

전·후기 노인의 근력과 보행 특성의 관계

백창의, 주지용, 김영관*
전남대학교

Association between muscular strengths and gait characteristics of elderly people aged 65 to 74 and 75 and above

Chang-Yei Back, Ji-Yong Joo, Young-Kwan Kim*
Department of Physical Education, Chonnam National University

요약 본 연구는 노인을 대상으로 상·하지 근력과 보행을 측정 후 연령에 따른 차이와 상관관계를 살펴보았다. 2019년 6월~7월 사이 65세에서 85세 사이의 남녀 노인 107명이 측정을 끝까지 마쳤으며 기록된 근력(악력, 발가락력, 중둔근력, 대둔근력)과 보행 특성(보속, 보빈도, 보폭, 외발지지기, 양발지지기)으로 통계 분석을 실시하였다. 상·하지 근력은 악력기, 도수근력측정기, 발가락지력기로 측정하였고 관성센서 기반 보행 측정 신발 시스템으로 보행 자료를 획득하였다. 전기 노인(65~74세)과 후기 노인(75~85세) 사이에 근력과 보행 특성은 차이가 없었다. 전·후기 노인에서 악력, 발가락력, 중둔근력, 대둔근력이 일부 보행 특성과 유의한 상관관계를 보였다($p < .05$). 중둔근력과 대둔근력이 두 연령대에서 보행 특성과 유의한 상관관계를 악력이나 발가락력보다 많이 보였다. 보속과 악력의 회귀계수는 전·후기 노인 간에 차이가 없었다. 결론적으로 전기 노인보다 후기 노인에서 근력 요인들이 보행 특성을 더 잘 설명하였다. 또한, 악력은 노인 체력을 손쉽게 측정할 수 있는 변인이지만 보속을 포함한 보행 특성을 설명하는데 중둔근력과 대둔근력이 더 유용할 것이다.

Abstract This study investigates the relationship between muscular strengths and gait characteristics of the elderly. Totally, 107 subjects, aged 65 to 85 years, participated in this study. Researchers measured muscle strengths (grip force, toe grip force, gluteus medius, and gluteus maximus forces) and walking characteristics (walking speed, cadence, step length, single leg support, and double legs support). Dynamometers and inertial measurement unit-based shoe systems were used for measuring muscular strength and gait characteristics, respectively. No significant difference was observed in strengths and walking characteristics between the young elders (YE, 65-74 years) and the old elders (OE, 75-85 years). For each age, muscular strength significantly correlated with some gait parameters. Forces of gluteus medius and gluteus maximus muscles showed better significant correlations between some gait parameters for all age groups, as compared to grip force and toe grip force. Regression coefficients between walking speed and grip force did not vary with age. We conclude that muscular strengths in OE better explained the gait characteristics than in YE subjects. Even though grip strength is an easily measured variable for senior fitness test, forces of gluteus medius and gluteus maximus muscles are more meaningful for understanding the walking characteristics of elderly people.

Keywords : Muscle strengths, Senior fitness, Gait, Grip force, Toe grip force

본 논문은 국민체육진흥공단의 스포츠산업기술개발사업비에 의하여 연구되었음.

*Corresponding Author : Young-Kwan Kim(Chonnam National Univ.)

email: ykim_01@naver.com

Received December 16, 2019

Revised January 8, 2020

Accepted February 7, 2020

Published February 29, 2020

1. 서론

노화(aging)란 나이가 들어간다는 것을 발달학적인 과정으로 신체의 구조와 기능이 이전과 달라지는 현상이다[1]. 노화는 단순한 생리적인 기능의 퇴화만 의미하는 것이 아니고, 나이와 관련된 모든 신체적, 정신적, 사회적 변화들을 포함한다[2,3]. 신체적 변화는 근위축, 근감소 등 세포 단위의 구조적 변화부터 중양이나 변종 발생 등 형상학적인 변이도 포함한다. 신체 기능 가운데 동작의 정확성, 속력, 가동 범위, 지구력 등의 퇴화가 나타난다. 또한, 근육의 탄성, 협응력 및 신체의 안정성과 근력 감소도 함께 따라온다. 결국 노화는 신체의 기본 기능을 저하시켜 일상 생활 가운데 발생하는 각종 스트레스 상황에 적절히 반응할 수 있는 능력을 떨어뜨린다[2].

