

# 경도인지장애 노인의 인지능력 개선을 위한 운동중재효과: 메타분석적 접근

은홍범 MS, 백성수 PhD

상명대학교 운동재활연구소

## Effects of Exercise Interventions on Cognitive Adaptations for Older Adults with Mild Cognitive Impairment: A Systematic Review and Meta-Analysis

Hong-Bum Eun MS<sup>†</sup>, Seung-Soo Baek PhD<sup>†</sup>

Exercise Rehabilitation Research Institute, Sangmyung University, Seoul, Korea

**PURPOSE:** Old adults with mild cognitive impairment (MCI) are at high risk for developing dementia. Exercise is a promising intervention for cognitive decline. This study evaluated the effects of exercise interventions on cognitive adaptation for older adults with MCI and attempted to identify which specific modality of exercise is more effective.

**METHODS:** National Assembly library, Research information sharing service, Google scholar databases from 1 January 2010 to 31 Oct 2020 were utilized for searching articles related to research purpose. Meta-analysis was conducted with Comprehensive Meta-Analysis 2.0 using the fixed-effect model for the available data without significant heterogeneity, or the random-effect model was used if appropriate.

**RESULTS:** Through meta-analysis in 13 studies, the combination of aerobic and resistance movements significantly improved cognitive ability and showed that intervention in a particular week and time is of paramount importance to improving cognitive function.

**CONCLUSIONS:** The Combination of aerobic and resistance exercise led to an improvement in cognitive ability and had a positive effect with a middle effect size on cognitive function in older adults with MCI.

**Key words:** Mild cognitive impairment (MCI), Cognition, Older adults, Exercise, Meta-analysis

## 서론

경도인지장애(Mild Cognitive Impairment, MCI)를 가진 노인들은 치매(dementia)라는 진단 없이, 하나 이상의 인지장애 즉, 기억력과 집중력의 감소, 성격과 감정조절의 미세한 변화를 보이며 독립적으로 살기 어렵고 치매의 위험이 큰 특징이 있다[1]. 노인의 약 12%에서 36%가 MCI를 가지고 있는 것으로 추정되며, 노인의 인구가 증가함에 따라

MCI의 유병률이 점차적으로 높아진다[2,3]. 한국의 MCI 추정 환자는 약 165만 명, 약 22.5%의 유병률이 지속되면 2022년 200만 명, 2032년에는 300만 명이 넘을 것으로 보고되었다[3,4]. 경도인지장애의 관리는 노인들이 치매를 포함한 심각한 인지 장애를 가질 것인지 아니면 정상적인 인지 기능을 가질 것인지를 결정할 만큼 매우 중요하다[1,2].

노화로 인지 기능 및 신체 기능이 감소하더라도, 질병 예방을 위한 건강습관을 노인들이 추구할 수 있도록 해야 한다. 노화를 지연시키기

**Corresponding author:** Seung-Soo Baek **Tel** +82-2-2287-5133 **Fax** +82-2-2287-0075 **E-mail** ssoop@smu.ac.kr

\*이 논문은 2019년 상명대학교 연구비에 의하여 연구되었음.

**Keywords** 경도인지장애, 인지, 노인, 운동, 메타분석

**Received** 13 Jan 2021 **Revised** 7 Feb 2021 **Accepted** 16 Feb 2021

© 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.

위한 신체 활동과 운동에 참여하는 것을 포함한 행동변화는 MCI 노인에게 매우 중요하다. 일련의 메타 분석 연구는 운동중재가 MCI 노인들에게 인지 기능, 기억 기능 및 심리적 상태를 향상시켰다[5-8]. 그러나 Gates et al. [9]의 메타 분석에서는 인지 기능에 대한 유의한 긍정적 효과를 보고하지 않았다. 한편, 6개월 동안 러닝 머신, 고정식 자전거 또는 이립티컬(elliptical) 트레이너를 사용하여 심장 박동수의 76-85%에서 유산소 운동 참여가 심장 및 호흡계 체력, 체지방, 인지, 포도당 대사, 시상하부-뇌하수체-부신 축(hypothalamic-pituitary-adrenal axis) 및 뇌유래신경영양인자(brain brain-derived neurotrophic factor, BDNF), 인슐린유사성장인자(insulin-like growth factors, IGFs), Neurotrophins 등의 활동에 긍정적인 영향을 미쳤다고 보고했다[10]. 또한 6개월 동안 매주 2회씩 8회 반복횟수로 시작하여 10-12회 반복횟수로 증가시켜 가장 높은 부하에서 노젓기, 레그프레스, 가슴, 종아리, 복부 및 요추 등을 포함하는 큰 근육의 유산소 운동과 저항 운동은 인지 기능과 체력을 증가시켰다[11]. 운동 유형(type)에 따라, 운동 중재는 인지 기능, 혈압, 체질량지수 및 신체 체력을 포함하는 인지 및 신체 적응과 관련이 있다[12-14].

MCI 노인들의 운동 효과를 더 잘 이해하기 위해서 운동 유형에 따라 운동의 유의한 효과를 제시하는 연구가 있다[7,15]. 기존의 메타분석은 유산소 운동 연구에 초점을 맞추어 인지능력에 미치는 영향을 검증한 반면, 유산소 운동뿐만 아니라 저항 운동의 유의한 효과가 노인들의 인지기능 향상에 중요하기 때문에 저항 운동의 효과를 포함하는 추가적인 메타 분석이 필요하다. 저항 운동은 근육량 증가와 관련이 있고, 이는 알츠하이머병에서 인지장애의 43% 감소와 관련이 있다[16]. 따라서, 이 연구의 목적은 유산소 운동과 저항 운동을 포함하여 운동 유형에 따라 MCI 노인에게 대한 인지기능개선을 위한 운동 중재프로그램의 영향력을 메타분석을 통해 검증하고, MCI 노인에게 제안된

효과적인 운동 중재 지침을 확인하는 것이다.

