

인지기능 감퇴가 있는 노인의 이중 과제 보행과 인지기능과의 상관성에 대한 체계적 문헌 고찰

신재연 · 김예진 · 김지수 · 민수빈 · 박재니 · 배재한 · 서희은 · 신희선 · 유영은 ·
임주영 · 장지수 · 조영우 · 이한숙[†]
을지대학교 물리치료학과

The Correlation between Gait and Cognitive Function in Dual-task Walking of the Elderly with Cognitive Impairment: A Systematic Literature Review

Jae-Yeon Shin · Ye-Jin Kim · Ji-Sue Kim · Su-Bin Min · Jae-Ni Park · Jae-Han Bae ·
Hee-Eun Seo · Hee-Sun Shin · Young-Eun Yu · Ju-Young Lim · Ji-Soo Jang ·
Young-Woo Cho · Han-Suk Lee, PT, PhD[†]
Department of Physical Therapy, Eulji University

Received: November 7 2021 / Revised: November 8 2021 / Accepted: December 3 2021

© 2022 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This review sought to confirm the correlation between dual-task gait and cognitive function in cognitively impaired and healthy older adults.

METHOD: We used four databases (DBs), Pubmed, Cochrane library, Kmbase, and Koreamed. Searches were carried out according to the PICOS method, P (participants) were the elderly (above 65 years) with cognitive decline, I (intervention) was walking with dual tasks, C (control group) comprised the elderly without cognitive decline, O (outcome) was the correlation between gait and cognitive function and S

(study) was the cross-sectional study. For the methodological quality assessment of each study, we used the Quality Assessment Tool for Observation Cohort and Cross-Sectional Studies provided by the National Institutes of Health (NIH).

RESULTS: A total of 10 articles were included in this systematic review. For the components of gait, we used pace, rhythm, and variability and we observed that mild cognitive impairment mostly causes low gait performance while performing dual tasks. Among the 10 articles, 9 articles studied pace, of which 7 showed significant results. However, 2 were not significant. Also, 1 article that studied rhythm and 3 articles that studied variability showed significant results. The methodological quality of the 10 studies was fair.

CONCLUSION: Gait pace was found to have a high correlation between memory, which is a cognitive ability, and overall cognitive function. It was observed that older adults

[†]Corresponding Author : Han-Suk Lee
leehansuk21@hanmail.net, <http://orcid.org/0000-0002-9336-0894>
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.

with mild cognitive impairment have reduced gait pace in single-task walking, and further decrease in dual-task gait pace shows the correlation between memory and gait pace during walking.

Key Words: Cognition, Dual-task, Gait, Old adult, Cognitive dysfunction

I. 서 론

이전까지 보행은 단순히 자동적인 움직임으로 여겨져 왔으나[1-4], 최근 연구들은 보행이 높은 수준의 인지 기능과 상호작용하는 움직임이라는 것을 밝혔다. 일상생활 속에서 사람들은 보다 복잡하고 다양한 환경(예: 경사진 오르막길, 울퉁불퉁한 보도)들에 적응하기 위해 걸음걸이를 바꾸거나 걷는 속도를 조절하는 등의 인지적인 노력을 해야 한다[5,6]. 이처럼 인지 기능은 원활한 보행에 중요하게 작용하며, 노인들의 경우 연령이 증가함에 따라 신경계와 감각계가 약화되어 인지 기능의 저하를 경험하게 된다[7]. 이는 보행에 필요한 자세 조절, 가동성, 균형 유지를 어렵게 하는 등 보행 능력의 약화로 이어져[8] 보행 중 낙상 및 사고 위험을 증가시킨다[9,10]. 결국, 보행 능력은 노인의 인지 기능 저하를 예측하고 잠재적인 사고 위험을 파악하는 중요한 인자라고 할 수 있다[11,12].

노인의 보행 능력은 독립적인 일상생활과 높은 삶의 질을 위한 중요한 변수로 작용하는데[13], 일상생활에서는 특히 보행하는 동안 한 가지 이상의 과제를 동시에 처리해야 하는 이중 과제(dual task) 상황이 흔히 발생한다[14]. 여기서 이중 과제 수행의 형태는 운동과제인 걷기와 함께 다른 유형의 운동과제를 동시에 수행하는 경우와 운동과제인 걷기를 동반한 다른 유형의 인지과제를 수행하는 두가지로 나눌 수 있다[15]. 예를 들면 운동-운동(motor-motor) 이중과제에는 커피 들고 걷는 상황을 말하며, 운동-인지(motor-cognitive) 이중과제에는 말하면서 걷기, 휴대폰을 하면서 걷기, 쇼핑 목록을 떠올리며 걷기 등이 포함된다[16,6]. 그러나 노인들은 위와 같이 동시에 두 가지 과제 수행할 때, 주의를 적절

하게 분산하는데 어려움을 느껴[17], 말을 하기 위해 걸음을 멈추는 모습을 보이기도 한다[18].

이중 과제 보행 중 보행 수행 능력의 감소는 두 개 이상의 과제가 동일한 뇌 연결 망(brain network)을 공유하기 때문에 인지 처리 능력이 제한되면서 나타난다[19,20]. 노인들의 경우 이중 과제 수행을 위해 신경 자원(neural resources)을 적절하게 활용하고, 적절한 신경 처리 전략(neural processing strategy)만들어 내지 못한다[21,22]. 또한, 노화에 따라 균형과 보행을 안정적으로 수행하기 위해 뇌 활동이 증가하는데, 신경 퇴행성 질환이 있는 노인들은 손상된 구조 및 기능적 뇌 영역에 대한 보상으로 뇌 활동이 더욱 불균형하게 증가하는 것으로 나타났다[23,24]. 예를 들면 대뇌 겉질 중에서도 이마앞엽 겉질이 이중 과제 보행을 하는 동안 실행 기능을 담당하는 구조물과 함께 더욱 활성화되었는데, 이마앞엽-줄무늬체 연결 망(prefrontal-striatal network)이 주요한 역할을 한다[25]. 이는 젊은 사람보다는 노인에게서[26,27], 정상 노인보다는 신경 퇴행성 질환을 가진 노인에게서 뚜렷했다[25,24]. 이마앞엽 겉질과 기능적으로 연결되어있는 해마는[28] 보행과 관련된 감각을 통합하여 공간에서 신체의 위치를 파악하는 등 인지적 능력에 중요한 역할을 하게 된다[29,30]. 만약 해마기능에 문제가 있다면, 보행의 시간적 변동성(예: 보폭 시간 변동성)과 공간적 보행 변동성(예: 보폭 길이 변동성)에 영향을 미쳐[31] 보행에 문제를 일으키게 된다[32,33].

최근 인지와 보행 사이의 상관성을 확인하려는 체계적 문헌고찰과 메타분석연구들이 이루어지고 있다[34-37]. Morris 등[34]은 정상 노인, 인지 손상 노인 및 파킨슨병을 가진 노인을 대상으로 단일 과제 보행을 실시한 연구들을 이용하여, 보행 변수와 인지 능력(전반적 인지, 실행 기능, 주의력, 기억력, 언어, 처리 속도, 시공간 처리 능력) 사이의 상관성에 대해 메타 분석을 한 결과, 보행 속도와 대부분의 인지 능력에서 상관성을 보였고, 특히 실행 기능 및 주의력과의 상관관계가 두드러졌다고 하였다. 또한, 이러한 결과를 토대로 단일 과제 보행이 인지 저하 및 장애의 예측 인자로 이용될 수 있다고 하였다.

Smith 등[35]은 이중 과제가 정상 노인의 보행 속도에 미치는 영향에 대해 분석한 결과, 단일 과제 보행과 이중 과제(1, 3, 7씩 거꾸로 세기, 철자 거꾸로 말하기, 특정 문자로 시작하는 물건 이름 나열하기) 보행을 시행했을 때 단일과제에서의 평균 보행 속도는 1.21m/s였고 이중과제에서의 평균 보행 속도는 1.01m/s로 인지 과제가 추가될 때 상당한 보행 속도 감소를 관찰했다고 보고하였다.

