nutritional Assessment

22) IPAQ: International Physical Activity Questionnaire

23) ABC: Activities-specific Balance Confidence Scale

24) MNA-SF: Mini Nutritional Assessment-Short Form

25) CES-D: Center for Epidemiological Studies Depression

26) 2MWT: 2 Minute Walk Test

27) CSEE: Chinese Self-Efficacy for Exercise Scale

28) SOLEO: standing on one leg with eyes open

엑서게임 중재기술을 기반으로 한 연구는 총 6편으로 모든 연구에서 노쇠 개선에 효과가 있었지만, 기존 중재에 비해 유의미한 효과를 보인 연구는 1편으로 비교군보다 더 효과적이지는 추가 증거 확보가 필요하다. 엑서게임 기반 중재연구에서 운동 강도에 따라 개입 그룹을 나누는 Santos et al.(2019) 연구의 경우, 중증도 운동 시 프로그램 참여자의 쾌락 지수와 긍정적 감정이 높아 기존 연구의 효과를 뒷받침하였다.

웨어러블 디바이스를 기반으로 한 연구의 경우 디지털 기반으로 진행할 경우 참가자의 참여 동기가 유의미하게 높으며, 노쇠 예방 및 개선에 효과적인 것을 확인할 수 있었다. 하지만 노쇠 개선과 신체 능력 향상이 기존 개입과 비교해 더 효과적이지는 충분한 근거를 마련하지 못하였다(Liu JYW et al., 2021).

APP기반 중재연구 중, 운동습관 개선과 신체활동 독려를 위한 알림을 사용한 Kwan et al.(2020) 연구의 경우 노쇠 개선과 신체 능력 향상이 확인되었다. 반면 플랫폼을 활용하여 활동 교류 증가 및 노년기 건강관리 코칭을 활용했던 Rainero et al.(2021)의 연구에서는 노쇠 전환율이 발생했으나 통제군과 비교해 유의미하지 않았다. 그러나 중재군에서 우울감이 감소 되고 영양점수와 삶의 질이 향상되는 효과를 나타내었다.

ICT 디바이스 기반의 중재를 다룬 Oba et al.(2022)의 연구에서는 운동 강도에 따라 중증도 운동과 고강도 운동으로 그룹을 나누어 효과를 비교하였다. 두 그룹 모두 노쇠 개선 효과가 확인되었으며, 특히 중증도 운동그룹에서 프로그램 준수자가 더 많아, 고강도 운동보다 프로그램 참가율 유지에 효과적임을 확인할 수 있었다.

VR 기반의 운동-인지훈련과 기존의 운동-인지훈련을 다룬 Kwan RYC et al.(2021)의 연구에서는 디지털 기반의 노쇠중재가 기존 중재와 비교했을 때 더 효과적이지에 대한 근거를 마련하지 못하였다. 하지만 디지털 기반의 노쇠중재 자체의 노쇠 개선효과가 유의미하며, 기존 중재와 달리 참가자의 인지 기능도 유의미하게 상승했다.

V 결론 및 제언

본 연구는 체계적 문헌고찰을 통해 노쇠 예방이 필요하거나 노쇠상태 개선이 필요한 60세 이상 고령 노인을 대상으로 디지털 헬스케어의 노쇠 중재 효과를 검증하고자 하였다. 효과를 측정하기 위한 결과 변수는 표준화된 측정 도구로 측정된 노쇠 점수였으며 이를 위해 해외 문헌검색 데이터베이스인

