

노인 신체활동 개선 모바일헬스(mHealth) 중재 효과에 대한 메타분석

이지영*, 김지예*, 이재원*, 이서현*, 이상아*, 김혜경**†

*이화여자대학교 일반대학원 융합보건학과 대학원생, **이화여자대학교 융합보건학과 교수

mHealth interventions to increase physical activity for older adults: A meta-analysis of effectiveness

Jiyoung Lee*, Jiye Kim*, Jaewon Lee*, Seohyeon Lee*, Sangah Lee*, Hyekyeong Kim**†

* Graduate student, Department of Health Convergence, Graduate School, Ewha Womans University,

** Professor, Department of Health Convergence, Ewha Womans University

Objectives: This study aims to assess the effectiveness of mHealth interventions to increase physical activity for the elderly. **Methods:** A database search was conducted using Cochrane CENTRAL, Medline/PubMed, EMBase, KoreaMed, KMBase, and KISTI (ScienceON), yielding 21 eligible studies. A random-effects model was used to calculate effect sizes by weighted standardized mean differences. **Results:** This meta-analysis included 21 studies and 1,814 participants. These studies included the following outcome variables: Steps, 6-min walk distance(6MWD), physical activity(PA) that was significantly increased and body mass index(BMI) that was significantly decreased(Steps: $g=0.856$, $p<.005$; 6MWD: $g=0.630$, $p<.05$; PA: $g=0.177$, $p<.05$; BMI: $g=-0.351$, $p<.05$). **Conclusion:** For more effective digital health interventions, research on more effective intervention composition-tailored strategies will need to be actively conducted. To continue to develop, new types of health promotional interventions need to be conducted continuously by health experts and economic evaluation.

Key words: mHealth, mobile applications, physical activity, older adults, meta-analysis

I. 서론

우리나라의 65세 이상 인구는 901만 8천 명으로 전체 인구의 17.5%를 차지하고 있으며(Statistics Korea, 2022), 이는 꾸준히 증가할 것으로 전망되고 있다. 노년부양비(생산가능인구 대비 고령인구 수)가 2020년 21.8%에서 2030년에는 38.6%까지 증가할 것으로 우려되며, 만성질환 등으로 인한 의료비 부담 또한 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있다(Korean Statistical Information Service, 2021; Health Insurance Review & Assessment Service, 2021).

노인의 건강 증진을 위해서는 규칙적인 신체활동이 중요하며(World Health Organization, 2012; Bouaziz et al., 2016), 활동적인 생활습관 유도가 건강한 노화의 핵심적인 측면으로 정의되고 있다(Chapman, Hampson & Clarkin, 2014). 하지만 국민건강영양조사 결과에 따른 최근 우리나라 노인의 적정 유산소신체활동 실천율 수준은 다른 연령대에 비해 꾸준히 낮은 수준을 보이고 있다(Trends in aerobic physical activity rates, 2022).

이에 최근 5차 국민건강증진종합계획(Health Plan 2030, HP2030)에서도 건강한 노년의 삶을 위한 노인 대상 계획

Corresponding author: Hyekyeong Kim

Department of Health Convergence, Ewha Womans University, 52, Ewhayeodae-gil, Seodaemun-gu, Seoul, 03760, Republic of Korea

주소: (03760) 서울시 서대문구 이화여대길 52 이화여자대학교 융합보건학과

Tel: +82-2-3277-4646, Fax: +82-2-3277-2867, E-mail: hkkim@ewha.ac.kr

• Received: December 1, 2022

• Revised: December 29, 2022

• Accepted: December 30, 2022

을 새롭게 수립하였다(Ministry of Health and Welfare & Korea Health Promotion Institute, 2021). 특히 건강형평성 제고 전략으로서 건강관리서비스 접근성 향상에 혁신적 정보기술 활용에 적극적으로 노력을 기울이고자 AI·IoT 등 4차 산업혁명 기술을 활용한 노인 대상 건강관리서비스를 수립한 바 있다. 최근 노인층에서도 스마트폰 활용도는 상승 추세를 보이고 있으며, 현대 사회의 노인들은 액티브 시니어(Active senior)라 불리며 인터넷 및 모바일 기기를 활발히 활용하고 있다(Byun, Jeon & YI, 2022). 더욱이 노인 대상 모바일헬스(mHealth) 기술이 신체활동 개선에 효과적이라는 연구 결과가 보고되고 있어(Changizi & Kaveh, 2017), 노년기 건강관리를 위해 mHealth 중재의 필요성이 더욱 강조되고 있다.

노년기 대상 mHealth 중재는 건강 행동 준수를 목적으로 신체활동과 영양 분야에 중점적으로 수행되었으며, 만성질환 개선에 효과적이었다(Robert et al., 2021; Paramastri et al., 2020). 특히, 노년기 대상 mHealth 중재는 주로 신체활동 향상에 활용되고, 중재를 통한 노인 건강관리 및 건강증진에 효과를 보였다(Park & Lee, 2019). 노인 대상의 신체활동 개선을 위한 mHealth 중재는 적은 비용, 중재 시간과 장소의 유연성, 중재의 지속 가능성 측면에서 강점을 보였다(Aslam et al., 2020). 하지만 대부분 선행 연구에서는 그 중재 기간이 짧거나 장기 효과에 대해 보고하지 못하는 문제점이 있었고(Yerrakalva et al., 2019; Cheatham et al., 2018), 노인 대상 mHealth 중재 효과가 지속적으로 유지될 수 있는 중재 요소를 체계적으로 파악한 연구가 부족하였다. 노인을 대상으로 신체활동을 개선시키기 위해 문자메시지, 모바일 앱, 디바이스 센서 기반 모니터링 등의 다양한 mHealth 중재가 효과적으로 활용되어 왔고(Changizi & Kaveh, 2017), 행동 변화 이론에 따라 모바일 기술을 적용한 중재는 신체활동 모니터링 및 보고의 품질과 양에 더 직접적인 영향을 미칠 수 있을 것이라고 보고된 바 있다(Cadmus-Bertram et al., 2015). 특히 노인의 경우 동일한 mHealth 중재의 효과는 하위 그룹마다 다를 수 있기 때문에 특성에 따라 비교하는 것이 필요하다고 제언된 바 있다(Changizi & Kaveh, 2017).

이에 본 연구는 메타분석을 통해 최근 10년간 국내외 노인의 신체활동 개선을 위한 mHealth 중재의 효과성을 검증하고, 중재 대상과 따라 행동 이론에 근거한 중재 내용

및 구성에 따라 효과크기를 비교 분석하여 종합하는 것을 목적으로 한다. 이를 통해 향후 노년기 신체활동 개선을 위한 효과적인 mHealth 중재 구성을 위한 최신의 근거를 마련하는데 기여하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 설계

본 연구는 최근 국내외 노인 대상 신체활동 향상을 위한 mHealth 중재의 효과를 검증한 21편의 논문을 대상으로 메타분석을 실시하였다.

1) 연구대상의 특성

연구대상의 특성은 기본정보(저자, 출판연도, 연구국가, 연구설계), 중재 유형, 중재 기간, 행동변화기술(Behavior change techniques, BCTs), 표본크기(중재군 및 대조군의 수), 대상자 특성(중재군 및 대조군의 성, 연령 등), 중재 효과를 나타내는 결과변수를 기준으로 하였다. 메타분석 결과의 타당성 확보하고자 Egger's test를 수행하고 깔때기 그림(Funnel plot)을 제시하여 출판 편향(Publication bias)을 확인하였다. 출판 편향이 의심되는 경우, 추정치 가감법(Trim-and-fill)을 수행하여 결측연구 영향을 보정하였다.

2) 중재 효과크기(Effect size) 분석

중재에 대한 효과크기는 랜덤효과 모형(Random-effects model)을 사용하여 표본크기에 따라 가중치가 부여된 표준화된 평균 차이(Standardized mean difference, SMD)로서 Hedges's g를 계산하였다. 효과크기를 해석함에 있어서는 Cohen (1988)의 기준에 따라 0.8 이상이면 이는 효과크기가 크다고 해석하고, 0.5 이상 0.8 미만은 보통으로 해석하고, 0.2 이상 0.5 미만은 작다고 해석하였다. 효과크기 변수별 동질성 검정을 위해서는 Q값과 이에 대한 유의수준을 확인하였다.

