

고령자 보행자립도(능력) 측정모형 개발

노창균 · 박범진* · 문병섭

한국건설기술연구원 도로연구소

Development of Elderly Walking Independence Index Model

ROH, Chang-Gyun · PARK, Bum Jin* · MOON, Byungsup

Highway and Transportation Research Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Gyeonggi 411-712, Korea

Abstract

In 2026, in ten years from now, Korea is expected to enter into a super aged society. By facing this social phenomenon, analyzing the elderly and preparing measures are needed among society. In the transportation field, the traffic accidents which are related to the elderly pedestrians have drastically increased so that R&D projects and policy supplementations are introduced. However very few base studies on which focused on the behavior, capability, impact factors analysis of for elderly pedestrians are conducted. To determine the walking capability, this study divided the walking capability into 3 three categories - general, health and exercise. It carries out the comprehensive survey targeting 52 elderly with the average age of 72.6 years and this survey is made up of total 12 factors in the 3 three categories. This survey also is conducted with various measuring devices and methods such as interview, National Fitness Award, SPBB, Cybex and the like for. From the 12 detailed factors, the general factors such as age, physical shape and so forth have little impact on the walking speed. However the factors that have the greatest impact on the walking speed are extensor muscle on lower limbs in the health factors and balance, coordination, and SPPB in the exercise factors. With these results, this study develops the independent walking model which can measure the walking capability of the elderly people. The developed model is expected to be utilized as the base study for elderly's walking patterns in the transportation field by examining the walking capability of the older people.

앞으로 10년 뒤인 2026년 우리나라는 초고령화 사회(super aged society)로 진입할 것으로 예상되며, 이로 인해 사회 전반적인 모든 분야에서 고령자 분석 및 대책 마련에 심혈을 기울이고 있다. 교통 분야에서도 고령자의 보행 교통사고가 급격히 증가하고 있는 점을 고려하여 이를 줄이기 위한 연구개발과 정책적 보완을 위한 노력을 기울이고 있다. 그러나 고령자의 보행행태, 보행능력, 보행영향 요인 등의 기초적인 연구가 전무하여 어려움을 겪고 있다.

이에 본 연구에서는 기존 논문 검토를 통해 보행능력(보행속도)을 일반, 건강, 운동요인 등 3개 분야로 구분하였다. 평균나이 72.6세의 고령자 52명을 대상으로 면접, 국민체력 100, SPBB, Cybex 등의 다양한 방법과 측정도구를 종합하여 3개 분야 총 12개의 세부 요인에 대한 측정을 시행하였다. 그 결과 일반요인인 연령, 체격 등은 보행속도에 미치는 영향이 적었으며, 건강요인 중에는 하지 신근, 운동요인 중에는 평형성, 협응성, SPPB가 가장 보행속도에 가장 많은 영향이 있음을 도출하였다. 이를 활용하여 고령자의 보행능력을 측정하는 보행자립도 모형을 개발하였다. 개발된 모형은 고령자의 보행능력의 진단하여 교통 분야 고령자 보행 연구의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

Keywords

correlation analysis, elderly, index model, t-test, walking independence
상관분석, 고령자, 측정모형, T-test, 보행자립도

* : Corresponding Author
park_bumjin@kict.re.kr , Phone: +82-31-9100-198, Fax: +82-31-9100-339

Received 11 February 2015, Accepted 12 May 2015

서론

1 연구의 배경 및 목적

고령자 보행자 교통사고는 Table 1과 같이 2009년 8,674건에서 2013년 10,248건으로 지속적으로 증가하였다. 2014년 기준 사망자는 951명으로, 하루 평균 고령자 2.6명이 보행 중 교통사고로 사망하였으며, 이는 OECD 평균의 5배에 해당한다(Park, 2014). 이와 같은 고령자 교통사고를 줄이기 위해 2007년 5월 1일부터 노인보호구역인 실버존을 시행하고 있다. 실버존은 노인 복지시설, 노인휴게시설 등 고령자의 이용 빈도가 높은 지역을 중심으로 반경 300m 이내로 지정되며, 해당 시설의 통행로 상에서 발생할 수 있는 노인교통사고를 저감하기 위한 목적으로 보행신호시간 확대, 무단횡단 금지 표지판 및 차량의 속도를 저감시키기 위한 시설 등을 설치하도록 하였다(Law No. 11443, 2012). 그러나 이와 같은 시설은 차량의 속도 저감을 위한 목적으로 설치하는 과속방지턱 및 횡단시설에 설치하는 안전시설, 주차장 이전 등을 포함하는 등 차량과 관련된 내용으로 한정되어 있을 뿐 보행과 관련된 부분은 제외되어 있다. 고령자 사고의 경우 차량과의 충돌로 인한 사고 이외에도 낙상 사고와 같이 보행 중 발생한 사고에 의해 부상을 당하는 경우 또한 존재한다. 그러나 고령자 보행 사고와 관련된 정책 및 연구 또한 안전시설분야로 국한되어 있으며, 고령자의 보행에 미치는 요인에 대한 연구 및 해당 요인이 보행에 미치는 영향에 대한 연구는 시행된 바 없다.