## 연구 방법

### 1. 연구 대상

#### 1) 분석대상 문헌의 선정기준

MCI 노인의 인지기능 개선을 위한 운동 중재프로그램의 효과성을 검증하기 위해 2010년 1월부터 2020년 10월까지 국내에서 출간된 관련 학술지와 학위논문을 수집하였고, PICOS 프로세스 기준에 따라 만 65세 이상 MCI노인 대상의 운동 중재프로그램 실험연구를 선별하였다. 메타분석을 위한 선정기준은 (1) 국내에서 출간된 MCI환자 대상연구, (2) 운동중재 전과 후의 인지기능 실험연구 그리고 (3) 온라인 무료 열람이 가능한 문헌이었으며 동일저자가 학위논문을 학술지로 출판한 경우 학술지만을 분석대상으로 선정하였다. 본 메타분석을 위한 문헌의 선정과정은 Fig. 1과 같다.

#### 2) 문헌 검색

연구 목적에 부합하는 개별문헌의 수집을 위해 학술연구정보서비스(RISS), 국회도서관(NAL) 및 구글학술검색(Google Scholar)을 활용하여 문헌을 검색하였다. 검색에 사용된 주요단어는 ‘노인’ 또는 ‘고령’과 ‘운동’ 또는 ‘신체활동’ 그리고 ‘인지기능’ 또는 ‘경도인지장애’ 및 ‘MCI’였으며 검색된 230편의 논문 중 선정기준을 만족하는 학술지 11편, 학위논문 2편 등 총 13편을 최종분석대상으로 선정하였다.

### 2. 연구절차

#### 1) 메타분석 자료수집

자료코딩을 위해 (1) 연구자, (2) 출판년도, (3) 실험집단의 운동중재

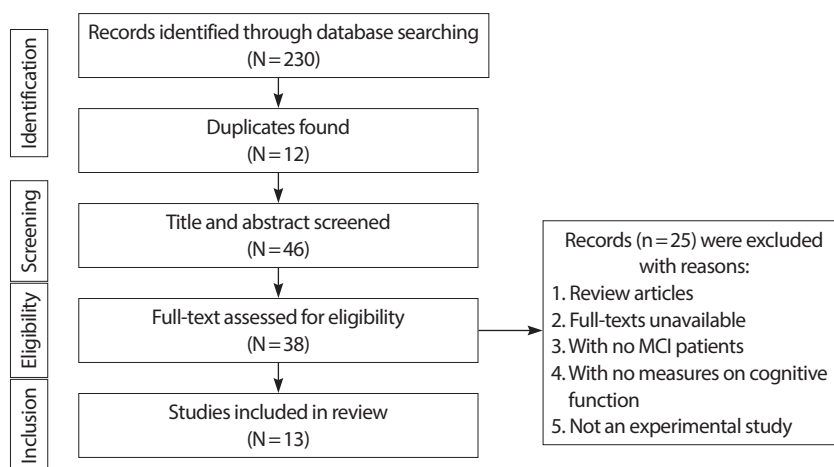


Fig. 1. Flow chart of literature search.

프로그램 실시 전/후의 인지기능 평균값, (4) 표본크기, (5) t-value 또는 F-value 및 (6) p-value를 사용하였으며 이를 통해 전체 평균효과크기와 증재변인별(운동유형), 조절변인별(운동증재기간 및 운동증재시간) 효과크기를 산출하였다. 자료코딩은 관련 분야 박사 및 박사과정 3인의 검정과 협의를 통해 진행되었다.

2) 자료처리방법

본 메타분석연구에서는 Comprehensive Meta-Analysis (CMA version 2.0) 프로그램을 사용하여 선정된 연구의 통합적 효과크기를 분석하였고, 표본의 특성 및 증재방법 등 서로 다른 개별연구의 결과를 다른 집단에 일반화하기 위한 랜덤효과모형(random-effect model)을 이용하였다. 또한 표준화된 평균 차이(Cohen's d)를 통해 통합된 효과크기를 산출하였으며, 표본수가 작을 경우 효과크기가 과대 추정(Hedges & Olkin, 1985)되어 한쪽으로 쏠리는 편향이 발생할 수 있으므로 Hedges'g를 통해 교정된 값으로 변환하여 연구를 진행하였다. 이에 더불어 결과에 영향을 미칠 것으로 예상되는 증재기간(6, 8, 12주)과 그에 따른 증재시간(12, 15, 16, 20, 24, 36시간), 그리고 네 가지 운동증재유형(유산소, 저항성, 복합운동, 신체활동)을 메타회귀분석과 메타 ANOVA를 통해 비교하였고, 표본의 크기와 효과크기의 관계를 보여주는 펀넬 도표(funnel plot)를 통해 출판편향(publication bias)을 검증하였다.

연구 결과

1. 출판편향

예상치 못한 연구결과에 따라 의도적으로 출간되지 않은 경우가 생기면, 출간된 논문들의 결과가 한쪽으로 편향되는 오류가 발생한다(Higgins & Green, 2011). 따라서 본 메타분석연구에서는 펀넬 도표(funnel plot)를 사용하여 편향된 결과물로 인해 발생할 수 있는 비대칭 구조를 시각적으로 확인하였다. 본 연구의 절편(intercept)은 2.25541, 표준오차(standard error)는 1.96876,  $p = .27627$  (2-tailed)로 나타났으며 이는 통계적으로 유의하지 않아 출판편향(publication bias)이 존재하지 않는 것으로 확인되었다.