3) 분석대상 변수

분석 대상이 되는 21편의 연구에서 분석대상 변수는 노인의 신체활동 중재의 효과를 나타낼 수 있는 양적 지표이

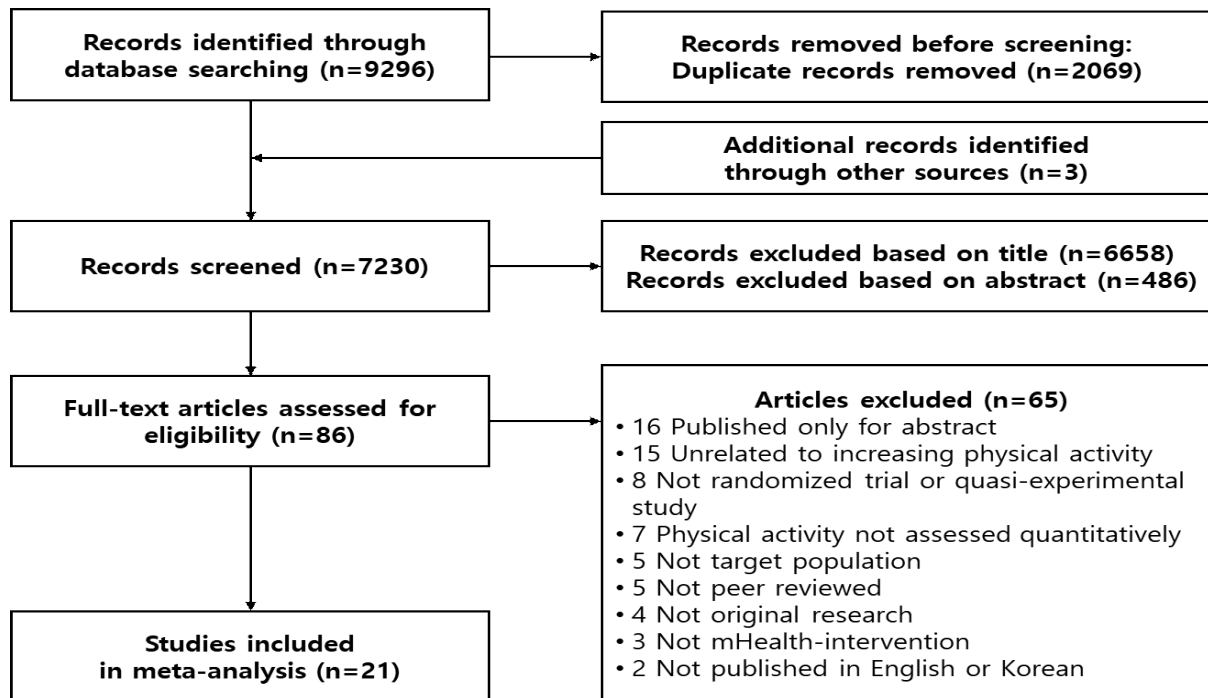
다. 본 연구는 신체활동량을 나타내는 걸음 수(Steps), 6분 동안 걸은 거리(6-min walk distance, 6MWD; 단위: m), 신체활동 시간(Physical activity, PA; 단위: min/day), 비만도를 나타내는 체질량지수(Body mass index, BMI; 단위: kg/m²)를 대상으로 하여 총 4개 변수로 분석을 수행하였다.

2. 자료수집 및 연구대상 선정

본 연구는 Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses(PRISMA) 2020 보고지침을 적용하였다(Page et al., 2021). 이에 따라 연구대상 선정을 위해 PICO-SD(Population, Intervention, Comparison, Outcome, Study Designs)와 포함 및 배제 기준을 설정하였다. 연구대상자는 노년기에 있는 만 65세 이상의 성인을 포함하는 경우로, 평균연령이 만 65세를 포함하는 연구는 배제하지 않았다. 또한, 중재 전(Baseline) 시점에 치료에 어려움이 있는 중증질환자(암, 면역성질환, 감염병 등) 대상 연구는 배제하였다. 중재방법은 mHealth 기술이 활용된 앱(application, App)기반 신체활동 중재를 대상으로 하였다. 대조군은 mHealth 기술이 활용된 신체활동 중재를 실행하지 않은 비교 집단이어야 하며, 결과변수인 연구

결과는 신체활동의 변화(예: 걸음 수, 6MWD, PA) 또는 신체활동을 통한 건강상태 변화(예: BMI)를 나타낼 수 있는 결과 지표를 측정하여 통계적 수치를 보고한 논문으로 제한하였다. 연구설계는 무작위실험설계(Randomized controlled trials, RCT)와 유사실험설계(Quasi-experimental study design)로 한정하였다.

연구를 검색하고 선정하는 과정은 PRISMA 2020 flow diagram에 따라 수행하였다. 검색 자료는 2012년 1월부터 2022년 11월까지 국내외에서 발표된 학술지 문헌을 대상으로 하였으며, 대상 연구 검색을 위해 '노인, 신체활동, 모바일헬스'를 주요 검색어로 조합하여 수집하였다. 문헌 검색 데이터베이스는 미국국립의학도서관(National Library of Medicine)이 제시한 COSI (COre, Standard, Ideal) 모델의 핵심 데이터베이스에 따라 Cochrane CENTRAL, Medline/PubMed, Embase의 국외 3곳과 KoreaMed, KMedbase, KISS, KISTI (ScienceON)의 국내 4곳에서 2022년 11월에 검색을 수행하였다. 검색된 연구는 총 9,296편이었으며, 별도로 찾은 3편의 문헌을 추가하였다. 중복배제 이후 제목, 초록, 원문배제를 거쳐 선정 기준을 충족하는 연구는 총 21편이었으며, 해당 문헌들을 최종 메타분석 대상으로 선정하였다[Figure 1].



[Figure 1] Flow chart of study selection process

3. 자료 분석 방법

수집된 모든 논문은 앞서 설정한 연구대상자 특성 기준에 대해 추출하였으며, 분석대상 변수에 대한 데이터는 단위를 통일하였다. 중재 효과는 연구 간 비교가 가능하도록 공통적인 결과 변수에 대해 효과크기 Hedges's g 로 제시하였다. 메타분석에는 Comprehensive Meta Analysis version 3.0 프로그램을 활용하였고, 효과크기에 대한 Forest plot을 제시하였다. 그리고 Higgins의 I^2 통계량을 사용하여 추출 및 합성한 효과크기의 이질성(Heterogeneity) 여부를 파악하였다. I^2 값이 0%에서 40% 미만이면 이질성이 낮고, 75% 이상 100% 이하면 이질성이 높은 경우로 해석한다(Deeks, Higgins & Altman, 2011). 이질성이 확인되는 경우, 하위군 분석(Subgroup analysis)을 통해 이질성을 해석하였다.

III. 연구결과

1. 연구대상의 특성

본 연구에서 분석한 논문은 국내외 학술지에 게재된 21

편으로 국내 학술지 논문이 1편(4.7%), 국외 학술지 논문 20편(95.2%)이다. 연구대상의 평균연령은 국내 학술지 논문의 경우 77세, 국외는 59세부터 72세였다. 표본크기는 전체적으로 실험집단이 평균 43.8명(범위 10명~171명), 통제집단이 평균 42.6명(범위 7명~172명)이었으며, 국내 연구의 경우 실험집단과 통제집단이 각각 15명과 7명이었고, 국외 연구의 경우 평균 45.3명(범위 12명~171명)과 평균 44.4명(범위 8명~172명)이었다. 중재 기간은 전체 평균 16주(범위 2주~72주)였으며, 국내 연구의 경우 24주, 국외 연구의 경우 평균 15.6주(범위 2주~72주)였다. 메타분석에 활용된 논문 중 3편을 제외하고, 18편의 논문에서 BCTs가 적용된 중재를 수행하였으며, 활용된 BCTs 개수가 5개 미만인 논문이 15편, 활용된 BCTs 개수가 8개, 11개, 23개인 논문이 각각 1편씩 있었다. 논문에서 활용된 BCTs는 구체적으로 1) 자기 모니터링(self-monitoring), 2) 피드백(feedback), 3) 맞춤화(tailoring), 4) 목표 설정(goal setting), 5) 행동 및 대처 방법 계획(action or coping planning), 6) 사회적 지지(social support), 7) 보상(grade or incentive) 7가지로 분류할 수 있었으며, 각각 1) 11편, 2) 14편, 3) 9편, 4) 8편, 5) 3편, 6) 4편, 7) 2편의 논문에서 확인되었다(Table 1).