Yang 등[37]은 경도 인지 장애 노인과 정상 노인을 대상으로 한 단일 과제 및 이중 과제 보행 검사에서 경도 인지 장애 노인이 정상 노인보다 보행 속도가 더 많이 감소했고 이중 과제 보행을 시행했을 때 보행 속도 감소가 더 두드러졌다고 보고했다. 또한, 경도 인지 장애 노인이 보행 속도 외에도 보폭 시간(stride time), 보폭 시간 변동성(stride time variability)이 더 컸으며 이중 과제는 1씩 차례대로 세기, 언어 유창성 과제, 7씩 거꾸로 세기 순으로 보행 속도 변화에 더 큰 영향을 주었다고 보고했다.

Bahureksa 등[36]은 경도 인지 장애 노인과 정상 노인을 대상으로 한 단일 과제 보행과 이중 과제(7씩 거꾸로 세기, 1씩 거꾸로 세기, 동물 이름 대기 등) 보행에서 대부분의 연구가 인지 손상이 있는 노인이 정상 노인보다 보행 속도는 감소했고 보행 시간 및 보행 시간 변동성은 현저하게 컸다고 보고했다.

선행 연구에 따르면, 단일 과제 보행 또는 이중 과제 보행의 수행능력은 인지 능력에 의존한다고 하였다. 하지만, 앞선 메타분석 연구들이 보행과 인지 능력 간의 상관관계를 단일 과제 조건으로 제한하여 연구를 수행하거나[34], 이중 과제를 연구하였지만 정상 노인을 대상으로 하였다[35]. 또한, 이중 과제 보행의 연구에서 인지 손상 노인을 연구한 문헌도 있었지만 보행과 다양한 인지 능력과의 관계를 살펴보지는 못하였다[36,37].

따라서, 본 연구의 목적은 정상 노인과 인지 손상 노인을 대상으로 이중 과제 보행 동안 보행과 인지와의 상관성을 살펴보고, 특히 인지 능력 중 보행과 가장 상관성이 인지 영역을 확인하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 전략

연구에는 PubMed, Cochrane library, Koreamed, Kmbase의 4가지 전자 데이터베이스를 사용하여 체계적 검색을 수행하였다. 검색을 위한 주요 단어(key word)와 MeSH 용어는 PICOS 모형에 따라 참여자(P: 인지 손상 노인, 치매 노인), 중재(I: 이중 과제 보행), 대조군(C: 정상 노인), 결과(O: 인지와 보행의 상관), 연구 디자인(S: 단면 연구)을 바탕으로 설정하였다. 각각의 검색은 ‘보행’, ‘인지’, ‘치매’, ‘노인’, ‘이중 과제’라는 주요 단어를 사용하였다. 각 주요 단어의 동의어 목록을 정리하였다(Table 1). 사용된 전자 데이터베이스마다 검토에 포함된 두 개의 집단(정상 노인, 인지 손상 노인)에 대해 4가지 개별 검색을 수행하였고, 총 8개의 개별 검색이 이뤄졌다. 2021년 9월까지 발행된 논문으로 기간을 제한하였고, 영어 및 한글로 출판된 학술지 논문으로만 제한하였다. 1명의 의학 전문 사서에 의해 검색식 검토 및 초기 검토를 실시한 후, 두 명의 검토 자에 의해 초기 제목 심사를 하였다. 초기 제목 심사 후 제목과 초록을 추가 검토하였다. 논문 전체에 대한 검토는 초록이 불분명한 경우 논문을 포함시키기에 적합한지 판단하기 위해 실시하였다.

2. 선정 기준

1) 포함 기준

연구 대상자는 65세 이상의 정상 노인과 치매, 경도 인지 장애 노인으로 제한하였다. 이중 과제 조건에서 독립적으로 보행 평가를 실시하고 1개 이상의 인지 평가를 완료한 논문만을 포함하였다. 보행은 Lord 등[38]이 제안한 보행 모델을 이용하여, 페이스(pace), 리듬(rhythm), 변동성(variability)의 세가지 영역으로 구분하여 평가하였다(Table 2). 인지 평가는 Emre 등[39]에서 제안한 인지 영역의 구분을 참고하여, 전반적 인지(global cognition), 실행 기능(executive function), 주의력(attention), 기억력(memory), 언어(language), 처리 속도(processing speed) 및 시공간 처리 능력(visuospatial skill)

Table 1. Keywords used for the Searches by Database

| | Cochrane | PubMed | Kmbase | Koreamed |
|------------|--|---|---|---|
| Locomotion | MeSH headings: gait, gait disorders, neurologic, walking, executive function, reaction time, psychomotor performance, task performance, and analysis | MeSH headings: 'gait, gait disorders, neurologic, walking, executive function, reaction time Keywords: walk*, stride*, step, steps, stepping, gait*, locomotion*, processing speed, pace*, velocity*, rhythm*, symmetry, asymmetry, step length*, step time, swing time*, stance time* | Keywords: gait*, step*, stride*, walk* | Keywords: gait, walk, step, stride |
| Cognition | MeSH headings: cognition, cognition disorders, cognitive dysfunction | MeSH headings: cognition, cognition disorders, cognitive dysfunction, attention Keywords: cognitiv*, neurocognitiv*, MCI, benign senescent | Key words: cognit* | MeSH heading: cognition, cognition disorders, cognitive dysfunction Keywords: cognitive, cognition |
| Dual-task | dual task, two task, second task, concurrent task | dual task, two task, second task, concurrent task | Keywords: dual-task, two task, second task, concurrent task | Keywords: dual-task, two task, second task, concurrent task |
| Dementia | MeSH headings: dementia, Alzheimer disease, Parkinson disease, stroke | MeSH headings: dementia, Alzheimer disease, Parkinson disease, stroke Keywords: dementia*, Alzheimer*, forgetfulness, impair*, pre-dementia state | Keywords: dementia*, Alzheimer disease* | MeSH heading: dementia, Alzheimer disease Keywords: dementia, Alzheimer |

Table 2. Components of the Gait Domain

| | |
|-------------|---------------------------------|
| Pace | Stride length (m) |
| | Gait speed (cm/s, m/s) |
| Rhythm | Stride regularity |
| | Stride time (s) |
| | Stride frequency (Hz) |
| Variability | Stride variability (CV, %, m/s) |
| | Stride time variability (CV, %) |

에 대한 검사를 포함하였다.

2) 제외 기준

단일 과제 조건에서만 인지 평가를 완료하거나 단일 과제 조건에서만 분석한 논문은 제외하였으며 낙상, 보행 동결 및 전반적인 신체 활동에만 초점을 맞춘 연구도 제외하였다. 치매와 함께 동반된 심한 우울증을 앓고 있는 대상자, 뇌졸중, 파킨슨, 헌팅턴과 같은 다른 보행 장애를 보이는 질환이 있는 대상자를 연구한 경우

에는 제외하였다. 출판된 연구가 사례연구(case report, case study), 리뷰 논문 또는 학회 초록, 편집자에게 보내는 편지, 책인 경우에는 제외하였다.

3) 방법론적 질 평가

본 연구에 포함된 논문의 질을 평가하기 위하여 National Institute of Health (NIH)에서 제공하고 있는 Quality Assessment Tool for Observational Cohort and Cross-Sectional Studies를 사용하였다. NIH는 연구 목적, 연구 모집단, 표본 크기의 정당화, 노출 평가, 결과 측정, 결과 평가자의 눈가림, 추적률, 통계분석을 평가하기 위한 14가지의 항목으로 구성되어 있다. 질 평가를 위하여, 검토자는 도구의 평가 지침에 따라 각 항목에 대해 'Yes (1점)', 'No (0점)' 또는 'Other (cannot determine/not reported/not applicable)'로 채점하고, 점수 합산 결과에 따라 논문의 질은 'Good (11-14점)', 'Fair (5-10점)', 'Poor (0-4점)'로 평가하였다(Table 3).

Table 3. The results of the Quality Assessment Tool for the Observational Cohort and Cross-Sectional Studies, National Institutes of Health

| Study (authors & years) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | Total score | Quality power |
|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|-------------|---------------|
| Auvinet B. et al., 2017 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | NA | 0 | 8 | Fair |
| Coppin, A. K. et al., 2006 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | NA | 0 | 7 | Fair |
| Doi, T. et al, 2014 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | NA | 1 | 9 | Fair |
| Gillain, S. et al., 2009 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | NA | 0 | 8 | Fair |
| Ijmker, T. & Lamoth, C. J., 2012 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | NA | 1 | 8 | Fair |
| König, A. et al., 2017 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | NA | 0 | 7 | Fair |
| Montero-Odasso, M. et al., 2009 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | NA | 0 | 9 | Fair |
| Montero-Odasso, M. et al., 2014 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | NA | 1 | 8 | Fair |
| Sheridan, P. L. et al., 2003 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | NA | 0 | 7 | Fair |
| Venema, D. M. et al., 2013 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | NA | 0 | 7 | Fair |

4) 데이터 추출

제목과 초록 심사는 독립적인 두명의 검토자가 수행했다. 또한, 검토자 이외 연구에 참여한 공동 저자들이 연구 결과를 추출하였으며, 추출된 결과는 두명의 검토자가 다시 재검토하여 확인하였다. 결과는 정상 노인과 인지 손상 노인에 대해 개별 데이터로 추출하였다.

