

노인의 인지 기능 향상을 위한 새로운 재활 방법들

신준호

국립재활원 뇌신경재활과

Novel Rehabilitation Targeting Cognitive Function among Older Adult

Joon-Ho Shin, M.D., M.S.

Department of Neurorehabilitation, National Rehabilitation Center, Ministry of Health and Welfare, Seoul 01022, Korea

Abstract

Cognitive training is effective in enhancing cognitive function among older adults. Various new rehabilitation methods have been recently introduced for cognitive intervention. Rehabilitation which combines new technologies such as brain games, video games, virtual reality, robots, and non-invasive brain stimulation techniques and art-based interventions have been used for rehabilitation for cognition. These various rehabilitation methods enable customized cognitive rehabilitation reflecting individual characteristics, leading to cognitive function enhancement of elderly.

Key Words

Cognition, Elderly, Game, Rehabilitation, Virtual reality

접수일 : 2022년 4월 4일
 게재 승인일 : 2022년 4월 8일
 교신저자 : 신준호
 주소 : 서울시 강북구 삼각산로 58
 국립재활원 뇌신경재활과
 Tel : 82 2 901 1884
 Fax : 82 2 901 1590
 e-mail : asfreelyas@gmail.com

서론

인구의 고령화로 인해 지속적인 증가가 예상되던 치매의 발병률이 최근 서구의 몇 국가에서 감소 추이를 보인다는 연구 결과가 보고되었다.¹ 이러한 치매의 감소 추이는 고등 교육을 받은 인구의 증가, 심혈관계 위험 요인의 감소, 의료 수준의 향상 등 다양한 요인들을 그 원인으로 제시하고 있다. 이와 유사하게 다양한 요인의 중재를 통해 노인의 인지 저하를 예방할 수 있고 인지를 증진시킬 수 있다는 희망을 준 Finnish Geriatric Intervention Study to prevent cognitive impairment and disability (FINGER) 연구가 2015년 발표되었다. 노인을 대상으로 한 FINGER 연구는 인지 저하의 위험 인자라고 밝혀진 여러 인자들을 조절하기 위한 다중-영역

(multi-domain) 생활 습관 중재를 제공한 시험군과 건강 상담을 주기적으로 받은 대조군을 무작위 배정하여 인지에 미치는 영향을 비교하였다. 다중-영역 생활 습관 중재를 받은 시험군은 기억 기능에서는 유의한 차이를 보이지 않았으나, 도메인 총합 점수와 집행 기능, 수행 속도 등에서는 대조군과 비교하여 유의한 향상을 보였다.²

이러한 연구를 통해 여러 요인의 조절을 통해 인지 기능을 증진 또는 유지할 수 있다는 개념이 확립되었다. 현재까지 알려진 인지 저하의 보호 인자들로는 교육, 신체, 인지, 사회 활동의 증진이 있고, 위험 요인으로는 고혈압, 비만, 이상지질혈증, 건강하지 못한 식습관, 알코올 과다 섭취, 흡연, 당뇨, 우울증 등이 있다.³ 최근의 연구에 따르면 낮은 교육 수준, 고혈압, 청각장애, 흡연, 비만, 우울증, 신체 활동 부족, 당뇨병, 사회적

