

노인의 인지기능 세부 영역과 기능적 이동성 복잡성 간의 연관성

한우희 · 김현진 · 이정수^{1†}

국립금오공과대학교 바이오메디컬공학과, ¹국립금오공과대학교 첨단의료기기연구소

Associations Between Cognitive Function Subdomains and Functional Mobility Complexity in Older Adults

Woohee Han, PT · Hyunjin Kim, MS · Jungsoo Lee, PhD^{1†}

Department of Biomedical Engineering, Kumoh National Institute of Technology

¹High-Tech Medical Equipment Research Institute, Kumoh National Institute of Technology

Received: September 11, 2025 / Revised: October 2, 2025 / Accepted: October 27, 2025

© 2026 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: Cognitive decline and mobility impairment are common in older adults, but the links between specific cognitive domains and complex gait remain underexplored. This study examined the associations between multiple cognitive function subdomains and the functional mobility tasks of varying complexity in community-dwelling older adults, while accounting for age and education as potential confounders.

METHODS: One hundred and five older adults underwent comprehensive cognitive assessments covering attention, language, visuospatial, memory, and frontal/executive functions. Functional mobility was assessed with the

10-Meter Walk Test at comfortable and maximum speed (10MWT_Comf, 10MWT_Max), Six-Minute Walk Test (6MWT), Timed Up and Go (TUG), and Four Square Step Test (FSST). Bivariate and partial correlation analyses were performed to examine the relationships between cognition and mobility, with effect sizes.

RESULTS: The cognitive function was significantly correlated with all functional mobility measures, with stronger associations observed for more complex tasks such as TUG and FSST. After adjusting for age and education, only FSST, TUG, and 10MWT_Max remained significant. The cognitive subdomains were correlated with all gait and mobility measures in raw scores. These associations were reduced after adjusting for age and education, except for the frontal/executive domain.

CONCLUSION: Mobility tasks requiring executive control, attention, and visuospatial processing are closely linked to cognition in older adults. Although age and education influence these associations, frontal/executive function consistently predicts complex mobility performance.

†Corresponding Author : Jungsoo Lee

jungsoo0319@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9439-0166>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

These findings highlight the importance of cognitively demanding mobility assessments in clinical practice and suggest that strengthening the executive function may be critical for fall prevention and interventions in aging populations.

Key Words: Aging, Cognitive function, Executive function, Gait, Mobility

I. Introduction

전 세계적으로 출산율 감소와 의료기술 발달에 따른 기대수명 연장으로 인해 인구 고령화가 가속화되고 있다. 미국과 캐나다를 비롯한 선진국에서는 이미 노인 인구 비율의 급격한 증가가 보고되고 있으며[1,2], 한국 역시 OECD 국가 중 가장 빠른 속도로 고령화가 진행되는 국가로, 2020년 기준 전체 인구의 15.7%가 노인 인구에 해당하는 것으로 나타났다[3]. 이러한 고령화 현상은 사회적, 경제적 부담을 가중시킬 뿐 아니라, 개인적으로는 노화에 따른 인지기능 저하와 신체기능 약화라는 문제를 동반한다. 특히 고령화에 따른 인지기능 저하는 개인의 삶의 질을 저하시키고, 치매와 같은 만성질환의 위험성을 증가시키는 중요한 건강 이슈로 자리 잡고 있다[1,2].

인지기능은 주의집중, 언어, 시공간, 기억, 전두엽/집행기능의 다섯가지 세부 영역으로 구성된다[4]. 주의집중기능은 선택적, 지속적 주의를 유지하는 능력으로 정보처리의 기초가 되며, 언어기능은 의사소통과 사회적 상호작용에 필수적인 기능이다. 시공간기능은 대상을 인식하고 공간 내 위치를 파악하는 능력이며, 기억기능은 단기, 장기 기억으로 구분되어 학습과 정보 인출에 핵심적인 역할을 한다. 마지막으로 전두엽/집행기능은 목표 설정, 계획, 문제 해결, 판단력 등 고차원적인 사고를 담당하는 통합적 인지 기능이다[5]. 이러한 인지기능 저하는 신체기능, 특히 보행 및 기능적 이동성과 연결되어 있음을 최근 연구들은 보고하고 있다[6].

보행 및 기능적 이동성은 단순 하지 근력 활동을 넘어 복잡한 신경/인지 통합 과정으로 이루어진다. 하지 근력과

균형 조절뿐 아니라 균형 유지, 자세 전환, 감각 피드백, 주의 전환, 공간 인식 등 복잡한 인지과 운동기능의 협응을 필요로 하며[7], 따라서 인지기능 수준이 낮을수록 보행과 기능적 이동성 기능은 저하되고 낙상 위험이 증가하는 것으로 알려져 있다[6-8]. 따라서 인지기능과 보행 및 이동성 간의 상호작용을 면밀하게 규명하는 것은 고령자의 기능적 독립성과 낙상 예방, 나아가 건강한 노화 전략 수립에 있어 중요한 연구 주제라 할 수 있다.

그러나 기존 연구들은 보행 속도와 인지기능 간의 관계 또는 특정 인지 영역과 특정 보행 및 이동성 지표 간의 연관성을 살펴본 것이 다수이며, 세부 인지 영역별 특성과 복잡성이 다른 다양한 수준의 보행 및 이동성 기능 간의 관계를 종합적으로 살펴보고 근거를 제시하는 것에는 한계가 있었다.