III. 연구 결과

1. 검색 산출

검색 전략으로 4개의 데이터베이스(PubMed, Cochrane library, Kmbase, Koreamed)에서 총 904개의 논문(PubMed = 728, Cochrane library = 169, Kmbase = 6, Koreamed = 1)을 찾았고, 참고문헌을 이용하여(hand searching) 추가로 12편의 논문을 찾았다. 최종 916편의 논문 중 중복 문헌을 제외한 822개의 논문을 검토했다. 제목과 초록을 검토한 후 본 논문의 주제와 맞지 않는 논문 673개를 제외하였다. 나머지 149개의 논문은 전문을 찾아 연구 대상자가 65세 미만($n = 19$)이거나 파킨슨 질병이나 뇌졸중 환자인 경우($n = 7$), 연구가 낙상과 우울증, 신체적 활동 및 단일 과제에 초점을 맞춘 경우($n = 20$)와 본 논문의 목적에서 완전히 벗어난 논문($n = 93$)을 제외한 총 10개의 논문을 산출하였다(Fig. 1). 10개의 논문을 토대로 체계적 문헌 고찰을 실시하였다.

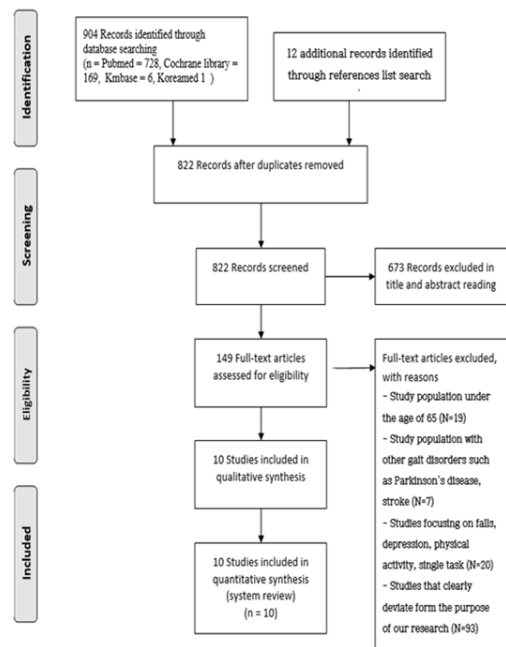


Fig. 1. Prisma flow chart presenting the search yield for the structured review.

2. 방법론적 질 평가

NIH의 Quality Assessment Tool for Observational Cohort and Cross-Sectional Studies는 단면 연구와 종단 연구를 평가할 수 있는 도구이며, 종단 연구에만 해당하는 항목인 6, 7번은 No, 13번은 NA (Not Applicable)로

평가하였다. 연구 목적, 연구 모집단, 노출 범주의 평가, 독립변수, 결과 측정에 관한 항목들은 모두 Yes로 평가하였다. 10개의 개별 논문에 대한 질 평가 결과, 총점 14점 중 7점은 4개, 8점은 4개, 9점은 2개로 모두 Fair 등급으로 확인되었다. 이에 수집된 10개의 연구 모두 체계적 문헌 고찰에 수용 가능한 범위에 속하는 것으로 판단하였다(Table 3).

3. 보행 측정과 인지 평가-방법적 비교

보행 측정 방법에는 CE-marked accelerometer를 사용한 논문[40], TUG[41-43], Locometrix[41], GAITRite[44], Foot switch[45], 7m walk test, 60m walk test[46], Horizontal walkway[47], 8m walking test[48], SWS[42], 그리고 Ambulant accelerometer[49] 논문들이 포함되었다. 인지 평가의 경우 동일한 인지 도구를 사용했지만, 연구마다 해당하는 인지 능력을 다르게 해석하고 있는

것을 확인하였다(Table 4).

4. 보행과 인지기능의 상관성

1) 보행 페이스(Pace)

보행 페이스(Pace)는 보행에서 가장 흔하게 나타나는 보행 변수이다. 총 10개의 연구[45,46,41,48,49,42, 47,44,43,40] 모두 보행 페이스에 대한 특징을 확인하였다(Table 4). 본 연구에서 기억력과 실행 기능이 보행 페이스에서 특징적으로 나타났다. 5개의 연구[48,49, 47,44,43]에서 기억력과 연관성을 보였지만, 1개의 연구 [45]에서는 기억력과 연관성이 없었다. Doi 등[47]은 보행 속도(gait speed)와 기억력 간의 낮은 양의 상관성을 보고하였으며(Digit span: $r=.307$, RAVLT: $r=.238$, Visual reproduction: $r=.325$), Ijmker 와 Lamoth[49] 또한, 보행 속도와 기억력 간의 높은 상관성을 보고하였다

Table 4. Main Characteristics of the Studies

| Authors | Characteristics of subjects | Performance of Dual-Task walking | | Gait analysis tools | Component of gait domain | Cognitive function tested (test used) | Main findings |
|--------------------------|---|--|--|--|--|--|--|
| | | Used tasks | Results | | | | |
| Avvinet B. et al.[41] | MCI (n=19), age: 76.3 ± 7.2, 12M&7F, MMSE 26 ± 2 | 1. 30m walking with counting backward by 1 starting from 50 at the usual pace | Walking speed 1.0±.3m/s, Stride frequency .92±.07Hz, Stride regularity 258±54 | TUG straight 30m corridor, Locometrix | Gait speed (m/s), Stride frequency (Hz), Stride regularity | Global cognition (MMSE) | Correlated Dual-task (walking with counting backward); ↑ memory impairment, ↓ gait speed, ↓ stride frequency, ↓ stride regularity. |
| Coppin, A. K. et al.[44] | Older adults (n=737), age: 72.7±5.9, 343M&394F, MMSE 27.2±1.8 | 1. Talking while walking (usual pace 7m) 2. Walking with picking-up object (usual pace 7m) 3. Walking with Carrying a large package (usual pace 7m) 4. Walking with obstacles (fast pace 7m) 5. Walking with a weighted vest (fast pace 60m) | ΔTMT Usual pace; Talking while walking : high .91, intermediate .96, low .97, Walking with picking-up object : high .91, intermediate .97, low 1.00, Walking with carrying a large package : high 1.17, intermediate 1.20, low 1.18 Fast pace; Walking with obstacles : high 1.13, intermediate 1.20, low 1.25, Walking with a weighted vest : high 1.20, intermediate 1.24, low 1.26 | 7m walk test 60m walk test (m/s) | Gait speed (m/s) | Global cognition (MMSE), Executive function (TMT) | Correlated Dual-task (pick up an object, walking over obstacles, carrying a weighted vest); ↑ Executive function, ↑ gait speed Usual pace 7m; Talking while walking (p=.764), Walking with picking-up object (p=.092), Walking with carrying a large package (p=.003) Fast pace 7m; Walking with obstacles (p=.000) Fast pace 60m; Walking with a weight vest (p=.319) No correlated dual-task (talking while walking, carrying a large package): Between executive function and gait speed |

