



운동이 중·장년의 수면에 미치는 영향: 체계적 문헌고찰 및 메타분석적 접근

은홍범 PhD, 백성수 PhD

상명대학교 운동재활연구소

Effect of Exercise on Sleep in the Middle-aged and Older adult: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials

Hong-Bum Eun PhD, Seung-Soo Baek PhD

Exercise Rehabilitation Research Institute, Sangmyung University, Seoul, Korea

PURPOSE: This study evaluated the influence of exercise on improving sleep quality in middle-aged and older patients with sleep disorders using subjective (PSQI and ISI) and physiological indicators (ActiGraph). The relationships between various moderators by which exercise affects sleep-disorder improvement were investigated.

METHODS: From the study's inception to December 31, 2021, the PubMed, ScienceDirect, MEDLINE, and Google Scholar databases were searched for relevant studies. A meta-analysis was conducted with Comprehensive Meta-Analysis 2.0, using the random-effects model.

RESULTS: The meta-analysis of 21 studies showed that exercise improves sleep quality ($ES = -0.42, p = .00$), insomnia severity ($ES = -0.54, p = .00$), and sleep efficiency ($ES = 0.37, p = .00$). A walking-based exercise was effective in improving sleep quality ($ES = -0.38, p = .00$), insomnia severity ($ES = -0.55, p = .03$), and sleep efficiency ($ES = -0.39, p = .00$) in middle-aged and older patients with sleep disorders. A mind-body exercise was effective in improving sleep quality ($ES = -0.52, p = .00$). Regardless of exercise frequency, 90-120 min of exercise per week was important, and moderate-intensity exercise of more than 30 min/day improved sleep in middle-aged and older adults.

CONCLUSIONS: Exercise is an effective intervention for improving sleep quality in middle-aged and older adults with sleep disorders. The walking-based and mind-body exercises were effective, and differences according to the exercise intervention components were observed. Customized exercise interventions are possible depending on individuals' physical strength and can be safe and economical.

Key words: Middle-aged adult, Older adult, Sleep, Exercise, Meta-analysis

서론

불충분한 수면은 낮 시간동안 과도한 피로와 졸림 증상을 유발하

고, 일상활동(daily life)을 저해할 수 있다[1]. 낮은 수면의 질이 지속될 경우, 신진대사(metabolism), 내분비(endocrine) 및 면역체계(immune systems)에 손상을 줄 수 있으며[2], 다양한 질병과 만성질환의 유발을

Corresponding author: Seung-Soo Baek **Tel** +82-2-2287-5153 **Fax** +82-2-2287-0075 **E-mail** ssoop@smu.ac.kr

*This work was supported by Sangmyung University 2022 research grant.

Keywords 중년, 장년, 수면, 운동, 메타분석

Received 18 Feb 2023 **Revised** 25 Feb 2023 **Accepted** 27 Feb 2023

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

촉진한다[3]. 국내 수면장애 환자는 꾸준히 증가하고 있고 2021년 기준, 약 109만명으로 집계되고 있다[4]. 국내 40대 이상의 불면증 환자가 증가하고 있으며, 국민건강보험공단(2015-2020)이 제공한 최근 5년간의 연령별 불면증 진료 통계를 통해 수면장애에 진료빈도는 연령에 따라 비례하는 것을 확인할 수 있다[5]. 특히, 50대 불면증은 치매(dementia) 발병 위험을 두 배로 증가하는 위험요인(risk factor)이 되며, 노년기 우울증의 주요 원인[6]이 될 수 있으므로 중·장년의 수면 개선을 위한 다학제적 연구가 필요한 상황이다.

수면 치료는 주로 약물요법 또는 인지행동치료요법(cognitive-behavioral therapy, CBT)을 활용하지만 약물요법의 경우, 어지럼증과 기억력 저하 등 부작용이 보고되고 있다[7]. 또한 인지행동치료(CBT)는 전문가의 동반없이 환자가 홀로 수행이 어렵고, 비용이 많이 발생하는 제한점[8]이 있기 때문에 안전하고 경제적인 치료요법으로 운동(exercise)의 중요성이 강조되고 있다.

운동을 통한 수면 개선의 연관성을 찾기 위한 연구는 그동안 다양한 연령에서 진행되었고, 중·장년층에 초점을 둔 운동효과의 검증은 대부분 최근 10년 사이에 이루어졌다[9-29]. 메타분석을 통한 수면 개선 운동효과는 중강도 기반의 걷기운동에서 확인하였는데[30,31], 또 다른 메타분석의 경우, 저항성 운동[32]과 저강도 수준의 심신운동[33]에서 수면 개선 효과가 나타났다. 즉, 현재 수면 개선에 가장 효과적인 운동유형과 운동강도에 관한 논의는 혼재하며, 중·장년 환자의 수면 개선을 위한 운동처방을 설계하기 위한 명확한 가이드라인을 제시하기 어렵다.

운동 구성 요인의 경우, 하루 30분 이상, 주 5회의 운동을 권장하고 있고, 이는 주당 150분에 해당하는 운동량으로 6개월(약 2주) 이상의 운동 유지기간을 제시한다[34]. 그러나 최근 일련의 무작위 실험 연구(randomized controlled trials, RCTs)를 통해 4주 이상[22]의 단기 운동 중재의 효과가 보고되고 있으며, 주 1회[28,29] 또는 주 3회[13-17,21,23,25,27]의 운동빈도로 운동을 수행했을 때 중·장년의 수면 개선이 나타남을 확인할 수 있었다. 또한 주 90분[14,20-22,24,28] 또는 120분[9,10,12-14,18,20,28]의 운동시간에서 중간수준 이상의 수면 개선 효과를 보이며 기존 운동가이드라인에서 제시하는 운동 구성 요인과 비교해 단기간, 그리고 적은 운동량으로도 수면 개선의 효과는 나타날 수 있음을 시사한다.

따라서 본 연구는 자기보고식 수면 평가(PSQI, ISI)와 생리학적 수면 평가(SE)의 측정 결과를 통해 운동유형, 운동강도, 운동기간, 운동빈도, 운동시간 등 운동 구성 요인이 중·장년의 수면에 미치는 영향력을 분석하였다. 본 연구의 목적은 수면장애를 가진 중·장년 환자의 수면 개선을 위한 가장 효과적인 운동 구성 요인을 확인하고, 운동목표 설정 시 임상에서 제안가능한 운동프로그램을 검증하는 것이다.

연구 방법

1. 연구 대상

1) 분석대상 문헌의 선정기준

운동을 통한 중·장년의 수면 개선 효과를 검증하기 위해 Preferred Reporting Items for Systematic and Meta-Analysis (PRISMA) 가이드라인을 준수하여 연구대상을 선정하였다. 본 연구 목적과 관련한 문헌 수집을 위해 PubMed, ScienceDirect, MEDLINE 및 Google Scholar 등 학술자료검색사이트를 활용하여 최초 출간일(initial publication date)부터 2021년 12월까지 해외에서 출간한 학술지를 조사하였고, PICOS 프로세스 기준에 따른 운동중재 관련 무작위 통제실험(randomized controlled trials, RCTs)연구를 선별하였다(Table 1). 문헌검색에 사용된 의학주제표목(medical subject headings, MeSH)과 주요 검색어(key word)는 physical exercise (예시, exercise, physical activity, physical training, physical exercise, aerobic, resistance, strength, endurance, running, walking, cycling, biking, baduajin, yoga, tai chi, qigong, stretching, balance, toning, pilates), sleep (예시, sleep disorder, insomnia, low quality of sleep), age (예시, middle-aged, older adults, elderly, aging), study (예시, RCTs)로 구성되었으며 주요 검색어는 모두 “AND”로 결합하여 검색하였다. 연구선정기준에 따른 포함(inclusion)조건은 다음과 같다. (1) 40세 이상 중년 또는 노인의 수면장애 또는 불면증 진단 환자 대상의 운동중재연구, (2) 수면의 질 변화를 운동중재 전(pre)과 후(post)로 구분하여 측정된 무작위 통제 실험(RCTs)연구, (3) PSQI, ISI, Actigraph (SE) 중 하나 이상을 사용하여 수면의 변화를 측정된 연구, (4) 온라인으로 전문(full-text) 무료열람이 가능한 연구, 그리고 (5) 해외에서 영문으로 출간한 연구이다. 본 연구를 위한 문헌의 선정과정은 Fig. 1과 같다.