고령자 보행 중 사고는 고령자의 보행능력 및 특성을 반영한 안전시설물의 보강을 통해 감소시킬 수 있다. 일

반인과는 달리 보행능력이 떨어지는 고령자는 동일한 보행조건인 보도에서도 별도의 서비스 및 보조장치를 필요로 한다. 그러나 고령자의 보행능력 측정을 위한 장비 및 기법은 개발된 바 없으므로 고령자 보행 서비스 정의에 어려움이 발생하고 있다. 본 연구는 고령자의 보행에 영향을 미치는 요인을 도출하고, 도출된 요인을 이용하여 고령자의 보행능력을 측정할 수 있는 모형을 정립하였다. 이와 같은 고령자 보행능력 측정 모형을 통해 필요로 하는 안전시설 및 각 시설이 갖추어야 할 사항 등을 선정할 수 있을 것이라 기대한다.

보행에 영향을 미치는 요인

1. 보행능력 판단 기준 요인

다양한 신체능력을 바탕으로 이루어지는 보행능력을 판단하는 기준으로 Park et al.(2002), Park et al.(2012) 등 물리학 및 물리치료학 분야의 연구에서는 보행속도를 이용한다. 보행 보조기구에 의존하지 않고 독립적으로 보행할 수 있는 상태를 보행자립이라 할 때, 보행자립은 체격, 건강관련 요인, 운동관련 요인 등 각종 요인의 복합적인 관계에 의해 이루어질 수 있다. 각 요인의 복합적 작용에 의해 보행이 원활히 이루어지는 경우 일정 수준 이상의 보행속도를 유지할 수 있다.

또한 도로 횡단시 안전을 확보하기 위해서는 일정 수준 이상의 보행속도가 유지되어야 한다. 서울시의 경우¹⁾ 신호등의 녹색신호 시간 산정시 1초당 1m로 보행속도를 가정하고 있으며, 보행속도가 상대적으로 느린 고령자를 위해 실버존의 경우 초당 0.8m로 보행속도를 가정하여 녹색신호시간을 설계하고 있다. 즉, 실버존을 제외한 일반도로의 경우 보행속도가 1m/s이하인 경우 안전한 도로횡단을 보장하지 못한다. 이와 같이 보행속도는 보행능력을 판단하는 기준일 뿐만 아니라, 보행시 가장 큰 위협에 노출될 수 있는 도로의 횡단 가능 여부를 결정짓는 중요한 변수이다. 본 연구에서는 문헌검토를 통해 보행능력으로 보행속도를 활용하였으며, 보행능력(속도)과 보행에 영향을 미치는 요인 간 상관관계 분석을 시행하고, 이 결과를 이용하여 보행 자립도 측정 모형을 개발하였다.

Table 1. Accident status of elderly pedestrians

	accident (frequency)	fatal (persons)	injury (persons)
2009	8,674	952	7,832
2010	8,798	966	7,924
2011	8,888	883	8,131
2012	9,515	959	8,651
2013	10,248	951	9,413
sum	46,123	4,711	41,951

source: Park, 2014(origin source of data: National Police Agency)

1) 서울특별시 교통운영과, '신호등 속 과학' 횡단보도 보행신호시간 어떻게 정해지나, 교통-대중교통택시, 2013.7.5수정 (URL: <http://traffic.seoul.go.kr/archives/12356>)

2 보행에 영향을 미치는 요인

Danneskiold-Samsøe et al.(2009)의 연구에 따르면 연령의 증가는 신체 기능 및 일상생활 능력의 감소와 직결되며 특히 연령은 근력의 감소와 밀접한 관련이 있다. 또한 Park et al.(2012)의 연구에서도 노인들의 보행능력과 연령이 밀접한 상관관계가 있다고 제시하고 있으며, 연령 이외에도 신장, 폐활량, 균형, 하지의 굴근 및 신근이 보행능력에 대한 설명력이 높은 변수로 제시하였다.

Gally PM과 Forster AL(1999)의 연구에 따르면 보행은 이동(locomotion)의 한 형태로, 출발지에서 목적지까지 이동하는 과정 중 차량 등 타 수단을 이용하지 않는 이동을 말한다. 보행과정에는 양발 중 한 발이 바닥면에 닿아 체중을 지탱하는 동안 다른 한 다리의 움직임이 발생하며, 이때 신경근 조절 및 상호 협응 작용을 통해 다양한 신체조직의 복합적인 움직임이 수반된다. 물리학 분야에서는 이와 같은 보행에 하지근력과 균형이 가장 큰 영향을 미치는 것으로 판단하고 있으며, 이를 이용하여 뇌졸중환자의 보행능력 회복 정도를 확인하기 위해 하지근력과 균형을 측정하고 있다(Ikezoe et al., 2011; Park et al., 2002). 그러나 이와 같은 요인은 특정 신체능력의 저하를 겪고 있는 환자를 대상으로 재활치료를 통해 해당 능력의 회복 정도를 측정하기 위한 측정방법이므로 보행능력 측정에 하지근력과 균형만을 활용할 경우 종합적인 보행능력 판단은 어려울 것으로 판단된다.