| Authors | Characteristics of subjects | Performance of Dual-Task walking | | Gait analysis tools | Component of gait domain | Cognitive function tested (test used) | Main findings |
|------------------------------------|--|--|---|--|--|---|---|
| | | Used tasks | Results | | | | |
| Doi, T. et al.[33] | a-MCI (n=191), na- MCI (n=198) age: 71.6±4.9, 48%M&52%F, SDST 38.9±7.4, TMT-B 43.5±16.7, DS-backward 5.1±1.6, RAVLT 7.3±3.4, Visual reproduction 21.9±8.8, MMSE 26.7±1.9 | 1. Walking while Counting backward from 100 | Gait speed 1.23±.32m/s | Horizontal walkway (11m) | Gait speed (m/s) | Global cognition (MMSE), Processing speed (SDST), Executive function (TMT-B), Memory (DS-backward, RAVLT, Visual reproduction) | Correlated Dual-task (walking while counting backward); ↓Gait speed, ↓cognitive functions, ↓working memory, in all MCI participants. Between Processing speed, executive function with gait speed. DTW with cognitive functions in all MCI; SDST (r=.395), TMT-B (r=.373), Digit span (r=.307), RAVLT (r=.238), Visual reproduction (r=.325). |
| Gillain, S. et al.[39] | AD (n=6), age: 73.66, 3M&3F, MMSE 22.83±2.14, Mattis scale 22.83±2.14, Rey's complex figure test 23.66±6.82, Grober and Buschke 16-item free, recall/cued recall test MCI (n=14), age: 72.85, 7M&7F, MMSE 26.71±1.68, Mattis scale 26.71±1.68, Rey's complex figure test .60±3.93, Grober and Buschke 16-item free, recall/cued recall test | 1. Walking while counting backwards by 1's starting from 50 | AD ↓Gait speed, Stride length (When comparing TS-TD, Speed -.28±.27 / Stride length -.13±.22) MCI ↓Gait speed, Stride length (When comparing TS-TD, speed -.17±.16 / Stride length -.06±.06) | TUG, Locomatrix | Gait speed (m/s), Stride length (m) | Global cognition (MMSE, Mattis scale), Attention/ Memory/ Language (Grober and Buschke 16-item free, Recall/cued recall test), Visuospatial skill (Rey's complex figure test) | Correlated Dual-task (walking while counting backward); ↑ global cognitive level, ↑ gait speed, ↑ stride frequency in MCI. MMSE; Speed (r=.55), Stride length (r=.65) Mattis scale; Speed (r=.38), Stride length (r=.39) |
| Ijmker, T., & Lamoth, C. J.[47] | Older adults (n=14), age: 76.9±4.1, 12M&2F, MMSE 28.5±1.16, TMT-B -2.5±.82, DS 19.8±5.54, CF 31.6±6.01, Stroop 35.3±10.79 Dementia (n=15), age: 81.7±6.3, 13M&2F, MMSE 19.6±3.58, TMT-B -3.6±1.47, DS 16.8±5.50, CF 14.3±6.43, Stroop 17.9±7.90 | 1. Walking with say a word that starts with "r", "g", and "p". | OA Speed .98±.10m/s, STm 1.10±.05s, STcv 4.26±1.00% Dementia Speed .51±.18m/s, STm 1.19±.11s, STcv 12.88±6.78% | Ambulant accelerometer (walk for three minutes at a self-selected pace up and down a 10m long course) | Gait speed (m/s), Mean stride time (s), Coefficient of variation stride time (%) | Global cognition (MMSE, Letter fluency), Memory (TMT-B, Category fluency), Attention (TMT-B, Digit Span), Executive function (Stroop) | Correlated Dual-task (walking with say a word); ↓ Gait speed, ↑ gait variability, ↓ executive function, in dementia. Gait speed; MMSE (r=.710), Category fluency (r=.670), Letter fluency (r=.680) CV stride time; MMSE (r=.660), Category fluency (r=.550), Letter fluency (r=.480) |
| König, A. et al.[38] | AD (n=23), age: 77±9, 12M&11F, MMSE 17±4.62, TMT-A 66.58±37.67, TMT-B 279.29±64.05, FAB 10.89±3.94 MCI (n=24), age: 75±9, 8M&16F, MMSE 24.75±3.18, TMT-A 56.4±19.1, TMT-B 171.73±94.78, FAB 15.1±1.74 | 1. Walking while counting backwards from 305 in steps of 1 | AD Gait speed (sec) 31.91 (SD=7.79) MCI Gait speed (sec) 30.95 (SD=10) | CE-marked accelerometer | Walking speed (sec) | Global cognition (MMSE, FAB), Memory/ Attention (MMSE, TMT-A/B), Visuospatial skill (FAB) | No correlated Dual-task (walking while counting backwards); DT duration and attention; MMSE subscale attention and calculation (r=-.190), TMT-B (r=.294). |

| Authors | Characteristics of subjects | Performance of Dual-Task walking | | Gait analysis tools | Component of gait domain | Cognitive function tested (test used) | Main findings |
|-------------------------------|--|--|--|----------------------------|--|---|--|
| | | Used tasks | Results | | | | |
| Montero-Odasso, M. et al.[46] | MCI (n=55), age; 77.7±5.89, 30M&25F, MMSE 26.8±2.1, MoCA 22.4±3.2, LNS 7.6±2.4, TMT-A 55.8±20.9, TMT-B 178.8±108.6 | 1. Walking with naming animals 2. Walking with counting backward (100 to 1) | Naming animals .65±.2m/s, Counting backward (100 to 1) .63±.20m/s | 8m walking test | Gait speed (m/s) | Global cognition (MMSE, MoCA), Executive function (LNS), Memory/Attention (TMT-A/B) | Correlated Dual-task (walking with naming animals, walking with counting backward); ↓ Gait speed, ↓ executive function, ↓ memory; slow counting GV (p=.038), slow verbal GV (p=.031). No correlated global cognitive level under dual-tasks. |
| Montero-Odasso, M. et al.[42] | na-MCI (n=22), age; 74.18±6.54, 8M&14F, MMSE 29.14±.83, MoCA 25.67±2.03, TMT-A 43.31±14.97, TMT-B 107.70±39.72, DS-forward 11.41±2.04, DS-backward 7.95±2.10, LNS 8.55±2.32, RAVLT (15) 7.95±2.17, RAVLT (45) 18.95±4.18, BNT 13.89±1.10 a-MCI (n=42), age; 77.33±7.26, 26M&18F, MMSE 27.24±2.07, MoCA 22.76±2.88, TMT-A 51.03±15.28, TMT-B 141.9±67.81, DS-forward 10.81±1.82, DS-backward 6.36±2.13, LNS 7.24±2.85, RAVLT (15) 2.93±1.83, RAVLT (45) 14.05±4.06, BNT 13.20±1.57 | 1. Walking with counting backwards from 100 by ones 2. Walking with subtracting serial 7 from 100 3. Walking with naming animals | na-MCI Counting; Velocity 105.16±21.75cm/s, STcv 2.90±.98% Subtracting; Velocity 93.69±26.32cm/s, STcv 4.83±3.53% Naming animals; Velocity 95.93±25.63cm/s, STcv 3.82±2.10% a-MCI Counting; Velocity 90.32±25.63cm/s, STcv 4.81±3.73% Subtracting; Velocity 77.90±29.03cm/s, STcv 6.47±5.71% Naming animals; Velocity 79.27±27.323cm/s, STcv 5.63±5.00% | GAITRite (600cm) | Velocity (cm/s), Stride time variability (CV, %) | Global cognition (MMSE, MoCA), Attention (TMT-A/B, DS-forward/backward, LNS), Memory (TMT-A/B, RAVLT), Executive function (LNS), Processing speed (LNS), Language (BNT) | Correlated Dual-task (walking with counting backwards, walking with subtracting, walking with naming animals); In a-MCI, ↓ Gait speed, ↓ memory (RAVLT, p<.010), ↓ executive function (TMT-B, p=.030). In na-MCI, normal memory, ↓ executive function, ↓ attention. Velocity; Counting gait (p=.030), Naming animal gait (p=.030), Serial sevens gait (p=.050) Stride time variability; Counting gait (p=.010), Naming animal gait (p=.080), Serial sevens gait (p=.270) |
| Sheridan, P. L. et al.[43] | AD (n=28), age; 77.9±6.9, MMSE 13.8±7.9, CLOX I 3.5±4.5, CLOX II 5.5±5.3, Verbal fluency 3.5±3.2, DS 5.3±1.9 | 1. Walking while performing forward digit span | Gait speed: .09±.18m/sec, Stride-to-stride SD of the stride time 170±99msec, Stride-to-stride CV: 35.8±56.4% | Foot switch (50 feet, m/s) | Stride variability (CV, %, m/s), Gait speed (m/sec) | Global cognition (MMSE), Executive function (CLOX I/II, Verbal fluency), Attention/Memory (DS) | Correlated Dual-task (walking while performing forward digit span); ↑ Gait variability, ↓ memory, ↓ executive function, ↓ global cognition, ↓ attention. MMSE and Stride variability (r=.470, p=.011) CLOX I and Stride variability (r=.460, p=.015) CLOX II and Stride variability (r=.490, p=.008) Verbal Fluency and Stride variability (r=.530, p=.004) No correlated Dual-task (walking while performing forward digit span); Gait speed and memory, executive function, global cognition, attention. |