2) 주관적 및 객관적 수면의 질 측정도구

중·장년 연구참여자의 운동중재 전과 후, 수면 개선의 변화추이를 분석하기 위해 2종의 자기보고식(self-reported) 측정도구와 1종의 생리학 측정도구를 사용한 연구를 선별하였고, 이 중 최소 하나 이상의 측정도구를 사용한 무작위 통제 실험(RCTs)연구를 분석대상으로 최

Table 1. PICOS criteria

PICOS	Inclusion criteria
Population	Middle or older adult (above 40 yr old)
Intervention	All type of exercise or physical activity (AE, RE, ME, NE)
Comparison	No exercise or physical activity
Outcome	Assessed by at least one of following: PSQI, ISI, Actigraph (SE)
Setting	Randomized Controlled Trials (RCTs)

AE, aerobic exercise; RE, resistance exercise; ME, mixed exercise (more than one type of exercise combined); NE, non-traditional exercise; PSQI, Pittsburgh Sleep Quality Index; ISI, Insomnia Severity Index; SE, Sleep Efficiency.

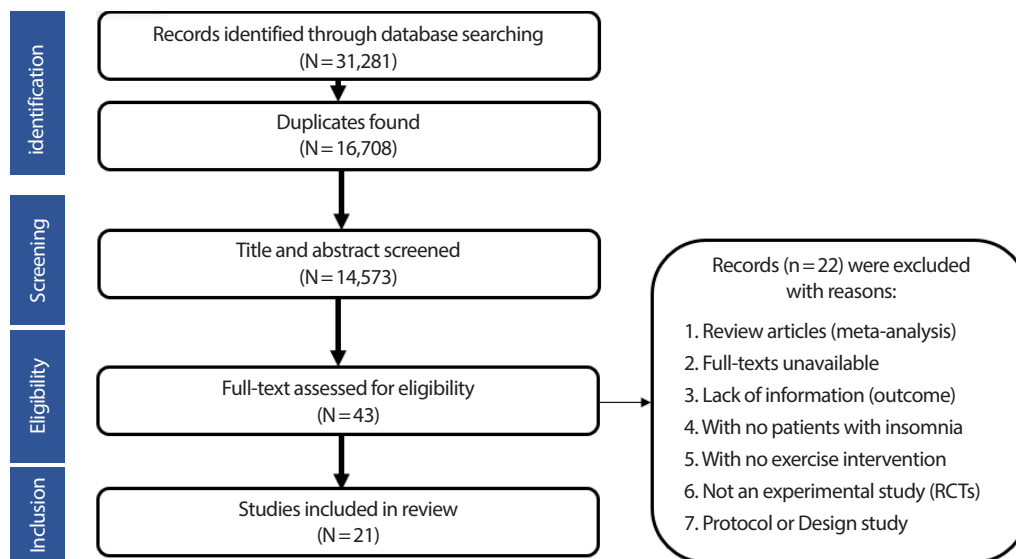


Fig. 1. Flow chart of literature search.

중 선정하여 수면의 질 변화를 관찰하였다. 자기보고식 검사기반의 측정도구를 사용하여 수면의 질을 검사한 경우는 주관적 지표(subjective indicator)로, 생리학적 검사기반으로 측정된 경우는 객관적 지표(objective indicator)로 분류하여 운동중재가 수면 장애 및 불면증 진단 환자에게 미치는 영향력을 검증하였다. 주관적 수면의 질 측정은 (1) 피츠버그 수면의 질 지수(Pittsburgh sleep quality index, PSQI), (2) 불면증 심각도 지수(insomnia severity index, ISI)를 사용한 연구를 선별하였다. PSQI는 지난 1개월 동안의 수면의 질을 검사하고 점수가 높을수록(5점 이상) 수면의 질은 낮아지는 것을 의미하고[35], ISI는 환자의 불면증 인식과 증상을 측정하며 점수가 높을수록(8점 이상) 불면증의 심각도를 나타낸다[36]. 객관적(생리학적) 수면의 질 측정은, (3) 가속도계(actigraphy)를 사용한 연구였으며, 환자에게 가속도계를 착용한 후 수면 상태를 모니터링하고, 수면 효율성(sleep efficiency, SE)을 측정하는 연구를 선별하여 분석하였다. 수면효율성은 수면시간을 잠자리에 누워있는 시간으로 나눈 후 100을 곱하여 백분율로 나타내며 일반적으로 85% 이하는 수면효율성이 낮은 것으로 간주한다[37].

2. 연구절차

1) 최종 선정된 문헌의 데이터 추출

최종 선정된 연구로부터 추출한 데이터 (1) 연구자, (2) 출간연도, (3) 운동중재 및 통제그룹의 운동 실시 전(pre)과 후(post) 수면의 질 평균 측정값, (4) 표본크기, (5) 유의확률(p-value), (6) 운동유형, (7) 운동강도, (8) 운동기간, (9) 운동횟수, (10) 운동시간을 통해 운동이 중·장년의 수면 개선에 미치는 전체 평균 효과크기를 산출하였다. 데이터 추출 및 코딩은 관련분야 박사 2인을 통해 진행되었으며, 데이터 추출 및 검정 중

발생한 의견 불일치는 관련분야 박사 3자와의 논의를 통해 진행하였다.

2) 데이터 합성 및 분석방법

데이터 분석을 위해 메타분석 전문 통계프로그램인 Comprehensive Meta-Analysis (CMA version 2.0)을 사용하였다. 운동중재의 결과를 다양한 측정도구로 평가하였을 때, 단일 단위(scale)로 연구결과를 표준화하기 위해 표준화된 평균차이(Standardized mean difference, SMD)로 분석하였고, 요약 통계량을 산출하여 최종 선정된 연구의 통합적 효과크기를 분석하였다. 또한, 개별 연구의 표본의 특성 및 운동중재방법 등 서로 다른 결과를 통한 이질성을 반영하기 위해 랜덤효과 모형(random-effect model)을 사용하였다. 표본수가 작으면 평균효과 크기(overall effect size)가 과대 추정되어 한 방향으로의 편향이 발생할 수 있으므로 Hedges'g를 통해 과대추정의 경향을 보정한 값으로 변환하였다. 하위 요인 분석으로 운동구성요소인 운동유형, 운동강도, 운동기간, 운동횟수, 운동시간, 연령, 성별, 및 운동지도자 동반 유무를 그룹별로 분류하여 그 효과성을 meta-ANOVA를 통해 비교, 분석하였으며, 퍼널도표(funnel plot)를 통해 본 메타분석에 포함된 연구들의 출판 편향(publication bias)의 여부를 시각적으로 확인하였다.

연구 결과

1. 검색결과 및 최종 연구선정

온라인 학술자료 검색사이트로부터 PubMed (70편), ScienceDirect (1,456편), MEDLINE (55편) 및 Google Scholar (29,700편) 등 1차 식별(identification)단계에서 총 31,281편의 문헌이 확인되었으며 16,708편의

중복연구를 제거하였다. 적합도 및 모니터링(eligibility and screening) 단계에서 문헌의 제목과 초록으로 본 연구목적과 관련 없는 14,573편의 문헌이 제거되었고, 전문(full-text)검토를 통해 22편이 제거되었다. 전문검토의 제외조건은 메타분석을 포함한 리뷰(review article), 전문을 제공하지 않은 문헌, 불충분한 결과값 제시, 불면증을 포함한 수면장애 대상이 아닌 연구, 운동중재 연구가 아닌, 무작위 통제실험(RCTs)이 아닌 연구, 프로토콜 및 디자인 연구였으며, 포함조건과 제외조건을 기반으로 최종 21편의 연구가 선정되었다. 문헌의 선정절차와 결과는 Fig. 1과 같다.