이와 같이 기존 문헌을 검토한 결과, 보행에 영향을 미치는 요인은 단편적인 변수로는 설명이 불가능하다. 기존 문헌에서 검토한 보행에 영향을 미치는 요인을 종합적으로 검토한 결과, 연령, 체중, 키 등 일반적인 신체 조건 이외에도 균형성, 평형성, 협응성 및 하지근력 등 다양한 요인이 보행에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 본 연구에서는 고령자를 대상으로 상기 제시된 요인을 실측하여 분석하고, 모형 개발에 활용하였다.

3. 요인 선정 결과 및 요인별 변수값 측정방법

기존 문헌고찰을 통해 검토한 보행에 영향을 미치는 요인은 Table 2와 같다. 이를 바탕으로 본 연구에서 크게 일반요인, 건강관련 요인, 운동관련 요인 등 3가지로 구분하였다. 각 요인별 상세 측정항목 및 측정도구는

Table 2. Walking factors in previous research

Walking Factors	
Park et al. (2002)	muscular strength, balance
Park et al. (2012)	age, gender, height, weight, body mass index, muscle mass, waist/hip ratio, heart rate, vital capacity, flexibility, maximum oxygen consumption, one-leg standing time, and strength of knee flexor and extensor
Danneskiold-Samsøe et al. (2009)	isokinetic and isometric muscle strength
Ikezoe et al. (2011)	muscle thicknesses of all muscles except the soleus muscle

Table 3과 같다.

총 52명의 만 65세 이상 고령자를 대상으로 일반요인, 건강관련 요인, 운동관련 요인 측정을 시행하였다. 측정을 시행한 각 요인별 세부 설명은 다음과 같다. 일반요인으로 선정한 요인은 나이, 키 및 체중으로 설문과 체중계, 신장계를 이용하여 측정하였다.

건강관련 요인으로는 크게 상지근력, 하지근력, 심폐

Table 3. Detail of collection data

factors	items	methods and details of measurement
general factors	age	survey
	height	extensometer (cm)
	weight	scales (kg)
health-related factors	muscular function dynamometer (N) (upper body)	<ul style="list-style-type: none"> ■ measurement items <ul style="list-style-type: none"> - extensor and flexor (peak torque, total work done, average power per repetition) ■ measuring tools: <ul style="list-style-type: none"> - Cybex
	muscular function dynamometer (N) (lower body)	
	cardiorespiratory endurance	
	flexibility	
	body mass index	
exercise-related factors	balance	walking into place in 2 minutes (times)
	coordination	Sit-ups forward bend (cm)
	SPPB	inbadi inspection (kg/m ²)
		body composition body fat (%)
		3m target Return and sit the chair (s)
		8 characters walking (s)
		Score Scale: 12



Figure 1. Coordination test (8 characters walking)

지구력, 유연성, 체질량지수, 신체구성성을 측정하였다. 상지근력은 악력계를 이용하여 손의 악력을 측정하였으며, 하지근력은 30초 동안 의자에 앉았다 일어서는 횟수의 측정과 등속성 운동기구(isokinetic machine)인 Cybex를 이용하여 하지의 신근 및 굴근을 중심으로 정밀측정하였다. Cybex는 하지 신근(뺨는 근육) 및 굴근(굽히는 근육)의 최대근력(Peak Torque), 총 운동량(Total Work Done) 및 평균 근력(Average Power per Repetition)을 측정하였다. 측정단위는 N·m이다. Cybex는 측정사의 역량에 따라 측정결과의 오차가 발생할 수 있으며, 이에 따라 본 연구에서는 체육지도자가 직접 측정한 결과를 사용하였다.

심폐지구력은 2분제자리 걷기를 시행하여 걷기 횟수로 측정하였으며, 유연성은 좌전굴 측정기를 이용하여 앉아서 윗몸 앞으로 굽히기를 시행한 결과값을 사용하였다. 체질량지수(BMI) 및 신체구성(체지방률, %)은 인바디 측정기를 이용하여 정보를 취득하였다.