EMBASE, PubMed, Cochrane Library과 국내 문헌검색 데이터베이스인 Riss와 KMBASE를 이용하였다. Patient, Intervention, Study Design에 해당하는 검색어를 조합하여 2012년부터 2023년 3월 31까지의 논문 중 한국어와 영어로 작성된 논문을 검색하였다. 검색된 1,293편의 논문 중 배제 과정을 통해 1,283편을 제외하여 총 10개의 논문을 선정하였고, 참고문헌 검토를 통하여 3편의 논문을 추가 선정하여 최종 13편의 논문을 선정하였다. 분석결과와 모니터링과 같이 생체 데이터를 측정하고 추적하는 기술 자체는 노쇠상태를 예방하거나 개선하지 않았지만, 기술을 사용하여 참가자의 생활습관을 개선하거나, 신체활동을 유도할 경우 노쇠 예방 및 개선의 효과가 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 기존 중재인 복합 운동, 신체 훈련, 오프라인 기반 운동과 인지훈련을 진행할 경우와 비교하였을 때, 디지털 기반의 노쇠중재가 더 효과적이라는 충분한 증거는 마련하지 못하였다. 그러나 디지털 기반의 중재를 사용할 경우, 참가율과 동기부여를 높이고 참가자의 긍정적 감정이 높아, 디지털 기반 중재의 새로운 잠재력을 확인할 수 있었다. 본 연구는 노쇠 예방이 필요하거나 이미 노쇠상태로 개선이 필요한 60세 이상 고령 노인을 대상으로 디지털 기술을 활용한 노쇠 예방 및 개선 프로그램의 중재 효과를 측정하기 위한 시도를 했다는 점에서 연구 의의가 있으며 연구 결과를 바탕으로 디지털 헬스케어 기술을 노쇠 개선에 적용하기 위한 제언은 다음과 같다.

첫째, 베이비부머 세대의 고령화 사회 합류로 고령 인구가 빠른 속도로 증가하고 있다. 이에 노년기 건강관리와 의료비 지출과 높은 연관성이 있는 노쇠를 예방 및 개선하는 것이 국가적 차원에서 중요해지고 있다. 특히 늙어서 요양원이나 의료시설이 아닌 집에서 거주하기를 희망하는 베이비부머 세대의 특성을 고려할 때, 거주지에서 건강을 관리하고 질병을 예방할 수 있도록 돕는 서비스는 점점 더 중요해질 것이다. 이 연구를 통해 디지털 헬스케어의 효과성이 확인되었으며 앞으로도 노인의 욕구를 채울 수 있는 디지털 헬스케어에 관한 논의와 정책이 도입이 필요해 보인다.

둘째, 디지털이 정치와 경제, 사회, 문화 등 모든 혁신의 기본이 되면서 의료분야에서도 비대면이 가능한 디지털 헬스케어에 대한 욕구가 증가하고 있다. 이에 디지털 기기를 활용한 노쇠중재에서도 다양한 형태의 연구가 필요하다. 기존 노쇠 중재연구에 따르면 영양보충과 운동 중재를 결합한 다면적 개입이 가장 효과가 높았으며, 인지 중재에 대한 효과성도 입증되었다. 하지만 디지털 기반 노쇠중재의 경우 대다수가 신체적 활동으로, 영양 중재나 복합 중재와 같이 다양한 연구가 부족하다. 이에 국내에서도 다양한 디지털 기반의 노쇠 중재연구가 필요하다.

셋째, 다양한 디지털 헬스케어의 기능을 활용한 진단-개선-치료의 프로세스와 안전관리체계 구축이 필요하다. 일부 디지털 기반의 노쇠중재는 노쇠 진단과 예측에 효과적이며 일부는 노쇠 개선에 효과적이었다. 이에 지역사회에 거주 노인의 생활 시나리오에 따른 진단, 예방 및 치료 과정에 효과적으로 중재가 구축되는 것이 필요해 보인다. 또 노쇠 개선을 위한 기존 중재연구 중 일부 연구에서 근골격계 계

통의 부작용이 관찰되었으며, 중재 강도에 따라 불쾌감이 상승하였다. 이에 디지털 기반 노쇠중재 진행 시 개입 강도 조절이 필요하며, 보건소-지역 관리체계 등의 연계로 안전 관리체계를 마련하여 부작용과 사고 발생을 방지하는 노력이 필요해 보인다.

본 연구는 노쇠 예방 및 개선을 위해 사용된 디지털 기반 노쇠중재 효과를 검증하기 위해 실행한 체계적 문헌 고찰로서 아래와 같은 한계점을 가지고 있으며, 후속연구를 위한 제안은 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 체계적 문헌 고찰로 본래 두 명의 독립적인 연구자가 문헌 채택 및 배제 과정을 수행한 뒤 합의의 과정을 거쳐야 하지만 한 명의 연구자가 세 번에 걸친 채택 및 배제 과정을 수행하였다.

둘째, 본 연구에서 검색된 문헌은 해외 문헌 12편, 국내 문헌 1편으로 국내 문헌의 수가 작으며, 1편의 경우에도 해외 저널의 기재로 국내의 상황을 반영하기에는 어렵다는 한계를 가지고 있다.