인 상호 활동 부족, 과도한 알코올 섭취, 머리 부상, 대기 오염 등 12개의 조절 가능한 인자 조절을 통해 40%의 치매를 조절할 수 있다고 알려져있다.⁴ 따라서 인지 저하를 보호해 줄 수 있는 요인들을 장려하고, 위험 요인들을 줄여주는 다중 영역 중재가 노인의 인지 저하를 막아주는 가장 효과적인 방법이라고 할 수 있겠다. 생활 습관과 관련한 요인 조절 이외에 인지 기능 자체에 초점을 둔 인지 훈련도 인지 증진을 위해 많이 활용되고 있다. 노인에게도 인지 훈련의 효과가 있는지는 신경 가소성과 연관 지어 볼 수 있다. 신경 가소성은 구조적인 측면의 인지 용량과 인지 용량을 활용하는 인지 전략으로 구분할 수 있는데, 노인의 경우 노화에 의한 인지 용량의 저하와 그와 동반하여 또는 그와 별개로 인지 전략의 저하를 겪게 된다 (Fig. 1). 이러한 복합적인 요인으로 인해 저하된 신경 가소성은 현재의 인지 상태에 반영되어 나타나게 되고, 인지 훈련의 효과에도 영향을 끼치게 된다. 따라서 노인에게도 인지 훈련은 인지 기능 증진에 효과가 있지만 젊은 사람에 비해서는 그 효과가 떨어진다. 본 종설에서는 노인에서 인지 훈련의 효과를 극대화하기 위해 활용하고 있는 다양한 방법 가운데 비교적 새로운 재활 방법에 관해 다루고자 한다.

본론

1) 브레인 게임(Brain game)

전산화 인지 훈련(Computerized cognitive training; CCRT)이라고 불리기도 하는 브레인 게임은 기존 고식적인 지필 활동(paper and pencil training)의 형태로 진행하던 인지 훈련을 전산화한 형태라고 이해할 수 있다. 초기에는 인지 훈련을 PC환경에서 구현하였고 하드웨어 기술의 진보와 함께 PDA, 스마트폰, 태블릿 PC에서 구현하는 식으로 발전해왔다. 인지 훈련을 위해 게임이라는 형식을 활용하는데, 일반적인 게임과 가장 차별화되는 요인은 개개의 인지 영역에 초점을 두는 과제 특이적인 훈련을 할 수 있어야 한다는 것이다.^{5,6} Head mounted display (HMD) 기반의 가상현실에 접목한 brain game도 시도되고 있으나 적용의 어려움으로 인해 많이 활용되고 있지는 않다. 현재는 스마트폰, 태블릿 PC, PC 등을 이용하여 특정 인지 기능 향상을 목표로 하여 인지 훈련을 할 수 있는 소프트웨어를 브레인 게임이라고 생각하는 것이 적절할 것으로 생각한다. 브레인 게임이라는 개념이 등장한 배경은 게임이라는 것이 신경 가소성과 아주 밀접한 관련성을 가지고 있기 때문이다. 게임은 기본적으로 상호작용을 극대

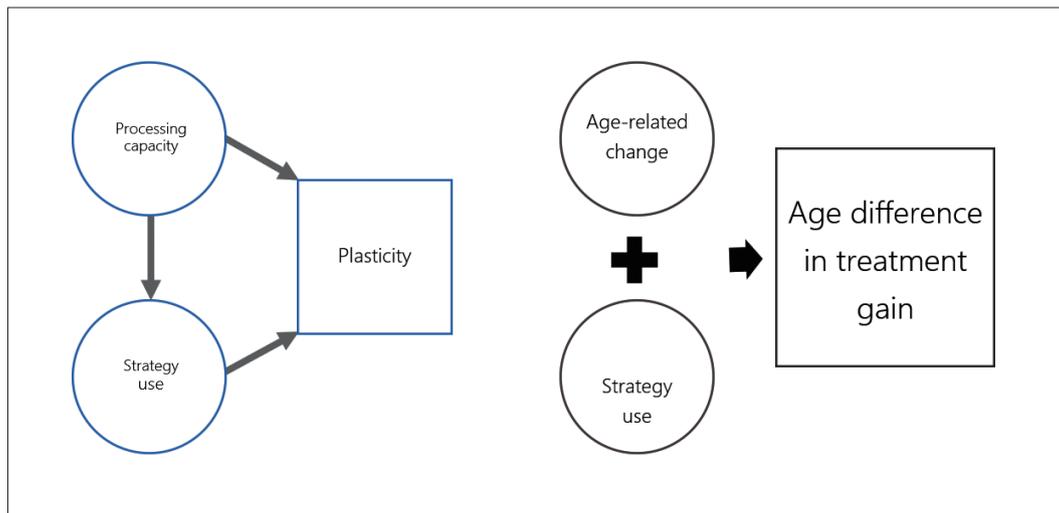


Fig.1. Age-difference in gain from cognitive intervention. Plasticity is affected by processing capacity and strategy use. Among elderly, age-related changes such as decreased speed or memory decline (left), and affected strategy use results in age-related differences of gain from cognitive intervention (right).