연령에 따른 근육량과 근력 감소는 피할 수 없다[4-6]. 나이가 들면서 남녀 모두 신체 활동량과 신체 기능이 모두 떨어진다[4]. 특히 하지 근육량이 감소하면서 노인의 생활 활동 범위를 제약하는 요소로 작용한다[5]. 한편, 여성 노인에게서는 근육량의 감소가 반드시 근력 감소를 의미하는 것이 아니라 결과도 있어 근력이 근육량보다 더 중요하다고 볼 수 있다[6]. 특히, 75세 이후의 근력감소가 이전 나이보다 급격히 남녀 모두에서 발생한다는 연구 결과가 있어[7,8] 노인을 동일 연령대로 규정하기보다 전기 노인(75세 미만)과 후기 노인(75세 이상)으로 나누어 살펴볼 필요가 있다.

다양한 부위의 근력 감소가 노인의 보행 능력에 영향을 준다[9-11]. 보행 능력은 62세 이전에 보속이 10년마다 1~2%씩 감소하는데 비해 63세 이후부터는 10년마다 12.4~16.1% 감소하는 비율로 급격히 떨어진다[7]. 떨어진 보행 능력은 몸통과 하퇴의 근육 위축과 관련이 있고, 특히 허약 여성 노인에서는 외측광근의 근위축이 두드러지게 나타났다[10]. 한편, 종아리 근력의 감소가 보속을 떨어뜨리거나[11], 줄어든 무릎 신전근의 파워가 보속을 약화시키기도 한다[12]. 따라서 보속과 관련하여 다양한 근력 요소와의 관계를 이해할 필요가 있다.

일반적인 편한 걸음 속도(preferred walking speed)는 우수한 건강 지표로 알려져 있다[13-16]. 움직임 능력 및 전반적인 건강 상태를 나타냄[15]과 동시에 미래의 수명까지 예측할 수 있는 잠재력을 가지고 있다[16]. 또한, 보속이 느릴수록, 보폭의 표준편차가 클수록 낙상 위험이 높아진다는 결과도 있어[17] 노인에게 보속은 낙상 위험과도 관련이 있다.

노인 체력 검사에서 악력이 근력을 대표하였다[18-21].

첫 번째 이유는 현장에서 측정하기 매우 쉽다는 것이다. 둘째는 다양한 건강 예측을 신뢰성 있게 한다는 것이다. 악력은 체력[19], 장애 발생[18], 질병 발생[22], 기대 수명[23]까지 예측한다. 또한, 70, 80대 노인들의 체력 측정 변인으로도 신뢰도가 높아 범용적으로 활용된다[21].

하지만 무릎 신전근력 이외의 악력, 하지 근력과 보행 능력의 관계를 밝힌 논문들은 부족하다. 보행은 발가락, 발목관절, 무릎관절, 엉덩관절의 개입이 이루어지는 동작이기 때문에 나이에 따라 발가락력 및 둔근력과 보행 능력의 관계를 밝히는 것도 의미가 있다.

본 연구의 목적은 상·하지 근력인 악력, 발가락력, 중둔근력, 대둔근력을 측정하고, 전·후기 노인의 근력과 보행 특성의 관계를 밝히고자 하였다.