셋째, 본 연구에서 참여자를 요양병원이나 요양원에 거주 중이지 않으며, 장기 입원 중이지 않은 노인으로 한정했기 때문에 요양병원이나 요양원, 장기 입원 중인 환자에 대해 진행할 수 있는 디지털 기반의 노쇠중재에 관한 연구는 배제된 한계점을 가지고 있다. 이후 지역사회 거주 노인을 넘어 장기 입원 환자나 요양원 거주 노인을 위한 개입에 관한 연구도 수행될 필요가 있다.

마지막으로, 본 연구의 중재 효과를 기술하였으나 통계적 기법을 사용하지 않았기 때문에 예측으로 기술되었다. 이에 통계적 기법을 활용하여 효과의 결과를 정량화할 수 있는 메타분석이 후속연구로 진행되기를 기대한다.

■ 참고문헌 ■

- 곽이섭(2020). “노쇠 질환 예방으로서 면역력과 운동중재”. 『운동과학』, 29(1): 1-3.
- 국회예산처(2018). “2019-2028년 8대 사회보험 재정전망”(번호:31-9700491-001748-14)
- 김광일(2010). “노쇠”. 『Annals of geriatric medicine and research』, 14(1): 1-7.
- 김수영 외(2011). “NECA 체계적 문헌고찰 매뉴얼”. 『NECA 연구방법 시리즈』, 1-287.
- 김창오·김문중(2011). “허약노인의 개념적 정의와 조작화에 대한 국내외 연구현황”. 『가정의학』, 1(2): 85-93.
- 김철호(2006). “노인질환의 특징”. 『대한내과학회지』, 71(2): 844-7.
- 김혜지·나우리·손정민(2021). “노인의 사회경제적, 심리적, 건강행태 요인이 노쇠에 미치는 영향: 주관적 건강상태와 다중이환을 매개하여”. 『Korean Journal of Human Ecology』, 30(3): 429-440.
- 정책브리핑(2018) “대한민국 정책브리핑”, 『지역사회 통합 돌봄 기본계획브리핑』, 2018,11,

- 20, <https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=156304600>,
여성철·우승훈(2019). “노쇠 정도를 통한 두경부 암환자의 진단 및 치료 방향 결정에 관하여”. 『Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg』, 62(3): 141-150.
- 원장원(2022). “노쇠의 최신지견”. 『대한의사협회지』, 65(2): 108-116.
- 보건사회연구원(2020). “2020년도 노인실태조사”.
- 이지환 외(2022). “응급실에서 사용되는 노쇠 선별도구들 간의 비교: 체계적 고찰”. 『대한응급의학회지』, 32(6): 485-492.
- 통계청(2021). “생명표”, 『국가승인통계 제101035호』
- 통계청(2022). “2022 고령자 통계”
- 하자현·은영(2022). “지역사회 거주 노인의 노쇠와 인지기능의 관계에서 사회적 지지의 매개효과”. 『한국노년학연구』, 31(2): 79-93
- 한국보건산업진흥원(2018). “디지털헬스케어 진출 지원 사업 보고서”.
- 한정원(2022). “지역사회기반 디지털 헬스케어 발전방향”. 『한국정보통신학회논문지』, 26(12): 1826-1831.
- Afilalo J, Kim S, O'Brien S, Brennan JM, Edwards FH, Mack MJ, McClurken JB, Cleveland Jr JC, Smith PK, Shahian DM, Alexander KP(2016). “Gait speed and operative mortality in older adults following cardiac surgery.” *JAMA Cardiol* 2016;1(3): 314-21.
- Apóstolo, J., Cooke, R., Bobrowicz-Campos, E., Santana, S., Marcucci, M., Cano, A., Vollenbroek-Hutten, M., Germini, F., D'Avanzo, B., Gwyther, H., & Holland, C. (2018). “Effectiveness of interventions to prevent pre-frailty and frailty progression in older adults: a systematic review”. *JBIC database of systematic reviews and implementation reports*, 16(1): 140-232.
- Biesek, S., Wojciechowski, A. S., Filho, J. M., Menezes Ferreira, A. C. R. D., Borba, V. Z. C., Rabito, E. I., & Gomes, A. R. S. (2021). “Effects of exergames and protein supplementation on body composition and musculoskeletal function of prefrail community-dwelling older women: a randomized, controlled clinical trial”. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17): 9324.
- Bonnefoy, M., Berrut, G., Lesourd, B., Ferry, M., Gilbert, T., Guérin, O., Hanon, O., Jeandel, C., Paillaud, E., Raynaud-Simon, A., Ruault, G., & Rolland, Y. (2015). “Frailty