따라서 본 연구는 지역사회 고령자를 대상으로 전반적인 인지기능과 주의집중, 언어, 시공간, 기억, 전두엽/집행 영역의 세부 인지기능을 평가하고, 10m 평속보행검사(10-Meter Walk Test at comfortable speed, 10MWT_Comfortable), 10m 빠른보행검사(10-Meter Walk Test at maximum speed, 10MWT_Maximum), 6분 보행검사(Six-Minute Walk Test, 6MWT), 일어나 걷기 검사(Time Up and Go, TUG), 사방보행검사(Four Square Step Test, FSST)를 활용하여 균형 및 순발력 등 자세 조절의 복잡성이 다른 보행 및 이동성 기능을 평가하여 두 지표 간의 관계를 분석하였다. 특히, 두 지표의 주요 교란 요인에 해당하는 나이와 교육수준을 통제 여부에 따라 인지기능과 보행 및 이동성 기능 간의 연관성 변화를 면밀하게 살펴봄으로써, 보다 자세한 근거를 제시하고자 하였다. 이러한 분석을 통해 얻어진 결과는 인지 및 신체기능 저하의 조기 예측과 중재 전략 수립에 기여할 수 있으며, 궁극적으로 노인의 삶의 질 향상과 건강 수명 연장에 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

II. Methods

1. Study Design and Participants

본 연구는 지역사회 고령자를 대상으로 노화로 인한

기능 저하를 예측하고 기능 향상을 위한 전략을 수립하기 위해 인지 및 신체기능 수준과 생체신호 등을 포함한 데이터를 종단적으로 수집하도록 설계되었다. 총 120명의 고령자가 이 연구에 참여하였다. 본 연구의 포함 기준은 다음과 같았다. 1) 만 55세에서 84세 사이의 지역사회 거주 고령자,

Table 1. Subjective characteristics of the study participants

Characteristics	Participants (n = 105, mean (SD))
Age (years)	72.66 (5.69)
Sex (n, male / female)	40 / 65
Education (years)	8.36 (3.73)
Height (cm)	159.85 (8.34)
Weight (kg)	61.96 (9.80)
Screening test	
KDSQ-C	6.96 (1.47)
SPPB	11.55 (1.06)
Cognitive function test	
K-MMSE	26.20 (2.89)
SNSB-C (z-score)	
Attention	.51 (1.17)
Language	.08 (.96)
Visuospatial	-.41 (.90)
Memory	-.08 (.76)
Frontal/Executive	.01 (.83)
Functional mobility and walking test	
10MWT_Comfortable (m/s)	1.26 (.20)
10MWT_Maximum (m/s)	1.56 (.28)
6MWT (m)	413.42 (77.44)
TUG (s)	7.85 (1.95)
FSST (s)	8.03 (1.74)

SD, standard deviation; KDSQ-C, Korean Dementia Screening Questionnaire - Cognition; SPPB, Short Physical Performance Battery; K-MMSE, Korean Mini Mental State Exam; SNSB-C, Seoul Neuropsychological Screening Battery - Core; 10MWT, 10-Meter Walk Test; 6MWT, 6-Minute Walk Test; TUG, Timed Up and Go; FSST, Four-Square Step Test

2) Korean Dementia Screening Questionnaire-Cognition (KDSQ-C) 점수가 6점 이상인 경우로 정의된 경도 인지장애가 있는 자 또는 Short Physical Performance Battery (SPPB) 점수가 9점 이하인 경우로 정의된 신체기능 저하가 있는 자. 제외 기준은 다음과 같았다. 1) 독립적인 보행이 불가능한 중증 시야결손, 골절 또는 뇌질환이 있는 자, 2) 모집 6개월 이내에 골절 등의 근골격계 질환 병력이 있어 신체 기능에 영향을 줄 수 있는 자, 3) 연구 내용을 이해하거나 자발적 동의가 불가능한 중증 인지장애가 있는 자, 4) 조현병이나 양극성 장애와 같은 주요 정신질환 병력이 있는 자, 5) 심박조율기, 폐쇄공포증, 두개 내 금속 삽입물 등으로 인해 MRI 검사가 금지인 자.

본 연구는 국립금오공과대학교 생명윤리위원회(IRB)로부터 승인(IRB 승인번호: 202306-HR-004)을 받았다. 모든 참여자는 연구 등록 이전 서면 동의를 제출하였고, 연구 절차는 승인된 연구계획서에 따라 진행되었다. 본 연구에서는 총 105명의 참여자를 대상으로 신체 및 인지 기능 자료를 분석하였다. 인지기능과 보행 및 이동성 기능 간의 관계를 살펴보는 연구 목적에 따라 뇌졸중, 파킨슨병 등 신경계 질환 14명을 비롯해 척추관 협착증으로 불편을 호소한 1명은 분석에서 제외하였다. 참가자의 특성은 Table 1에 제시하였다.