운동관련 요인으로는 평형성, 협응성, SPPB검사를 시행한 결과를 활용하였다. 평형성은 시각, 평형감각, 고유수용감각 등에 의해 처리되어 나타나는 근골격계의 움직임과 조절 작용을 평가하는 항목으로, 국민체력 100의 의자에 앉아 3m 표적 돌아오기 검사항목을 활용하여 측정하였다. 협응성은 근육, 신경기관, 운동기관 움직임의 상호조정 능력을 의미하는 것으로 분리된 운동체계를 효과적으로 통합하여 활용하는지를 평가하는 항목이다. Figure 1은 8자 보행을 통해 협응성을 측정하는 국민체력 100의 방법을 설명하는 그림이다.

SPPB는 고령자의 종합적인 체력검사 방법으로 미국 국립노화연구소(NIA)에서 개발한 간편신체기능평가

(Short Physical Performance Battery)이다. SPPB는 balance test, gait speed test, chair stand test로 구성되어 있으며, 세부 측정방법은 다음과 같다. balance test는 side-by-side stance 및 semi tandem stance 자세별로 10초간 동일한 자세를 유지할 수 있는지를 기준으로 점수를 부여한다. 자세별로 10초간 유지할 경우 1점을 부여하며, tandem stance는 10초를 유지할 경우 2점, 3초 이상 유지할 경우 1점 및 그 이하는 0점을 부여하여 총 4점 만점으로 평가한다. gait speed test는 4m의 평지를 일반 보행속도로 걷게 한 후 4.82초 안에 보행을 마칠 경우 4점을, 6.20초 이하에 마칠 경우 3점을, 8.70초 이내에 보행을 마칠 경우 2점을 부여하며, 그 이상은 1점 및 보행이 불가능한 경우 0점을 부여하여 총 4점 만점으로 평가한다. chair stand test는 총 5회 동안 팔을 사용하지 않고 의자에 앉았다가 일어서는 동안 소요되는 시간을 측정하여 평가하며, 총 소요시간이 11.19초 미만인 경우 만점인 4점을 부여하고, 13.69초 이내인 경우 3점, 16.69초 이내인 경우 2점, 16.7초 이상인 경우 1점을 부여한다. 60초 이상 소요될 경우 0점을 부여한다. 이와 같은 4점씩 구성된 3가지 검사를 통해 총 12점의 점수를 만점으로 고령자의 신체를 평가하였다(Park et al., 2011).

각 요인은 측정결과의 신뢰도를 확보하기 위해 체력인증센터의 전문체력측정사의 도움을 받아 시행한 결과이다. 측정된 요인에 대해 기초 통계분석을 시행하였으며, 보행능력으로 가정된 보행속도와 각 요인간 상관관계를 분석하였다. 상관관계 분석결과 높은 선형관계로 도출된 변수를 이용하여 회귀식을 구축하였다. 도출된 회귀모형은 보행에 영향을 미치는 요인을 복합적으로 고려한 모형으로, 고령자의 보행능력(보행자립 정도) 진단이 가능하므로 본 연구에서는 고령자 보행 자립도(능력) 측정 모형이라 명명하였다.

고령자 보행특성 분석

1 기초통계

본 연구의 분석자료를 제공한 고령자는 보행보조기를 사용하지 않고 자립 보행이 가능한 자로, 남성 25명, 여성 27명 등 총 52명을 대상으로 하였다. 측정결과의 기초통계값은 Table 4와 같다. 여성의 경우 근력

이 남성보다 떨어져 보행속도가 남성보다 낮게 나타난다고 분석한 Danneskiold-Samsøe et al.(2009)의 연구와는 달리 본 연구를 통해 측정된 남성과 여성의 보행속도는 평균 1.0m/s로 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 4. Basic statistics

		ave.	max.	min.	S.D.	
walking speed (m/s)	total	1.0	1.5	0.5	0.2	
	male	1.0	1.3	0.5	0.2	
	female	1.0	1.5	0.6	0.2	
general factors	age	total	72.6	83	66	4.1
		male	74.0	83	67	4.0
		female	71.3	78	66	3.8
	height	159.4	174.0	142.1	7.2	
	weight	62.6	100.0	47.0	9.3	
health-related factors	muscular function (upper body)		24.5	46.8	7.7	8.2
	muscular function (lower body)		19.3	32.0	6.0	5.5
	lower body-extensor	peak torque	70.3	141.0	26.0	26.5
		total work	242.1	476.0	76.0	88.4
		ave. power per repetition	42.6	87.0	13.0	16.4
	lower body-flexor	peak torque	39.1	85.0	5.0	16.2
		total work	146.4	306.0	9.0	65.6
		ave. power per repetition	28.6	65.0	3.0	13.0
	cardiorespiratory endurance		105.5	145.0	54.0	20.1
	flexibility		10.0	30.4	-20.0	9.2
	body mass index		24.6	36.3	19.5	3.1
body composition		31.1	51.8	14.5	7.6	
exercise-related factors	balance		6.4	12.5	4.3	1.7
	coordination		28.0	55.2	21.0	7.0
	SPPB score		10.9	12.0	5.0	1.7