〈Table 1〉 Characteristics of studies for meta-analysis

No.	Reference	Study design	Country	Sample size		Mean age (years)		Types of intervention	Period of intervention (week)	BCTs ^a	Outcome variable
				Int.	Con.	Int.	Con.				
1	Hong (2013)	RCT	KR	15	7	77±6	75±9	app+in-person program	24	-	BMI
2	Barberan-Garcia et al. (2014)	Quasi-experimental design	ES	26	51	64±6	66±9	app	8	1,2	6MWD
3	Ashe et al. (2015)	RCT	CA	12	7	64±4	63±4	app+web	24	1,2,3,4,5,6,7	Steps
4	Martin et al. (2015)	RCT	US	16	16	58±8	60±7	app	2	2,3	Steps
5	Vorrink et al. (2016)	RCT	NL	102	73	62±9	63±8	app+web	24	2	Steps, 6MWD
6	Demeyer et al. (2017)	RCT	EU	171	172	66±8	67±8	app	12	2,4	6MWD

No.	Reference	Study design	Country	Sample size		Mean age (years)		Types of intervention	Period of intervention (week)	BCTs ^a	Outcome variable
				Int.	Con.	Int.	Con.				
7	Lyons et al. (2017)	RCT	US	20	20	61±5	61±6	app+device	12	1,2,3,4,5,6,7	Steps
8	Widmer et al. (2017)	RCT	US	37	34	62±10	63±10	app+web	12	3	PA, BMI
9	Duscha et al. (2018)	RCT	US	10	9	66±9	73±4	app+device	12	-	Steps, PA
10	Poppe et al. (2019)	RCT	BE	24	18	62±7	64±8	app+web	5	1,2,3	Steps, PA
11	Van Dyck et al. (2019)	RCT	BE	38	34	70±4	70±4	app+web	5	2,3,4	Steps, PA
12	Grau-Pellicer et al. (2020)	RCT	ES	24	17	62±11	68±11	app	8	1,2	6MWD
13	Persell et al. (2020)	RCT	US	144	153	59±12	58±13	app	72	1,3,4	PA, BMI
14	Bisson et al. (2021)	RCT	US	50	46	61±8	61±7	app+device	4	1,6	Steps
15	Blair et al. (2021)	RCT	MX	18	18	69±4	70±5	app+phone call	12	1,2,3,4,5,6	Steps, PA
16	Brickwood et al. (2021)	RCT	AU	37	42	72±7	71±6	app+phone call	48	1,2,4	Steps, 6MWD
17	Pinto et al. (2021)	RCT	US	12	8	71±2	72±5	app	12	2	Steps
18	Wong et al. (2021)	RCT	HK	38	39	57±6	60±7	app	12	-	BMI
19	Cai et al. (2022)	RCT	CN	36	36	57±6	60±7	app	12	2	Steps
20	Collins et al. (2022)	RCT	US	13	16	63±8	68±7	app+phone call	12	1,4	6MWD
21	Kharmats et al. (2022)	RCT	US	77	78	under 71		app+web	5	1,2,3	PA, BMI

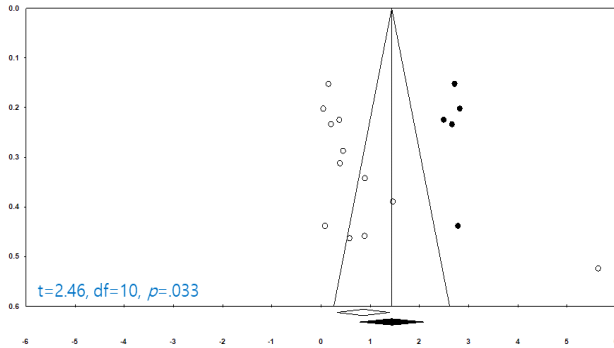
Notes. Int=Intervention group; Con=Control group; BCTs=Behavior change techniques; KR=Korea; ES=Spain; CA=Canada; US=United States; NL=Nettherlands; EU=Europe; Be=Belgium; MX=Mexico; HK=Hong Kong

^a 1=self-monitoring, 2=feedback, 3=tailoring, 4=goal setting, 5=action or coping planning, 6=social support, 7=grade or incentive

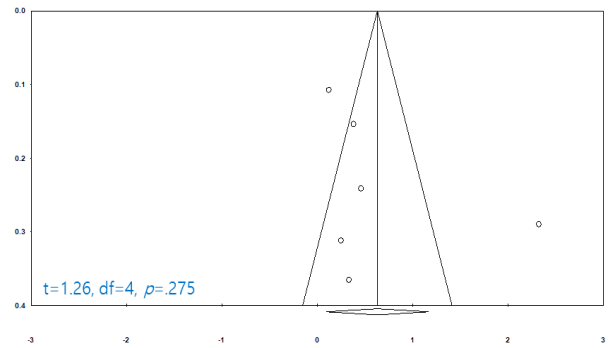
효과크기 변수가 되는 걸음 수, 6MWD, PA, BMI 각각에 대해 깔때기 그림으로 시각적으로 출판편향을 검토한 결과, 걸음 수와 BMI에서 대칭적이지 않았다. 또한 Egger's test를 수행한 결과, 6MWD($t=1.26$, $df=4$, $p>0.1$)와 PA($t=1.50$, $df=5$, $p>0.1$)는 통계적으로 유의하지 않아 출판편향이 없음

을 확인하였다. 걸음 수($t=2.94$, $df=10$, $p<.05$)와 BMI($t=2.85$, $df=4$, $p<.05$)는 통계적으로 유의하여 출판편향이 확인되었기 때문에, trim-and-fill 기법으로 보정하여 효과크기를 분석하였다[Figure 2].

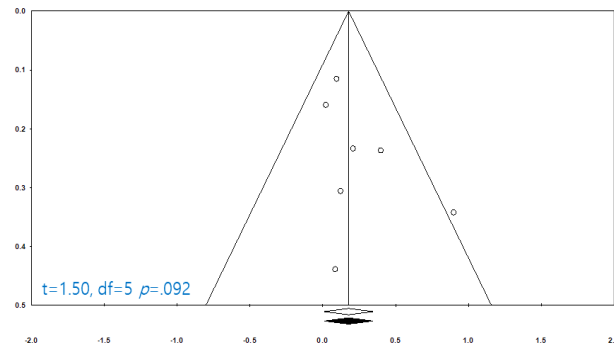
(A) Steps per day*



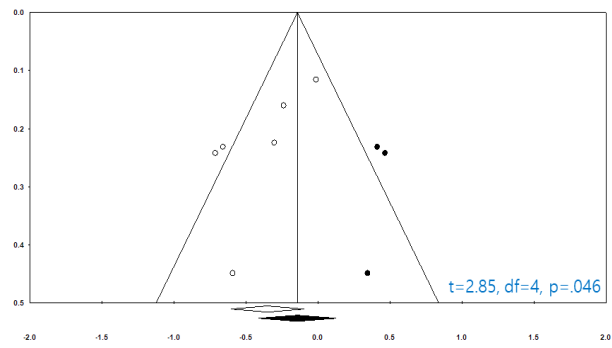
(B) 6-min walk distance [m]



(C) Physical activity [min/day]



(D) Body mass index* [kg/m²]



x-axis: Hedges's g, y-axis: Standard error, * Trim-and-fill

[Figure 2] Funnel plot of standard error by Hedges's g

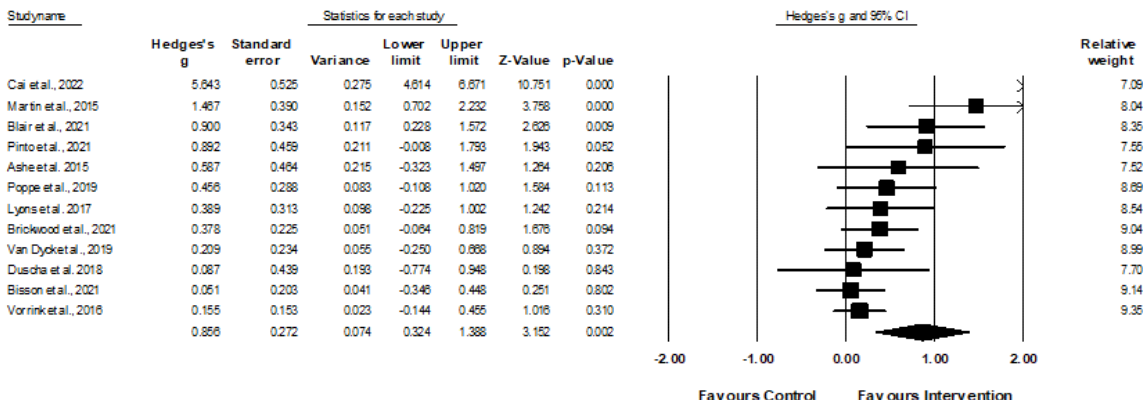
2. 노인 신체활동 개선 모바일헬스(mHealth) 중재의 효과크기

노인 대상 신체활동 개선을 위한 mHealth 중재 효과를 걸음 수로 측정된 효과크기 12개의 평균은 0.856으로 큰 효과크기로 분석되었고, 통계적으로 유의하였다($p < .005$). 그러나 효과크기의 이질성을 보여주는 총 분산에서 연구 간 분산이 차지하는 비율인 I^2 는 90.6%($Q=116.869$, $p < .001$)로 높은 이질성을 보였다. 개별 연구에서 보고한 결과로 경향성을 살펴보았을 때, 걸음 수는 중재군에서 평균 873.06 걸음이 증가하였고, 대조군에서 평균 188.73 걸음이 감소하는 결과를 보였다. 6MWD에 대해 측정된 효과크기 6개의 평균은 0.630으로 효과크기는 보통이었으며, 통계적으로 유의하였다($p < .05$). 효과크기의 이질성을 보여주는 I^2 는 90.2%($Q=51.047$, $p < .001$)로 높은 이질성을 보였다. 개별 연구에서 보고한 결과로 경향성을 살펴보았을 때,