2. Procedure

연구 대상자에 대한 모든 평가는 피로도 및 소요 시간을 고려하여 전문 인력에 의해 3~4일에 걸쳐 실시하였다. 총 105명의 대상자들의 인지기능 평가로 Korean-Mini Mental State Examination(K-MMSE)과 세부 인지기능 평가를 위한 Seoul Neuropsychological Screening Battery-Core (SNSB-C)를 활용하였다. 또한 보행 및 이동성 기능 평가로 10MWT_Comfortable, 10MWT_Maximum, 6MWT, TUG, FSST를 활용하였다. 모든 평가는 환경적 요인의 영향을 최소화하기 위해 쾌적한 실내에서 진행되었으며, 대상자가 집중할 수 있도록 조용하고 독립된 공간에서 실시되었다.

1) Cognitive Function Test

(1) Korean Mini Mental State Exam(K-MMSE)

K-MMSE는 MMSE의 한국어판으로, 인지기능 수준

을 평가하기에 적합한 검사 도구이다. 본 검사는 즉각 기억(3점), 시간 지남력(5점), 장소 지남력(5점), 지연 기억(3점), 주의집중 및 계산 능력(5점), 언어 능력(8점), 시공간 능력(1점) 등으로 구성되어 있으며, 총점은 최소 0점에서 최대 30점까지로 인지기능 수준을 수치화 할 수 있다. 점수가 높을수록 인지기능이 양호함을 의미한다[9]. 그룹 내 .825, 그룹 간 .968의 신뢰도를 가지고 있다[10].

(2) Seoul Neuropsychological Screening Battery-Core (SNSB-C)

SNSB-C는 보다 세부적인 인지기능 수준을 평가하기 위해 활용하였다. SNSB-C는 신뢰도가 검증(그룹 내 신뢰도 .600-.970)된 인지기능 검사를 모아놓은 배터리이다 [11]. 주의집중(Attention) 영역의 기능 수준을 평가하기 위해 Digit Span Test-Forward/Backward(DST-F/B)가 사용되었고, 언어(Language) 영역은 Short-Korean Boston Naming Test(S-K-BNT), 시공간(Visuospatial) 영역은 Rey Complex Figure Test(RCFT)를 사용하였다. 기억(Memory) 영역은 Seoul Verbal Learning Test-Elderly's Version(SVLT-E)의 Immediate Recall, Delayed Recall, Recognition 항목을 활용하여 평가하였으며, 전두엽/집행(Frontal/Executive Functions) 영역은 Contrasting Program, Go-No Go, Digit Symbol Coding(DSC), Controlled Oral Word Association Test(COWAT)의 Animal 및 초성 'ㄱ' 단어 생성 과제, Korean-Trail Making Test-Elderly's Version(K-TMT-E), Korean-Color Word Stroop Test 60 seconds(K-CWST-60)의 Color Reading 과제를 사용하여 평가하였다. SNSB-C는 총 5개의 인지 하위 영역(Sub-domain)으로 구성되어 있어 영역별 인지기능 수준을 상세히 설명할 수 있는 장점이 있으며, 점수가 높을수록 인지기능 수준이 양호함을 나타낸다. 본 연구에서는 주의 집중, 언어, 시공간, 기억, 전두엽/집행기능의 다섯 가지 인지 세부 기능 점수를 평가도구를 통해 나온 raw score를 표준화한 점수와 나이와 교육수준에 대해 보정하여 산출된 z-score를 분석에 활용하였다[12].

2) Functional Mobility and Walking Test

(1) 10-Meter Walk Test at comfortable speed(10MWT_Comfortable)

10MWT_Comfortable는 대상자의 일상 보행 속도를 확인하기 위한 평가로 20m 평행한 일직선 구간에서 5m 가속 구간을 지나 10m의 측정 구간, 5m의 감속구간으로 구성되어 있다. 평가자는 평가과정에서 가속 구간과 감속 구간을 제외한 기록 구간의 보행 시간을 총 2회 기록하고 속도로 변환하여 분석하였다[13].

(2) 10-Meter Walk Test at maximum speed(10MWT_Maximum)

10MWT_Maximum은 대상자의 최고 보행속도를 확인하기 위한 평가로 10MWT_Comfortable과 같은 구간에서 측정이 이루어지며 대상자에게 달리지 않고 최대한 빠른 속도로 보행을 진행해 달라고 요청한다. 평가자는 대상자의 두발이 땅에서 떨어지면 달린 것으로 보고 재측정을 진행하였고 총 2회의 보행시간을 기록하여 10MWT_Comfortable과 동일하게 속도로 변환하여 분석하였다 [13]. 10MWT는 그룹 내 .980, 그룹 간 .998의 신뢰도를 가지고 있다[14].

(3) Six-Minute Walk Test(6MWT)

6MWT는 지속적인 보행수행능력을 확인하기 위한 것으로 6분의 시간동안 지속적인 보행을 통해 대상자의 보행 가능거리를 평가하는 방법이다. 측정 전 최대한 많은 거리를 걷는 것이 더 좋은 결과임을 대상자에게 알려주고 평가를 시작한다. 측정은 대상자가 노인임을 고려하여 6분의 측정시간동안 휴식이 가능함을 알려주고 휴식 후 다시 보행이 가능하다는 것도 알려주었다. 측정은 1회로 진행되었으며 측정 간 대상자가 어지러움을 호소하거나 통증이 발생하면 보행을 즉시 중지하도록 하였다[15]. 그룹 내 .980, 그룹 간 .960의 신뢰도를 가지고 있다[16].