- and nutrition: searching for evidence”, *The journal of nutrition, health & aging*, 19(3): 250-257.
- Boumans, R., van Meulen, F., Hindriks, K., Neerincx, M., & Olde Rikkert, M. G. M. (2019). “Robot for health data acquisition among older adults: a pilot randomised controlled cross-over trial”, *BMJ quality & safety*, 28(10): 793-799.
- Cameron, I.D., Fairhall, N., Langron, C. et al. “A multifactorial interdisciplinary intervention reduces frailty in older people: randomized trial”, *BMC Med* 11, 65 (2013).
- Cesari, M., Marzetti, E., Thiem, U., Pérez-Zepeda, M. U., Abellan Van Kan, G., Landi, F., Petrovic, M., Cherubini, A., & Bernabei, R. (2016). “The geriatric management of frailty as paradigm of The end of the disease era”, *European journal of internal medicine*, 31: 11-14.
- Chang, S. F., Lin, H. C., & Cheng, C. L. (2018). “The relationship of frailty and hospitalization among older people: evidence from a meta - analysis”, *Journal of Nursing Scholarship*, 50(4): 383-391.
- Chang, Y. C., Lin, C. C., Lin, P. H., Chen, C. C., Lee, R. G., Huang, J. S., & Tsai, T. H. (2013). “eFurniture for home-based frailty detection using artificial neural networks and wireless sensors”, *Medical engineering & physics*, 35(2): 263-268.
- Chon, D., Lee, Y., Kim, J., & Lee, K. E. (2018). “The Association between Frequency of Social Contact and Frailty in Older People: Korean Frailty and Aging Cohort Study (KFACS)”, *Journal of Korean medical science*, 33(51): e332.
- Deloitte(2021). “Digital therapeutics”
- Fried, L. P., Tangen, C. M., Walston, J., Newman, A. B., Hirsch, C., Gottdiener, J., Seeman, T., Tracy, R., Kop, W. J., Burke, G., McBurnie, M. A. (2001). “Frailty in older adults: evidence for a phenotype”, *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 56(3): M146-M156.
- Fulop, T., Larbi, A., Witkowski, J. M., McElhaney, J., Loeb, M., Mitnitski, A., & Pawelec, G. (2010). “Aging, frailty and age-related diseases”, *Biogerontology*, 11: 547-563.
- Gallucci, A., Trimarchi, P. D., Abbate, C., Tuena, C., Pedrolì, E., Lattanzio, F., Stramba-Badiale, M., Cesari, M., & Giunco, F. (2021). “ICT technologies as new promising tools for the managing of frailty: a systematic review”, *Aging clinical and experimental*

- research*, 33(6): 1453-1464.
- Guasti, L., Dilaveris, P., Mamas, M. A., Richter, D., Christodorescu, R., Lumens, J., Schuurings, M. J., Carugo, S., Afilalo, J., Ferrini, M., Asteggiano, R., & Cowie, M. R. (2022). “Digital health in older adults for the prevention and management of cardiovascular diseases and frailty. A clinical consensus statement from the ESC Council for Cardiology Practice/Taskforce on Geriatric Cardiology, the ESC Digital Health Committee and the ESC Working Group on e-Cardiology”, *ESC heart failure*, 9(5): 2808-2822.
- Hernandez, H. H. C., Ong, E. H., Heyzer, L., Tan, C. N., Ghazali, F., Yang, D. Z., Jung, H. W., Ismail, N. H., & Lim, W. S. (2022). “Validation of a Multi-Sensor-Based Kiosk in the Use of the Short Physical Performance Battery in Older Adults Attending a Fall and Balance Clinic”, *Annals of geriatric medicine and research*, 26(2): 125-133.
- Jang, I. Y., Kim, H. R., Lee, E., Jung, H. W., Park, H., Cheon, S. H., Lee, Y. S., & Park, Y. R. (2018). “Impact of a Wearable Device-Based Walking Programs in Rural Older Adults on Physical Activity and Health Outcomes: Cohort Study”, *JMIR mHealth and uHealth*, 6(11): e11335.
- Jang, I. Y., Kim, H. R., Lee, E., Jung, H. W., Park, H., Cheon, S. H., Lee, Y. S., & Park, Y. R. (2018). “Impact of a Wearable Device-Based Walking Programs in Rural Older Adults on Physical Activity and Health Outcomes: Cohort Study”, *JMIR mHealth and uHealth*, 6(11): e11335.
- Kalsi, T., Babic-Illman, G., Ross, P. J., Maisey, N. R., Hughes, S., Fields, P., ... & Harari, D. (2015). “The impact of comprehensive geriatric assessment interventions on tolerance to chemotherapy in older people”, *British journal of cancer*, 112(9): 1435-1444.
- Karssemeijer, E. G., Bossers, W. J., Aaronson, J. A., Sanders, L. M., Kessels, R. P., & Rikkert, M. G. O. (2019). “Exergaming as a physical exercise strategy reduces frailty in people with dementia: a randomized controlled trial”, *Journal of the American Medical Directors Association*, 20(12): 1502-1508.
- Khor, P. Y., Vearing, R. M., & Charlton, K. E. (2022). “The effectiveness of nutrition interventions in improving frailty and its associated constructs related to malnutrition and functional decline among community - dwelling older adults: A systematic review”,

- Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 35(3): 566-582.
- Kilgour, R.D., et al. "Handgrip strength predicts survival and is associated with markers of clinical and functional outcomes in advanced cancer patients", *Support Care Cancer* 21, 3261-3270 (2013).
- Kim, B., McKay, S. M., & Lee, J. (2020). "Consumer-Grade Wearable Device for Predicting Frailty in Canadian Home Care Service Clients: Prospective Observational Proof-of-Concept Study", *Journal of medical Internet research*, 22(9): e19732.
- Krishnaswami, Ashok, et al.(2020). "Gerotechnology for older adults with cardiovascular diseases: JACC state-of-the-art review." *Journal of the American College of Cardiology* 76,22 : 2650-2670.
- Kwan, R. Y. C., Liu, J. Y. W., Fong, K. N. K., Qin, J., Leung, P. K. Y., Sin, O. S. K.,&Lai, C. K. (2021). "Feasibility and effects of virtual reality motor-cognitive training in community-dwelling older people with cognitive frailty: pilot randomized controlled trial", *JMIR serious games*, 9(3): e28400.
- Kwan, R. Y., Lee, D., Lee, P. H., Tse, M., Cheung, D. S., Thiamwong, L., & Choi, K. S. (2020). "Effects of an mHealth brisk walking intervention on increasing physical activity in older people with cognitive frailty: pilot randomized controlled trial", *JMIR mHealth and uHealth*, 8(7): e16596.
- Liao, Y. Y., Chen, I. H.,&Wang, R. Y. (2019). "Effects of Kinect-based exergaming on frailty status and physical performance in prefrail and frail elderly: A randomized controlled trial", *Scientific reports*, 9(1): 9353.
- Fried, L. P., Ferrucci, L., Darer, J., Williamson, J. D., & Anderson, G. (2004). Untangling the concepts of disability, frailty, and comorbidity: implications for improved targeting and care. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 59(3): M255-M263.
- Linn, N., Goetzinger, C., Regnaud, J. P., Schmitz, S., Dessenne, C., Fagherazzi, G., & Aguayo, G. A. (2021). "Digital Health Interventions among People Living with Frailty: A Scoping Review", *Journal of the American Medical Directors Association*, 22(9): 1802-1812, e21.
- Liu, C. K., & Fielding, R. A. (2011). "Exercise as an intervention for frailty", *Clinics in*