| Authors | Characteristics of subjects | Performance of Dual-Task walking | | Gait analysis tools | Component of gait domain | Cognitive function tested (test used) | Main findings |
|--------------------------|--|--|---------|---------------------|--------------------------|---------------------------------------|--|
| | | Used tasks | Results | | | | |
| Venema, D. M. et al.[40] | MCI (n=23), age; 80.2±8.0, 7M&16F, MMSE 22.7±6.6 | 1. SSWS while counting forward by 1's (SSWS1) 2. SSWS while counting backward by 3's (SSWS3) 3. TUG while counting forward by 1's (TUG1) 4. TUG while counting backward by 3's (TUG3) | | TUG (3m), SSWS (6m) | Pace (m/s) | Global cognition (MMSE) | Correlated SSWS3, TUG1, TUG3 with MMSE and DTC (r=.430-.570). Low correlated SSWS1 had a weaker with MMSE and DTC (r=.360, p=.090), SSWS3 (r=.430, p=.040), TUG1 (r=.570, p=.010), TUG3 (r=.440, p=.040). |

Abbreviations as follows; AD (Alzheimer Disease), a-MCI (amnestic MCI), BNT (Boston naming test), CF (Category Fluency), CLOX (Clock drawing task), CV (Coefficient of variation), DS (Digit Span), DT (Dual-task), DTC (Dual-task cost), DTW (Dual-Task Walking), FAB (Frontal Assessment Battery), GV (Gait Velocity), LNS (Letter Number Sequencing), MCI (Mild Cognitive Impairment), MMSE (Mini-Mental Status Examination), MoCA (Montreal Cognitive Assessment), na-MCI (non-amnestic MCI), OA (Old Adult), RAVLT (Rey Auditory Verbal Learning Test), SD (Standard deviation), SDST (Symbol Digit Substitution Task), SSWS (Self-Selected Walking Speed), StCv (coefficient of variation stride time), STim (mean stride time), TD (Dual-task), TMT (Trail Making Test), TS (Single task), TUG (Timed Up and Go), ΔTMT=Part B-Part A

Table 5. Relationships between Cognitive Function and Gait Domain in Walking with Dual Tasks

| Gait domain | Cognition | | | | | |
|-------------|------------------|---------|-----------|--------------------|------------------|--|
| | Global cognition | Memory | Attention | Executive function | Processing speed | |
| Pace | ● 1 ● 4 | ● 1 ● 3 | | ● 2 ● 3 | | |
| | ● 5 | ● 5 ● 7 | ● 4 | ● 5 ● 7 | ● 3 | |
| | ○ 7 ○ 9 | ○ 9 | ○ 6 ○ 9 | ○ 9 | | |
| Rhythm | ● 1 | ● 1 | | | | |
| Variability | ● 5 ● 9 | ● 5 ● 8 | | | | |
| | | ● 9 | ● 9 | ● 9 ● 5 | | |

● indicates an association was found.

○ indicates no association found.

(1) Auvinet, B et al. (2017); (2) Coppin, A. K et al. (2006); (3) Doi, T. et al. (2014); (4) Gillain, S. et al. (2009); (5) Ijmker, T., & Lamoth, C. J. (2012); (6) König, A. et al. (2017); (7) Montero-Odasso, M. et al. (2009); (8) Montero-Odasso, M. et al. (2014); (9) Sheridan, P. L. et al. (2003)

(Category fluency: $r = .67$). 4개의 연구[46,48,49,47]에서 실행 기능과 연관성을 보였지만, 1개의 연구[45]에서는 연관성이 없었다. Doi 등[47]은 실행 기능과 보행 속도 간의 음의 상관을 보고하였다(-.373)(Table 5).

2) 보행 리듬(Rhythm)

리듬은 가장 저빈도로 측정된 보행 변수이며, 오직 1개의 연구[43]에서 인지와의 연관성을 보고하였다 (Table 5). Auvinet 등[43]은 전반적 인지, 기억력과 보폭 빈도(stride frequency), 보폭 규칙성(stride regularity) 간

의 연관성을 확인하였으며, 인지 손상이 심할수록 보행 중 리듬 관련 수행능력이 낮다고 보고하였다(Table 4).

3) 보행 변동성(Variability)

보행 변동성은 보폭 변동성(stride variability)과 보폭 시간 변동성(stride time variability)을 살펴보는 것으로, 3개의 연구[45,49,44]에서 평가되었다. Ijmker 와 Lamoth[49]는 전반적 인지, 기억력과 보폭 시간 변동성 간의 중간에서 높은 정도의 상관성을 발견하였으며($r = -.48 \sim -.66$), a-MCI와 na-MCI가 참여한 연구[44]에서는

기억력과 보폭 시간 변동성 간의 상관성을 확인하였다. Sheridan 등[45]은 알츠하이머 노인의 연구를 통해 전반적 인지, 기억력, 주의력, 실행 기능과 보폭 변동성 간의 상관성을 확인하였다. 전반적 인지와 보폭 변동성 간의 상관계수는 .47, 실행 기능과 보폭 변동성 간의 상관계수는 .46-.53으로 나타났으며, 기억력, 주의력과는 중간 정도의 상관관계를 보였다(Table 4, Table 5).

IV. 고찰

보행은 복잡한 뇌 기능을 포함하며 운동, 지각 및 인지 과정의 조정 및 통합이 필요하다[50]. 본 연구에서 단일 과제에 비해 좀 더 복잡한 뇌 기능을 요구하는 이중 과제 보행과 인지 간의 상관성을 살펴본 결과, 보행페이스 영역 중 보행 속도가 인지 능력과 가장 유의한 상관성이 있음을 확인하였다. 보행 속도가 인지기능 중 기억력과 유의한 상관성을 보인 논문이 가장 많았으며[48,49,47,44,43], 이는 이중 과제 보행 시 기억력이 중요하며, 보행 속도에 영향을 미치는 주요한 인지기능이라는 것을 의미한다.

Morris 등[34]의 연구에서는 단일 과제를 실시하는 동안 보행과 인지와의 상관성에 대한 메타 분석을 실시한 결과, 기억력과 보행 속도 간의 상관성이 연구자들마다 상반된 결과를 보였다고 보고했다. 즉, 단일과제 보행의 연구에서는 기억력과 보행속도 간의 상관성에 대한 결과가 연구마다 다양하였다. 하지만, 이와 반대로, Al-Yahya 등[51]의 메타분석 연구에서는 본 연구의 결과와 비슷하게 기억력과 보행속도와 상관성이 있다고 보고하였다.

이러한 상반된 결과가 나온 이유는, Morris 등[34]의 연구에서는 본 연구의 연구 방법과 다르게 단일 과제 보행과 인지와의 상관성을 살펴본 반면, Al-Yahya 등[51]의 연구에서는 본 연구의 연구 방법과 비슷하게 이중 과제 동안 보행과 인지 능력 간의 상관성을 살펴보았기 때문일 것이다.

이러한 결과를 토대로, 본 연구자는 단순 보행과 같은 단일 과제 조건에서보다 복잡한 인지를 필요로 하는 이중과제에서는 기억력을 더 많이 필요할 것이라고 제

안한다. 하지만, 본 연구에서는 포함된 연구물의 수와 상관관계의 수치를 정확히 제시한 연구물이 적어, 메타 분석을 실시하지 않았으므로, 이러한 결과의 해석은 제한적이다. 따라서, 이러한 결과를 확실하게 뒷받침하기 위해서, 통계적인 기법을 이용한 메타 분석의 연구가 필요할 것이다.

여러 인지 능력 중 보행 속도와 높은 상관성이 있는 기억력은 이마엽과 밀접한 관련이 있다. 이마엽은 감정과 논리적 사고의 판단의 역할 뿐만 아니라 장기기억을 저장한다. 기억력 중추인 해마는 저장된 단기 기억을 장기기억으로 변환시키는 역할을 한다. 따라서, 이마엽과 해마 사이의 상호작용은 기억의 통합에서 중심적인 역할을 하며, 기억에서 정보를 탐색하고 전달하는 과정을 유연하게 한다[52]. 따라서, 이마엽 손상에 따라 인지 손상도 진행되므로, 보행 속도의 문제를 나타낼 수 있다[34]. 또한, Andreasen 등[53]의 연구에서 소뇌와 기억력 간의 상관관계를 연구하였다. 이 연구를 통해 소뇌가 인지적 역할을 수행하며 운동기능에도 영향을 미치는 것은 물론 단기 기억을 저장한다는 사실을 알 수 있다. 즉, 해마, 소뇌와 같은 뇌 영역이 서로 상호작용하며 기억력에 관여하고 있음을 알 수 있다.