(4) Timed Up and Go(TUG)

TUG는 대상자의 운동성과 동적균형능력을 확인하는 평가도구로서 팔걸이가 있고 높이가 44~47cm인 의자에 대상자를 앉힌 후 의자로부터 3m 거리지점에 방향 전환을

위한 고깔콘을 설치한다. 평가자가 시작을 알리면 대상자는 의자에서 일어나 3m 거리의 고깔을 돌아 다시 의자로 돌아와 자리에 앉기까지의 시간을 총 2회 측정한다. 이때 시간이 짧으면 짧을수록 높은 점수임을 평가자는 대상자에게 알려주고 평가를 시작한다[17]. 그룹 내 .920, 그룹 간 .990의 신뢰도를 가지고 있다[18].

(5) Four Square Step Test(FSST)

FSST는 동적균형능력과 낙상위험을 예측하기 위한 평가도구로서 2cm 높이의 정십자가 형태의 막대를 준비하고 대상자의 발 앞에 두어 막대를 밟지 않고 4면을 시계방향과 반시계방향으로 돌아 다시 제자리로 돌아오는데 걸리는 시간을 측정하는 평가도구이다. 측정은 2회로 진행되었으며 측정 간에 낙상을 방지하기 위해 평가자는 대상자에게 위험에 대한 설명을 충분히 하고 대상자가 막대를 밟게 되었을 때는 평가를 다시 진행하여 측정에 소요된 시간을 기록한다[19]. 그룹 내 .980, 그룹 간 .990의 신뢰도를 가지고 있다[20].

3. Statistical Analysis

수집된 자료는 IBM SPSS Statistics version 29.0(IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 사용하여 분석하였다. 인지기능과 보행 및 이동성 기능 간의 관계를 확인하기 위해 K-MMSE 점수와 10MWT_Comfortable, 10MWT_Maximum, 6MWT, TUG, FSST의 2회 측정 평균값 간의 상관분석을 실시하였다. 또한, 나이와 교육수준은 인지기능과 보행 및 이동성

기능과 관련성이 높은 요인이므로 해당 변수의 영향을 배제한 순수한 관계를 분석하기 위해 나이와 교육수준의 영향을 통제한 부분상관분석을 추가로 수행하였다.

인지기능 세부 영역과 보행 및 이동성 기능 영향 관계를 확인하기 위해 SNSB-C에서 산출된 주의집중, 언어, 시공간, 기억, 전두엽/집행 영역의 raw score와 나이와 교육수준에 대해 보정하여 산출된 z-score를 활용하였다. 세부 인지 기능이 보행 및 이동성 기능에 개별적으로 미치는 영향을 확인하기 위해 상관분석을 수행하였다.

추가적으로 상관관계계수를 활용해 효과 크기를 확인했다. 상관계수의 효과 크기는 Cohen[21]이 제시한 기준에 따라 $|r|$ 이 .100 보다 큰 경우 작은 효과(small effect), .300 보다 큰 경우 중간 효과(medium effect), .500보다 큰 경우 큰 효과(large effect)로 해석하였다.

III. Result

연구 참여자는 총 105명으로, 평균 연령은 72.66세였으며 남성 40명, 여성 65명이 포함되었다. 평균 교육 기간은 8.36년이었으며 인지기능과 보행 및 이동성 기능 특성은 Table 1에서 확인할 수 있다. K-MMSE 평가에 의한 인지기능과 보행 및 이동성 기능 수준 간의 단순 이변량 상관관계와 나이와 교육수준을 통제한 상관관계를 살펴보았다(Table 2). 이변량 상관분석 결과, 인지기능은 모든 보행 및 이동성 지표(10MWT_Comfortable, 10MWT_Maximum,

Table 2. Correlation coefficients and effect size between the K-MMSE score and functional mobility measures

	Bivariate correlation			Age and education-adjusted correlation		
	r	p	Effect size	r	p	Effect size
10MWT_Comfortable	.383	< .001	medium	.100	.315	-
10MWT_Maximum	.469	< .001	medium	.208	.035	small
6MWT	.357	< .001	medium	.119	.248	-
TUG	-.537	< .001	large	-.329	< .001	medium
FSST	-.527	< .001	large	-.349	< .001	medium

10MWT_Comfortable, 10-Meter Walk Test comfortable speed; 10MWT_Maximum, 10-Meter Walk Test, maximum speed; 6MWT, 6-Minute Walk Test; TUG, Timed Up and Go; FSST, Four Square Step Test

6MWT, TUG, FSST)와 유의한 상관관계를 나타냈다. TUG($r = -.537, p < .001$), FSST($r = -.527, p < .001$), 10MWT_Maximum($r = -.469, p < .001$), 10MWT_Comfortable($r = -.383, p < .001$), 6MWT($r = -.357, p < .001$) 순으로 높은 상관을 보였고, 효과 크기에서 TUG와 FSST는 큰 효과, 10MWT_Maximum, 10MWT_Comfortable, 6MWT는 중간 효과 크기를 보였다. 이동성의 복잡도가 높을수록 인지기능과 더 강한 연관성을 보이는 것을 확인할 수 있었다.