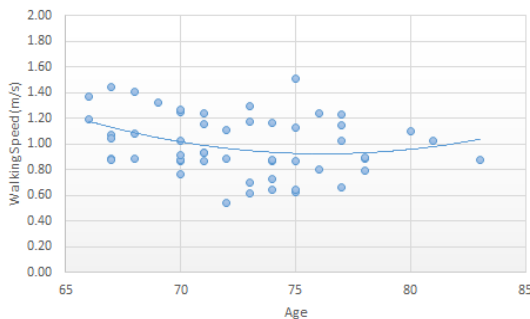


Figure 2. Relationship of walking speed and age

또한 연령의 증가에 따라 근력이 약해지고, 이에 따라 보행속도가 감소한다고 제시한 Park et al.(2012) 및 Danneskiold-Samsøe et al.(2009)의 연구와는 달리 Figure 2와 같이 연령과 보행속도간 그래프는 약한 U자형의 형태로 나타났다. 이는 보행속도와 연령은 큰 상관관계가 없는 것을 의미한다. 이는 Park et al.(2007)의 연구 결과와 일맥상통하며, 이와 같은 분석결과를 통해 고령자의 보행에는 연령이 아닌 다른 요인이 더욱 크게 작용함을 알 수 있다. 각 측정값이 보행능력에 미치는 영향을 상세히 분석하기 위해 보행속도와 각 변수간 상관관계를 분석하였으며, 본 연구의 통계치는 SPSS 12.0K를 이용하여 분석하였다.

2. 고령자 보행특성 분석 결과

실험을 통해 측정된 보행관련 요인 중 보행능력에 보다 큰 영향을 미치는 요인을 도출하기 위해 이변량 상관분석을 시행하였다. Table 5는 상관분석 결과로, Pearson 상관관계수(Pearson correlation coefficient, 이하 PCC) 중 두 개의 별표(**)가 붙은 항목은 0.01수준(양쪽, 2-tailed)에서 유의한 변수이며, 한 개의 별표(*)가 붙은 항목은 0.05수준에서 유의한 변수이다. 일반적으로 PCC는 0.3 이상인 경우 뚜렷한 상관관계가 있다고 할 수 있다.

상관분석 결과, Figure 2에서 검토한 결과와 같이 보행속도와 연령은 상관관계가 약하며(PCC<0.3), 유의수준 또한 0.05이상으로 설명력이 낮은 것으로 도출되었다. 성별, 신장 및 체중의 경우 PCC가 0.05이하로 상관관계가 매우 약해 보행속도와의 관련성이 거의 없는 것으로 분석되었다.

건강관련 요인의 경우, Cybex에 의해 측정된 하지근력값 이외의 요인은 상관관계 및 유의수준이 모두 낮은 것으로 분석되었다. Cybex를 통해 측정된 주 사용발(오른발 잡이의 경우, 오른발) 하지근력 중에서도 다리를 굽히는데 사용하는 굴근(extensor) 및 다리를 뻗는데 사용하는 신근(flexor)의 최대 근력(peak torque)이 유의수준 0.05에서 유의한 변수로 나타났다.

균형성, 협응성 및 SPPB로 구성된 운동능력은 모두 상관관계가 높고(**), 유의확률 또한 매우 높은 것으로 나타났다. 운동능력을 측정하는 구성요소는 단편적인 기능보다는 복합적인 요인을 포함하는 요소이다. 보행능력을 결정짓는 요인이 다편적인 것이 아닌 복합적인 신체

Table 5. Result of pearson correlation

		walking speed	
		PCC	Sig.
walking speed		1	-
general factors	age	-.248	.076
	gender (male:1, female:2)	.049	.732
	height	.034	.809
	weight	-.016	.920
health -related factors	muscular function (upper body)	.132	.350
	muscular function (lower body)	-.032	.823
	lower body- extensor peak torque	.292(*)	.036
	total work	.271	.052
	ave. power per repetition	.268	.055
	lower body- flexor peak torque	.364(*)	.008
	total work	.346(*)	.012
	ave. power per repetition	.253	.070
	cardiorespiratory endurance	.244	.081
	flexibility	.237	.091
exercise -related factors	body mass index	-.065	.647
	body composition	-.152	.281
	balance	-.513(**)	.000
	coordination	-.488(**)	.000
	SPPB score	.692(**)	.000

능력에 의해 나타난다는 기존 연구의 결과와도 일맥상통한다. 운동능력 중에서도 SPPB 점수가 가장 상관계수가 높게 나타났다.

균형성과 협응성은 보행속도와 음의 상관관계가 있으며, 이는 보행속도가 빠르면 빠를수록 균형성 및 협응성 측정에 소요되는 시간이 단축됨을 의미한다. 이와 같이 도출된 결과를 바탕으로 고령자 보행능력 진단을 위한 모형을 수립하였다.