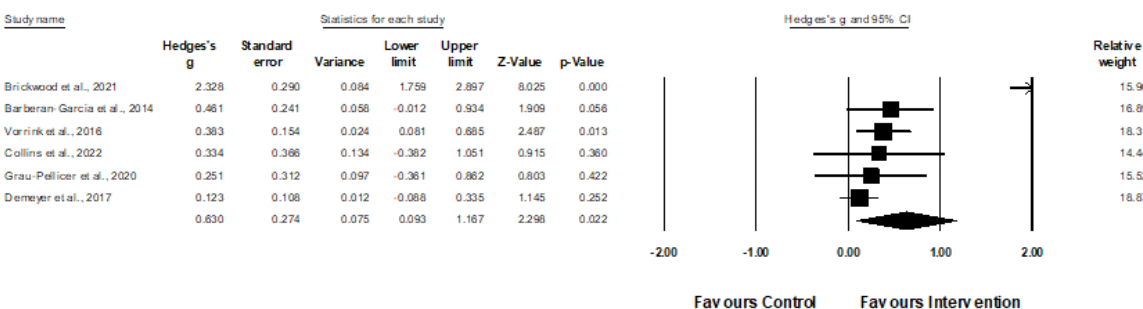
6MWD는 중재군에서 평균 1.42m가 증가하였고, 대조군에서 평균 6.34m가 증가하는 결과를 보였다. 이들에 대해서는 하위그룹분석을 추가로 수행하여 해석에 주의를 기울였다. PA에 대해 측정된 효과크기 7개의 평균은 0.177로 작은 효과크기로 분석되었으나 유의한 효과를 보였다($p < .05$). 효과크기의 이질성을 보여주는 I^2 는 11.7%($Q=6.793$, $p > 0.1$)로 낮은 이질성을 보였다. BMI에 대해 측정된 효과크기 6개의 평균은 -0.351로 작은 효과크기로 분석되었으나 유의한 효과로 분석되었다($p < .05$). 효과크기의 이질성을 보여주는 I^2 는 56.8%($Q=11.563$, $p < .05$)로 중간정도의 이질성을 보였다.

이와 같이 노인 대상 신체활동 향상 목적의 앱을 활용한 mHealth 중재는 앱을 활용하지 않는 중재에 비해 건강한 생활습관 조성 및 연관되는 걸음 수, 6MWD, PA를 증가 및 건강상태 개선에 해당하는 BMI 감소에 유의한 효과를 보였다[Figure 3].

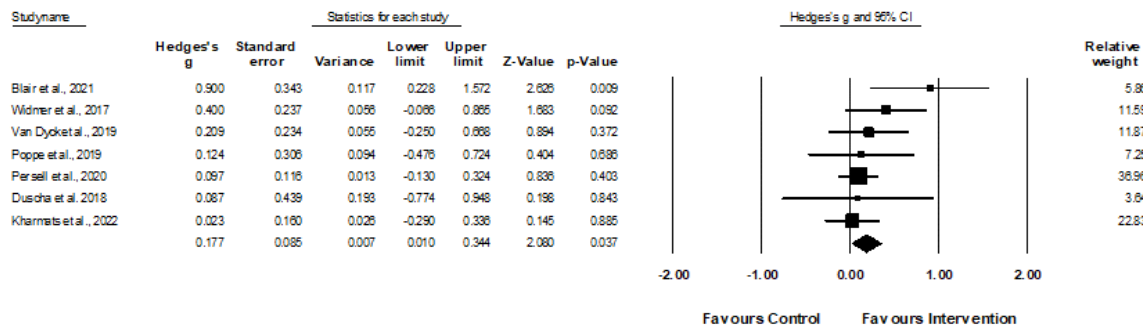
(A) Steps per day



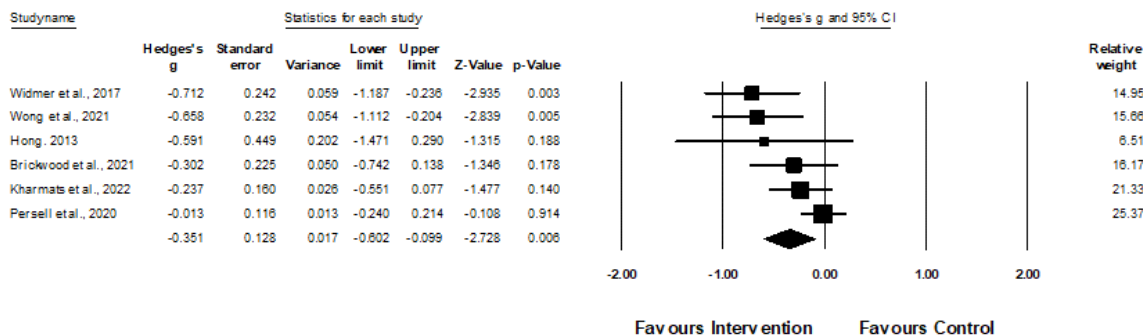
(B) 6-min walk distance [m]



(C) Physical activity [min/day]



(D) Body mass index [kg/m²]



[Figure 3] Forest plot for studies mHealth intervention effect sizes

3. 하위군에 따른 노인 신체활동 개선 모바일헬스(mHealth) 중재의 효과크기

노인 대상 신체활동 개선을 위한 mHealth 중재의 효과 크기를 분석 과정에서 Higgins의 I-squared(I²) 통계량을

사용하여 이질성 검증 결과, 이질성이 높게 나타난 결과변수인 걸음 수와 6MWD에 대하여 하위그룹분석을 수행하였다(Table 2).

〈Table 2〉 Effect sizes obtained from comparative subgroups analyses

Effect size of steps per day	Subgroup variables	Effect size statistics					p	Null test Z	Heterogeneity statistics	
		k	g	SE	95% CI				Q	I ²
	Pooled effect	12	0.856	0.272	0.324, 1.388		.002	3.152	116.869	90.588
	Age group (year)									
	< 65	5	0.281	0.102	0.081, 0.481		.006	2.754	11.684	65.765
	65-74	7	0.724	0.124	0.480, 0.968		.000	5.821	97.609	93.853
	Period (week)									
	< 12	4	0.330	0.128	0.079, 0.580		.010	2.580	10.837	72.318
	12	5	1.140	0.176	0.795, 1.485		.000	6.476	85.889	95.343
	≥ 24	3	0.250	0.122	0.011, 0.490		.040	2.052	1.232	0.000
	Intervention type									
	App only	3	2.300	0.259	1.793, 2.807		.000	8.887	54.503	96.330
	App + device	3	0.142	0.159	-0.169, 0.453		.369	0.897	0.840	0.000
	App + phone call	2	0.535	0.188	0.166, 0.904		.004	2.843	1.621	38.327
	App + web	4	0.240	0.113	0.018, 0.463		.034	2.120	1.446	0.000
	BCT counts									
	< 5	8	0.449	0.087	0.276, 0.617		.000	5.132	114.349	93.878
	5-10	1	0.900	0.343	0.228, 1.572		.009	2.626	0.000	0.000
	> 10	2	0.451	0.259	-0.058, 0.959		.082	1.737	0.125	0.000
	BCT (self-monitoring) applied									
	Yes	6	0.359	0.112	0.139, 0.579		.001	3.201	5.173	3.342
	No	6	0.558	0.111	0.340, 0.775		.000	5.023	110.112	95.459
	BCT (feedback) applied									
	Yes	10	0.550	0.087	0.379, 0.721		.000	6.297	111.011	91.893
	No	2	0.057	0.184	-0.304, 0.418		.756	0.311	0.006	0.000
	BCT (tailoring) applied									
	Yes	6	0.553	0.129	0.300, 0.805		.000	4.291	9.055	44.781
	No	6	0.403	0.100	0.208, 0.599		.000	4.041	106.971	95.326
	BCT (goal setting) applied									
	Yes	5	0.418	0.128	0.167, 0.668		.001	3.271	2.945	0.000
	No	7	0.485	0.100	0.288, 0.682		.000	4.834	113.752	94.725

Subgroup variables	Effect size statistics				Null test Heterogeneity statistics				
	k	g	SE	95% CI	p	Z	Q	I ²	
Effect size of 6MWD	Pooled effect	6	0.630	0.274	0.093, 1.167	.022	2.298	51.047	90.205
	Age group (year)								
	< 65	2	0.406	0.130	0.151, 0.660	.002	3.123	0.074	0.000
	65-74	4	0.375	0.093	0.193, 0.557	.000	4.032	50.937	94.110
	Period (week)								
	< 12	2	0.382	0.191	0.008, 0.756	.048	2.001	0.284	0.000
	12	2	0.140	0.103	-0.062, 0.343	.000	1.357	0.306	0.000
	≥ 24	2	0.811	0.136	0.544, 1.077	.013	5.960	35.072	97.149
	Intervention type								
	App only	3	0.186	0.094	0.002, 0.370	.045	1.981	1.675	0.000
	App + phone call	2	1.558	0.227	1.112, 2.003	.175	6.855	18.249	94.520
	App + web	1	0.383	0.154	0.081, 0.685	.000	2.487	0.000	0.000
	BCT (self-monitoring) applied								
	Yes	4	0.869	0.146	0.582, 1.155	.000	5.942	34.220	91.233
	No	2	0.209	0.088	0.036, 0.382	.018	2.364	1.905	47.505
	BCT (feedback) applied								
	Yes	5	0.388	0.077	0.236, 0.539	.000	5.016	51.027	92.161
	No	1	0.334	0.366	-0.382, 1.051	.360	0.915	0.000	0.000
	BCT (goal setting) applied								
	Yes	3	0.387	0.097	0.196, 0.578	.000	3.974	50.762	96.060
	No	3	0.383	0.120	0.148, 0.618	.001	3.192	0.284	0.000

Notes. BCT=behavior change technique; App=application; k=number of effect sizes; g=effect size (Hedges's g); SE=standard error; 95% CI=confidence intervals(lower limit, upper limit); Z=test of null hypothesis; Q=test of variance between effects sizes; I²=total variance unexplained by moderator.