한편, 나이와 교육수준을 통제한 부분 상관분석 결과, FSST($r = -.349, p < .001$), TUG($r = -.329, p < .001$), 10MWT_Maximum($r = .208, p = .035$)만이 인지기능과 유의한 상관관계를 유지하였고, FSST와 TUG는 중간 효과, 10MWT_Maximum은 작은 효과 크기로 이변량 분석 대비 감소했다. 10MWT_Comfortable, 6MWT는 통제 이후 상관계수가 감소하여 통계적으로 유의하지 않았다. 이는 나이와 교육수준이 인지기능과 보행 및 이동성 기능 간의 연관성 약화를 시사하며, 이동성의 복잡도가 낮은 경우 나이와 교육수준을 통제했을 때 기능 간의 연관성이 없어짐을 확인할 수 있었다.

각 세부 인지 영역이 개별적으로 보행 및 이동성 기능에 미치는 영향을 파악하였다(Fig. 1). 먼저 raw score에서 모든 세부 인지 영역과 보행 및 이동성 기능은 유의한

연관성이 있었고, 중간에서 큰 효과 크기(medium to large effect size)를 보였다. 특히 언어 영역과 TUG, FSST, 시공간 영역과 10MWT_Maximum에서 강한 연관성을 보였다.

나이와 교육수준을 반영한 z-score와의 연관성의 경우 주의집중 영역과 10MWT_Maximum, TUG, FSST, 기억 영역과 FSST 간의 연관성이 유지되었고, 언어 영역과 전두엽/집행 영역은 모든 보행 및 이동성 기능과 연관성이 유지되었다. 나이와 교육수준을 반영하였을 때 MMSE 결과와 같이 세부 인지기능과 보행 및 이동성 기능 간의 연관성이 중간에서 큰 효과 크기(medium to large effect size)에서 작은에서 중간 효과 크기(small to medium effect size)로 전반적으로 낮아졌으나 전두엽/집행 영역은 반대로 높아진 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 2는 세부 인지기능과 보행 및 이동성 기능 연관성의 크기를 시각화한 것이다. Raw score의 경우 넓은 면적의 오각 형태로 전반적으로 모든 영역이 연관성이 있는 것으로 나왔으며, 비교적 단순한 10MWT_Comfortable과 6MWT보다 복잡도가 더 높은 FSST, TUG, 10MWT_Maximum의 면적이 더 넓은 것을 확인할 수 있었다. 나이와 교육수준을 반영하였을 때는 시공간 영역은 보행 및 이동성 연관성이 매우 약화되었고, 전두엽/집행 영역은 반대로 연관성이 강화된 모습을 볼 수 있었다.

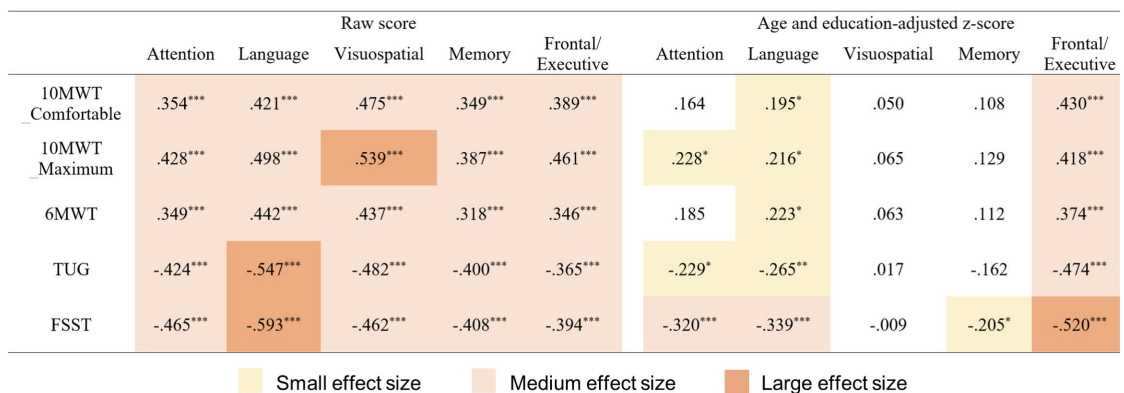


Fig. 1. Correlation coefficients between cognitive function domains and gait/mobility measures.

Cognitive domains include Attention, Language, Visuospatial, Memory, and Frontal/Executive functions. Gait and mobility measures include 10MWT (10-Meter Walk Test; Comfortable and Maximum walking speed), 6MWT (6-Minute Walk Test), TUG (Timed Up and Go), and FSST (Four Square Step Test). Left panel presents correlations with raw cognitive scores, and right panel presents correlations with age- and education-adjusted z-scores. Effect sizes are color-coded: small (yellow), medium (peach), and large (orange). * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