본 연구에서는 또한, 인지 기능 중 실행 기능과 보행 속도와 유의한 상관성이 있음을 확인하였다[46,48, 49,47].

Al-Yahya 등[51]은 보행 속도 조절이 이마엽의 실행 기능과 연결되어 있다고 하였다. 이중과제에서 보행과 실행기능과의 상관성에 대하여 메타분석을 시행한 Yang 등[37]은 이중과제시행시 중간 정도의 인지 간섭 효과를 확인하였다. 그들은 인지 기능 중 실행 기능을 평가할 수 있는 동물 이름 대기라는 언어 유창성 과제를 사용하였다. Yang 등[37]의 연구와 비슷하게 언어 유창성 과제인 “단어 열거하기”를 이중과제로 사용한 Smith 등[35]은 단일과제보다 언어 유창성 이중 과제를 추가했을 때 보행 속도가 더욱 감소하였다고 보고하였다. 즉, 언어 유창성 과제는 이마엽의 실행 기능에서 수행되기 때문에, 실행 기능을 요하는 인지 과제가 추가되면 보행 속도가 감소한다고 할 수 있다.

하지만, 본 연구에 포함된 연구 들에서는 서로 상반

된 결과가 나왔다. Sheridan 등[45]의 연구에서는 상반된 결과가 나왔다. 이렇게 연구자마다 상반된 결과를 보고한 이유는 연구 방법적인 차이라고 판단되어 연구 방법을 비교를 아래와 같이 실시하였다.

Coppin 등[46]의 연구에서는 실행 기능 평가 도구로 TMT를 사용하여, 시행하는 데 걸린 시간을 바탕으로 실행 기능의 정도를 나누었다. 70초 미만이면 실행 기능은 좋은 것을 나타내고 70-156초 사이면 중간 실행 기능을 156초를 초과했을 때는 실행 기능이 좋지 않은 것을 나타낸다. 실행 기능이 좋지 않은 대상자와 실행 기능이 좋은 대상자를 비교하여 첫 번째는 7m를 평소 속도로 걸으며 물건 집기, 두 번째는 7m 코스에 있는 두 개의 장애물을 빠른 속도로 넘기, 세 번째는 무거운 조끼를 입고 평소 속도로 20m 코스 3바퀴 돌기와 같은 이중과제들을 하였을 때, 실행 기능이 좋지 않은 참가자는 이중과제에서 실행 기능이 좋은 참가자에 비하여 훨씬 느린 보행 속도를 보였다. Doi 등[47]은 경도 인지 장애 노인을 대상으로 연구를 진행하였으며 기억상실 여부에 따라 기억상실이 있는 경도 인지 장애 노인과 기억상실이 없는 경도 인지 장애 노인으로 나누어 비교하였다. 이 두 그룹을 대상으로 11m 보행과 함께 100부터 거꾸로 세는 이중 과제를 시행한 결과 처리 속도 및 실행 기능은 단순 보행 및 이중 과제 보행 동안 보행 속도와 상관관계가 있다고 보고하였다. Ijmker와 Lamoth[49] 연구에서는 실행 기능과 보행과의 상관성이 노화 때문인지 인지 손상 때문인지에 대해 알아보기 위해 치매 노인과 정상 노인으로 구성된 두 그룹 대상자를 문자 유창성 과제인 "l", "g"와 "p"로 시작하는 단어를 3분 동안 걷는 이중 과제를 시행하여 비교하였고, 치매 노인과 정상 노인의 경우에서 보행 속도에 유의한 상관성을 확인할 수 있었다. 마지막으로, Montero-Odasso 등[48]의 연구에서는 경도 인지 장애 노인을 대상으로 연구를 진행하였으며, 8m walking test와 함께 동물 이름 대기, 100부터 거꾸로 세는 이중 과제를 실시한 결과, 실행 기능과 보행 속도 간의 유의한 상관성을 확인할 수 있었다. 반면, Sheridan 등[45]은 독립 보행이 가능한 알츠하이머 노인을 대상으로 보폭 변동성을 측정할 수 있는 검사자가 불러주는 숫자열을 바로 따라

외우는 이중 과제를 실시하는 연구를 진행하였으며, 다양한 인지 평가 도구(MMSE, CLOX I, CLOX II, Verbal fluency)를 이용하여 인지 능력의 변화를 알아보았다. 그 결과 보행 속도보다는 보폭 변동성에서 훨씬 더 유의한 결과값이 도출되었다.

이러한 상반된 연구 결과의 원인으로 두 가지 요소를 생각할 수 있다.

첫째, 연구 대상자의 차이 일 것이다. Sheridan 등[45]의 연구에서는 다른 연구와 다르게 대상자를 알츠하이머 노인으로 하였다. 따라서, 인지손상의 원인인 알츠하이머의 경우 다른 인지장애와 다른 특성을 보인다고 할 수 있다.

두 번째는 실행기능 평가 도구의 차이 때문 일 것이다. 3개의 연구[46,49,47]는 실행 기능을 평가하는 도구로 TMT를 사용한 반면, Sheridan 등[45]의 연구에서는 CLOX I, II 도구를 사용하여 실행 기능을 평가했기 때문에 Sheridan 등[45]과 Coppin 등[46], Doi 등[47], Ijmker와 Lamoth[49]의 연구는 상반된 결과를 보였다. 선정한 연구들에서 경도 인지 장애 노인 진단 기준 및 인지 평가 도구와 보행 평가 도구, 보행 거리가 동일하지 않았으며, 측정할 속도, 리듬, 변동성 등의 보행 변수도 차이가 있었다는 점에서 상관성이 나타난 논문과 나타나지 않은 논문들을 비교하기에 한계가 있었다.

이중 과제 보행 시 전반적 인지기능과 보행 속도와도 유의한 상관성이 보였다[41,49,43]. 또한, 이중과제에서 보행과 인지 능력의 상관성에 대하여 메타 분석을 시행한 Yang 등[37]의 연구에서 MoCA 점수가 보행 속도에 대한 인지 간섭 정도의 영향과 상관관계가 있음이 나타났다. 이는 보행 속도와 전반적 인지가 상관관계가 있음을 나타낸다. 해당 연구에서 단일 과제 시 경도 인지 장애 노인은 보행 속도가 감소했으며, 이중과제에서는 보행 속도의 감소가 더 두드러졌다. 이중 과제를 시행한 본 연구에서 또한 경도 인지 장애 노인에게서 전반적 인지 저하는 보행 속도의 감소를 보였다[41]. 이는 경도 인지 장애를 가진 사람은 이마앞엽 껍질의 신경 활성을 유지하기 위한 인지 자원이 제한되어 있고 인지적 간섭으로 인해 행동 수행 능력이 저하되어있기 때문이라고 생각한다. 이러한 결과를 통해 전반적 인지는 과제의

유형과는 별개로 보행 속도와 밀접한 관련이 있다는 것을 알 수 있었다.

반면, 본 연구에서 Auvinet 등[43]의 연구와 Sheridan 등[45]의 연구는 MMSE만을 사용하여 인지 평가를 시행하였다. 하지만 Auvinet 등[43]의 연구는 상관성을 보였고, Sheridan 등[45]의 연구는 상관성을 보이지 않은 상반된 연구 결과가 나왔다. 이는 MMSE가 독립적으로 보행 변수를 평가할 수 없어[45], 보행 속도와와의 관계를 예측하기 힘들기 때문이라 사료된다.