2. 출판 편향

결과에 따라 선택적으로 연구가 출간되지 않는 경우(선택적 보고), 결과가 한 방향으로 편향되는 오류가 발생(Higgins & Green, 2011)하게 되므로 본 연구는 퍼널도표(funnel plot)를 통해 오류발생의 여부를 시각적 비대칭 구조(깔때기형)를 통해 확인하였다. 피츠버그 수면의 질 지수(PSQI)검사를 사용한 연구문헌의 경우, 퍼널도표의 절편(intercept)이 -3.01084, 표준오차(standard error)는 0.46287, $p = .00001$ (2-tailed)로 확인되어 문헌 8편의 편향을 확인하였다. 수면효율성(SE)을 측정된 연구문헌의 절편(intercept)은 3.04152, 표준오차(standard error)는 0.66391, $p = .00133$ (2-tailed)로 문헌 5편의 편향을 확인하였다. 편향이 발견된 PSQI와 SE측정 연구문헌은 출판편향추정치 보정(trim and fill)을 통해 비대칭성 연구를 잘라내고(trim) 대칭성 연구들의 효과크기를 계산한 후, 가상의 연구들을 채워(fill) 넣어 기존 및 가상의 연구의 통합효과크기를 추정하였다(Fig. 2). 불면증 심각도 지수(ISI) 측정 연구문헌은 출판편향이 존재하지 않은 것으로 확인하였다.

3. 운동중재 프로그램이 수면의 질 개선에 미치는 전체 평균 효과크기

운동을 통한 중·장년 수면 장애 및 불면증 진단 환자의 수면의 질 개선효과를 검증하기 위해 주관적(self-reported) 및 객관적(physiological) 측정도구별 전체 평균 효과크기(overall effect-size)를 산출하였다. 주관적 수면의 질 검사에서 PSQI는 15편의 문헌에서 총 17개의 연구, ISI는 3편의 문헌에서 총 3개의 연구를 분석하여 운동중재가 수면에 질에 미치는 전체 평균효과크기를 도출했다(Table 2, Fig. 3). Forest plot

(Fig. 3)의 초록색 박스의 중간지점은 효과크기를 나타내며, 박스의 크기는 연구의 정밀성(precision)을 나타내는 가중치(weight)를 표시한다. 박스의 크기를 통해 각 연구의 가중치 규모를 확인할 수 있고, 다이아몬드 모양은 연구 전체의 효과크기이다. PSQI와 ISI의 Forest plot에서 [0.0]을 기준으로 왼쪽 방향은 수면의 질 및 불면증 개선효과가 있음을 나타내고, 오른쪽 방향은 수면의 질 저하와 불면증이 심화됨을 보여준다. 운동이 수면의 질에 미치는 영향력을 검사한 PSQI는 총 17개의 연구에서 랜덤효과 모형을 통해 분석된 운동중재프로그램의 전체 평균 효과크기($ES = (-)0.42$, 95%CI: $(-)0.52$ - $(-)0.32$, $p = .00$)는 통계적으로 유의한 중간수준에 준하는 긍정적인 효과성을 나타냈으며, 운동이 중·장년 수면장애 환자 및 불면증 진단 환자의 수면의 질 개선에 긍정적인 영향력이 있는 것으로 확인하였다. 운동이 불면증 심각도에 미치는 영향력을 측정한 ISI의 경우, 총 3개의 연구에서 중간수준의 긍정적인 전체 평균 효과크기($ES = (-)0.536$, 95%CI: $(-)0.19$ - $(-)0.55$, $p = .00$)를 보였으며, 총 11편의 SE연구를 통해 운동이 수면효율성에 미치는 낮은수준($ES = 0.37$, 95%CI: 0.19 - 0.55 , $p = .00$)의 효과성을 나타냈다. 최종 분석 대상자 및 운동중재의 특성은 Table 3과 같다.

3. 운동프로그램 구성 요인에 따른 수면의 질 개선 효과크기의 변화

1) 운동유형에 따른 중·장년의 수면 개선 효과

수집된 개별 연구의 중·장년 수면장애 환자 대상 운동중재 프로그램의 운동유형은 크게 (1) 유산소, (2) 저항성, (3) 복합, (4) 기타운동

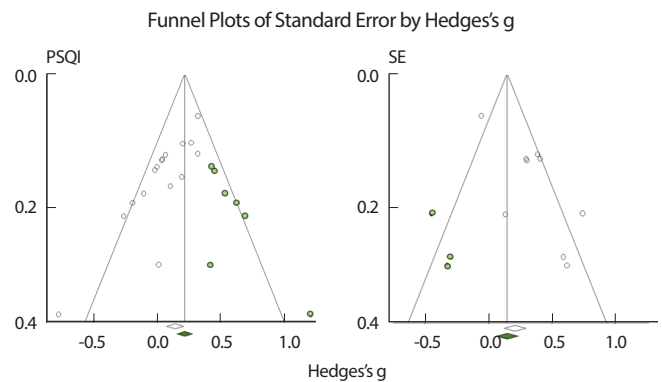


Fig. 2. Funnel plot for identifying publication bias.

Table 2. The overall effect size of exercise on sleep improvement (random-effect model)

Measurement Type	Study size (measurement)	ES	Standard Error	-95%CI (Lower limit)	+95%CI (Upper limit)	Q-value	I-squared
Self-reported	17 (PSQI)	-0.416	0.051	-0.515	-0.317	29.440	45.652
	3 (ISI)	-0.536	0.145	-0.820	-0.252	0.006	0.000
Physiological	11 (SE)	0.366	0.093	0.185	0.548	32.523	69.253

PSQI, Pittsburgh Sleep Quality Index; ISI, Insomnia Severity Index; SE, Sleep Efficiency; CI, confidence interval; ES, effect size.

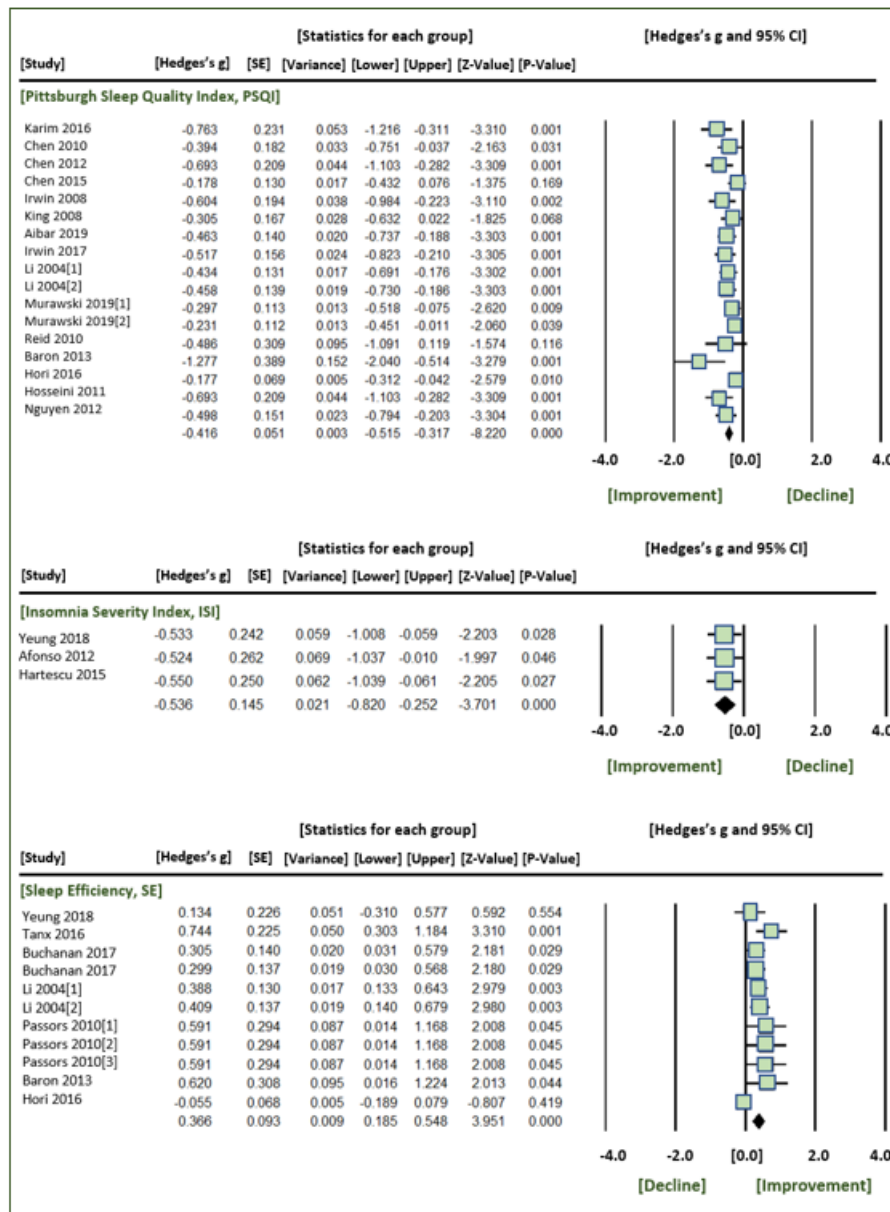


Fig. 3. Forest plot for the effect of exercise or physical activity in sleep disorder patients.