- geriatric medicine*, 27(1): 101–110.
- Liu, J. Y., Kwan, R. Y., Yin, Y. H., Lee, P. H., Siu, J. Y. M., & Bai, X. (2021). “Enhancing the physical activity levels of frail older adults with a wearable activity tracker–based exercise intervention: a pilot cluster randomized controlled trial”, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(19): 10344.
- Mugueta–Aguinaga, I., & Garcia–Zapirain, B. (2017). “FRED: Exergame to Prevent Dependence and Functional Deterioration Associated with Ageing. A Pilot Three–Week Randomized Controlled Clinical Trial”, *International journal of environmental research and public health*, 14(12): 1439.
- Mugueta–Aguinaga, I., & Garcia–Zapirain, B. (2017). “Is Technology Present in Frailty? Technology a Back–up Tool for Dealing with Frailty in the Elderly: A Systematic Review”. *Aging and disease*, 8(2): 176–195.
- Mugueta–Aguinaga, I., & Garcia–Zapirain, B. (2019). “Frailty level monitoring and analysis after a pilot six–week randomized controlled clinical trial using the FRED exergame including biofeedback supervision in an elderly day care centre”, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(5): 729.
- Negm, A. M., Kennedy, C. C., Thabane, L., Veroniki, A. A., Adachi, J. D., Richardson, J., & Papaioannou, A. (2019). “Management of frailty: a systematic review and network meta–analysis of randomized controlled trials”, *Journal of the American Medical Directors Association*, 20(10): 1190–1198.
- Oba, K., Kagiwada, Y., Kamada, M., Miki, R., Kondo, Y., Kamakura, T., ... & Tsuchida, Y. (2022). “Evaluating the feasibility of a remote–based training program supported by information and communications technology in the older adults living at home”, *BMC geriatrics*, 22(1): 1–14.
- Rainero, I., Summers, M. J., Monter, M., Bazzani, M., Giannouli, E., Aumayr, G., ... & My–AHA Consortium. (2021). “The My Active and Healthy Aging ICT platform prevents quality of life decline in older adults: a randomised controlled study”, *Age and Ageing*, 50(4): 1261–1267.
- Robinson TN, Sauaia A. “Reply to letter: “Slower walking speed forecasts increased postoperative morbidity and 1–year mortality across surgical specialties”, *Ann Surg*

- 2015;262(2):e75-6.
- Robinson TN, Sauaia A. Reply to letter: “Slower walking speed forecasts increased postoperative morbidity and 1-year mortality across surgical specialties”, *Ann Surg* 2015;262(2):e75-6.
- Rockwood, K., & Mitnitski, A. (2007). “Frailty in relation to the accumulation of deficits”, *The journals of gerontology*, Series A, Biological sciences and medical sciences, 62(7): 722-727.
- Santos, G. O. R., Wolf, R., Silva, M. M., Rodacki, A. L. F., & Pereira, G. (2019). “Does exercise intensity increment in exergame promote changes in strength, functional capacity and perceptual parameters in pre-frail older women? A randomized controlled trial”, *Experimental Gerontology*, 116: 25-30.
- Song, X., Mitnitski, A., & Rockwood, K. (2011). “Nontraditional risk factors combine to predict Alzheimer disease and dementia”, *Neurology*, 77(3): 227-234.
- Szanton, S. L., Seplaki, C. L., Thorpe, R. J., Jr, Allen, J. K., & Fried, L. P. (2010). “Socioeconomic status is associated with frailty: the Women’s Health and Aging Studies”, *Journal of epidemiology and community health*, 64(1) 63-67.
- Travers, J., Romero-Ortuno, R., Bailey, J., & Cooney, M. T. (2019). “Delaying and reversing frailty: a systematic review of primary care interventions”, *The British journal of general practice : the journal of the Royal College of General Practitioners*, 69(678): e61-e69.
- Upatising, B., Hanson, G. J., Kim, Y. L., Cha, S. S., Yih, Y., & Takahashi, P. Y. (2013). “Effects of home telemonitoring on transitions between frailty states and death for older adults: a randomized controlled trial”, *International journal of general medicine*, 6, 145-151.
- Van Hoof, J., Kort, H. S., Rutten, P. G., & Duijnste, M. S. H. (2011). “Ageing-in-place with the use of ambient intelligence technology: Perspectives of older users”, *International journal of medical informatics*, 80(5): 310-331.

박명아 buddha26@naver.com

경희대학교에서 노인학 석사·박사 학위를 받았으며, 현재 경희대학교 동서의학대학원 연구박사로 재직 중이다. 주요 관심분야는 고령화 정책, Gerontechnology, 고령자 기술수용모델, 금융노년학, 고령자 디지털금융포용 등이다.

유하진 youjazzang@gmail.com

경희대학교에서 노인학(고령서비스테크융합)석사 학위를 받았으며, 현재 헬스케어 플랫폼인 주식회사 유니메오에 재직 중이다. 주요 관심분야는 Gerontechnology, 노쇠 등이다.