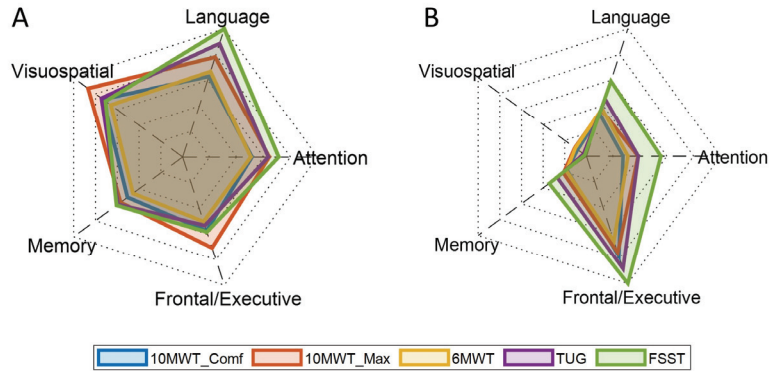


Fig. 2. Radar plots showing the associations between cognitive function domain and gait/mobility measures. (A) Correlation results based on raw cognitive scores. (B) Correlation results based on age- and education-adjusted z-scores. 10MWT_Comf, 10-Meter Walk Test comfortable speed; 10MWT_Max, 10-Meter Walk Test, maximum speed; 6MWT, 6-Minute Walk Test; TUG, Timed Up and Go Test; FSST, Four Square Step Test

IV. Discussion

본 연구는 지역사회 고령자를 대상으로 세분화한 인지 기능과 균형 및 순발력 등 자세 조절 기능의 복잡성이 다른 보행 및 이동성 기능 간의 연관성을 살펴보고, 나이와 교육수준 통제 여부에 따른 연관성 변화를 면밀하게 살펴 보았다.

K-MMSE로 평가한 전반적인 인지기능과 보행 및 이동성 지표 간의 연관성을 보면 이변량 상관분석에서 인지기능은 모든 보행 및 이동성 지표와 유의한 상관관계를 보였으며, 과제의 복잡도가 높은 TUG와 FSST에서 가장 강한 연관성을 확인할 수 있었다. 효과 크기 분석에서도 TUG와 FSST는 큰 효과, 10MWT 및 6MWT는 중간 정도의 효과를 나타내어, 보행 및 이동성 과제가 복잡해 질수록 인지기능과의 관계가 강화됨을 확인할 수 있었다. 큰 효과 크기를 보인 TUG는 앉기/일어나기, 직선 보행, 회전 동작 등 다양한 자세 전환과 체중 이동을 포함하는 검사이며, FSST는 전후좌우 네 방향 빠르게 이동하고 교차 스텝을 수행하는 검사로, 이 두 검사는 다른 검사에 비해 더 높은 수준의 민첩성, 순발력, 동적균형, 시공간 지각이 수행 과정에 필요하다.

나이와 교육수준을 통제한 경우에 FSST, TUG, 10MWT_Maximum만이 유의한 상관성을 유지하였으며,

FSST와 TUG는 중간 수준의 효과 크기를, 10MWT_Maximum은 작은 효과 크기를 보였다. 상대적으로 복잡성이 높은 FSST와 TUG는 나이와 교육수준 통제 이전과 비교하여 연관성이 감소되었으나 검사 중 가장 높게 나타났다. 나이와 교육수준 통제 이전 중간 효과 크기를 보였던 10MWT와 6MWT는 통제 이후 10MWT_Maximum만이 작은 효과 크기로 연관성을 유지하였다. 10MWT_Maximum은 보행 속도를 최대한 높여야 하므로 순간적인 균형 조절과 시공간 정보처리, 보행 중 불안정성에 대한 통제 전략 요소가 필요하다. 반면 10MWT_Comfortable은 자동화된 보행 패턴에 의존해서 수행되며, 6MWT는 장시간 일정 속도의 보행이 유지되어야 하므로 심폐지구력, 지속성과 같은 신체적 기초 체력 요소가 필요하다는 점에서 10MWT_Maximum에 비해 복잡성이 낮아 인지적 자원 활용이 낮음을 시사하고 있다. 이러한 결과는 운동 난이도가 증가할수록 인지능력과의 연관성이 높아진다는 점을 보고하고 있는 기존 결과와 맥을 같이 한다[22,23].

나이와 교육수준 통제로 모든 지표에서 연관성이 감소하고 10MWT_Comfortable과 6MWT는 유의성을 상실하였다. 나이와 교육수준이 인지기능과 보행 및 이동성 기능 관계에 주요한 교란요인임을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 이미 선행연구에서 나이와 교육수준이 인지기능과 이동성에 중요한 영향을 준다는 점이 입증된 바 있으며,

이와 같은 교란요인을 통제했을 때 인지와 이동성 기능 간의 직접적 연관성이 약화되는 것은 예측 가능한 결과로 볼 수 있다[24].

세부 인지 영역과 보행 및 이동성 기능과의 관계에서 모든 영역이 보행 및 이동성과 중간 크기 이상의 연관성을 보였고, 특히 언어 영역이 TUG와 FSST와, 시공간 영역이 10MWT_Maximum과 강한 효과 크기의 관련성을 보였다. K-MMSE 결과와 같이 복잡도가 높은 TUG, FSST, 10MWT_Maximum이 세부 인지 영역과의 관계에도 상대적으로 더 강한 것을 확인할 수 있었다.