(non-traditional)으로 분류할 수 있었다. 운동유형을 자세히 살펴보면 유산소 운동은 걷기(walking), 고정식 자전거(stationary bike), 일립티컬 트레이너(elliptical trainer) 및 달리기(트레드밀 이용)으로 구성되어 있었고, 저항성 운동은 밴드(band)운동과 전신근력운동(예, 체스트프레스, 숄더프레스, 버티컬트랙션 등)이었다. 복합운동은 걷기와 근력운동 기반으로 구성되어 있었으며, 기타운동으로 요가(yoga), 타이치(taichi), 바두아진(baduain)과 같은 심신(mind-body)운동과 일상에서 쉽게 수행할 수 있는 신체활동 형태인 Zero-time exercise (ZTEx training)로 구성되어 있었다. 이 네 가지 운동유형이 중·장년 수면장애 환자의 수면 개선에 미치는 영향력을 개별그룹으로 분류하여 meta-ANOVA로 분

석하였다(Table 4). 수면의 질에 가장 효과적인 운동은 기타운동($ES = -0.52, p = .00$)이었다. 기타운동 중 심신운동인 바두아진과 타이치운동이 가장 효과적인 것으로 확인되었다. 그 다음은 유산소 운동($ES = -0.38, p = .00$)으로 걷기와 고정식자전거 운동이었다. 불면증 개선에 가장 효과적인 운동은 유산소 운동($ES = -0.55, p = .03$)이었으며 빠르게 걷기(brisk walking) 운동이 가장 효과적이었다. 그 다음으로 효과적인 운동은 일상에서의 신체활동으로 구성된 Zero-time exercise이었다. 수면 효율성에 효과적인 운동은 유산소 운동($ES = 0.39, p = .00$)이었는데, 이 중 스틱을 활용하며 걷는 노르딕 워킹(nordic walking)운동이 효과적이었다.

Table 3. Subject characteristics and Summary of Exercise intervention

[Reference, No] Author (Year)	Publication Type	Subjects (Gender, N)	Age	Effect Size	Measure	Exercise Intervention (Type)	Weeks (Days)	Time (min)	Intensity	BMI	Supervision
[12] Afonso (2012)	Journal	Female, 15	57.5	-0.524	ISI	Yoga	16 (2)	60	Low	No reported	Y
[9] Albar (2019)	Journal	Female, 55	70	-0.463	PSQI	Pilates	12 (2)	60	Low	30.17	Y
[29] Buchanan (2017)	Journal	(1) Female, 52 (2) Female, 54	(1) 55.3 (2) 55.6	(1) 0.305 (SE) (2) 0.299 (SE)	ActiGraph	(1) Yoga (2) Aerobic exercise; treadmill, elliptical trainer, or stationary bike	(1) 12 (1) (2) 12 (3)	(1) 90 (2) 60	(1) Low (2) Moderate	(1) 27.6 (2) 26.9	Y
[23] Baron (2013)	Journal	Female, 11	61.4	-1.277	PSQI	Walking, stationary bicycle, treadmill	16 (3)	30	Moderate	26.7	Mix
[16] Chen (2010)	Journal	Both, 31	65	-0.394	PSQI	Yoga	24 (3)	70	Low	No reported	Y
[15] Chen (2012)	Journal	Male, 10/ Female, 17	70.5	-0.693	PSQI	Baduanjin exercise	12 (3)	30	Moderate	No reported	Y
[14] Chen (2015)	Journal	Both, 59 (Male, 50.9% Female, 49.1%)	79.2	-0.178	PSQI	Wheelchair-bound senior elastic band exercise	24 (3)	40	Moderate	No reported	Y
[9] Hartescu (2015)	Journal	Both, 17	59.5	-0.550	ISI	Brisk Walking	24 (5)	30	Moderate	25.99	Y
[22] Hori (2016)	Journal	Male, 178/ Female, 36	44	-0.177	PSQI	Walking	4 (3)	above 30	Moderate	No reported	N
[21] Hosseini (2011)	Journal	Male, 14/ Female, 13	68.8	-0.693	PSQI	Tai chi	12 (3)	25	Moderate	24.37	Y
[13] Irwin (2008)	Journal	Female, 45	69.7	-0.604	PSQI	Tai Chi	16 (3)	40	Moderate	25.6	Y
[28] Irwin (2017)	Journal	Both, 45	59.6	-0.517	PSQI	Tai Chi	12 (1)	120	Moderate	25.6	Y
[10] King (2008)	Journal	Male, 12/ Female, 24	61.9	-0.305	PSQI	Aerobic movement using step platforms	48 (2)	60	Moderate	27.86	Mix
[19] Karimi (2016)	Journal	Male, 23	67.5	-0.763	PSQI	Walking	12 (5)	30	Vigorous	No reported	Y
[27] Li (2004)	Journal	Both, (1) 62, (2) 56 (Female 80%)	(1) 75.3 (2) 75.5	(1) -0.434 (PSQI) (2) -0.458 (PSQI)	PSQI	(1) Tai Chi (2) Low-impact exercise (walking and arm, neck, and leg circles)	24 (3)	60	(1) Moderate (2) Low	(1) 28.01 (2) 28.18	Y
[26] Murawski (2019)	Journal	Both, 80 (Female 80%)	41.1	(1) -0.297 (2) -0.231	PSQI	Daily steps, and resistance training	(1) 12 (7) (2) 24 (7)	60	Moderate-to-Vigorous	28.7	N (mobile app-based)
[20] Nguyen (2012)	Journal	Male, 24/ Female, 24	69.2	-0.498	PSQI	Tai chi	6 (2)	60	Moderate	24.14	Y
[25] Passos (2010)	Journal	Both, 12 (Female, 80%)	(1) 47.7 (2) 42.2 (3) 42.4	(1) -0.434 (SE) (2) 0.591 (SE) (3) 0.591 (SE)	Polysomnogram/ Daily sleep log	(1) MAE; running on treadmill (2) HAE; running on treadmill (3) MRE; shoulder press, chest press, vertical traction, leg press, leg curl, leg extension, abdominal crunch, and lower back	24 (3)	(1) 50 (2) 30 (3) 50	(1) Moderate (2) Vigorous (3) Moderate	(1) 26.1 (2) 24.4 (3) 23.4	Y
[24] Reid (2010)	Journal	Female, 10	62	-0.486	PSQI	Walking, Stationary bicycle, Treadmill	16 (4)	40	Moderate	26.5	Y
[17] Tan X (2016)	Journal	Male, 24	51.2	-0.554	ActiGraph	Nordic walking	24 (3)	45	Moderate	29.3	Y
[18] Yeung (2018)	Journal	Male, 2/ Female, 16	49.8	-0.533 (ISI)	ISI/Acti-Graph	Zero-time Exercise (ZTEX Training)	8 (2)	60	Low-to-Moderate	22.1	Y

PSQI, Pittsburgh Sleep Quality Index; ISI, Insomnia Severity Index; SE, Sleep Efficiency; MAE, Moderate-intensity Aerobic Exercise; HAE, High-intensity Aerobic Exercise; MRE, Moderate-intensity Resistance Exercise.

Table 4. Group differences in type of exercise intervention and exercise type (meta-ANOVA)

	Measurement	Items	Estimate	SE	-95%CI	+95%CI	z-value	p-value
Exercise Type	PSQI	Aerobic	-0.375	0.078	-0.528	-0.221	-4.789	.000*
		Resistance	-0.178	0.162	-0.496	0.140	-1.097	.272
		Mixed	-0.264	0.106	-0.471	-0.057	-2.500	.012*
		Non-trad	-0.517	0.068	-0.651	-0.383	-7.561	.000*
	ISI	Aerobic	-0.550	0.250	-1.039	-0.061	-2.205	.027*
		Non-trad	-0.529	0.178	-0.877	-0.180	-2.973	.003*
	Sleep Efficiency	Aerobic	0.389	0.123	0.148	0.630	3.161	.002*
		Resistance	0.591	0.390	-0.173	1.355	1.516	.130
		Non-trad	0.291	0.175	-0.053	0.634	1.658	.097

PSQI, Pittsburgh Sleep Quality Index; ISI, Insomnia Severity Index; CI, confidence interval; SE, standard error; Non-trad: Non-traditional exercise.