화하기 위한 여러 속성(능동적인 학습, 적절한 난이도, 경쟁, 보상 체계 등)을 가지고 있는데 이 속성들이 가소성을 촉진하는 여러 인자들과 일치한다. 이런 배경에서 참여자의 흥미와 몰입도를 올려주어 훈련의 양을 증가시키는 선순환 구조로 뇌의 가소성을 더욱 촉진할 수 있는 도구로 브레인 게임을 활용하고 있다.

인지 장애가 없는 노인을 대상으로 한 메타분석에 따르면 브레인 게임은 인지 기능 향상에 긍정적인 효과가 있는 것으로 보고되고 있다. 대조군과 비교하여 처리 속도, 작업 기억, 집행 기능, 단어 기억 등에서 효과가 있고, 시공간 기능과 집중력에는 유의미한 효과는 없는 것으로 알려져 있다.⁷ 12주 이상 브레인 게임을 인지 장애가 없는 노인들에게 적용한 결과를 정리한 코크란 리뷰에 따르면 세부 인지 영역에서는 대조군과 비교하여 유의미한 유의성을 보이는 데 실패했지만, 전반적인 인지 기능에서는 우월성을 보였다.⁸ 다만 이 우월성은 경도 인지 장애 환자와 치매 환자에게서는 나타나지 않았다. 메타분석 결과 전반적인 인지 기능 및 세부 인지 기능 모두에서 대조군과 비교한 효과가 유의미하지 않은 것으로 확인되었다. 따라서 브레인 게임의 효과는 대상군에 따라 다르게 나타나서, 인지 기능에 문제를 가지고 있는 경도 인지 장애, 치매 환자에게서는 효과가 없고 건강한 노인에게서는 유의한 효과가 있다고 정리할 수 있다.⁹ 또한 브레인 게임은 인지 훈련을 받은 특정 인지 과제에서는 효과를 보이지만, 훈련 받지 않은 다른 인지 과제에서는 효과를 확인하기 힘들고 그 효과가 일상생활 동작이나 삶의 질의 향상으로 전이 및 일반화되는 근거는 아직 부족하다. 브레인 게임은 특정한 게임을 선택하고 훈련의 양, 반복 횟수 등을 정하는 데 있어 의료진의 도움이 필요하다. 인지 기능이 심하게 떨어지거나 디지털 문해력의 문제가 있는 노인에게는 그 활용의 폭이 제한적일 수 있기에 브레인 게임을 쉽게 활용할 수 있는 방법을 모색하여야 할 것이다.

2) 비디오 게임(video game)

지필 활동을 게임 형태로 옮겨 놓은 브레인 게임과 달리 놀이 목적으로 만들어진 게임을 인지 훈련을 목적으로 활용하기도 한다. 40여 년 전부터 비디오 게임을 인지 훈련 연구에 활용했다는 이야기가 있을 정도로 그 역사가 오래되었다. 놀이를 목적으로 기획되었기 때문에 흥미를 유발하는 데 뛰어난 장점을 가지며, 따라서 생리적인 각성과 두뇌에서의 보

상 기전을 활성화한다고 알려져 있다. 기능적 뇌자기공명영상(fMRI)를 통해 비디오 게임을 주 5시간 이상 규칙적으로 한 대상자들에게는 집중과 관련한 뇌 영역의 활성화가 덜 일어나는 뇌활성의 효율성 향상을 입증하기도 하였다.¹⁰ 비디오 게임 중에 가장 많은 연구가 이루어진 액션 비디오 게임(action video game)은 집중과 시지각 능력의 향상을 일으킨다고 한다.¹¹ 다만, 비디오게임이 모든 인지 기능의 향상을 가져오지는 못하고 특히 고등 인지 기능의 향상을 보이는 데에는 실패하였다. 노인에게 비디오 게임을 적용하였을 때 기억, 집중, 반응 속도 등의 인지 기능에서 유의한 향상을 확인하였고 이는 젊은 노인군과 고령의 노인군 모두에서 확인할 수 있었다.¹²