2. 운동증재프로그램의 전체 효과크기

MCI 노인의 인지기능 개선을 위한 운동기반프로그램 증재의 효과성을 검증하기 위해 총 13편의 증재프로그램 전체 효과크기를 도출했다. 개별 연구의 효과크기를 제시한 forest plot은 Fig. 2와 같다. 박스의 중간지점은 효과크기를 나타내며, 박스의 크기는 각 연구의 가중치(weight)를 표시한다. 박스의 크기를 통해 어떤 연구의 가중치가 큰지 확인할 수 있고, 다이아몬드 모양은 연구 전체의 효과크기이다. Forest plot의 0을 기준으로 오른쪽 방향은 인지기능 개선효과가 있음을 나타내고, 왼쪽방향은 인지기능 개선효과가 없음을 나타낸다. Cohen (1988)의 효과크기 기준으로 0.2 수준은 작은 효과크기, 0.5 수준이면 중간 효과크기, 0.8 수준은 큰 효과크기를 갖는다고 설명할 수 있다. 개

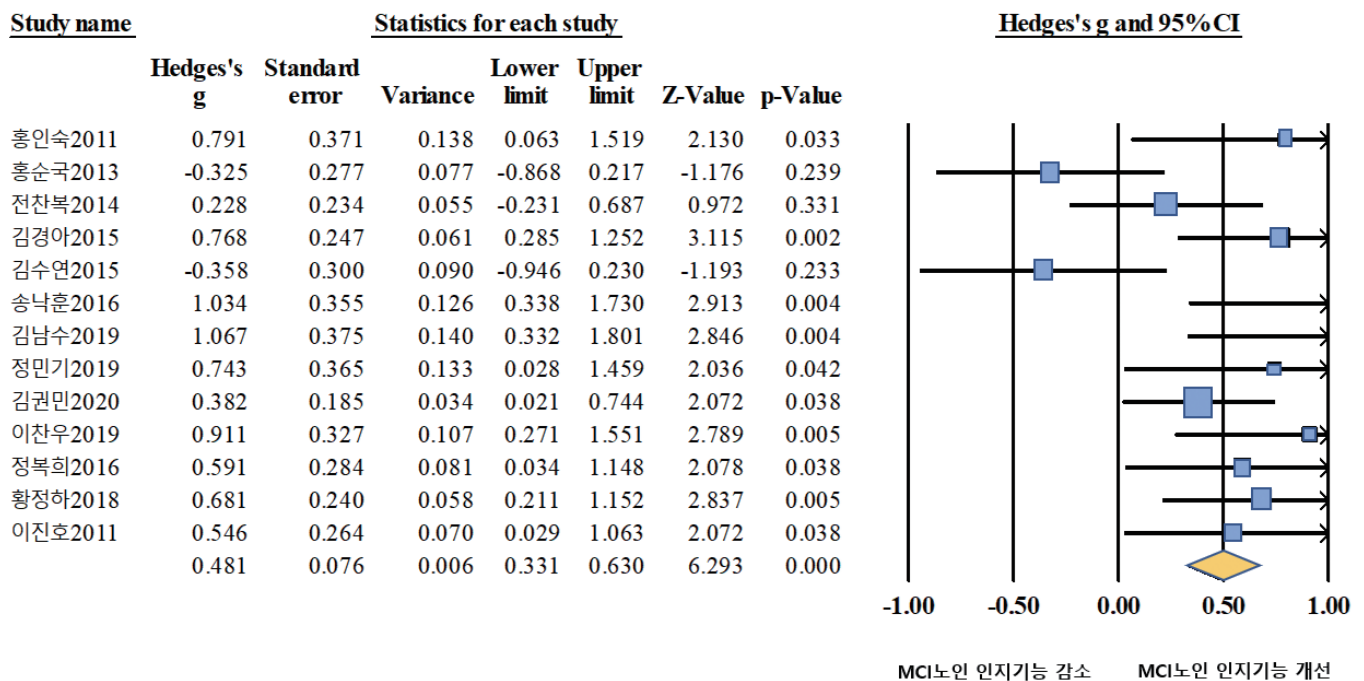


Fig. 2. Forest plot for the effect of exercise or physical activity.

별연구의 특성과 이에 대한 메타분석결과는 Table 1 및 Table 2와 같다. 랜덤효과모형을 통해 도출한 전체 효과크기는  $ES=0.51$ ,  $95\%CI: 0.28-0.75$ ,  $p=.00$ 으로 통계적으로 유의하게 나타났으며, 13편의 연구에서 분석된 운동중재프로그램의 평균 효과크기는 중간크기 수준으로 MCI 노인 인지기능개선에 긍정적인 영향력을 갖는 것으로 확인되었다.

### 3. 운동참여 기간 및 시간에 따른 인지기능개선 효과크기의 변화

운동중재프로그램의 따른 MCI 노인의 인지기능개선 효과를 참여 시간별 및 참여기간별로 비교분석하기 위한 메타회귀분석 및 메타 ANOVA를 활용하였다. 그 결과는 Tables 3, 4와 같다.