1) 연령대

걸음 수로 중재 효과를 측정된 논문은 총 12편이었고, 이중 평균 연령이 65세 미만인 경우는 5편, 65세 이상 75세 미만인 경우는 7편이었다. 연령대에 따른 하위그룹으로 나누어 분석한 결과, 65세 이상 75세 미만에 해당하는 경우의 효과크기가 0.724로 보통의 효과크기로 분석되었고, 통계적으로 유의하였다($p < .001$). 중재 효과를 6MWD로 측정된 논문은 총 6편이었고, 이중 평균 연령이 65세 미만인 경우는 2편, 65세 이상 75세 미만인 경우는 4편이었다. 연령대에 따른 하위그룹으로 나누어 분석한 결과, 평균 연령이 65세 미만인 경우의 효과크기가 0.406으로

작은 효과크기로 분석되었으나, 통계적으로 유의하였다 ($p < .005$). 65세 이상 75세 미만인 경우 또한, 효과크기가 0.375로 작은 효과크기로 분석되었으나, 통계적으로 유의하였다($p < .001$).

2) 중재 기간

걸음 수로 중재 효과를 측정된 논문 중 중재 기간이 12주 미만인 경우는 4편, 12주인 경우는 5편, 24주 이상인 경우는 3편이었다. 중재 기간에 따른 하위그룹으로 나누어 분석한 결과, 중재기간이 12주의 중재가 수행된 경우의 효과크기가 1.140으로 큰 효과크기로 분석되었고 통계적

으로 유의하였다($p < .001$). 중재기간이 12주 이하인 경우의 효과크기는 0.330으로 작은 효과크기로 분석되었으나, 통계적으로 유의하였다($p < .05$). 한편, 중재기간이 24주 이상인 경우의 효과크기는 0.250으로 작은 효과크기로 분석되었으나, 유의한 효과를 보였다($p < .05$). 중재 효과를 6MWD로 측정된 논문 중 중재 기간이 12주 미만인 경우, 12주인 경우, 24주 이상인 경우 모두 각각 2편씩이었다. 중재 기간에 따른 하위그룹으로 나누어 분석한 결과, 중재기간이 24주 이상인 경우의 효과크기가 0.811로 큰 효과크기로 분석되었고 유의한 수준이었다($p < .001$). 중재기간이 12주 이하인 경우의 효과크기는 0.382로 작은 효과크기로 분석되었으나, 통계적으로 유의하였다($p < .05$). 한편, 12주의 중재가 수행된 경우는 효과크기가 0.140으로 작은 효과크기로 분석되었다.

3) 중재 유형

걸음 수로 중재 효과를 측정된 논문 중 앱만 활용한 중재, 앱과 기기를 함께 활용한 중재는 각각 3편씩이었고, 앱과 전화상담을 함께 활용한 중재는 2편, 앱과 웹사이트를 함께 활용한 중재는 4편이었다. 앱만 활용한 경우의 효과크기는 2.300으로 큰 효과크기로 분석되었고, 중재 유형 중 가장 큰 효과크기를 보였으며, 통계적으로 유의하였다($p < .001$). 뒤이어 앱과 전화상담이 병행되는 경우의 효과크기가 0.535로 보통의 효과크기로 분석되었으며, 통계적으로 유의하였다($p < .005$). 앱과 기기를 함께 활용한 중재의 효과크기는 0.142로 작은 효과크기로 분석되었다. 앱과 웹사이트를 함께 활용한 경우는 효과크기가 0.240으로 작은 효과크기로 분석되었으나, 유의한 효과를 보였다($p < .05$). 중재 효과를 6MWD로 측정된 논문 중 앱만 활용한 중재가 3편, 앱과 전화상담을 함께 활용한 중재가 2편, 앱과 웹사이트를 함께 활용한 중재가 1편이었다. 앱과 전화상담이 병행되는 경우의 효과크기가 1.558로 큰 효과크기로 분석되었으며, 통계적으로 유의하였다($p < .001$). 뒤이어 앱만 활용한 경우의 효과크기는 0.186으로 작은 효과크기로 분석되었으나, 유의한 수준이었다($p < .05$). 앱과 웹사이트를 함께 활용한 경우의 효과크기는 0.383으로 작은 효과크기로 분석되었으나, 유의한 수준이었다($p < .05$).

4) 중재에 적용된 BCTs 개수

걸음 수로 중재 효과를 측정된 논문 중 BCTs가 1개 이상 5개 미만으로 적용된 중재 연구는 8편, 5개 이상 10개 미만으로 적용된 중재 연구는 1편, 10개 이상으로 적용된 중재 연구는 2편이었다. 중재에 적용된 BCTs의 수에 따라 하위그룹으로 나누어 분석한 결과, 5개 이상 10개 미만으로 적용된 경우의 효과크기가 0.900으로 큰 효과크기로 분석되었고, 상대적으로 가장 큰 효과크기를 보였으며, 통계적으로 유의하였다($p < .005$). 1개 이상 5개 미만으로 적용된 경우의 효과크기는 0.346으로 작은 효과크기로 분석되었으나, 유의한 효과로 분석되었다($p < .001$). 10개를 초과하여 적용된 경우 또한 효과크기가 0.451로 작은 효과크기로 분석되었다. 중재 효과를 6MWD로 측정된 논문은 모두 BCTs가 1개 이상 5개 미만으로 적용된 중재 연구로 구성되어 해당 분류에 대해서는 하위그룹분석을 수행하지 않았다.

5) 중재에 적용된 BCTs 유형

(1) 자기 모니터링(self-monitoring)

걸음 수로 중재 효과를 측정된 논문 중 자기 모니터링을 중재에 적용한 논문과 그렇지 않은 논문 각각 6편씩이었다. 자기 모니터링을 적용한 경우의 효과크기는 0.359로 작은 효과크기로 분석되었으나, 유의한 수준이었다($p = .001$). 자기 모니터링을 적용하지 않은 경우의 효과크기는 0.558로 보통의 효과크기로 분석되었고, 통계적으로 유의하였다($p < .001$). 중재 효과를 6MWD로 측정된 논문 중 자기 모니터링을 중재에 적용한 논문은 4편, 그렇지 않은 논문은 2편이었다. 자기 모니터링을 적용한 경우의 효과크기는 0.869로 큰 효과크기로 분석되었고, 통계적으로 유의하였다($p < .001$). 자기 모니터링을 적용하지 않은 경우의 효과크기는 0.209로 작은 효과크기로 분석되었고, 통계적으로 유의하였다($p < .05$).

(2) 피드백(feedback)

걸음 수로 중재 효과를 측정된 논문 중 피드백을 중재에 적용한 논문은 10편, 그렇지 않은 논문은 2편이었다. 피드백을 적용한 경우의 효과크기는 0.550으로 보통의 효과크기로 분석되었고, 유의한 수준이었다($p < .001$). 피드백을 적용하지 않은 경우의 효과크기는 0.057로 작은 효과크기로

분석되었다. 중재 효과를 6MWD로 측정한 논문 중 피드백을 중재에 적용한 논문은 5편, 그렇지 않은 논문은 1편이었다. 피드백을 적용한 경우의 효과크기는 0.388로 작은 효과크기로 분석되었으나, 유의한 효과를 보였다($p < .001$). 피드백을 적용하지 않은 경우의 효과크기는 0.334로 작은 효과크기로 분석되었다.

(3) 맞춤형(tailored)

걸음 수로 중재 효과를 측정한 논문 중 맞춤화를 중재에 적용한 논문과 그렇지 않은 논문 각각 6편씩이었다. 맞춤화를 적용한 경우의 효과크기는 0.553으로 보통의 효과크기로 분석되었고, 통계적으로 유의하였다($p < .001$). 맞춤화를 적용하지 않은 경우의 효과크기는 0.403으로 작은 효과크기로 분석되었으나, 유의한 수준이었다($p < .001$). 중재 효과를 6MWD로 측정한 논문 중 맞춤화를 중재에 적용한 논문은 없어 해당 분류에 대해서는 하위그룹분석을 수행하지 않았다.