3) 가상현실

가상현실은 컴퓨터를 통해서 만들어진 가상현실을 체험하게 해주는 기술로 가상 현실 내의 아바타나 사물들을 사용자가 원하는 방향으로 실시간으로 조작하거나 실행하면서 느끼는 사용자와 가상 현실 간의 상호 작용과 가상 환경 내에 존재하는 느낌에서 오는 몰입감이라는 두 주요한 특성을 가진다.¹³ 가상현실은 다양한 감각을 동시에 입력 신호로 제공해 줄 수 있다. 기본적으로 제공되는 시각적 자극 외에 청각적 자극, 진동 자극 등을 추가하여 시각, 청각, 고유수용성 감각 등을 동시에 제공하여 실재감을 극대화할 수 있다. 이를 통해 가상현실은 다양한 환경을 현실감 있게 만들어낼 수 있게 되고, 따라서 위험 요인을 줄인 안전한 가상 환경에서 실제 환경과 유사한 경험을 하며 훈련을 진행할 수 있는 장점이 있다.

가상현실은 몰입감 정도에 따라 비몰입 환경, 부분 몰입 환경, 완전 몰입 환경으로 분류한다. 비몰입 환경은 모니터나 태블릿 PC의 화면을 활용하고, 부분 몰입 환경은 여러 대의 디스플레이를 각도를 달리하여 붙여서 만들어내고, 완전 몰입 환경은 HMD를 이용하여 구축한다. 몰입감의 정도가 크게 되면 감정적 현저성(emotional salience)이라고 하는 특성을 통해 인지적인 자극을 우회한 감정적인 경험을 하게 되어 기분이 좋아지거나 동기가 강화되는 경험을 하게 된다. 다만 HMD를 활용한 가상현실 재활은 사이버 멀미(cyber sickness)로 인해 활용의 어려움이 있는데, 평형 기관에서 오는 정보와 시각 정보의 불일치가 더 크게 나타나는 노인에게는 멀미가 더 심하게 나타나 활용하기가 쉽지는 않다. 최근 기술의 발달에 따라 사이버 멀미를 줄이는 여러 방법이 제시되고 있어서 향

후 노인에게도 완전 몰입형 가상현실을 이용한 인지 훈련이 활용될 수 있을 것이다. 최근 노인군에서 HMD를 이용한 신체 및 인지 훈련의 가능성을 보여준 연구가 보고된 바 있고, 향후 많은 임상적 활용이 있을 것으로 예상된다.¹⁴

4) 로봇

앞서 언급한 게임이나 가상현실을 노인에게 적용할 때에는 의료진의 보조가 필요하나 병원 환경이 아닌 일상 공간에서 의료진이 지속적으로 도움을 주거나 감시하기는 어려운 상황이다. 따라서 의료진을 대신하거나, 의료진을 보조하는 역할로 로봇을 활용하는 경우가 늘어나고 있다.¹⁵ Covid-19과 같은 비대면 환경의 치료가 권장되는 상황에서는 이러한 로봇의 역할은 더욱 늘어날 것이다. 인지 기능이 많이 저하된 치매 환자에게서는 인지 훈련보다는 감정적 접근을 통해 이상행동을 줄여주거나 정서적 지지를 하는 역할이 더 효과적이며 이를 위해 소셜 로봇(social robot)을 활용한다.¹⁶