#### 1) 운동중재 시간에 따른 인지기능개선

본 메타분석에 활용된 연구에서 MCI 노인대상 운동중재프로그램의 총 참여시간은 12시간부터 36시간까지 각기 다른 시간대로 설계되어 있었다. 메타회귀분석을 기반으로 참여시간증가에 따른 인지기능개선 효과크기(Table 2)를 살펴보면 참여시간증가에 따른 인지기능개선 기울기 계수가 0.01249로 상승하고 있지만 통계적으로는 유의( $p=.08300$ )하지 않는 것으로 나타났다. 반면, 메타ANOVA로 분석한 참여시간변화에 따른 인지기능 개선효과(Table 3)는 시간변화에 따른 통계적으로 유의미한 효과차이를 보였는데, 12시간( $ES=0.55$ ,  $p=.038$ )부터 15시간( $ES=0.68$ ,  $p=.005$ )까지 인지기능 개선효과가 증가하다가 16시간( $ES=0.52$ ,  $p=.000$ )에서 효과성이 다소 감소하는 현상이 나타났다. 그 후 20시간( $ES=0.77$ ,  $p=.001$ )에 도달했을 때 가장 높은 개선효과를 보이며 Cohen (1988)의 효과크기 기준으로 큰 효과성을 나타냈고, 참여시간이 36시간( $ES=0.64$ ,  $p=.000$ )에 도달했을 때 다시 감소하며 시간변화에 따른 인지기능 개선효과가 상승과 하락을 반복하는 현상을 보였다.

#### 2) 운동중재 기간에 따른 인지기능개선

운동중재프로그램 참여기간에 따른 MCI 노인의 인지기능개선 효과(Table 2)를 메타회귀분석으로 살펴보면, 기울기 계수가 -0.07422으로 참여기간이 증가할수록 MCI 노인의 인지기능 개선효과가 감소하는 현상을 보이며 이는 통계적으로 유의( $p=.00430$ )한 것으로 나타났다. 그러나 메타ANOVA로 분석한 참여기간(6, 8, 12주) 변화에 따른 인지기능 개선효과(Table 3)를 비교하면 13편의 문헌에서 각기 설계된 참여기간에 따라 인지기능 개선에 미치는 영향력이 다르게 나타났다. 8주( $ES=0.70$ ,  $p=.000$ )로 설계된 운동중재프로그램에서 가장 높은 효과크기를 보였으며 그 다음으로는 6주( $ES=0.68$ ,  $p=.005$ ) 그리고 12주( $ES=0.34$ ,  $p=.001$ ) 순이었다. 특히, 6주와 8주로 구성된 참여기간은 Cohen (1988)의 효과크기 기준으로 중간 수준 이상의 효과크기를 나타냈지만 12주의 경우, 작은 수준의 효과크기를 보이며 MCI 노인의 인

지기능개선 효과성이 감소하는 것으로 나타났다.

#### 3) 운동유형에 따른 인지기능개선

본 메타분석에 사용된 13편의 연구에서 설계된 운동유형은 유산소 운동(6편), 저항성운동(4편) 및 유산소운동과 저항성운동을 병행한 복합운동(3편)이었다(Table 1). 유산소운동의 경우 주로 무용, 걷기(스텝), 스포츠게임(탁구, 비치발리볼, 탁구, 볼링, 복싱, 자전거) 기반의 중재프로그램으로 진행되었고, 저항성운동은 탄성밴드운동, 근력강화기구 기반이었다. 복합운동의 경우, 무용, 걷기(스텝), 탄성밴드 및 공 던지기/차기 등으로 중재프로그램이 설계되었다. 이 중 MCI 노인의 인지 기능개선에 가장 효율적인 운동유형으로는 복합운동( $ES=0.75$ ,  $p=.000$ )이었으며 큰 수준의 효과크기를 보였다. 그 다음으로 유산소운동( $ES=0.54$ ,  $p=.000$ ), 저항성운동( $ES=0.28$ ,  $p=.020$ )순이었다. 특히, 저항성운동은 단독으로 실시했을 때 복합운동과 유산소운동에 비해 현저히 낮은 효과성을 나타냈다.

## 논 의

경도인지 장애가 있는 노인의 인지기능개선에 대한 운동중재의 효과크기를 조사했다. 경도인지 장애가 있는 노인들에게 운동은 인지기능에 중간 정도( $ES=0.51$ )의 긍정적인 영향을 미쳤다. 경도인지 장애가 있는 노인의 경우 유산소운동과 저항성운동을 복합적으로 실시할 때 인지기능개선에 더욱 효과적인 것으로 나타났다.

운동이 건강한 노인의 일상생활 기능과 기억력 향상에 긍정적 개선 효과가 있다는 것은 잘 알려져 있다. 운동은 신경퇴행성 질환으로 인한 인지기능 감소를 완화시켜 주는 비침습적 치료적 중재로의 가능성이 보고되고 있다[17]. 기억력에 대한 운동의 유의한 영향은 운동에 의한 기능적 연결성 증가[18], BDNF의 상향 조절[17,18], 대뇌피질 수정(neocortical modification) [19], 그리고 해마 용적(hippocampal volume) 증가 및 신경세포생성(neurogenesis) 증가[17,20]에 의해 촉진될 수 있다. 일상생활을 수행하기 위해서는 최적의 운동 기능과 기억력이 필수 조건이기 때문에, 이 연구의 결과는 노년기 활동적인 라이프스타일에 대한 현재의 권장 사항을 뒷받침 할 수 있다[21]. 우리는 다른 메타분석 연구들[22-24]에 비해 건강한 노인의 인지기능에 대한 운동 효과가 더 높다는 것을 발견했다. 이는 유산소운동, 저항성운동, 복합운동으로 기술된 매개 변수(운동 유형)를 명시한 연구만 포함했기 때문일 수 있다. 소근육 운동과 신체활동 등 운동시간과 운동강도가 모호하게 기술된 연구들을 배제하지 않고 모두 포함하여 진행하였다면 더 작은 효과를 얻을 수 있을 것으로 추측된다.