2. 본론

2.1 연구 대상

지역 노인정을 대상으로 피험자 모집 공고를 내었고, 2019년 6월~7월 사이에 공고를 보고 찾아온 65세에서 85세 사이의 130명 노인을 초기 연구 대상으로 삼았다. 이들 가운데 가벼운 성인병 질환 및 근골격계 질환이 있는 대상자도 있었지만, 그 이유로 대상자에서 배제하지는 않았다. 연구의 내용을 이해하고 참여 의사를 밝힌 대상자 중에 보조기의 도움 없이 20m 이상의 걸을 수 있는 자를 포함시키고, 측정 중 불편함을 호소하거나 중도 포기하는 대상자는 최종 분석에서 제외시켰다. 실험 절차와 참여자에 대한 연구 윤리는 대학의 생명연구윤리위원회에 의해 승인된 절차에 따랐다(승인번호: 2-1040709-AB-N-01201808-HR-023-04).

연구 대상자는 최종 107명(남성 29명, 여성 78명)이었고 이들의 신체 및 인구통계학적인 자료는 <Table 1>과 같다. 연구 대상자를 연령 특성에 따라 75세 미만(65에서 74세)은 전기노인(YE: young elders)과 75세 이상

Table 1. Physical and demographic characteristics of participants

	YE (64-74 yrs) (n=26)	OE (75-85 yrs) (n=81)	p
Age(year)	70.7±1.1	79.8±3.7	<0.01
Height(cm)	154.1±4.2	154.3±8.3	.828
Weight(kgf)	57.5±8.4	58.7±8.5	.560
BMI(kg/m ²)	24.3±3.5	24.6±2.5	.602

(75에서 85세)은 후기노인(OE: old elders)으로 구분하였다[24].

2.2 측정 도구 및 측정 방법

2.2.1 근력 검사

근력 검사는 악력, 발가락력, 중둔근력, 대둔근력을 측정하였다. 악력 측정은 악력기(TKK-5401, Takei, Japan)를 사용하여 ‘국민체력 100’의 악력 측정 지침을 따랐다[25]. 발가락력 측정은 발가락 지력기(TAKEI toe grip dynamometer, Takei, Japan)를 사용하였다. 표준화된 측정 방법이 없어 모든 노인들에게 동일한 자세를 적용하였다. 의자에 앉을 때 허리와 골반이 등받이에 밀착시키고 편하게 느끼는 110도 무릎각을 취하게 하였다. 발가락의 측정기에 근위지절골(proximal phalanx)을 접촉시킨 후 측정자의 준비 신호에 맞춰 발가락을 최대 힘으로 굴곡 시키게 하였다. 좌측과 우측을 각각 2회 실시한 후 평균값을 계산하여 값을 제시하였다(Fig 1).

중둔근력은 대상자가 측면으로 누운 자세에서 엉덩관절 외전, 대둔근력은 앞으로 누운 자세에서 엉덩관절의 과신전 동작으로 측정하였다[26]. 측정은 도수근력검사기(micro FETTM, Hoggan Scientific LLC, USA)를 사용하였다(Fig 1).

2.2.2 보행 검사

보행 검사는 신발에 장착된 관성센서 기반 보행 측정 장비인 Smart Balance[®] 시스템(JEIOS, Korea)을 사용하였다. 이 시스템은 양쪽 신발의 깔창 안에 관성 센서가

각각 하나씩 장착되어 있다. 보행 중에 발생하는 3축 각속도와 3축 가속도 정보를 기반으로 선형보행계수(보속, 보빈도, 보장, 외발지지기, 양발지지기) 자료를 소프트웨어적으로 처리하여 제공해 준다[26].

보행 검사에서 등속도 보행 구간이 최소 10m가 되도록 15m 보행주로 공간을 확보하였다. 대상자는 출발점 2.5m 뒤에서 시작을 하게하고 10m 측정 구간을 지나 2.5m를 더 걸은 후 멈추도록 하였다. 연구자는 10m 거리를 두고 세워진 70cm 높이의 고깔(cone)을 보고 대상자가 시작점을 통과할 때 저장 버튼을, 10m 이후 지점을 통과할 때 종료 버튼을 눌러 관성센서 자료를 저장하였다. 측정 완료 후 블루투스 통신으로 제조사의 데이터 센터에 업로드 하였고, 추후 데이터 센터에서 계산된 보행 변수들을 내려 받아 통계에 활용하였다.