5) 비침습적 뇌자극술

경두개 직류자극(transcranial direct current stimulation)은 건강한 노인의 인지 증진에 유의한 효과가 있는 것으로 보고되고 있다. 최근의 체계적 문헌 고찰에 따르면 전반적인 인지 및 집중력, 오류를 파악하는 능력에서 유의한 효과가 있다.¹⁷ 경도 인지 장애 환자와 치매 환자에게서는 경두개 직류자극이 인지 기능 회복에 미치는 효과가 아직 명확하지 않다. 기억 증진에 단기간 효과는 있으나 장기간 효과는 없는 것으로 알려져 있다.¹⁸ 경두개 자기자극술(repetitive transcranial magnetic stimulation)은 경두개 직류자극보다 인지 기능 향상에 조금 더 명확한 효과를 보고하고 있으며, 자극 위치 및 자극 방법에 따라 기억, 집행 기능 등 효과가 다양하게 보고되고 있다.¹⁹ 비침습적 뇌자극술은 자극의 강도, 빈도, 전기 또는 자기 자극의 위치, 자극 시간 등 다양한 적용 방법을 활용할 수 있어서 환자의 인지 상태에 맞는 치료를 시행하는 것이 필요하다.

6) 예술을 활용한 중재 방법

시각 예술, 춤과 신체 동작, 음악, 스토리텔링 등을 예술을 활용한 중재로 활용하고 있지만 아직 임상적 유효성에 관해

서는 근거가 부족하다.²⁰ 가장 활발한 연구가 이루어지고 있는 주제가 음악 치료인데 음악 치료는 뇌에서 다양한 부분의 활성화를 유도하는 것으로 되어 있다.¹⁷ 노래를 부르는 동안 가사를 기억하고 회상하는 과정에서 좌측 측두엽이 활성화되고 음정을 맞추는 과정에서 우측 측두엽과 두정엽이 활성화되며, 리듬을 맞추는 과정에서 소뇌가 활성화된다. 또한 음악은 기억의 감정적인 부분과 연관이 되어서 과거에 들던 노래를 회상하거나 다시 듣게 되면 인지와 관련된 뇌 영역 외에도 감정과 관련한 뇌의 영역도 활성화시킨다고 알려져 있다. 이러한 음악 치료의 속성을 활용하여 치매 환자의 우울감, 감정적인 행복을 호전시키고 불안을 포함한 이상행동을 조절하는 데 활용한다.²¹

음악 치료 중에 신경학적 기능 증진을 목적으로 하는 음악 치료를 신경학적 음악 치료라고 하는데, 인지 증진의 목적으로 시행하는 신경학적 음악 치료는 음악 감각 오리엔테이션 훈련(music sensory orientation training), 음악적 기억술 훈련(music mnemonics training), 음악적 집중 조절 훈련(music attention control training), 음악 수행 기능 훈련(music executive functioning training) 등이 있다.

결론

다중 영역 치료가 인지 기능 증진 및 유지를 위해 중요하다고 강조한 바와 같이 뇌가소성 증진을 위해서는 신체적인 활동과 사회적인 자극 등의 여러 요소를 포함한 풍족한 환경(enriched environment)이 중요하다. 이를 위해 본 종설에서 기술한 여러 재활 방법을 활용하여 개인의 특성을 반영한 맞춤형 인지 재활을 하는 것이 노인의 인지 기능 증진에 효과적일 것이다.

REFERENCES

1. Wolters FJ, Chibnik LB, Waziry R, Anderson R, Berr C, Beiser A, et al. Twenty-seven-year time trends in dementia incidence in Europe and the United States: The Alzheimer Cohorts Consortium. *Neurology* 2020;95:e519-e531