* $p < .05$.

Table 5. Group differences in type of exercise intervention and exercise intensity (meta-ANOVA)

	Measurement	Items	Estimate	SE	-95%CI	+95%CI	z-value	p-value
Exercise Intensity	PSQI	Low	-0.442	0.121	-0.680	-0.204	-3.643	.000*
		Moderate	-0.454	0.066	-0.582	-0.325	-6.912	.000*
		Moderate to-Vigorous	-0.264	0.130	-0.518	-0.009	-2.031	.042*
	ISI	Low	-0.524	0.471	-1.446	0.399	-1.112	.266
		Low to-Moderate	-0.533	0.460	-1.435	0.368	-1.159	.246
		Moderate	-0.550	0.464	-1.459	0.359	-1.186	.236
	Sleep Efficiency	Low	0.357	0.212	-0.057	0.772	1.689	.091
		Low to-Moderate	0.134	0.349	-0.549	0.817	0.384	.701
		Moderate	0.388	0.126	0.142	0.635	3.085	.002*
		Vigorous	0.591	0.396	-0.186	1.368	1.491	.136

CI, confidence interval; SE, standard error.

* $p < .05$.

2) 운동강도에 따른 중·장년의 수면 개선 효과

운동강도에 따른 중·장년 수면장애 환자의 수면 개선 효과를 분석 (Table 5) 했을 때, 측정도구에 따른 차이가 존재했는데 수면의 질의 경우, 운동중재에 활용된 모든 강도에서 효과를 나타냈다. 특히 저강도 ($ES = -0.44, p = .00$)의 운동강도에서부터 중간수준에 준하는 수면의 질 개선효과성이 나타났으며, 운동강도가 증가함에 따라 운동의 효과는 유지 또는 향상되었다. 그 중 중·장년 수면의 질 개선에 가장 효율적인 운동강도는 중강도 ($ES = -0.45, p = .00$)로 확인되었다. 수면의 질 개선에 효과적인 중강도 운동의 기준은 운동참여자의 최고 심박수 55-75% (max heart rate, MHR)를 심박수 측정모니터(heart rate monitor, HRM)로 모니터링 하며 운동을 수행했을 때였고, 수면효율성 향상에 가장 효과적인 운동강도 또한 수면의 질과 마찬가지로 중강도 ($ES = 0.39, p = .00$)에서 확인되었다. 수면효율성은 운동시 대사당량(metabolic equivalents, METs)을 기준으로 3.0-6.0수준의 운동 강도에서 효과가 나타났다.

3) 운동기간에 따른 중·장년의 수면 개선 효과

수집된 각 연구의 운동기간은 4주에서 최대 48주로 구성(Table 6)되

어 있었다. 수면의 질의 경우, 7개의 운동기간(4, 6, 8, 12, 16, 24, 48주)에서 통계적으로 유의한 효과를 나타냈는데 운동을 시작한지 4주($ES = -0.18, p = .05$)부터 낮은수준의 수면의 질 개선 효과가 나타나기 시작했으며, 8주($ES = -0.76, p = .00$)에 도달했을 때 중간수준의 효과성을 보이며 중재한 운동기간 중 가장 큰 효과성을 나타냈다. 특히, 운동기간이 증가할수록 수면장애 개선 효과는 유지되거나 향상됨을 확인하였다. 수면 효율성에서는 12주($ES = 0.30, p = .00$)부터 중간수준의 향상효과가 나타났으며 16주($ES = 0.62, p = .04$)에서 가장 큰 효과성을 보였다. 또한 운동기간이 24주에 도달했을 때도 마찬가지로 운동효과는 지속되었다.

4) 운동빈도에 따른 중·장년의 수면 개선 효과

수집된 각 연구의 주(week)당 운동횟수는 최소 1회에서 최대 7회로 구성(Table 7) 되어 있었다. 수면의 질에 미치는 운동횟수의 영향력을 meta-ANOVA를 통해 분석하였을 때, 수면의 질의 경우, 주 1회($ES = -0.52, p = .02$)부터 수면의 질 개선효과가 나타났으며 중간수준의 효과 크기로 가장 높은 효과성을 보였다. 2회, 3회의 운동횟수가 증가하면서 수면의 질 개선효과는 유지되었으나 4회에 도달했을 때 운동을 통

Table 6. Group differences in type of exercise intervention and exercise duration (meta-ANOVA)

	Measurement	Items	Estimate	SE	-95%CI	+95%CI	z-value	p-value
Exercise Duration (week)	PSQI	4	-0.177	0.089	-0.352	-0.002	-1.986	.047*
		6	-0.498	0.161	-0.814	-0.183	-3.092	.002*
		8	-0.763	0.238	-1.229	-0.298	-3.214	.001*
		12	-0.470	0.074	-0.614	-0.326	-6.390	.000*
		16	-0.681	0.156	-0.987	-0.379	-4.360	.000*
		24	-0.324	0.065	-0.453	-0.196	-4.962	.000*
		48	-0.305	0.176	-0.651	0.041	-1.728	.084
	ISI	8	-0.533	0.460	-1.435	0.368	-1.159	.246
		16	-0.524	0.471	-1.446	0.399	-1.112	.266
		24	-0.550	0.464	-1.459	0.359	-1.186	.236
	Sleep Efficiency	4	-0.055	0.068	-0.189	0.079	-0.807	.419
		8	0.134	0.226	-0.310	0.577	0.592	.554
		12	0.302	0.098	0.110	0.494	3.084	.002*
		16	0.620	0.308	0.016	1.224	2.013	.044*
24		0.479	0.078	0.327	0.631	6.183	.000*	

CI, confidence interval; SE, standard error.

* $p < .05$.**Table 7.** Group differences in type of exercise intervention and exercise frequency (meta-ANOVA)

	Measurement	Items	Estimate	SE	-95%CI	+95%CI	z-value	p-value
Exercise Frequency (day/week)	PSQI	1	-0.517	0.228	-0.963	-0.070	-2.268	.023*
		2	-0.480	0.156	-0.785	-0.175	-3.080	.002*
		3	-0.461	-0.075	-0.609	-0.313	-6.106	.000*
		4	-0.486	0.350	-1.173	0.201	-1.387	.165
		5	-0.305	0.235	-0.766	0.156	-1.296	.195
		7	-0.264	0.142	-0.541	0.014	-1.862	.063
	ISI	2	-0.529	0.178	-0.877	-0.180	-2.973	.003*
		5	-0.550	0.250	-1.039	-0.061	-2.205	.027*
	Sleep Efficiency	1	0.302	0.204	-0.097	0.701	1.483	.138
		2	0.134	0.339	-0.531	0.798	0.395	.693
		3	0.377	0.124	0.135	0.620	3.049	.002*
5		0.744	0.338	0.081	1.406	2.200	.028*	

CI, confidence interval; SE, standard error.

* $p < .05$.**Table 8.** Group differences in type of exercise intervention and exercise time (meta-ANOVA)

	Measurement	Items	Estimate	SE	-95%CI	+95%CI	z-value	p-value
Exercise Time (min/session)	PSQI	25	-0.693	0.269	-1.220	-0.165	-2.572	.010*
		30	-0.508	0.128	-0.758	-0.258	-3.986	.000*
		40	-0.375	0.149	-0.667	-0.083	-2.521	.012*
		60	-0.379	0.082	-0.540	-0.218	-4.623	.000*
		70	-0.394	0.249	-0.881	0.094	-1.583	.113
		120	-0.517	0.231	-0.968	-0.065	-2.241	.025*
		ISI	30	-0.550	0.250	-1.039	-0.061	-2.205
	60		-0.529	0.178	-0.877	-0.180	-2.973	.003*
	Sleep Efficiency	30	0.181	0.146	-0.105	0.466	1.239	.215
		50	0.591	0.240	0.121	1.061	2.464	.014*
		60	0.387	0.106	0.180	0.594	3.661	.000*
90		0.305	0.219	-0.124	0.734	1.393	.164	

CI, confidence interval; SE, standard error.