더불어, 본 연구에서 인지 기능 중 주의력 또한 보행 속도와 유의한 상관성을 보였으며, 보행과 동시에 인지 과제를 수행하는 것은 보행에 할당할 주의력을 감소시킨다고 하였다[41]. 이는 이중과제에서 보행과 인지와의 상관성에 대한 메타분석을 시행한 Smith 등[35]의 연구에서 이중 과제 보행의 수행 능력 저하는 두 과제에 필요한 주의력에 대한 경쟁적 요구로 인해 간섭이 발생했다는 결과를 뒷받침할 수 있다. 반대로, König 등[40]의 연구에서는 주의력과 보행 속도와 상관관계가 없다고 밝혔으며, 알츠하이머 노인을 대상으로 한 Sheridan 등[45]의 연구에서는 주의력과 보폭 변동성 간의 상관성을 나타냈지만, 보행 속도와는 상관관계가 없음을 밝혔다. 이는 보폭 변동성이 둘 이상의 과제를 동시에 수행하기 위해서 실행 기능의 입력이 필요하고, 다른 보행 변수보다 주의력 분산에 좀 더 민감하여 주의력과 보폭 변동성의 상관성이 높게 나타난다고 볼 수 있다. 또한, 해당 연구에서 알츠하이머 노인에게 관찰된 보폭 변동성의 증가는 이중 과제 보행 동안 주의력을 분산시키는 능력이 손상되었음을 나타낸다고 하였다[45]. 분산된 주의력은 한번에 둘 이상의 과제를 수행할 수 있는 능력이며[6], 이중과제에서 보행과 인지와의 상관성에 대한 메타분석을 시행한 Chu 등[54]의 연구에서는 분산된 주의력이 이중 과제를 하는 동안 필요하다고 하였다. 따라서 분산된 주의력에 손상이 있을 시 둘 이상의 과제를 제대로 수행할 수 없으므로 보폭 변동성이 증가했다고 볼 수 있다.

경도 인지 장애 노인을 대상으로 한 Doi 등[47]의 연구는 처리 속도와 보행 속도 간의 유의한 상관성을 보였으며, 처리 속도는 이마엽과 밀접한 관련이 있고,

이마엽은 보행 조절의 역할을 수행한다고 보고했다. 단일과제를 시행한 Morris 등[34] 연구에서도 특히 이마엽의 기능 감퇴는 보행 속도의 저하를 일으킨다고 밝혔고 인지 능력 중 처리 속도와 보행 속도, 리듬, 자세 조절과 상관성이 높게 나타났다.

본 연구에서 가장 많이 사용된 인지 과제는 숫자 거꾸로 세기이며, 이러한 과제는 지속적인 집중력, 정보 처리 속도, 작업 기억력을 요구하는 높은 수준의 인지 과제라 할 수 있다[6,35,54]. 보행과 함께 숫자 거꾸로 세는 인지 과제는 특히 기억력과 보행 속도 간의 유의한 상관성을 보였다[43,44,48,49,47]. 이들은 기억력이 저하될수록 보행 속도가 느려진다는 양의 상관관계를 보여주었다. 이 외에도 실행 기능에서 보행 속도와 상관성이 나타났으며[46-49], 전반적 인지에서도 보행 속도와 유의한 상관성이 나타났[41,43,49]. 하지만, König 등[40]의 연구와 Sheridan 등[45]의 연구에서는 주의력과 이중 과제 지속 시간과의 상관성은 나타나지 않았다. 이중 과제 지속 시간이 길어질수록, 보행 속도는 느려지기 때문에 이중 과제 지속 시간은 보행 속도의 빠르고 느림의 지표로 볼 수 있다. 따라서 주의력과 이중 과제 지속 시간과의 상관성이 나타나지 않았다는 것은 주의력과 보행 속도의 상관성이 나타나지 않았다고도 볼 수 있다. 이는 앞서 언급했던 것과 같이, 주의력은 보폭 변동성에서 더 민감하고 보행 속도에서는 덜 민감하다는 것을 다시금 보여주었다. 결과적으로 이중 과제 보행과 인지 능력과의 상관성을 메타분석한 Bahureksa 등[36]의 연구와 마찬가지로 본 연구에서도 숫자 거꾸로 세는 인지 과제를 시행했을 때 보행 속도가 유의하게 감소했다.

본 연구의 제한점은 분석에 최종적으로 포함된 연구의 숫자가 적기 때문에 연구 결과를 일반화하기가 힘들다는 것이다. 그리고, 상관관계 계수에 대한 수치를 제시한 논문과 수치를 제시하지 않고 상관의 정도만을 표기한 논문들이 혼재되어 있으므로, 통계적인 기법을 동일한 메타분석을 실시하지 못하고 체계적 문헌 고찰만 실시함으로 양적인 결과값을 제시할 수 없었다. 또한, 인지 능력을 기억력, 실행 기능, 전반적 인지, 주의력, 처리 속도, 시공간 처리 능력으로 한정하였기 때문

에 그 외의 세부적인 인지 기능과 보행의 상관성에 대한 연구가 부족하였다.

V. 결론

본 연구의 목적은 이중 과제 보행을 하는 동안 보행과 인지와의 상관성을 살펴보는 것으로 총 10개의 논문을 검토하였다. 연구 결과 기억력과 전반적 인지는 보행 속도, 보행 리듬, 보폭 변동성 등과 유의한 상관성을 보였다. 하지만 경도 인지 장애 노인과 알츠하이머 노인의 경우, 주의력은 보행 속도와 상관관계가 없는 연구도 있었다. 실행 기능과 보행 속도와의 상관성은 1개의 연구에서 상관관계가 없다고 나타났으며, 4개의 연구에서는 높은 상관관계가 나타났다. 특히, 본 연구에서 가장 주목할 만한 결과는 이중 과제를 시행하는 치매 노인, 알츠하이머 노인, 경도 인지 장애 노인에서 보행 속도와 기억력과의 높은 상관성을 확인할 수 있었다는 것이다. 이러한 결과는 보행 속도 저하가 인지 손상을 예측할 수 있는 선별 도구가 될 수 있음을 시사한다. 따라서, 본 연구자는 경도 인지 장애의 조기 발견을 위하여 보행 속도를 중요한 선별 도구로 사용할 수 있음을 제시하고자 한다.

Acknowledgements

이 연구는 2021년 을지대학교 대학혁신지원사업 지원을 받아 진행된 연구이며, 논문 검색을 위하여 노원 을지대학교 병원 의학도서관 사서 한혜영 선생님의 도움을 받아서 실시한 연구임

References

- [1] Shik ML, Orlovsky GN. Neurophysiology of locomotor automatism. *Physiol Rev.* 1976;56(3):465-501.
- [2] Dietz V. Neurophysiology of gait disorders: present and future applications. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1997;103(3):333-55.
- [3] Beauchet O, Berrut G. [Gait and dual-task: definition, interest, and perspectives in the elderly]. *Psychol Neuropsychiatr Vieil.* 2006;4(3):215-25.
- [4] Clark DJ. Automaticity of walking: functional significance, mechanisms, measurement and rehabilitation strategies. *Front Hum Neurosci.* 2015;9:246.
- [5] Yogev-Seligmann G, Hausdorff JM, Giladi N. The role of executive function and attention in gait. *Mov Disord.* 2008;23(3):329-42. quiz 472.
- [6] Bayot M, Dujardin K, Tard C, et al. The interaction between cognition and motor control: A theoretical framework for dual-task interference effects on posture, gait initiation, gait and turning. *Neurophysiol Clin.* 2018;48(6):361-75.
- [7] Sturmięks DL, St George R, Lord SR. Balance disorders in the elderly. *Neurophysiol Clin.* 2008;38(6):467-78.
- [8] Gloth FM, 3rd, Scheve AA, Stober CV, et al. The Functional Pain Scale: reliability, validity, and responsiveness in an elderly population. *J Am Med Dir Assoc.* 2001;2(3):110-4.
- [9] Hausdorff JM, Rios DA, Edelberg HK. Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(8):1050-6.
- [10] Sheridan PL, Hausdorff JM. The role of higher-level cognitive function in gait: executive dysfunction contributes to fall risk in Alzheimer's disease. *Dement Geriatr Cogn Disord.* 2007;24(2):125-37.
- [11] Verghese J, Wang C, Lipton RB, et al. Quantitative gait dysfunction and risk of cognitive decline and dementia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2007;78(9):929-35.
- [12] Kikkert LHI, Vuilleme N, van Campen JP, et al. Walking ability to predict future cognitive decline in old adults: A scoping review. *Ageing Res Rev.* 2016;27:1-14.
- [13] Mi-hee Park, Hyun-ju Park, Duck-waon Oh. The Relationship between Physical Characteristics and Walking Ability in Elderly: A Cross-Sectional Study. *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society.* 2012;13(6):2664-71.
- [14] Tacchino A, Veldkamp R, Coninx K, et al. Design,