참여시간(time)에 따른 인지 능력 개선은 12시간( $ES=0.55$ ), 15시간( $ES=0.68$ )으로 효과크기의 변화가 증가하다가 16시간( $ES=0.52$ )에 감

**Table 1.** Subject characteristics and Summary of Exercise intervention

[Reference. No] Author (year)	Publication Type	Subjects (Gender, N)	Age	Effect Size	Measure	Exercise Intervention (type)	Weeks (min)	Freq per week	Total time (hr)
[35] Hong IS (2011)	Journal	Female, 8	65+	0.791	MMSE-K	Senior-aerobic (Aerobic)	12 (60)	3	36
[36] Hong SK (2013)	dissertation	Male, 3 Female, 9	78.33 ± 5.50 75.11 ± 4.45	-0.355	MoCA-K	Elastic-band Exercise (Resistance)	12 (60)	2	24
[37] Jeon CB (2014)	Journal	Female, 17	76.47 ± 4.67	0.228	K-HDS	Elastic-band Exercise (Resistance)	12 (60)	3	36
[38] Kim KA (2015)	Journal	Male, 5 Female, 15	76.40 ± 6.41	0.768	MoCA-K	Hand exercise & clapping, Aerobic [drawing of wrist, elbow, ankle, knee, shoulder, walking motion], Strength [pull the Thera band by hand, pass the ball to the side, pass the ball back & forth, throw the ball] (Com)	8 (60)	2	16
[39] Kim SY (2015)	Journal	Male, 5 Female, 5	73.12 ± 4.20	-0.358	MMSE-K	Bartenieff fundamental (BF): Activity pattern [riding, star fish, reach & pull, yield & push, open & close, crawling] (Aerobic)	12 (60)	Not Specified	Not Calculated
[40] Song NH (2016)	Journal	Female, 11	69.09 ± 3.53	1.034	MMSE-K	Elastic-band Exercise (Resistance)	12 (60)	3	36
[41] Kim NS (2019)	Journal	Female, 10	74.90 ± 3.60	1.067	MMSE-K	Korean dance (Aerobic)	8 (50)	3	20
[42] Jeng MK (2019)	Journal	Female, 8	69.50 ± 3.34	0.743	MMSE-K	Walking [shuttle, straight line, step box, ladder] (Aerobic)	12 (90)	2	36
[43] Kim GM (2020)	Journal	Not gender specified, 30	73.1 ± 5.2.7	0.382	MMSE-DS	IoT based exercise device -SBT-110 (Resistance)	12 (40)	2	16
[44] Lee CW (2019)	dissertation	Not gender specified, 12	78.4 ± 6.3	0.911	MMSE-K	Aerobic [Square-step], Strength [Elastic-band, abdominal exercise, down and up] (Com)	12 (60)	3	36
[45] Chong BK (2016)	Journal	Male, 4 Female, 9	80.77 ± 6.92	0.591	RST (word), LOTCA-G	Aerobic [Ron-dance], Strength [Thera band] (Com)	8 (150)	1	20
[46] Hwang JH (2018)	Journal	Male, 8 Female, 12	74.45 ± 6.20	0.681	MMSE-K	Xbox Sports game [beach volleyball, ping-pong, bowling, boxing] (Aerobic)	6 (30)	5	15
[47] Lee JH (2011)	Journal	Male, 9 Female, 6	71 ± 5.5	0.546	MMSE-K	Wii sports game [bicycle, walking] (Aerobic)	8 (30)	3	12

소 후, 20시간에 도달했을 때 가장 높은 효과크기(ES=0.77)를 보였다. 그 후 다시 36시간(ES=0.64)에 효과크기가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 운동중재의 누적 시간에서 인지능력 향상은 효과크기의 증가와 감소를 반복하면서 진행됨을 확인하였고, 누적시간이 더 늘어나면 점진적으로 증가할 것으로 예측할 수 있다.

프로그램 지속 시간이 길어지고 신체 건강 매개 변수에 대한 운동 강도가 높아지면 유의한 효과를 보여주는 메타 분석[26,27]과 달리 운동중재의 지속 기간과 누적 시간은 우리 연구에서 MCI 노인들에게 운동에 대한 인지능력개선 효과를 보여주지 못했다. 또한, 운동 프로그램 지속시간이 길어지면 인지 효과가 더 많이 나타날 것으로 예측하기 힘들다고 보고한 연구[22]와 유사한 결과를 보여주고 있다. 운동의 인지능력 개선 효과를 유발하기 위해서는 운동중재 지속 기간과 누적 시간이 보여주는 수치의 증가보다는 다른 요인이 작용할 수 있다는 것을 유추할 수 있다. 즉, 운동은 인지능력에 중 정도의 개선 효과(ES=.43-.50)가 있다고 할 수 있는데, 운동빈도를 증가시키고, 운동시간(session)이 짧을수록 인지손상을 낮출 수 있다[25]. 중간 정도의 빈도로 운동을 실시할 때 효과크기는 증가하고(ES=0.31), 운동빈도가 낮으면 효과크기는 더 줄어들기(ES=0.15) 때문에[25] 일회 운동시간을 줄

이는 대신 운동빈도를 늘리는 것이 MCI 노인의 인지손상을 낮추고 얻기하는 효과적인 중재방법이 될 수 있다. 한편 운동중재 기간이 길면 인지능력 개선효과가 상대적으로 줄어들고(ES=0.09), 중간 정도의 운동중재 기간일 경우(ES=0.26), 그리고 운동중재 기간이 짧을수록 인지능력 개선 효과가 큰 것으로(ES=0.32) 보고되어[25] 운동중재 기간이 증가하더라도 운동이 인지능력개선에 미치는 영향이 크다고 하기 어렵다. 이러한 결과는 운동중재 기간이 6주에서 8주 그리고 12주로 증가할지라도 효과크기는 각각 0.68, 0.70, 그리고 0.34로 보여준 우리의 연구결과와 유사하게 나타났다. 따라서 MCI 노인들에게 운동중재 프로그램 계획 시 8주 이내의 프로그램 운영이 효과적이라고 생각되며, 만약 8주 이상의 운동중재 효과를 검증하기 위해서는 인지능력의 개선에 도움이 되는 최소 8주 이하의 기간 내에 새로운 내용으로 프로그램이 재구성되어 뇌 자극을 유발하는 것이 효과적일 것으로 사료된

**Table 2.** Overall effect size (random-effect model)

K	ES	SE	-95% CI	+95% CI	Q-value	I-squared
13	0.511	0.120	0.276	0.745	27.854	56.918

CI, confidence interval; ES, effect size; SE, standard error.