* $p < .05$.

한 개선효과는 나타나지 않았다. 불면증 심각도는 주 2회와 5회에서 통계적으로 유의한 중간수준의 개선효과를 보였는데, 주 5회($ES = -0.55, p = .03$)에서 가장 높은 효과성을 보이며 불면증 심각도 감소에 가장 효과적이었다. 수면효율성의 경우, 주 3회($ES = 0.38, p = .00$)부터 중간수준에 준하는 수면효율성 향상효과가 나타났다.

5) 운동시간에 따른 중·장년의 수면 개선 효과

1회 운동시간은 최소 25분에서 최대 120분으로 구성되어 있었고, 구체적으로 25분, 30분, 40분, 50분, 60분, 70분, 그리고 120분 동안의 운동시간에서 중·장년의 수면의 질, 불면증 심각도 및 수면효율성에 미치는 영향력을 확인했다(Table 8). 운동이 수면에 미치는 영향력을 측정도구별로 구분하여 meta-ANOVA를 통해 분석하였는데, 운동시간이 수면의 질 개선에 미치는 영향력은 25분($ES = -0.693, p = .01$)의 짧은 운동시간에서 효과성을 보였으며 25분의 운동시간은 구성된 운동시간 중 중·장년의 수면의 질 개선에 가장 높은 효과성을 나타냈다. 또한 30분에서 120분까지의 운동시간 증가에 따른 수면의 질 개선효과는 유지되었음을 확인할 수 있었다. 중·장년 불면증 심각도의 개선효과는 30분($ES = -0.55, p = .03$)의 운동시간에서 중간수준의 효과크기로 나타났으며, 60분의 운동시간에서도 중간수준의 효과성을 유지하며 중·장년 수면장애 환자의 불면증의 심각도 개선에 효과적이었다. 생리학 측정도구를 활용한 수면효율성의 경우, 50분($ES = -0.59, p = .14$)의 운동시간에서 중간수준의 수면효율성 개선이 관찰되었고, 60분까지 운동효과는 지속되었으나 90분에 도달했을 때 운동효과는 나타나지 않았다.

논 의

본 연구는 총 21편의 수면관련 운동중재 RCT연구로부터 추출한 31개의 운동프로그램 구성 요인을 분석하고, 총 1,835명의 중·장년 수면장애 환자를 대상으로 수면에 미치는 운동효과를 검증하였다. 주관적 자기보고식 수면 평가(PSQI, ISI)와 생리학적 수면 평가(SE)결과를 기반으로, 운동중재 후 중·장년의 수면의 질, 불면증 심각도 및 수면효율성에 미치는 운동의 유의한 전체평균효과를 확인하였다.

중·장년 대상 운동중재 프로그램의 운동유형을 분류했을 때, (1) 유산소 운동은 걷기, 트레드밀 달리기, 스테핑, 고정식 자전거 및 일립티컬 트레이너 운동이었으며, (2) 저항성 운동은 탄성밴드와 전신 근력운동이었다. 그리고 요가, 바두안진, 타이치 및 필라테스는 (3) 기타운동으로 구분하였다. PSQI, ISI 및 SE를 통해 도출한 중·장년 수면 개선에 가장 유의한 운동유형은 유산소 운동이었다. 유산소 운동 중, 수면 개선에 높은 효과성을 나타낸 종목은 빠르게 걷기(brisk walking)와 스틱으로 땅을 밀어내듯 걷는 노르딕 워킹(Nordic walking)이었다. 이 결과

는 걷기운동의 효과성을 검증한 기존 연구와 유사하다[38]. 특히, 전신을 힘을 사용하며 걷는 두 종목의 특성은 일반 걷기(ordinary walking)에 비해 에너지소비가 많고[39], 활동량이 감소한 고령자의 에너지 소비를 촉진함으로써 쉽게 잠이 들고, 수면을 유지하는 효과가 있는 것으로 추측할 수 있다. 또한 빠르게 걷기와 노르딕 워킹의 경우, 심혈관 건강(cardiovascular fitness)과 밀접한 연관성[40,41]이 있으므로 심혈관 건강 향상에 따른 불면증 완화 효과를 보고한 최근 연구결과[42]를 지지하는 것으로 보인다. 노르딕 워킹은 스틱을 활용하기 때문에 이동 중 신체의 밸런스를 쉽게 유지할 수 있고, 척추 및 관절의 무리를 방지할 수 있어 고령자의 운동프로그램 설정 시 적극적인 고려가 필요하다.

또한 PSQI에서 심신(mind-body)운동으로 분류되는 바두안진(baduanjin)과 타이치(taichi)운동의 높은 효과성이 확인되었다. 본 연구에서 분석된 바두안진과 타이치는 중강도 수준의 심신운동으로 동시에 분석된 저강도의 요가(yoga)와 비교하여 중·장년의 수면 개선효과가 상대적으로 높았다. 이는 전통적인 심신운동의 호흡과 자세를 통한 심리적 안정(mindfulness) 및 스트레스 완화 효과[43,44], 그리고 바두안진, 타이치 운동의 심혈관 운동 역할을 통한 심폐기능 강화[45,46]로 인한 에너지 소비량 증가 등으로 수면의 질 개선을 설명할 수 있다.

PSQI와 SE개선에 높은 영향력을 보인 운동강도는 중강도(moderate-intensity)운동이었다. 이 분석 결과는 중강도 운동강도의 효과성을 강조한 기존 연구[24,47]와 일치하였고, 본 연구에서 수면의 질 개선에 효과적인 중강도의 기준은 최고 심박수 55%에서 75% (MHR)까지를 심박수 측정모니터(HRM)를 활용하여 운동을 수행했을 때였으며, 회당 최대 심박수 55% (MHR)로 10-15분, 60%로 15-20분, 65%로 20-25분, 75%로 25-30분으로 환자의 운동부하를 점진적 늘려가는 것이 효과적이었다[23]. 수면효율성 향상에도 가장 효과적인 운동강도 역시 중강도 운동이었으며, 대사당량(metabolic equivalents, METs)기준으로 3.0-6.0으로 빠르게 걷기(brisk walking)수준의 운동 강도에서 효과가 가장 큰 것으로 확인하였다[17]. 이는 중강도 운동(VO_{2max} 60%)을 했을 때 증가하는 수면촉진호르몬(sleep-promoting hormone) 중 하나인 멜라토닌(melatonin)의 생성[48]으로 설명할 수 있으며, 노화에 따라 멜라토닌의 생성률이 감소되는 고령자의 경우 중강도 운동을 통한 수면에 드는 시간이 짧아지고, 수면의 지속성이 유지되었을 것으로 추측한다.

운동기간이 수면 개선에 미치는 유의성은 운동을 시작한 지 4주 후부터 수면의 질 향상으로 나타났다. 4주 동안 운동지도자 없이 하루만 보(또는 스텝)걷기를 실시했을 경우, PSQI점수가 6.46에서 5.37($p = .001$)로 감소하며 수면의 질 개선에 낮은 수준의 효과성을 보였다. 이 결과는 단기간의 운동이 수면의 질에 낮은 효과성을 보인 메타분석과 일치하는 결과[49]로 특히, 단기간의 운동은 수면단계(stage of sleep)에서 깨어 있는(awake) 상태와 렘수면(REM) 상태의 중간단계인 선잠(light) 단계를 단축하고, 깊은 수면 상태의 증가(Reid, 2010) 돕기

때문에 수면개선에 유익한 효과성을 보인 것으로 추측한다. 특히, 운동 기간이 8주에 도달했을 때, 4주 동안의 운동기간과 비교해 효과성의 차이($d = .59$)는 상당한 수준으로 향상되는 것을 확인할 수 있는데, 수면 효율성의 경우도 마찬가지로 8주 후부터 운동을 통한 개선 효과가 나타남을 확인하였다. 이 결과는 8주 이상의 중강도 유산소운동을 통한 수면 잠복기(Sleep Onset Latency, SOL)감소, 총 수면 시간(Total Sleep Time, TST)증가 및 수면 중 깨어나는 횟수(Wake After Sleep Onset, WASO)의 감소를 보고한 연구(Elizabeth, 2020)와 유사함을 보였다. 또한 본 연구에서는 8주 이후 최대 24주의 운동기간에서 개선효과는 유지되거나 향상되는 것을 확인하였고, 이 결과를 통해 중·장년 수면 개선을 위해 운동기간은 개인의 신체적 특성과 연령 등을 고려해 8주 이상의 운동이 효과적임을 추측할 수 있다.