고령자 보행 자립도(능력) 모형

1 모형구축 형태 결정

PCC를 이용하여 도출된 보행능력에 영향을 미치는 요인을 이용하여 보행자립도 측정모형을 구축하였다. 모형은 변수의 개수는 최소화 하고, 설명력이 높을 수록 보다 우수한 모형이라 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는

보행능력(속도)에 대한 설명력이 높은 변수만을 선택하여 모형 구축에 활용하였으며, 수정된 R제곱이 최소 0.3 이상으로 설명력이 확보되는 모형을 구축하고자 하였다.

모형에 활용한 입력변수는 크게 4가지로, 상관분석결과를 활용하여 균형성, 협응성, 주 사용 발하지신근의 최대근력(이하, PTPF), SPPB점수를 선택하였다. 선택된 4개의 변수는 보행능력(속도)와의 상관관계가 높은 변수이며 설명력 또한 높게 나온 변수를 선택하였다. 각 변수와 보행능력(속도)와의 관계를 고려하여 두 변수가 음(negative)의 관계일 경우, 역수를 취하여 모형구축에 활용하였다. 또한 지수함수의 관계를 갖는 변수의 경우 자연로그(ln)을 취해 선형화 하여 입력변수로 사용하였다. 따라서 입력변수로 활용한 4개의 변수 중 PTPF, SPPB점수는 측정값을 그대로 활용하여 모형구축에 사용하였으며, 균형성 및 협응성은 측정값의 역수에 자연로그(ln)을 위한 값을 모형구축에 사용하였다.

2 고령자 보행 자립도(능력) 측정모형 도출

보행능력(속도)를 종속변수, SPPB, 협응성, 균형성 및 PTPF를 독립변수로 하는 고령자 보행 자립도 측정모형(Walking Independence Index, 이하 WII)은 식 (1)과 같이 도출되었다.

$$\begin{aligned}
 WII = & 0.113 \cdot SPPB & (1) \\
 & - 0.238 \cdot \ln\left(\frac{1}{Coordination}\right) \\
 & + 0.036 \cdot \ln\left(\frac{1}{Balance}\right) \\
 & + 0.001 \cdot PTPF - 1.051
 \end{aligned}$$

구축된 모형의 수정된 R제곱은 .472로 도출되었으며, 이는 각 변수로 구성된 회귀식이 보행능력을 어느 정도 설명이 가능함을 의미한다. 최종 구축된 모형에 활용된 각 변수의 공차한계(tolerance) 및 분산팽창지수(variance inflation factor, 이하 VIF)는 Table 6과 같다.

Table 6. Walking speed of WII

	tolerance	VIF
coodination	.220	4.547
balance	.237	4.217
PTPF	.920	1.087
SPPB	.349	2.868

일반적으로 공차한계 0.1 이상, VIF 10이하인 경우 변수간 다중공선성 문제가 없음을 의미하며, 본 모형 또한 이와 같은 기준에 의해 다중공선성 문제는 없음을 확인하였다.

도출된 회귀식에 의해 산출한 WII값과 보행속도간 비교 결과는 Table 7 및 8과 같다. 보행속도와 WII는 유사한 평균값을 갖는 것이며, PCC또한 0.714로 매우 높은 선형관계를 갖으며, 유의확률 또한 매우 높게(**) 분석되었다. 분석에 활용한 52명의 고령자 중 Table 9의 A, B와 같이 보행속도는 빠르나 WII값은 낮게 나온 경우와 C, D와 같이 보행속도는 느리나 WII값은 높게 나온 경우가 존재하였다. 보행속도는 직선거리에서 측정된 값²⁾이므로 A, B와 같이 직선거리 보행시 높은 속도를 유지할 수 있는 고령자일지라도 실 생활에서는 협응성, 균형성 등의 요인에 의해 보행속도는 측정된 값보다 낮을 수 있다.

이와 같은 측면에서, 본 연구에서 도출한 WII는 보행능력을 진단함에 있어 기준에 활용하고 있는 보행속도에 준하는 결과를 도출할 수 있을 뿐만 아니라 보행속도에서 고려하지 못하는 실제 보행환경에서의 능력을 진단할 수 있다고 판단된다.

Table 7. Statistics result of walking speed and WII

	max.	Min.	ave. ± S.D.
walking speed	1.50	0.54	0.99 ± 0.23
WII	1.16	0.41	0.97 ± 0.16

Table 8. Result of pearson correlation between walking speed and WII

		walking speed	WII
walking speed	PCC	1	.714(**)
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	52	52

Table 9. Comparison result of walking speed and WII

	walking speed (rank(a))	WII (rank(b))	(a)-(b)
A	1.37 (4)	0.98 (33)	-29
B	1.40 (3)	1.02 (29)	-26
C	0.87 (39)	1.10 (10)	+29
D	0.88 (34)	1.11 (8)	+26

3. 모형의 활용방안

빠른 속도로 고령화 사회 진입하고 있는 국내 여건상 고령 운전자 및 보행자에 대한 안전대책의 필요성이 대두되고 있다. 고령화 사회는 사회문제로 받아들여지고 있을 뿐만 아니라 교통분야에서도 심도 깊은 대응 및 대책이 요구되고 있다. 이로 인해 고령 운전자에 대한 연구는 수년전부터 지속적으로 시행되고 있으며, 운전면허 갱신방안의 개선을 포함하여 다각도로 대책이 수립 및 적용되고 있다. 그러나 고령 보행자에 대한 대책은 미흡할 뿐만 아니라 기초 연구 또한 부족한 실정이다.