**Table 3.** the effect size of cognitive function by intervention time and week (meta-regression table)

	Estimate	SE	-95% CI	+95% CI	z-value	p-value
<b>Time (hr)</b>						
Slope	0.01249	0.00721	-0.00163	0.02662	1.73352	.08300
Intercept	0.21248	0.17248	-0.12557	0.55052	1.23193	.21797
<b>Week</b>						
Slope	-0.07422	0.03360	-0.14008	-0.00836	-2.20873	.02719
Intercept	1.23909	0.35181	0.54955	1.92862	3.52205	.00043

CI, confidence interval; SE, standard error.

\*p<.05.

**Table 4.** Group differences in moderator(meta-anova)

	Estimate	SE	-95% CI	+95% CI	z-value	p-value
<b>Hours of intervention</b>						
<b>Time (hr)</b>						
12	0.546	0.264	0.029	1.063	2.072	.038
15	0.681	0.240	0.211	1.152	2.837	.005
16	0.521	0.148	0.231	0.810	3.525	.000
20	0.765	0.227	0.321	1.209	3.376	.001
24	-0.325	0.277	-0.868	0.217	-1.176	.239
36	0.640	0.141	0.364	0.917	4.542	.000
<b>Number of week</b>						
<b>Week</b>						
6	0.681	0.240	0.211	1.152	2.837	.005
8	0.703	0.141	0.427	0.980	4.989	.000
12	0.339	0.098	0.147	0.531	3.455	.001
<b>Type of intervention</b>						
<b>Type</b>						
Aerobic	0.535	0.124	0.291	0.778	4.301	.000
Resistance	0.282	0.121	0.045	0.518	2.334	.020
Mixed	0.746	0.162	0.429	1.063	4.609	.000

CI, confidence interval; SE, standard error.

\*p<.05.

다. 일반적으로 동물 실험에서 기억력과 학습능력에 미치는 해마의 신경세포생성이 약 3주 정도로 보고되고 있는 것처럼[28,29] 인지기능 변화 유발 기간은 근육과 심폐기능에서 나타나는 체력개선 효과보다 빠르게 나타날 수 있을 것으로 판단된다.

신체 건강 매개변수의 변화가 뇌의 가소성 변화를 예측할 수 있지만, 이것이 항상 인지적 편익으로 전환되는 것은 아니다[30]. 인지 변화가 발생하는 한계치는 연구에 의해 아직 정의되지 않았으며 인지 개선을 위한 최적의 운동량을 결정하는 데 도움이 될 수 있을 것이다. 운동 중재 기간과 관련하여 검토 중인 국내연구의 대부분은 12주 이내였으나, 국외연구에서는 6개월 이상 12개월까지 지속되었다. 아마도 인식 가능한 인지 효과를 이끌어내기 위해 충분한 운동중재전략 혹은 인지능력 개선을 위한 최적기간 규명을 위한 추후연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

어떤 형태의 운동은 동등한 강도로 수행되더라도 신체적 및 인지적 편익에 대해 다른 형태보다 더 효과적일 수 있다. 예를 들어, 걷기는 신체 이동을 포함하므로 동일한 강도로 자전거를 타는 것보다 걷는 것이 더 효과적일 수 있다. 즉, 질량이 클수록 증가하는 근육 에너지 비용이 크기 때문에 운동 유형의 범주 내에서는 신경자극 강도 효과가 있을 수 있다. 따라서 유산소운동과 함께 저항운동이 복합적으로 결합된 운동중재 형태가 인지능력 향상에 도움이 될 것이라고 예측할 수 있다. 이 연구에서도 유산소운동의 효과크기는 0.54, 저항성운동은 0.28, 그리고 복합운동의 경우 가장 큰 효과크기인 0.75를 보여주었다. 따라서 복합운동의 중재효과가 인지능력 개선에 효과적이라고 할 수 있다. 특히 댄스유형의 유산소 프로그램과 밴드운동유형의 저항성 프로그램을 혼합한 복합운동이 인지기능개선에 가장 효과적이었는데, 댄스의 경우 음악, 리듬 및 동작의 패턴을 의도적이고 복합적으로 기억해야 하는 이중과제(dual-task) 특성으로 인해 뇌로 순환되는 혈류량을 증가[31]시키고, 이는 신경전달물질을 자극하며 더 넓은 뇌의 영역을 활성화[32]함으로써 MCI 노인의 인지기능을 자극했을 것이라 사료된다. 또한 저항성 운동과 같은 근육운동은 각성(arousal)의 수준을 높여 각종 신경의 활성화 상태를 촉진하고, 더욱 많은 산소공급을 통해 대뇌의 활동(psychomotor), 회상(recall) 및 인식(recognition)의 속도를 증가시킴으로써 MCI 노인의 정보처리(information process) 능력을 개선[33,34]하는데 영향을 미쳤을 것이다. 그러나 운동유형에서는 Tai chi & Yoga 운동이 노인들의 인지능력에 가장 효과적이고, 이때 운동강도는 유의미한 차이를 보이지 않았고, 75세 이상에서는 적용할 수 없었지만, 운동중재 기간이 짧을수록 인지개선 효과가 큰 것으로 보고하였다[24]. 결국 운동강도보다는 운동유형이 MCI 노인들의 인지 능력을 개선할 수 있는 전략적 중재역할을 할 것이라고 판단된다.