운동빈도의 경우, 수집된 문헌에서 주 1회부터 최대 주 7회까지 구성되어 있었으며, PSQI를 통한 수면의 질 개선 효과는 주 1회의 운동 빈도에서 시작됨을 확인하였다. 수집된 두 개의 RCT연구에서 주 1회의 운동프로그램을 구성하여 중재를 수행하였는데 각 운동세션의 시간은 90분[29]과 120분[28]이었다. 즉, 하루 30분의 운동을 실시한 그룹과 비교했을 때, 타 그룹이 3일 동안의 운동을 실시한 만큼의 운동량(90분)이었으며, 이는 본 메타 연구에 포함된 다른 운동중재연구의 운동량과 큰 차이를 보이지 않았다. 즉, 운동 빈도를 설정할 때 최소한 주당 90분에서 120분의 시간을 고려하여 빈도를 구성해야 함을 시사한다. 또한 ISI의 경우, 주 2회의 운동빈도부터 수면 개선의 효과성이 나타났는데 각 세션당 60분의 운동프로그램으로 구성되어 있었고, 따라서 주 120분의 운동을 수행하였다. SE는 주 3회부터 효과성을 보였고, 최소 30분 이상의 운동시간으로 구성되어 주 90분 이상의 운동을 실시한 것으로 확인하였다. 따라서 주당 90분에서 120분 이상의 운동시간을 고려한 운동횟수의 조정이 더욱 중요함을 시사하며, 주당 수행해야 하는 운동시간이 충족이 된다면 운동프로그램 구성 시 개인의 신체적 특성, 선호도에 맞는 운동참여 횟수의 설정이 가능할 것이다.

PSQI를 통해 세션당 25분의 운동시간부터 수면의 질 개선이 시작되었고, 중재된 전체의 시간 중 가장 높은 수준의 개선 효과성을 보였다. 이후 수면의 질은 30분에서 중간수준의 효과성을 유지했고, 60분까지 도달하면서 운동을 통한 수면 개선 효과는 유지되었다. 이러한 효과성 패턴은 ISI에서도 유사하게 나타났는데 환자가 인식하는 불면증 심각성이 30분의 운동시간부터 60분까지 효과성을 나타내며 세션당 30분 이상의 운동을 통한 수면 개선에 효과성을 보고한 일련의 연구와 일치하는 결과를 보였다[50,51]. 특히, 본 연구에서는 PSQI, ISI 및 SE를 통해 공통적으로 운동시간이 60분 이상에 도달했을 때 더 이상의 수면 개선효과가 나타나지 않음을 확인했다. 따라서 중·장년의 수면개선을 위한 운동중재 시간은 30분에서 60분 이내로 설정하는 것이 효과적인 것으로 추측된다.

본 연구는 자기보고식 설문을 통한 수면의 질(PSQI)과 불면증 심각도(ISI), 그리고 실제 수면활동 측정 도구를 활용한 수면효율성(SE) 등 3가지 수면 검사결과를 기반으로 메타분석하여 중·장년 수면 개선에 미치는 운동의 긍정적 효과를 보여주고 있으나, 자기보고식 설문으로 수행한 수면의 질과 불면증 심각도는 보고자의 주관적 개입이 연구결과에 영향력을 미쳤을 가능성이 있다. 따라서 추가적인 실제 수면활동 측정 도구를 통해 연구결과와 객관성을 강화할 필요가 있으며, 향후 연구에서는 총 수면시간, 입면 후 각성시간 및 수면 잠복기 등 수면다원검사(polysomnography, PSG)의 검사결과를 포함한 분석이 필요할 것으로 판단된다.

결론

본 연구는 운동 구성 요인에 따라 중·장년의 수면에 미치는 유익한 운동의 영향력을 확인하였으며, 수면 개선에 미치는 운동의 전체효과는 자기보고식 설문 및 생리학적 수면 검사를 통해 면밀히 검증하였다. 운동 설계 시, 걷기 또는 심신운동(예, 바두아진, 타이치 등)을 기반으로 주 2-5회, 30-60분의 중강도 운동을 고려해야 하며, 8주 이상의 지속적인 운동참여기간을 포함하여야 한다. 특히 운동횟수의 증가보다는 주 90분 또는 120분 이상의 운동시간 설정을 통한 중·장년의 수면 개선을 기대할 수 있을 것이다. 본 연구결과를 기반으로 한 중·장년의 개인 맞춤형 운동프로그램의 구성은 약물 및 인지행동치료요법(CBT)을 대체할 수 있는 경제적이고, 안전한 중재요법으로 활용할 수 있을 것으로 생각한다.

CONFLICT OF INTEREST

The authors have no conflicts of interest relevant to this study.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: HB Eun, SS Baek; Data curation: HB Eun, SS Baek; Formal analysis: HB Eun; Funding acquisition: SS Baek; Methodology: HB Eun; Project administration: HB Eun; Writingoriginal draft: HB Eun, SS Baek; Writing-review & editing: SS Baek.

ORCID

Hong-bum Eun <https://orcid.org/0000-0002-0804-0555>
Seung-Soo Baek <https://orcid.org/0000-0002-1340-2098>