나이와 교육수준을 반영한 이후에 전반적인 변화를 살펴보면 K-MMSE 결과와 같이 대부분 세부 인지 영역과 보행 및 기능성 관계는 약화된 것을 확인할 수 있으며, 반면 전두엽/집행 영역은 연관성과 효과 크기가 유지되거나 오히려 강화된 것을 확인할 수 있었다. 그리고 보행 및 이동성 기능 중 FSST가 세부 인지 영역과 가장 높은 관련성이 있음을 확인할 수 있었다.

나이와 교육수준 반영에 따른 관련성 약화에 대해 세부적으로 살펴보면 주의집중 영역에서 FSST, TUG, 10MWT_Maximum 만이 유의한 관계를 유지하였다. 이 과제들은 상대적으로 복잡도가 높아 인지 자원 중 특히 집중 요소가 더 필요하기 때문에 해석될 수 있다. 기억 영역에서 FSST 만이 유의한 관계를 유지했는데, FSST는 교차 스텝 방법, 네 방향의 순서 등 다른 검사에 비해 작업 기억의 개입이 더 크게 요구되는 과제이기 때문에 볼 수 있다. 반면 언어 영역에서는 나이와 교육수준을 반영한 이후에도 관계가 다소 약화되기는 했으나 여전히 유의한 관련성을 보였다. 이에 비해 시공간 영역과 기억 영역은 나이와 교육수준을 통제한 후 관련성이 급격히 약화되는 양상을 보였다. 이것은 세부 인지 영역이 나이와 교육수준의 관련성 크기의 차이로 해석될 수 있다. 이전 연구에 따르면 언어 능력은 다른 세부 인지기능에 비해 나이와 교육수준에 따른 감퇴가 두드러지지 않으며 노화에도 비교적 안정적으로 유지된다고 알려져 있다[25], 시공간과 기억 능력은 연령 증가에 따라 현저한 저하가 두드러지며, 조기치매 선별 과정에서도 적극적으로 활용하고 있는 영역이다[26]. 따라서 본 연구의 세부 인지 영역별 연관성 약화 특징은 선행연구들과 관련이 있다고 볼 수 있다.

전두엽/집행 영역은 나이와 교육수준 반영에도 유지되거나 관계가 강화되는 것을 확인할 수 있었다. 해당 영역은 단순 보행 기능에서부터 복잡성이 높은 이동성 기능에 이르기까지 폭넓은 상황에 요구되는 것으로 생각할 수 있다. 특히 순간적인 균형 유지, 신속한 자세전환, 높은 수준의 주의집중과 시공간 지각, 작업 기억이 요구되며 복잡성이 높아질수록 강한 연관성을 보였다. 이는 집행 기능이 예측, 주의 전환, 오류 모니터링 등 보행 및 이동 조절 과정에서 핵심적으로 작용하고 보행 변동성과 뚜렷한 상관성을 가진다는 선행연구와 일치한다[27,28]. 전두엽/집행 영역이 단순 운동제어 범위를 넘어서 복잡하고 예측 불가능한 환경에서의 성공적 이동을 위한 핵심 메커니즘 역할을 수행함을 보여준다.

본 연구에는 몇 가지 한계점이 존재한다. 단면 연구 데이터로 인지기능과 보행 및 이동성 기능 간의 인과관계를 규명하기 어렵다는 점과 우울증상, 사회적지지와 같은 심리사회적 데이터와 신경영상 데이터들을 활용한 통합 연구를 통해 더 면밀한 신경학적 기전을 밝히는 연구가 아니라는 점이다. 추후 다차원의 종단 연구 데이터로 시간이 지남에 따른 변화 양상과 기능간 미치는 장기적 영향과 신경학적 기전을 규명할 필요가 있다.

V. Conclusion

본 연구에서 인지기능은 모든 보행 및 이동성 지표와 유의한 상관관계를 보였으며, 과제 복잡도가 높을수록 연관성이 더 강하게 나타났다. 연령과 교육수준을 통제한 후에는 상대적으로 복잡도가 높아 인지 자원을 더 많이 요구하는 지표들이 연관성을 유지하였고, 특히 전두엽/집행 영역은 다른 영역에서 연관성이 약화되는 것과 달리 강화되는 것 확인할 수 있었다. 본 연구는 단순 보행 속도와 인지기능 간의 관계에 초점을 두거나 특정 인지 영역과 특정 보행 및 이동성 기능 간의 연관성을 제한적으로 보고하는 기존 연구와 달리 고령자의 세부 인지기능과 다양한 복잡성 수준을 가진 보행 및 이동성 기능 간의 관계를 확인한 것에 의의가 있다. 보행 및 이동성 과제의 복잡성이 증가할수록 인지기능, 특히 전두엽/집행 영역과의 연관성

이 강화된다는 결과, 나이와 교육수준과 같은 주요 교란요인 통제 여부에 따른 인지기능과 보행 및 이동성 기능 간의 연관성 변화에 대한 결과는 고령자의 낙상 예방 및 건강 프로그램 설계에 중요한 근거자료가 될 수 있다. 나아가, 본 연구는 임상적으로 널리 활용하고 있는 검사를 활용함으로써 임상전문가들이 복잡성 증가 요인과 정도를 파악할 수 있는 조건에서 인지기능과의 관련성을 확인했다는 것에서 의의를 가진다. 따라서 임상 현장에서 고령자의 인지 및 운동 기능 평가 시 검사 선택의 중요성과 근거 자료를 전달할 수 있다.