## 결론

MCI 노인의 운동중재를 통한 인지능력 개선효과는 운동시간과 운동기간보다 운동유형이 중요한 중재효과를 나타내는 것으로 확인하였다. 즉 유산소운동과 저항운동으로 구성된 복합운동이 인지 능력향상에 효과적이며, 운동 프로그램 운영에서 운동기간보다는 1회 운동시간을 짧게 하되, 운동빈도를 늘리는 것을 고려해야 MCI 노인의 인지능력을 향상시킬 수 있을 것이다. 결국 지속적인 인지능력 개선효과를 위해 운동을 일상생활에 포함시키는 것을 MCI 노인들에게 권장해야 하고, 운동 전문가들은 운동 프로그램에 대한 적합성을 극대화하고 장기간 지속되는 운동효과를 보장하기 위해 각 개인에 맞는 운동 처방을 맞춤화해야 할 것이다.

## 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; Writing original draft: HB Eun, SS Baek; Writing review & editing: HB Eun, SS Baek.

## ORCID

Hong-bum Eun <https://orcid.org/0000-0002-0804-0555>

Seung-Soo Baek <https://orcid.org/0000-0002-1340-2098>

## REFERENCES

- Overton M, Pihlsgard M, Elmstahl S. Prevalence and incidence of mild cognitive impairment across subtypes, age, and sex. *dement. geriatr. Cogn Disord.* 2019;47:219-32.
- Hussin N, Shahar S, Yahya H, Din N, Singh D, et al. Incidence and predictors of mild cognitive impairment (MCI) within a multi-ethnic asian populace: a community-based longitudinal study. *BMC Public Heal.* 2019;19(1159).
- Nam HJ, Hwang SH, Kim YJ, Kim KW. In: *korean dementia observatory 2018*. Seongnam: National Institute of Dementia; 2018.
- Health Insurance Review & Assessment Service. *Health insurance sta-*

- tistics annual. Health Insurance Review & Assessment Service 2019.
5. Karssemeijer E, Aaronson J, Bossers W, Smits T, Olde Rikkert M, et al. Positive effects of combined cognitive and physical exercise training on cognitive function in older adults with mild cognitive impairment or dementia: a meta-analysis. *Ageing Res Rev.* 2017;40:75-83.
  6. Zheng G, Zhou W, Xia R, Tao J, Chen L. Aerobic exercises for cognition rehabilitation following stroke: a systematic review. *J Stroke Cerebrovasc. Dis.* 2016;25:2780-9.
  7. Loprinzi P, Blough J, Ryu S, Kang M. Experimental effects of exercise on memory function among mild cognitive impairment: Systematic review and meta-analysis. *Physician Sportsmed.* 2018;47:21-6.
  8. Song D, Yu D, Li P, Lei Y. The effectiveness of physical exercise on cognitive and psychological outcomes in individuals with mild cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis. *Int J Nurs Stud.* 2018;79:155-64.
  9. Gates N, Singh M, Sachdev P, Valenzuela M. The effect of exercise training on cognitive function in older adults with mild cognitive impairment: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Geriatr Psychiatry.* 2013;21:1086-97.
  10. Bastianetto, S. Faculty opinions recommendation of effects of aerobic exercise on mild cognitive impairment: a controlled trial. *Fac Opin Post Publ Peer Rev Biomed Lit.* 2010;67: 71-9.
  11. Nagamatsu L, Chan A, Davis J, Beattie B, Graf P, et al. Physical activity improves verbal and spatial memory in older adults with probable mild cognitive impairment: a 6-month randomized controlled trial. *J Aging Res.* 2013;1-10.
  12. Yoon DH, Lee JY, Song W. Effects of resistance exercise training on cognitive function and physical performance in cognitive frailty: a randomized controlled trial. *J Nutr Heal Aging.* 2018;22:944-51.
  13. Tsai C, Sun H, Kuo Y, Pai M. The role of physical fitness in cognitive-related biomarkers in persons at genetic risk of familial alzheimer's disease. *J Clin Med.* 2019;8:1639.
  14. Langoni, C, Resende T, Barcellos A, Cecchele B, Knob M, et al. Effect of exercise on cognition, conditioning, muscle endurance, and balance in older adults with mild cognitive impairment: a randomized controlled trial. *J Geriatr Phys Ther.* 2019;42: E15-E22.
  15. Cammisuli, D, Innocenti A, Franzoni, F, Pruneti C. Aerobic exercise effects upon cognition in mild cognitive impairment: a systematic review of randomized controlled trials. *Arch Ital Biol.* 2017;155:54-62.
  16. Boyle P, Buchman A, Wilson R, Leurgans, S, Bennett D. Association of muscle strength with the risk of alzheimer disease and the rate of cognitive decline in community-dwelling older persons. *Arch Neurol.* 2009;66:1339-44.
  17. Baek SS. Role of exercise on the brain. *J Exerc Rehabil.* 2016;12(5):380-5.
  18. Voss M, Prakash R, Erickson K, Basak C, Chaddock L, et al. Plasticity of brain networks in a randomized intervention trial of exercise training in older adults. *Front Aging Neurosci.* 2010;2(32).
  19. Dai C, Chang Y, Huang C, Hung T. Exercise mode and executive function in older adults: an ERP study of task-switching. *Brain Cogn.* 2013;83(2):153-62.
  20. Firth J, Stubbs B, Vancampfort D, Schuch F, Lagopoulos J, et al. Effect of aerobic exercise on hippocampal volume in humans: a systematic review and meta-analysis. *Neuroimage.* 2018;166:230-8.
  21. American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription 10th edition, Lippincott Williams & Wilkins; 2017.
  22. Northey J, Cherbuin N, Pumpa K, Smee D, Rattray B. Exercise interventions for cognitive function in adults older than 50: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med* 2017.
  23. Scherder E, Scherder R, Verburgh L, Konigs M, Blom M, et al. Executive functions of sedentary elderly may benefit from walking: a systematic review and meta-analysis. *Am J Geriatr Psychiatry.* 2014;22(8):782-91.
  24. Chen F, Etnier J, Chan K, Chiu P, Hung T, et al. Effects of exercise training interventions on executive function in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2020;50(8):1451-67.
  25. Sanders L, Hortobágyi T, la Bastide-van Gemert S, van der Zee E, van Heuvelen M. Dose-response relationship between exercise and cognitive function in older adults with and without cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis. *PloS one.* 2019;14(1).e0210036.
  26. Borde R, Hortobágyi T, Granacher U. Dose-response relationships of resistance training in healthy old adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2015;45(12):1693-720.
  27. Oja P, Kelly P, Murtagh E, Murphy M, Foster C, et al. Effects of frequency, intensity, duration and volume of walking interventions on CVD risk factors: a systematic review and meta-regression analysis of randomised controlled trials among inactive healthy adults. *Br J Sports Med.* 2018;52(12):769-75.
  28. Park SS, Park HS, Kim CJ, Kang HS, Kim DH, et al. Physical exercise during exposure to 40-Hz light flicker improves cognitive functions in the 3xTg mouse model of Alzheimer's disease. *Alzheimer's Res Ther.* 2020;12(1):62.