REFERENCES

1. Borja, NL, Daniel KL. Ramelteon for the treatment of insomnia. *Clin.* 2006;28(10):1540-55.
2. Aldabal L, Bahammam AS. Metabolic, endocrine, and immune consequences of sleep deprivation. *Open Respir Med J.* 2011;5:31-43.
3. von Ruesten A, Weikert C, Fietze I, Boeing H. Association of sleep duration with chronic diseases in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC)-Potsdam study. *PLoS One.* 2012;7(1):e30972.
4. Park CY. Sleep disorders increase by 30% in 5 years...1 million people are having a hard time sleeping. 2022 Oct 7; Retrieved from <http://www.medisobizaneews.com/news/articleView.html?idxno=100713>
5. Yoon WS. The trend of increasing insomnia patients... "Red light for elderly people's sleep and health". 2020 Oct 6; Retrieved from <http://www.docdocdoc.co.kr/news/articleView.html?idxno=2003469>
6. Staner L. Comorbidity of insomnia and depression. *Sleep Medicine Reviews.* 2010;14(1):35-46.
7. Matheson EM, Hainer BL. Insomnia: pharmacologic therapy. *Am Fam Physician.* 2017;96(1):29-35.
8. Reynolds SA, Ebben MR. The cost of insomnia and the benefit of increased access to evidence-based treatment: cognitive behavioral therapy for insomnia. *Sleep Med Clin.* 2017;12(1):39-46.
9. Aibar-Almazán A, Hita-Contreras F, Cruz-Díaz D, de la Torre-Cruz M, Jiménez-García JD, et al. Effects of Pilates training on sleep quality, anxiety, depression and fatigue in postmenopausal women: A randomized controlled trial. *Maturitas.* 2019;124:62-7.
10. King AC, Pruitt LA, Woo S, Castro CM, Ahn DK, et al. Effects of moderate-intensity exercise on polysomnographic and subjective sleep quality in older adults with mild to moderate sleep complaints. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2008;63(9):997-1004.
11. Hartescu I, Morgan K, Stevinson CD. Increased physical activity improves sleep and mood outcomes in inactive people with insomnia: a randomized controlled trial. *J Sleep Res.* 2015;24(5):526-34.
12. Afonso RF, Hachul H, Kozasa EH, Oliveira Dde S, Goto V, et al. Yoga decreases insomnia in postmenopausal women: a randomized clinical trial. *Menopause.* 2012;19(2):186-93.
13. Irwin MR, Olmstead R, Motivala SJ. Improving sleep quality in older adults with moderate sleep complaints: A randomized controlled trial of Tai Chi Chih. *Sleep.* 2008;31(7):1001-8.
14. Chen KM, Huang HT, Cheng YY, Li CH, Chang YH. Sleep quality and depression of nursing home older adults in wheelchairs after exercises. *Nurs Outlook.* 2015;63(3):357-65.
15. Chen MC, Liu HE, Huang HY, Chiou AF. The effect of a simple traditional exercise programme (Baduanjin exercise) on sleep quality of older adults: a randomized controlled trial. *Int J Nurs Stud.* 2012;49(3):265-73.
16. Chen KM, Chen MH, Lin MH, Fan JT, Lin HS, et al. Effects of yoga on sleep quality and depression in elders in assisted living facilities. *J Nurs Res.* 2010;18(1):53-61.
17. Tan X, Alén M, Wiklund P, Partinen M, Cheng S. Effects of aerobic exercise on home-based sleep among overweight and obese men with chronic insomnia symptoms: a randomized controlled trial. *Sleep Med.* 2016;25:113-21.
18. Yeung WF, Lai AY, Ho FY, Suen LK, Chung KE, et al. Effects of Zero-time Exercise on inactive adults with insomnia disorder: a pilot randomized controlled trial. *Sleep Med.* 2018;52:118-27.
19. Karimi S, Soroush A, Towhidi F, Makhsofi BR, Karimi M, et al. Surveying the effects of an exercise program on the sleep quality of elderly males. *Clin Interv Aging.* 2016;11:997-1002.
20. Nguyen MH, Kruse A. A randomized controlled trial of Tai chi for balance, sleep quality and cognitive performance in elderly Vietnamese. *Clin Interv Aging.* 2012;7:185-90.
21. Hosseini H, Esfirizi MF, Marandi SM, Rezaei A. The effect of Ti Chi exercise on the sleep quality of the elderly residents in Isfahan, Sadeghieh elderly home. *Iran J Nurs Midwifery Res.* 2011;16(1):55-60.
22. Hori H, Ikenouchi-Sugita A, Yoshimura R, Nakamura J. Does subjective sleep quality improve by a walking intervention? A real-world study in a Japanese workplace. *BMJ Open.* 2016;6(10):e011055.
23. Baron KG, Reid KJ, Zee PC. Exercise to improve sleep in insomnia: exploration of the bidirectional effects. *J Clin Sleep Med.* 2013;9(8):819-24.
24. Reid KJ, Baron KG, Lu B, Naylor E, Wolfe L, et al. Aerobic exercise improves self-reported sleep and quality of life in older adults with insomnia. *Sleep Med.* 2010;11(9):934-40.
25. Passos GS, Poyares D, Santana MG, Garbuio SA, Tufik S, et al. Effect of acute physical exercise on patients with chronic primary insomnia. *J Clin Sleep Med.* 2010;6(3):270-5.
26. Murawski B, Plotnikoff RC, Rayward AT, Oldmeadow C, Vandellanno C, et al. Efficacy of an m-health physical activity and sleep health intervention for adults: a randomized waitlist-controlled trial. *Am J Prev Med.* 2019;57(4):503-14.

27. Li F, Fisher KJ, Harmer P, Irbe D, Tearse RG, et al. Tai chi and self-rated quality of sleep and daytime sleepiness in older adults: a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc.* 2004;52(6):892-900.
28. Irwin MR, Olmstead R, Carrillo C, Sadeghi N, Nicassio P, et al. Tai chi chih compared with cognitive behavioral therapy for the treatment of insomnia in survivors of breast cancer: a randomized, partially blinded, noninferiority trial. *J Clin Oncol.* 2017;35(23):2656-2665.
29. Buchanan DT, Landis CA, Hohensee C, Guthrie KA, Otte JL, et al. Effects of yoga and aerobic exercise on actigraphic sleep parameters in menopausal women with hot flashes. *J Clin Sleep Med.* 2017;13(1):11-8.
30. Banno M, Harada Y, Taniguchi M, Tobita R, Tsujimoto H, et al. Exercise can improve sleep quality: a systematic review and meta-analysis. *Peer J.* 2018;6:e5172.
31. Kelley GA, Kelley KS. Exercise and sleep: a systematic review of previous meta-analyses. *J Evid Based Med.* 2017;10(1):26-36.
32. Kovacevic A, Mavros Y, Heisz JJ, Singh MAF. The effect of resistance exercise on sleep: a systematic review of randomized controlled trials. *Sleep Med Rev.* 2018;39:52-68.
33. Wang WL, Chen KH, Pan YC, Yang SN, Chan YY. The effect of yoga on sleep quality and insomnia in women with sleep problems: a systematic review and meta-analysis. *BMC psychiatry.* 2020;20:1-19.
34. Pacheco D, Singh A. Exercise and sleep. 2023 Feb 8; Retrieved from <http://www.sleepfoundation.org/physical-activity/exercise-and-sleep>
35. Buysse DJ, Reynolds III CF, Monk TH, Berman SR, Kupfer DJ. The pittsburgh sleep quality index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res.* 1989;28(2):193-213.
36. Bastien CH, Vallières A, Morin CM. Validation of the insomnia severity index as an outcome measure for insomnia research. *Sleep Med.* 2001;2(4):297-307.
37. Yinnon AM, Ilan Y, Tadmor B, Altarescu G, Hershko C. Quality of sleep in the medical department. *Br J Clin Pract.* 1992;46(2):88-91.
38. Chiu HY, Huang HC, Chen PY, Hou WH, Tsai PS. Walking improves sleep in individuals with cancer: a meta-analysis of randomized, controlled trials. *Oncol Nurs Forum.* 2015;42(2):E54-62.
39. Hansen EA, Smith G. Energy expenditure and comfort during Nordic walking with different pole lengths. *J Strength Cond Res.* 2009 Jul; 23(4):1187-94.
40. Cugusi L, Manca A, Yeo TJ, Bassareo PP, Mercurio G, et al. Nordic walking for individuals with cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Eur J Prev Cardiol.* 2017;24(18):1938-55.
41. Tully MA, Cupples ME, Chan WS, McGlade K, Young IS. Brisk walking, fitness, and cardiovascular risk: a randomized controlled trial in primary care. *Prev Med.* 2005;41(2):622-8.
42. Strand LB, Laugsand LE, Wisløff U, Nes BM, Vatten L, et al. Insomnia symptoms and cardiorespiratory fitness in healthy individuals: the Nord-Trøndelag Health Study (HUNT). *Sleep.* 2013;36(1):99-108.
43. Neuendorf R, Wahbeh H, Chamine I, Yu J, Hutchison K, et al. The effects of mind-body interventions on sleep quality: a systematic review. *Evid. Based Complementary Altern. Med.* 2015;2015:902708.
44. Fan B, Song W, Zhang J, Er Y, Xie B, et al. The efficacy of mind-body (Baduanjin) exercise on self-reported sleep quality and quality of life in elderly subjects with sleep disturbances: a randomized controlled trial. *Sleep and Breath.* 2020;24:695-701.
45. Li J, Yu F, Huang N, Lu J, Xu W, et al. Effect of Baduanjin exercise on patients with chronic heart failure: protocol for a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open.* 2019;9(7):e028771.
46. Yang YL, Wang YH, Wang SR, Shi PS, Wang C. The effect of tai chi on cardiorespiratory fitness for coronary disease rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Front Physiol.* 2018;8:1091.
47. Wang X, Youngstedt SD. Sleep quality improved following a single session of moderate-intensity aerobic exercise in older women: Results from a pilot study. *J Sport Health Sci.* 2014;3(4):338-42.
48. Escames G, Ozturk G, Baño-Otálora B, Pozo MJ, Madrid JA, et al. Exercise and melatonin in humans: reciprocal benefits. *Journal of Pineal Research.* 2012;52(1):1-11.
49. Kredlow MA, Capozzoli MC, Hearon BA, Calkins AW, Otto MW. The effects of physical activity on sleep: a meta-analytic review. *J Behav Med.* 2015;38:427-49.
50. Zou L, Yeung A, Quan X, Boyden SD, Wang H. A systematic review and meta-analysis of mindfulness-based (Baduanjin) exercise for alleviating musculoskeletal pain and improving sleep quality in people with chronic diseases. *Int J Environ Res. Public Health INT J ENV RES PUB HE.* 2018;15(2):206.
51. Mercier J, Savard J, Bernard P. Exercise interventions to improve sleep in cancer patients: a systematic review and meta-analysis. *Sleep Med Rev.* 2017;36:43-56.