2. Ngandu T, Lehtisalo J, Solomon A, Levälähti E, Ahtiluoto S, Antikainen R, et al. A 2 year multidomain intervention of diet, exercise, cognitive training, and vascular risk monitoring versus control to prevent cognitive decline in at-risk elderly people (FINGER): a randomised controlled trial. *Lancet* 2015;385:2255-2263
3. Kivipelto M, Mangialasche F, Ngandu T. Lifestyle interventions to prevent cognitive impairment, dementia and Alzheimer disease. *Nat Rev Neurol* 2018;14:653-666
4. Kivipelto M, Mangialasche F. Dementia research in 2020: moving forward despite the COVID-19 pandemic. *The Lancet Neurology* 2021;20:3-5
5. Simons DJ, Boot WR, Charness N, Gathercole SE, Chabris CF, Hambrick DZ, et al. Do “Brain-Training” programs work? *Psychol Sci Public Interest* 2016;17:103-186
6. Kletzel SL, Cary MP, Ciro C, Berbrayer D, Dawson D, Hoffecker L, et al. Brain gaming: A user's product guide for the clinician. *Arch Phys Med Rehabil* 2016;97:1399-1400
7. Bonnechère B, Langley C, Sahakian BJ. The use of commercial computerised cognitive games in older adults: a meta-analysis. *Scientific Reports* 2020;10:1-14
8. Gates NJ, Rutjes AW, Di Nisio M, Karim S, Chong LY, March E, et al. Computerised cognitive training for maintaining cognitive function in cognitively healthy people in late life. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2019
9. Kletzel SL, Sood P, Negm A, Heyn PC, Krishnan S, Machtinger J, et al. Effectiveness of brain gaming in older adults with cognitive impairments: A systematic review and meta-analysis. *J Am Med Dir Assoc* 2021;22:2281-2288. e2285
10. Bavelier D, Achtman RL, Mani M, Föcker J. Neural bases of selective attention in action video game players. *Vision Research* 2012;61:132-143
11. Green CS, Bavelier D. Action video game training for cognitive enhancement. *Current Opinion in Behavioral Sciences* 2015;4:103-108
12. Toril P, Reales JM, Ballesteros S. Video game training enhances cognition of older adults: a meta-analytic study. *Psychol Aging* 2014;29:706-716
13. Schultheis MT, Rizzo AA. The application of virtual reality technology in rehabilitation. *Rehabil Psychol* 2001;46:296
14. Hassandra M, Galanis E, Hatzigeorgiadis A, Goudas M, Mouzakidis C, Karathanasi EM, et al. A virtual reality app for physical and cognitive training of older people with mild cognitive impairment: mixed methods feasibility study. *JMIR Serious Games* 2021;9:e24170
15. Park EA, Jung AR, Lee KA. The humanoid robot Sil-Bot in a cognitive training program for community-dwelling elderly people with mild cognitive impairment during the COVID-19 pandemic: A randomized controlled trial. *Int J Environ Res Public Health* 2021;18:8198
16. Rouaix N, Retru-Chavastel L, Rigaud A-S, Monnet C, Lenoir H, Pino M. Affective and engagement issues in the conception and assessment of a robot-assisted psychomotor therapy for persons with dementia. *Front Psychol* 2017;8:950
17. Indahlastari A, Hardcastle C, Albizu A, Alvarez-Alvarado S, Boutzoukas EM, Evangelista ND, et al. A systematic review and meta-analysis of transcranial direct current stimulation to remediate age-related cognitive decline in healthy older adults. *Neuropsychiatr Dis Treat* 2021;17:971-990
18. Saxena V, Pal A. Role of transcranial direct current stimulation in the management of Alzheimer's disease: A meta-analysis of effects, adherence and adverse effects. *Clin Psychopharmacol Neurosci* 2021;19:589-559
19. Chou Y-h, That VT, Sundman M. A systematic review and meta-analysis of rTMS effects on cognitive enhancement in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Neurobiol Aging* 2020;86:1-10
20. Fong ZH, Tan SH, Mahendran R, Kua EH, Chee TT. Arts-based interventions to improve cognition in older persons with mild cognitive impairment: A systematic review of randomized controlled trials. *Aging Ment Health* 2021;25:1605-1617

21. Van der Steen JT, Smaling HJ, Van der Wouden JC, Bruinsma MS, Scholten RJ, Vink AC. Music-based

therapeutic interventions for people with dementia. Cochrane Database of Syst Rev 2018;7:CD003477