29. Heo YM, Shin MS, Lee JM, Kim CJ, Baek SB, et al. Treadmill exercise ameliorates short-term memory disturbance in scopolamine-induced amnesia rats. *Int Neurol J*. 2014;18(1):16-22.
30. Pensel M, Daamen M, Scheef L, Knigge H, Rojas Vega S, et al. Executive control processes are associated with individual fitness outcomes following regular exercise training: blood lactate profile curves and neuroimaging findings. *Sci Rep*. 2018;8(1):1-12.
31. Erickson K, Colcombe S, Wadhwa R, Bherer L, Peterson M, et al. Training-induced functional activation changes in dual-task processing: an fMRI study. *Cereb Cortex*. 2007;17(1):192-204.
32. Lee BT, Lee KM. Neural basis involved in the interference effects during dual task: interaction between calculation and memory retrieval. *Korean J Cogn Sci*. 2007;18(2):159-78.
33. Hill R, Storand M, Malley M. The impact of long-term exercise training on psychological function in older adults. *J Geront Psych Sci*. 1993;48(1):12-7.
34. Tomporowski P, Ellis N. Effects of exercise on cognitive processes: a review. *Psychol Bull*. 1986;99(3):338-46.
35. Hong IS, Kim DA, Kim JS, Yoo YJ, Park S. The study of senior-aerobic exercise on mild cognitive impairment evaluation indicator relation in elderly women with mild cognitive impairment. *KSME* 2011;13(1):23-31.
36. Hong SK. Effects of Resistance Exercise on EEG, Cognitive function in elderly with mild cognitive impairment[dissertation]. Seoul: Seoul National University 2013.
37. Jeon CB, Jun IS, Kim JH, Lee HJ, Kim KH, et al. The effect of elastic band exercise on the dementia Scale and CVD Risk factors in elderly women with mild cognitive impairment (MCI). *Korean J Sport Sci*. 2014;23(1):1201-13.
38. Kim KA, Kim OS. The effects of exercise-cognitive combined dual-task program on cognitive function and depression in elderly with mild cognitive impairment. *Korean J Adult Nurs*. 2015;27(6):707-17.
39. Kim SY, Baek SG. The effect of combined cognitive-motor learning program with mild cognitive impairment elderly patients. *J Digit Converg*. 2015;13(10):587-95.
40. Song NH. The effect of resistance exercise on cognitive function and risk factors of dementia for elderly women with mild cognitive impairment. *Korean J Sport*. 2016;14(2):305-15.
41. Kim NS, Lee SE. Effects of Korea dance program for the elderly with mild cognitive impairment. *Korean J Sport Sci*. 2019; 28(2):955-65.
42. Jeong MK, Jung HH, Park SK. Effects of exercise and cognitive intervention program on cognitive function, sedentary behavior and health-related quality of life in elderly women with mild cognitive impairment. *Exerc Sci*. 2019;28(2):198-204.
43. Kim GM, Yang JG, Park HT. The effect of a IoT-Based exercise program using on cognitive function and physical function in the mild cognitive impairment. *Korean J Sports Med*. 2019; 28(1):1343-51.
44. Lee CW. Effects of 12-week square step exercise on cognitive, cardiovascular responses and activity daily living fitness of an elderly with Mild Cognitive Impairment[dissertation]. Suwon: Kyung Hee University 2019.
45. Chong BK. The effect of a complex rehabilitation intervention program on cognitive and hand functions in patients with mild cognitive impairment and dementia. *J Korean Soc Integrative Med*. 2016;4(3):49-59.
46. Hwang JH, Park MS. Effect of a dual-task virtual reality program for seniors with mild cognitive impairment. *Korean J Clin Lab Sci*. 2018;50(4):492-500.
47. Lee JH, Kang JH, Lee HM. Feasibility of using the Nintendo Wi game for a dementia. *J Korean Soc Phys Med*. 2011;6(2):225-33.