Acknowledgements

이 연구는 국립금오공과대학교 대학 연구과제비로 지원되었음(2024~2025).

References

- [1] Dumas JA. Strategies for preventing cognitive decline in healthy older adults. *Can J Psychiatry*. 2017;62(11):754-60.
- [2] Wimo A, Guerchet M, Ali GC, et al. The worldwide costs of dementia 2015 and comparisons with 2010. *Alzheimers Dement*. 2017;13(1):1-7.
- [3] Kim C, Kim AT. Aging and the rise in bottom income inequality in Korea. *Res Soc Stratif Mobil*. 2024; 89:100882.
- [4] Bufano P, Di Tecco C, Fattori A, et al. The effects of work on cognitive functions: a systematic review. *Front Psychol*. 2024;15:1351625.
- [5] Harvey PD. Domains of cognition and their assessment. *Dialogues Clin Neurosci*. 2019;21(3):227-37.
- [6] Watson N, Rosano C, Boudreau R, et al. Executive function, memory, and gait speed decline in well-functioning older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2010;65(10):1093-100.
- [7] Amboni M, Barone P, Hausdorff JM. Cognitive contributions to gait and falls: evidence and implications. *Mov Disord*. 2013;28(11):1520-33.
- [8] Rosano C, Simonsick EM, Harris TB, et al. Association between physical and cognitive function in healthy elderly: the health, aging and body composition study. *Neuroepidemiology*. 2004;24(1-2):8-14.
- [9] Jeong S-K, Cho K-H, Kim J-M. The usefulness of the Korean version of modified mini-mental state examination (K-mMMSE) for dementia screening in community dwelling elderly people. *BMC Public Health*. 2004;4(1):31.
- [10] Kim TH, Jhoo JH, Park JH, et al. Korean version of mini mental status examination for dementia screening and its' short form. *Psychiatry Investig*. 2010;7(2):102.
- [11] Ryu H, Yang D. The Seoul Neuropsychological Screening Battery (SNSB) for comprehensive neuropsychological assessment. *Dement Neurocogn Disord*. 2023;22(1):1-15.
- [12] Jahng S, Na DL, Kang Y. Constructing a composite score for the Seoul neuropsychological screening battery-core. *Dement Neurocogn Disord*. 2015;14(4): 137-42.
- [13] Boripuntakul S, Kamnardsiri T, Pholjaroen P, et al. Gait speed assessment in the 10-meter walk test for older adults using a computer vision-based system: a cross-sectional study on validity, reliability, and usability. *The Open Public Health Journal*. 2024;17(1).
- [14] Bahrami F, Dehkordi SN, Dadgou M. Inter and intra rater reliability of the 10 meter walk test in the community dweller adults with spastic cerebral palsy. *Iran J Child Neurol*. 2017;11(1):57.
- [15] Rikli RE, Jones CJ. The reliability and validity of a 6-minute walk test as a measure of physical endurance in older adults. *J Aging Phys Act*. 1998;6(4):363-75.
- [16] Hansen H, Beyer N, Frølich A, et al. Intra-and inter-rater reproducibility of the 6-minute walk test and the

- 30-second sit-to-stand test in patients with severe and very severe COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2018;13:3447-57.
- [17] Beauchet O, Fantino B, Allali G, et al. Timed up and go test and risk of falls in older adults: a systematic review. *J Nutr Health Aging.* 2011;15(10):933-8.
- [18] Van Lummel RC, Walgaard S, Hobert MA, et al. Intra-rater, inter-rater and test-retest reliability of an instrumented timed up and go (iTUG) test in patients with parkinson's disease. *PLoS One.* 2016;11(3):e0151881.
- [19] Langford Z. The four square step test. *J Physiother.* 2015;61(3):162.
- [20] Dite W, Temple VA. A clinical test of stepping and change of direction to identify multiple falling older adults. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(11):1566-71.
- [21] Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences.* routledge. 2013.
- [22] Haggard AV, Tennant JE, Shaikh FD, et al. Including cognitive assessments with functional testing predicts capabilities relevant to everyday walking in older adults. *Gait Posture.* 2023;100:75-81.
- [23] Plummer-D' Amato P, Brancato B, Dantowitz M, et al. Effects of gait and cognitive task difficulty on cognitive-motor interference in aging. *J Aging Res.* 2012;2012(1):583894.
- [24] Demnitz N, Hogan DB, Dawes H, et al. Cognition and mobility show a global association in middle-and late-adulthood: analyses from the canadian longitudinal study on aging. *Gait Posture.* 2018;64:238-43.
- [25] Salthouse TA, Ferrer-Caja E. What needs to be explained to account for age-related effects on multiple cognitive variables?. *Psychol Aging.* 2003;18(1):91-110.
- [26] Bao R, Chang S, Liu R, et al. Research status of visuospatial dysfunction and spatial navigation. *Front Aging Neurosci.* 2025;17:1609620.
- [27] Al-Yahya E, Dawes H, Smith L, et al. Cognitive motor interference while walking: a systematic review and meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev.* 2011;35(3):715-28.
- [28] Yogev-Seligmann G, Hausdorff JM, Giladi N. The role of executive function and attention in gait. *Mov Disord.* 2008;23(3):329-42.