(4) 목표 설정(goal setting)

걸음 수로 중재 효과를 측정한 논문 중 목표 설정을 중재에 적용한 논문은 5편, 그렇지 않은 논문은 7편이었다. 목표 설정을 적용한 경우의 효과크기는 0.418로 작은 효과크기로 분석되었으나, 유의한 수준이었다($p = .001$). 목표 설정을 적용하지 않은 경우의 효과크기는 0.485로 작은 효과크기로 분석되었으나, 유의한 효과를 보였다($p < .001$). 중재 효과를 6MWD로 측정한 논문 중 목표 설정을 중재에 적용한 논문은 3편, 그렇지 않은 논문은 3편이었다. 목표 설정을 적용한 경우의 효과크기는 0.387로 작은 효과크기로 분석되었으나, 유의한 효과를 보였다($p < .001$). 목표 설정을 적용하지 않은 경우의 효과크기는 0.383으로 작은 효과크기로 분석되었으나, 유의한 효과를 보였다($p = .001$).

IV. 논의

본 연구의 대상으로 선정된 21편의 연구 중 노인의 신체활동 개선을 위한 mHealth 중재의 결과로 신체활동의 변화를 나타내는 걸음 수, 6MWD, PA 3개의 효과변수와 건강상태의 변화를 나타내는 BMI 1개의 효과변수를 분석하

였고, 그 효과크기를 논의하고자 한다. 신체활동 및 그로 인한 건강상태의 변화에 대한 효과크기 분석 결과, 통계적으로 유의하게 걸음 수(0.856), 6MWD(0.630), PA(0.177) 증가에 효과적이고, BMI(-0.351) 감소에 효과적인 것으로 나타났다.

신체활동에 대한 변화로서 노인의 걸음 수의 효과를 분석한 12편 논문에 대해 0.856의 큰 효과크기가 분석되었으며, 6분 동안 걸은 거리(6MWD)의 효과에 대한 논문으로는 6편을 분석하여 0.630의 보통 효과크기가 계산되었고, PA의 효과를 분석한 7편 논문에 대해 0.177의 작은 효과크기가 계산되었다. 모바일 앱 중재를 통한 노인 대상의 신체활동 변화에 대해 메타분석을 수행한 Yerrakalva 등 (2019)의 연구에서도 3개월 이하의 단기 중재는 하루 평균 506 걸음 수의 증가와 -0.49의 효과크기로 좌식시간의 감소가 있고, 6개월 이상 장기 중재는 하루 평균 753 걸음 수를 증가시키는 것으로 계산되었으나 모두 유의한 효과는 아니었다. 해당 연구는 분석 대상으로 하는 문헌의 수가 각 3개 이하에 불과하여 표본 수가 작다는 제한점을 갖고 있었는데, 노인의 걸음 수 효과에 대해 다수의 mHealth 중재 결과를 종합하여 효과성을 확인했다는 점에서 의의가 있다. 또한, 전 연령층 대상 mHealth 앱 중재의 신체활동 개선 효과에 대해 메타분석을 수행하여 장단기적으로 걷기에 대해 0.25-0.26, 중고강도 운동에 대해 0.19-0.20의 효과크기를 보이는 것으로 보고된 바 있어(Mönningshoff et al., 2021), 본 연구 결과에서 노인에게도 동일하게 신체활동 개선 효과가 있고, 그 효과크기가 작음이 확인되었다.

노인 신체활동 개선 mHealth 중재 효과의 이질성이 높게 나타난 걸음 수와 6MWD에 대해서는 하위그룹 분석을 수행하였다. 중재 대상 및 방법 측면에서 걸음 수는 평균 연령 및 중재 기간, 유형과는 상관없이 모두 증가효과가 있어 이질성의 원인이 아니었다. 특히, 중재 기간이 12주인 경우와 중재 유형이 앱만 활용하는 경우에 큰 증가효과를 보였다. 6MWD의 경우, 평균 연령 및 중재 유형과는 상관없이 모두 증가효과가 있어 이질성의 원인이 아니었고, 중재 기간이 12주 미만이거나 24개월 이상인 경우에만 증가효과가 있었다. 중재 유형 관련하여 노인 대상 mHealth 중재의 체계적 문헌고찰을 수행한 선행 연구 결과에 따르면, 노인을 대상으로 문자 메시지, 모바일 앱, 디바이스 센서 기반 모니터링 등의 다양한 mHealth 중재가

제공되어 왔으나, mHealth 증재의 종류에 상관없이 노인의 신체활동 개선에 효과적인 것으로 보고된 바 있다 (Changizi & Kaveh, 2017). 이는 6MWD에 대한 분석 결과와 일맥상통하지만, 걸음 수에 대해서는 상이한 결과이다. 본 연구는 하위 그룹 분석 시 특정 지표를 사용하고 증재 유형을 더 상세히 구분하였기 때문에 차이가 확인되었을 가능성이 있다.

행동변화기술 적용 측면에서 하위그룹 분석 결과, 걸음 수는 자기 모니터링 설정 여부와는 상관없이 모두 증가효과가 있었고, BCTs가 10개 이하로 적용된 경우와 피드백 또는 맞춤형 또는 목표 설정이 적용된 경우에 증가효과가 있었으며, 맞춤형이 적용되지 않거나 목표 설정을 하지 않을 때는 오히려 감소효과를 보였다. 6MWD는 자기 모니터링 및 목표 설정 여부에는 상관없이 모두 증가효과가 있었고, 피드백을 주는 경우에 증가효과가 있었다. 노인의 효과적인 신체활동 개선을 위해서는 mHealth 증재에 자기 모니터링보다는 피드백, 맞춤형과 같은 BCT의 적용이 더 중요하고, 목표 설정 또한 맞춤형 할 때 더 효과적일 것으로 사료된다. 본 연구와 유사한 주제에 대해 체계적 문헌고찰을 수행한 선행 연구에서도 노인 대상 mHealth 기반 신체활동 증재 중 일부만 BCTs를 적용하고 있어 BCTs 기반의 증재의 필요성이 제언된 바 있는데(Changizi & Kaveh, 2017), 본 연구는 구체적으로 BCTs 유형에 따른 효과성을 검토했다는 측면에서 의의가 있다.

건강상태에 대한 효과크기 분석에서는 노인의 BMI의 효과를 분석한 6편의 논문에 대해 -0.351의 작은 효과크기가 계산되었다. 선행 연구에서 BMI는 노인의 신체활동 수준과 유의한 연관성이 있으며(Koolhaas et al., 2017), 서로 반비례 관계를 나타내고 있음이 보고된 바 있다(Stehr & von Lengerke, 2012). 본 연구 결과에서도 노인의 BMI 감소에 대한 신체활동 증재의 유의한 영향을 확인하였다. 하지만 선행 연구에서 신체활동량계(Physical activity monitors) 기반의 3건의 증재 연구를 메타분석한 결과, BMI에 대한 효과크기는 0.15로 작고 유의하지 않아 증재 효과 차이를 설명하지 못하였다(McGarrigle & Todd, 2020). 본 연구는 mHealth를 신체활동량계로 제한하지 않고, 앱, 웹, 디바이스 등에 대해 포괄적으로 분석하여 작지만 유의한 효과크기를 확인할 수 있었다. 빠르게 성장하고 있는 디지털 헬스 산업 동향에 따라 향후 노인의 신체활동 증재에도 다양하

고 발전된 mHealth 증재가 적용되고, 그에 대한 효과크기가 새롭게 종합 분석되어야 할 것이다.

본 연구는 노인 대상의 mHealth가 그들의 신체활동 개선에 미치는 효과에 대해 증재 연구 결과를 통합하여 제시 및 해석하는데 주안점을 두었으며, 그동안 수행된 증재 연구의 현 상태를 진단하였다는 점에서 그 의의가 있다. 본 연구에서 밝혀진 결과를 토대로 향후 노인 대상 mHealth 신체활동 증재에 대해 걸음 수, 6MWD, 신체활동 시간을 향상시키는 목적으로 구성할 때, 실질적인 신체활동 개선 효과가 있을 것으로 사료된다. 또한, 스마트 헬스케어의 주목받는 시점에서 최신의 근거 및 효과적인 증재 구성요소를 제시하는 데에 기여할 수 있다는 점에서 학문적 의미가 있는 연구라고 판단된다. 본 연구의 분석결과는 다음의 한계점을 고려하여야 한다.