고령자를 대상으로 한 보행능력 측정 결과 다음과 같은 특성이 나타났다. Table 8에 제시한 바와 같이 동일 인입에도 불구하고 보행속도는 빠르나 균형성 등 보행영향 요인 측정치가 매우 낮은 고령자가 있는 반면, 보행속도는 느리나 타 보행영향 요인의 측정치는 매우 좋게 나타나는 경우가 존재하였다. 또한 측정요인별로 검토한 결과 편차가 매우 크며, 이로 인해 고령자는 일반인과는 달리 보행능력 및 특성의 일반화가 어려운 것으로 분석되었다. 이와 같은 고령자 특성은 교통분야의 고령자 대책 수립시 가장 큰 어려움이 될 것이라 판단된다. 본 연구는 고령자의 보행에 미치는 요인을 구분한 기초연구로 의미가 있으며, 본 연구를 바탕으로 후속연구가 확대될 수 있다. 특히 일반화가 어려운 고령자 보행특성을 모형을 통해 해석함으로써 고령자 보행 대책 수립의 대상(target) 설정이 가능하다.

보행 자립도가 높은 고령자의 경우 현 자립도를 유지하는 방향의 대책을, 중간 단계인 고령자는 보행자립을 위한 교통시설물 개선을 통해 보행 자립도를 증진시킬 수 있을 것이다. 특히 고령자 보행에는 운동요인이 가장 큰 영향을 미치는 것으로 분석된 결과를 바탕으로 이와 같은 운동요인에 영향을 미치는 교통시설물의 개선 또는 안전장치의 개발이 가능할 것으로 판단된다.

본 연구의 보행 자립도 모형 구축시 제외한 보행속도 0.4m/s 미만의 고령자는 정상적인 보행이 불가능하며, 이에 해당하는 고령자는 교통시설이 아닌 의료기기의 도움이 필요한 그룹에 해당한다. 따라서 본 연구에서는 제외하였다.

2) 재활의학 및 물리학의 연구에 따르면, 보행속도는 직선거리 10m 측정시 가장 정확함(John Green et al.(2002) 등)

결론

현재 만 65세를 기준으로 고령자를 구분하여 각종 서비스 및 복지제도를 적용하고 있다. 이를 위해 고령자 연령 분포에 관계없이 만 65세 이상 고령자 52명을 대상으로 신체특성을 분석한 결과 신체적 특성은 연령과는 큰 관련이 없으며, 특히 보행능력(속도)은 나이와의 연관성은 Figure 2와 같이 낮은 것으로 나타났다. 기존 문헌 및 실험을 통해 보행능력에 미치는 영향이 큰 요인을 도출하였으며, 도출된 변수인 SPPB, 협응성, 균형성 및 주 사용발 하지근근의 최대 근력을 이용하는 보행자립도 측정 모형(WII)을 개발하였다. 개발된 보행자립도 측정 모형은 안전하게 독립보행이 가능한지 판단할 수 있는 기준으로 활용할 수 있으며, 근력 등 단편적인 요인뿐만 아니라 보행에 필요한 신체·체격능력의 복합적인 영향과 일부 인지 능력을 포함한 협응성과 균형성을 변수로 포함하고 있다.

실제 고령자를 대상으로 보행속도와 WII 측정결과를 비교한 결과, 상관관계가 매우 높은 것으로 나타났다. 따라서 보행능력을 측정하는 변수로 보행속도가 아닌 WII로 대체하는 것이 가능하다고 판단된다. 또한 보행에 영향을 미치는 요인을 복합적으로 고려한 값이므로 보행속도보다 설명력이 더욱 높다고 판단된다.

본 연구는 고령자 보행에 영향을 미치는 요인을 분석한 기초연구로, 기존 고령자 정책의 기준이 되는 연령이 고령자 보행에 미치는 영향이 어느 정도인지, 연령 이외 어떤 변수가 보행에 영향을 얼마나 미치는지를 최우선적으로 분석하였다. 분석결과를 바탕으로 고령자 보행에 영향을 미치는 요인을 최종적으로 도출하고, 도출된 요인을 이용하여 모형을 구축하였다. 이러한 접근방법에 의해 65세 이상 고령자의 다양한 연령대별 보행 능력을 측정하였다. 따라서 2014년 기준 통계연보상 실제 65세 이상 고령자의 인구분포를 검토한 결과, 75세 이상 고령자의 비율이 약 40% 정도로 나타나는 반면 본 연구에서는 이와 같은 인구구조를 고려하지 않고 표본이 설계되었다. 본 연구 결과를 바탕으로 심층 분석을 시행할 향후 연구에는 이와 같은 인구구조를 고려한 표본설계 및 분석이 필요할 것으로 판단된다.