- Development, and Testing of an App for Dual-Task Assessment and Training Regarding Cognitive-Motor Interference (CMI-APP) in People With Multiple Sclerosis: Multicenter Pilot Study. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2020;8(4):e15344.
- [15] McIsaac TL, Lamberg EM, Muratori LM. Building a framework for a dual task taxonomy. *Biomed Res Int*. 2015;2015:591475.
- [16] Plummer P, Zukowski LA, Giuliani C, et al. Effects of Physical Exercise Interventions on Gait-Related Dual-Task Interference in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Gerontology*. 2015;62(1): 94-117.
- [17] Siu KC, Chou LS, Mayr U, et al. Does inability to allocate attention contribute to balance constraints during gait in older adults? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2008;63(12):1364-9.
- [18] Lundin-Olsson L, Nyberg L, Gustafson Y. "Stops walking when talking" as a predictor of falls in elderly people. *Lancet*. 1997;349(9052):617.
- [19] De Jong R. Multiple bottlenecks in overlapping task performance. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*. 1993;19(5):965-80.
- [20] Craik FI, Bialystok E. Cognition through the lifespan: mechanisms of change. *Trends Cogn Sci*. 2006;10(3): 131-8.
- [21] De Sanctis P, Butler JS, Malcolm BR, et al. Recalibration of inhibitory control systems during walking-related dual-task interference: a mobile brain-body imaging (MOBI) study. *Neuroimage*. 2014;94:55-64.
- [22] Malcolm BR, Foxe JJ, Butler JS, et al. The aging brain shows less flexible reallocation of cognitive resources during dual-task walking: A mobile brain/body imaging (MoBI) study. *Neuroimage*. 2015;117:230-42.
- [23] Boisgontier MP, Beets IA, Duysens J, et al. Age-related differences in attentional cost associated with postural dual tasks: increased recruitment of generic cognitive resources in older adults. *Neurosci Biobehav Rev*. 2013;37(8):1824-37.
- [24] Kahya M, Moon S, Ranchet M, et al. Brain activity during dual task gait and balance in aging and age-related neurodegenerative conditions: A systematic review. *Exp Gerontol*. 2019;128:110756.
- [25] Montero-Odasso MM, Sarquis-Adamson Y, Speechley M, et al. Association of Dual-Task Gait With Incident Dementia in Mild Cognitive Impairment: Results From the Gait and Brain Study. *JAMA Neurol*. 2017;74(7): 857-65.
- [26] Sullivan EV, Pfefferbaum A. Diffusion tensor imaging and aging. *Neurosci Biobehav Rev*. 2006;30(6):749-61.
- [27] Andrews-Hanna JR, Snyder AZ, Vincent JL, et al. Disruption of large-scale brain systems in advanced aging. *Neuron*. 2007;56(5):924-35.
- [28] Malouin F, Richards CL, Jackson PL, et al. Brain activations during motor imagery of locomotor-related tasks: a PET study. *Hum Brain Mapp*. 2003;19(1):47-62.
- [29] Nutt JG, Marsden CD, Thompson PD. Human walking and higher-level gait disorders, particularly in the elderly. *Neurology*. 1993;43(2):268-79.
- [30] Wiener SI, Berthoz A, Zugaro MB. Multisensory processing in the elaboration of place and head direction responses by limbic system neurons. *Brain Res Cogn Brain Res*. 2002;14(1):75-90.
- [31] Tian Q, Chastan N, Bair WN, et al. The brain map of gait variability in aging, cognitive impairment and dementia-A systematic review. *Neurosci Biobehav Rev*. 2017;74(Pt A):149-62.
- [32] de Laat KF, Tuladhar AM, van Norden AG, et al. Loss of white matter integrity is associated with gait disorders in cerebral small vessel disease. *Brain*. 2011;134(Pt 1): 73-83.
- [33] Doi T, Shimada H, Makizako H, et al. Effects of white matter lesions on trunk stability during dual-task walking among older adults with mild cognitive impairment. *Age (Dordr)*. 2015;37(6):120.
- [34] Morris R, Lord S, Bunce J, et al. Gait and cognition:

- Mapping the global and discrete relationships in ageing and neurodegenerative disease. *Neurosci Biobehav Rev.* 2016;64:326-45.
- [35] Smith E, Cusack T, Blake C. The effect of a dual task on gait speed in community dwelling older adults: A systematic review and meta-analysis. *Gait Posture.* 2016;44:250-8.
- [36] Bahureksa L, Najafi B, Saleh A, et al. The Impact of Mild Cognitive Impairment on Gait and Balance: A Systematic Review and Meta-Analysis of Studies Using Instrumented Assessment. *Gerontology.* 2017;63(1): 67-83.
- [37] Yang Q, Tian C, Tseng B, et al. Gait Change in Dual Task as a Behavioral Marker to Detect Mild Cognitive Impairment in Elderly Persons: A Systematic Review and Meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2020; 101(10):1813-21.
- [38] Lord S, Galna B, Verghese J, et al. Independent Domains of Gait in Older Adults and Associated Motor and Nonmotor Attributes: Validation of a Factor Analysis Approach. *The Journals of Gerontology: Series A.* 2012;68(7):820-7.
- [39] Emre M, Aarsland D, Brown R, et al. Clinical diagnostic criteria for dementia associated with Parkinson's disease. *Movement Disorders.* 2007;22(12):1689-707.
- [40] König A, Klaming L, Pijl M, et al. Objective measurement of gait parameters in healthy and cognitively impaired elderly using the dual-task paradigm. *Aging Clin Exp Res.* 2017;29(6):1181-9.
- [41] Gillain S, Warzee E, Lekeu F, et al. The value of instrumental gait analysis in elderly healthy, MCI or Alzheimer's disease subjects and a comparison with other clinical tests used in single and dual-task conditions. *Ann Phys Rehabil Med.* 2009;52(6):453-74.
- [42] Venema DM, Bartels E, Siu KC. Tasks matter: a cross-sectional study of the relationship of cognition and dual-task performance in older adults. *J Geriatr Phys Ther.* 2013;36(3):115-22.
- [43] Auvinet B, Touzard C, Montestruc F, et al. Gait disorders in the elderly and dual task gait analysis: a new approach for identifying motor phenotypes. *J Neuroeng Rehabil.* 2017;14(1):7.
- [44] Montero-Odasso M, Oteng-Amoako A, Speechley M, et al. The motor signature of mild cognitive impairment: results from the gait and brain study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2014;69(11):1415-21.
- [45] Sheridan PL, Solomont J, Kowall N, et al. Influence of executive function on locomotor function: divided attention increases gait variability in Alzheimer's disease. *J Am Geriatr Soc.* 2003;51(11):1633-7.
- [46] Coppin AK, Shumway-Cook A, Saczynski JS, et al. Association of executive function and performance of dual-task physical tests among older adults: analyses from the InChianti study. *Age Ageing.* 2006;35(6):619-24.
- [47] Doi T, Shimada H, Makizako H, et al. Cognitive function and gait speed under normal and dual-task walking among older adults with mild cognitive impairment. *BMC Neurol.* 2014;14:67.
- [48] Montero-Odasso M, Bergman H, Phillips NA, et al. Dual-tasking and gait in people with mild cognitive impairment. The effect of working memory. *BMC Geriatr.* 2009;9:41.
- [49] Ijmker T, Lamoth CJ. Gait and cognition: the relationship between gait stability and variability with executive function in persons with and without dementia. *Gait Posture.* 2012;35(1):126-30.
- [50] Wennberg AMV, Savica R, Hagen CE, et al. Cerebral Amyloid Deposition Is Associated with Gait Parameters in the Mayo Clinic Study of Aging. *J Am Geriatr Soc.* 2017;65(4):792-9.
- [51] 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.
- [52] Preston AR, Eichenbaum H. Interplay of hippocampus and prefrontal cortex in memory. *Curr Biol.* 2013;23(17):

- R764-73.
- [53] Andreasen NC, O'Leary DS, Paradiso S, et al. The cerebellum plays a role in conscious episodic memory retrieval. *Hum Brain Mapp.* 1999;8(4):226-34.
- [54] Chu YH, Tang PF, Peng YC, et al. Meta-analysis of type and complexity of a secondary task during walking on the prediction of elderly falls. *Geriatr Gerontol Int.* 2013;13(2):289-97.