만 65세 이상의 노인을 포함한 연구를 대상으로 메타분석한 결과이므로 걸음 수에 대해 연령 집단에 따른 하위그룹 분석 결과와 같이 65세 미만의 인구 집단에 대한 효과가 일부 포함되어 있을 가능성이 있다. 또한, 노인 연령의 특성을 고려하여 질환 여부 및 연구 대상자 개개인의 건강상태가 상이할 수 있으므로 이에 대한 주의가 필요하다는 점에서 65세 이상의 노인에게만 적용하는데 신중을 기해야 할 필요가 있다. 또한 4곳의 국내 데이터베이스의 검색 과정을 거쳤음에도 불구하고 분석대상 연구가 대부분 외국에서 시행된 증재연구라는 측면에서, 본 연구결과를 우리나라 인구집단에 적용하는데 제한점이 있다. 향후 우리나라 노인을 대상으로 한 mHealth 증재가 활성화되어 다수의 효과 평가가 이루어진 이후, 종합 분석되어야 할 것이다. 연구설계 측면에서도 RCT와 유사실험설계 연구를 모두 포함하여 메타분석을 수행하기 위해서는 그에 따른 연구별 가중치를 다르게 부여해야 하지만, 본 연구에서 활용하는 CMA 3.0를 통해 해당 문헌별 가중치 부여가 어려워 표본 크기에 따른 가중치만 부여한 Hedges's g를 활용하였다.

메타분석에서 포함된 연구가 10개 미만인 경우 통계적 검정방법으로 연구들 간의 이질성을 발견하지 못할 수 있다. 결과변수인 6MWD, PA, BMI에 대해서는 포함된 연구의 수가 10개 미만이었으므로, 본 연구에서 발견하지 못한 이질성이 있을 수 있다. 다만 본 연구에서 이질성이 높았던 6MWD에 대해서는 하위그룹 분석을 통해 이질성 요인을 밝혀냄으로써 한계점을 보완하였다. 그리고 본 연구는 문

현의 질을 고려하여 학술지에 게재된 논문만으로 메타분석을 수행하였다. 메타분석은 학술지에 게재된 연구물과 미게재된 연구물이 비슷한 비율로 분석대상에 포함되었을 때, 보다 신뢰할 수 있는 결과를 도출할 수 있다는 논의에 따라(Cooper, Hedges & Valentine, 2019), 후속 메타분석 연구에서는 출판유형에 따른 연구물의 비율을 고려하여 분석할 것을 제언한다.

마지막으로 노인의 걸음 수는 신체활동을 측정하는 객관적인 방법이지만, 노인의 양호한 신체 건강을 위한 권장 일일 걸음 수는 아직 구체적으로 정의되지 않아, 노인의 권장(증가) 걸음 수를 결정하려면 더 많은 연구가 필요하다는 점이 제언되고 있다(Aslam et al., 2020). 따라서 본 연구의 mHealth 중재의 걸음 수 증가효과를 기반으로 중재를 기획 및 수행함에 있어서는 노인의 특성을 고려한 걷기 권장 중재가 이루어져야 할 것이다. 더불어, 나이가 들면서 체지방량의 증가, 근육량의 감소 등 체성분의 변화가 관찰되기 때문에 노인의 BMI를 효과로 해석하는 데에는 주의가 필요하다는 의견이 있으나(Kim, 2018), 신체활동을 통해 근육량 및 골밀도 감소의 문제를 상쇄할 수 있다(Wang et al., 2008). 노년기의 적당한 체중 감소는 관절 건강 및 심혈관질환 위험요인 개선에 도움이 된다고 보고된 바 있다(Miller & Wolfe, 2008). 따라서 노인 개인의 체성분을 고려한 적절한 수준의 체중 감소를 통해 BMI의 정상 수준을 유지하기 위한 신체활동 중재가 중요하다. 이에 따라 노인의 건강증진에 연관된 신체활동 향상 지표가 보다 구체화된다면 중재의 효과성 검증의 신뢰도를 강화할 수 있을 것이다.

V. 결론

본 연구는 최근 10년간 국내외의 노인을 대상으로 한 모바일헬스 기반 신체활동 개선 중재 연구의 효과성에 대한 메타분석을 주목적으로 하는 연구로서, 행동 이론 기반 중재의 효과성에 대한 최신의 근거를 마련하고자 수행되었다. 연구 결과, 노인 대상 신체활동 개선을 위한 모바일헬스 중재는 신체활동 향상 및 건강상태 개선에 효과적임을 확인할 수 있었다. 또한, mHealth 중재에서 활용되는 BCTs 중 피드백이 가장 많이 활용되고 있음을 파악하고,

맞춤화와 자기 모니터링이 적용된 중재에서 효과성이 높음을 확인할 수 있었다. 본 연구는 노인 대상 mHealth 중재의 현황을 파악하고, 효과적인 중재 구성을 위한 방향성을 제시하였다는 점에서 보건교육 건강증진 프로그램 개발에 혁신적인 기술을 적용하는 근거가 될 수 있다. 지속가능성 및 건강형평성 보장 측면에서 주목받고 있는 스마트 헬스케어 산업은 고령화로 증가하고 있는 국민의료비 부담을 절감하는 데에 크게 기여할 것으로 전망된다. 따라서 보다 효과적인 중재 구성 전략에 대한 연구가 활발하게 이루어져야 할 것이며, 계속해서 발전하기 위해서는 새로운 유형의 헬스케어 중재가 등장함에 따라 이들에 대한 보건 분야의 전문가에 의한 효과성 연구 및 경제성 평가가 지속적으로 수행될 필요가 있다.

References

- Ashe, M. C., Winters, M., Hoppmann, C. A., Dawes, M. G., Gardiner, P. A., Giangregorio, L. M., ... & McKay, H. A. (2015). "Not just another walking program": Everyday Activity Supports You (EASY) model—a randomized pilot study for a parallel randomized controlled trial. *Pilot and Feasibility Studies*, 1(1), 1-12.
- Aslam, A. S., Luenen, S. V., Aslam, S., Bodegom, D. V., & Chavannes, N. H. (2020). A systematic review on the use of mHealth to increase physical activity in older people. *Clinical EHealth*, 3, 31-39.
- Barberan-Garcia, A., Vogiatzis, I., Solberg, H. S., Vilaró, J., Rodríguez, D. A., Garåsen, H. M., ... & NEXES Consortium. (2014). Effects and barriers to deployment of telehealth wellness programs for chronic patients across 3 European countries. *Respiratory Medicine*, 108(4), 628-637.
- Bisson, A. N., Sorrentino, V., & Lachman, M. E. (2021). Walking and daily affect among sedentary older adults measured using the StepMATE app: pilot randomized controlled trial. *JMIR MHealth and UHealth*, 12(12), e27208.
- Blair, C. K., Harding, E., Wiggins, C., Kang, H., Schwartz, M., Tarnower, A., ... & Kinney, A. Y. (2021). A home-based mobile health intervention to replace sedentary time with light physical activity in older cancer survivors: randomized controlled pilot trial. *JMIR Cancer*, 12(12), e18819.
- Bouaziz, W., Lang, P., Schmitt, E., Kaltenbach, G., Geny, B., & Vogel, T. (2016). Health benefits of multicomponent