또한 WII 이외에도 고령자 보행 자립도 측정모형을 기반으로 고령자의 독립 및 자립 보행정도를 판정할 수 있는 등급을 개발할 필요가 있다. 보행 자립도 측정을 통해 일정 등급을 만족하지 못할 경우, 적절한 보행보조 서

비스 및 기술이 필요함을 의미한다. 고령자 보행 자립도 및 자립도 등급 측정을 통해 필요한 서비스 및 기술을 찾아줌으로써 보행자립도를 향상시킬 수 있을 것이다. 이와 같은 기준을 이용하여 고령자의 보행자립 서비스 및 기술의 활용범위를 규정할 수 있을 뿐만 아니라 보다 효율적인 고령자 보행 및 복지정책을 시행하는 근거로 활용 될 수 있을 것이라 기대한다.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by a grant (Research Project ID-79209) from Transportation & Logistics Research Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport Affairs of Korean government.

REFERENCES

- Danneskiold-Samsøe B., Bartels E. M., Bułlow P. M., Lund H., Stockmarr A., Holm C. C., Wałtjen I., Appleyard M., Bliddal H. (2009), Isokinetic and Isometric Muscle Strength in a Healthy Population With Special Reference to age and Gender, *Acta. Physiol.*, 197, 1-68.
- Gally PM, Forster AL. (1999), *Human Movement*, Churchill Livingstone, 197-206.
- Green J., Forster A., Young J. (2002), Reliability of Gait Speed Measured by a Timed Walking Test in Patients One Year After Stroke, *Clin. Rehabil.*, 16(3), 306-314.
- Ikezoe T., Mori N., Nakamura M., Ichihashi N. (2011), Atrophy of the Lower Limbs in Elderly Women: is it Related to Walking Ability?, *Eur. J. Appl. Phys.*, 111(6), 989-995.
- Law No. 11 443 (2012), Act on Convenience Promotion Guaranteed for Disabled · Elderly · Maternity (노인 · 임산부등의편의증진보장에관한법률).
- National Fitness Award Homepage (URL: <http://nfa.sports.re.kr/nfa/>).
- Park J. S., Choi E. Y., Hwang T. Y. (2002), The Effects of Strengthening Leg Muscular Strength on the Elderly's Walking and Balance Ability, *J.*

Korean Soc. Phys. Ther., Korean Society of Physical Therapy, 14(2), 133-144.

Park M. H., Park H. J., Oh D. W. (2012), The Relationship between Physical Characteristics and Walking Ability in Elderly: A Cross-Sectional Study, J. Korea Acad. Industr. Coop. Soc., The Korea Academia-Industrial Cooperation Society, 13(6), 2664-2671.

Park R. J., Son H. H., Cho J. S., Oh H. J., Lee H. H., Lee M. H., Kim S. G. (2011), Correlations between SPPB, FRT, and TUG in Hospitalized Frail People -The Timed Up and Go test, the Functional Reaching Test, and the Short physical performance battery-, J. Korean Soc. Phys. Ther., 23(2), Korean Society of Physical Therapy, 17-21.

Park S. J., Lee J. S., Kang D. H., Jung E. H., Park S. B. (2007), Study on Walking Speed and Stride of Age (연령에 따른 보행속도 및 보폭에 대한 고찰), Ergon. Soc. Korea Proceedings, The Ergonomics Society of Korea, 430-434.

Park N. C. (2014), 2.6 Pedestrian Elderly are Death in Traffic Accidents... Five Times the OECD Average (노인 하루 2.6명 보행 중 교통사고로 숨져... OECD 평균 5배, 국정감사 보도자료 86(박남춘 의원)), (Origin Data Source: National Police Agency).

Seoul Metropolitan Government Traffic Operations Department, 'Science in Traffic' How Set the Crosswalk Pedestrian Signal Set? ('신호등 속 과학' 횡단보도 보행신호시간 어떻게 정해지나) (URL: <http://traffic.seoul.go.kr/archives/12356>)

- ☞ 주 작성자 : 노창균
- ☞ 교신저자 : 박범진
- ☞ 논문투고일 : 2015. 2. 11
- ☞ 논문심사일 : 2015. 4. 3 (1차)
2015. 4. 20 (2차)
2015. 5. 12 (3차)
- ☞ 심사판정일 : 2015. 5. 12
- ☞ 반론접수기한 : 2015. 12. 31
- ☞ 3인 익명 심사필
- ☞ 1인 abstract 교정필