- training programmes in seniors: A systematic review. *International Journal of Clinical Practice*, 70(7), 520-536.
- Brickwood, K. J., Ahuja, K. D., Watson, G., O'Brien, J. A., & Williams, A. D. (2021). Effects of activity tracker use with health professional support or telephone counseling on maintenance of physical activity and health outcomes in older adults: randomized controlled trial. *JMIR MHealth and UHealth*, 9(1), e18686.
- Byun, H., Jeon, S. W., & Yi, E. S. (2022). A Study on the current situation and trend analysis of the elderly healthcare applications using big data analysis. *Journal of the Korea Convergence Society*, 13(5), 313-325.
- Cadmus-Bertram, L. A., Marcus, B. H., Patterson, R. E., Parker, B. A., & Morey, B. L. (2015). Randomized trial of a Fitbit-based physical activity intervention for women. *American Journal of Preventive Medicine*, 49(3), 414-418.
- Cai, X., Qiu, S., Luo, D., Li, R., Liu, C., Lu, Y., ... & Li, M. (2022). Effects of peer support and mobile application-based walking programme on physical activity and physical function in rural older adults: a cluster randomized controlled trial. *European Geriatric Medicine*, 13(5), 1187-1195.
- Changizi, M., & Kaveh, M. H. (2017). Effectiveness of the mHealth technology in improvement of healthy behaviors in an elderly population—A systematic review. *Mhealth*, 3.
- Chapman, B. P., Hampson, S., & Clarkin, J. (2014). Personality-informed interventions for healthy aging: conclusions from a National Institute on Aging work group. *Developmental Psychology*, 50(5), 1426.
- Cheatham, S. W., Stull, K. R., Fantigrassi, M., & Motel, I. (2018). The efficacy of wearable activity tracking technology as part of a weight loss program: A systematic review. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(4), 534-548. doi: 10.23736/S0022-4707.17.07437-0
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Lawrence Erlbaum Associates. Hillsdale, NJ, 20-26.
- Collins, T., Geana, M., Overton, K., Benton, M., Lu, L., Khan, F., ... & Zhu, Y. (2022). Use of a Smartphone App Versus Motivational Interviewing to Increase Walking Distance and Weight Loss in Overweight/Obese Adults With Peripheral Artery Disease: Pilot Randomized Trial. *JMIR Formative Research*, 6(2), e30295.
- Cooper, H., Hedges, L. V., & Valentine, J. C. (Eds.). (2019). *The handbook of research synthesis and meta-analysis*. NY: Russell Sage Foundation.
- Demeyer, H., Louvaris, Z., Frei, A., Rabinovich, R. A., de Jong, C., Gimeno-Santos, E., ... & Troosters, T. (2017). Physical activity is increased by a 12-week semiautomated telecoaching programme in patients with COPD: a multicentre randomised controlled trial. *Thorax*, 72(5), 415-423.
- Duscha, B. D., Piner, L. W., Patel, M. P., Crawford, L. E., Jones, W. S., Patel, M. R., & Kraus, W. E. (2018). Effects of a 12-week mHealth program on functional capacity and physical activity in patients with peripheral Artery disease. *The American Journal of Cardiology*, 122(5), 879-884.
- Grau-Pellicer, M., Lalanza, J. F., Jovell-Fernández, E., & Capdevila, L. (2020). Impact of mHealth technology on adherence to healthy PA after stroke: a randomized study. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 27(5), 354-368.
- Health Insurance Review & Assessment Service. (2021). *National Health Insurance Statistical Yearbook*. Korea: National Health Insurance Service.
- Hong, S. Y. (2013). Effects of multi-component exercise intervention on the physical and cognitive function of demented older patients: 24-week pilot study. *Journal of the Korean Gerontological Society*, 33(2), 257-273.
- Kharmats, A. Y., Wang, C., Fuentes, L., Hu, L., Kline, T., Welding, K., & Cheskin, L. J. (2022). Monday-focused tailored rapid interactive mobile messaging for weight management 2 (MTRIMM2): results from a randomized controlled trial. *Mhealth*, 8.
- Kim, T. N. (2018). Elderly obesity: is it harmful or beneficial?. *Journal of Obesity & Metabolic Syndrome*, 27(2), 84.
- Koolhaas, C. M., van Rooij, F. J., Schoufour, J. D., Cepeda, M., Tiemeier, H., Brage, S., & Franco, O. H. (2017). Objective measures of activity in the elderly: Distribution and associations with demographic and health factors. *Journal of the American Medical Association*, 318(10), 838-847.
- Korean Statistical Information Service. (2021). *Key demographic indicators (sex ratio, population growth rate, population structure, dependency ratio, etc.) / Nationwide*. Retrieved from https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1BPA002&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=A41_10&sc_rId=&seqNo=&lang_mode=ko&obj_var_id=&itm_id=&con_n_path=MT_ZTITLE&path=%252FstatisticsList%252FstatisticsListIndex.do
- Lyons, E. J., Swartz, M. C., Lewis, Z. H., Martinez, E., & Jennings, K. (2017). Feasibility and acceptability of a wearable technology physical activity intervention with telephone counseling for mid-aged and older adults: a randomized controlled pilot trial. *JMIR MHealth and UHealth*, 9(3), e6967.

- Martin, S. S., Feldman, D. I., Blumenthal, R. S., Jones, S. R., Post, W. S., McKibben, R. A., ... & Blaha, M. J. (2015). mActive: a randomized clinical trial of an automated mHealth intervention for physical activity promotion. *Journal of the American Heart Association*, 4(11), e002239.
- McGarrigle, L., & Todd, C. (2020). Promotion of physical activity in older people using mhealth and ehealth technologies: Rapid review of reviews. *Journal of Medical Internet Research*, 22(12), e22201.
- Miller, S. L., & Wolfe, R. R. (2008). The danger of weight loss in the elderly. *The Journal of Nutrition Health and Aging*, 12(7), 487-491.
- Ministry of Health and Welfare., & Korea Health Promotion Institute. (2021). *The 5th national health plan (Health plan 2030, 2021~2030)*. Sejong: Korea Health Promotion Institute.
- Mönninghoff, A., Kramer, J. N., Hess, A. J., Ismailova, K., Teepe, G. W., Car, L. T., ... & Kowatsch, T. (2021). Long-term effectiveness of mHealth physical activity interventions: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Medical Internet Research*, 23(4), e26699.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic Reviews*, 10(1), 1-11.
- Paramastri, R., Pratama, S. A., Ho, D. K. N., Purnamasari, S. D., Mohammed, A. Z., Galvin, C. J., ... & Iqbal, U. (2020). Use of mobile applications to improve nutrition behaviour: A systematic review. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 192, 105459. doi: 10.1016/j.cmpb.2020.105459
- Park, J.H. & Lee, S.A. (2019). Effects of intervention based on mobile device applications on managing healthy lifestyle of older adults: Systematic review of randomized controlled trials. *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology*, 13(3), 209-218.
- Persell, S. D., Peprah, Y. A., Lipiszko, D., Lee, J. Y., Li, J. J., Ciolino, J. D., ... & Sato, H. (2020). Effect of home blood pressure monitoring via a smartphone hypertension coaching application or tracking application on adults with uncontrolled hypertension: a randomized clinical trial. *JAMA Network Open*, 3(3), e200255-e200255.
- Pinto, B. M., Kindred, M., Franco, R., Simmons, V., & Hardin, J. (2021). A 'novel' multi-component approach to promote physical activity among older cancer survivors: a pilot randomized controlled trial. *Acta Oncologica*, 60(8), 968-975.
- Poppe, L., De Bourdeaudhuij, I., Verloigne, M., Shadid, S., Van Cauwenberg, J., Compernelle, S., & Crombez, G. (2019). Efficacy of a self-regulation-based electronic and Mobile health intervention targeting an active lifestyle in adults having type 2 diabetes and in adults aged 50 years or older: two randomized controlled trials. *Journal of Medical Internet Research*, 21(8), e13363.
- Robert, C., Erdt, M., Lee, J., Cao, Y., Naharudin, N. B., & Theng, Y. L. (2021). Effectiveness of eHealth nutritional interventions for middle-aged and older adults: Systematic review and meta-analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 23(5), e15649. doi: 10.2196/15649
- Statistics Korea. (2022). *2022 Senior population statistics*. Retrieved from https://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/1/1/index.board?bmode=read&aSeq=420896
- Stehr, M. D., & von Lengerke, T. (2012). Preventing weight gain through exercise and physical activity in the elderly: a systematic review. *Maturitas*, 72(1), 13-22.
- Trends in aerobic physical activity rates*. (2022, April 12). Korean Statistical Information Service. https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=177&tblId=DT_11702_N236&conn_path=I2
- Van Dyck, D., Herman, K., Poppe, L., Crombez, G., De Bourdeaudhuij, I., & Gheysen, F. (2019). Results of MyPlan 2.0 on physical activity in older Belgian adults: randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research*, 21(10), e13219.
- Vorriink, S. N., Kort, H. S., Troosters, T., Zanen, P., & Lammers, J. W. J. (2016). Efficacy of a mhealth intervention to stimulate physical activity in copd patients after pulmonary rehabilitation. *European Respiratory Journal*, 48(4), 1019-1029.
- Wang, X., Lyles, M. F., You, T., Berry, M. J., Rejeski, J., & Nicklas, B. J. (2008). Weight regain is related to decreases in physical activity during weight loss. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(10), 1781.
- Widmer, R. J., Allison, T. G., Lennon, R., Lopez-Jimenez, F., Lerman, L. O., & Lerman, A. (2017). Digital health intervention during cardiac rehabilitation: a randomized controlled trial. *American Heart Journal*, 188, 65-72.
- Wong, E. M. L., Leung, D. Y., Tam, H. L., Wang, Q., Yeung, K. W., & Leung, A. Y. (2021). The effect of a lifestyle intervention program using a mobile application for adults with metabolic syndrome, versus the effect of a program using a booklet: a pilot randomized controlled trial. *Clinical Interventions in Aging*, 16, 633.
- World Health Organization. (2012). *Global recommendations on physical activity for health*. Geneva, Switzerland: World Health Organization.

Yerrakalva, D., Hajna, S., & Griffin, S. (2019). Effects of mobile health app interventions on sedentary time, physical activity, and fitness in older adults: Systematic review and meta-analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 21(11), e14343.

- | | |
|-----------------|---|
| ■ Jiyoung Lee | https://orcid.org/0000-0002-4558-763X |
| ■ Jiye Kim | https://orcid.org/0000-0002-9597-8188 |
| ■ Jaewon Lee | https://orcid.org/0000-0001-7914-0329 |
| ■ Seohyeon Lee | https://orcid.org/0000-0002-7352-4417 |
| ■ Sangah Lee | https://orcid.org/0000-0002-4657-3977 |
| ■ Hyekyeong Kim | https://orcid.org/0000-0002-6246-9942 |