2.2.3 통계 처리

모든 수집 된 통계 데이터는 SPSS/WIN 21.0(IBM Inc, USA) 통계프로그램을 이용하였다. 인구 통계학적 자료는 나이 구분(전기노인과 후기노인)을 요인으로 독립 t-검정을 실시하여 평균을 비교하였다. 대상자의 측정된 자료(악력, 발가락력, 중둔근력, 대둔근력, 보속, 보빈도, 보폭, 외발지지기, 양발지지기)는 독립 t-검정과 상관관계(Pearson's correlation) 분석으로 연령에 따른 주효과 및 전·후기 노인의 근력과 보행 특성의 관계를 살펴 보았다. 또한, 보속과 근력과의 관계(회귀계수)가 연령 수준에 따라 변하는지 파악하기 위해 보속을 종속변인으로 선형회귀 분석을 각각 실시하였다. 표준화된 회귀계수의 95% 신뢰수준에서 서로 교차되는 면적에 따라 유의성을 판별하였다[27]. 95% 신뢰수준을 얻기 위해 SPSS에서 부트스트랩(bootstrap) 옵션을 사용하였다. 모든 통계 과정은 유의수준 .05를 유지하였다.



Fig. 1. Measurement devices and methods. (a) grip force dynamometer (b) muscle manual testing dynamometer (c) toe grip force dynamometer (d) inertia-sensor built-in shoes (e) toe grip force testing (f) gluteus medius testing (g) gluteus maximus testing (h) gait testing

3. 결과

3.1 전·후기 노인의 인구 통계학 특성

나이, 키, 몸무게, 체질량지수(BMI: body mass index)의 평균을 독립 t-검정으로 비교한 결과 나이에서만 유의한 차이($p < .05$)가 있었고 나머지 변수는 두 집단 사이에 차이가 없었다(Table 1)

Table 2. Changes in muscular strengths and gait characteristics between YE and OE

	YE	OE	p
Grip Force(kgf)	22.9±7.2	20.9±5.6	.105
Toe Grip F(kgf)	5.3±3.0	4.0±2.1	.051
Glut Medius(kgf)	8.7±3.0	7.8±3.5	.209
Glut Max(kgf)	9.4±4.2	7.9±3.9	.100
Walking Speed(m/s)	1.08±0.17	1.02±0.19	.219
Cadence(bpm)	114.8±9.5	116.4±9.4	.484
Step Length(m)	0.56±0.07	0.53±0.09	.082
Single Leg Supp(%)	42.1±2.8	41.4±1.8	.142
Double Leg Supp(%)	15.6±4.8	17.0±3.9	.146

3.2 전·후기 노인의 근력과 보행 특성 차이

〈Table 2〉는 연령별 근력 요소인 악력(GF: grip force), 발가락력(TGF: toe grip force), 중둔근력(GMeF: gluteus medius force), 대둔근력(GMxF: gluteus maximus force)과 보행 특성인 보속(walking speed), 보빈도(cadence), 보폭(step length), 외발지지기(SLS: single leg support), 양발지지기(DLS: double legs support)의 연령별 통계값과 독립 t-검정 결과이다. 모든 변인에서 나이의 주효과는 없었다. 다만, 발가락력의 유의확률이 0.051로 통계적인 유의 수준에 매우 근접하였다. 나이에 따라 근력, 보속, 보폭, 외발지지기의 평균값이 감소하는 경향을 보였고, 보빈도, 양발지지기는 증가하는 경향이 보였다.

3.3 전·후기 근력과 보행 특성의 상관관계 변화

〈Table 3〉은 근력 요인과 보행 특성의 상관관계를 연령별로 나타낸 것이다. 전기 노인에서는 중둔근력은 외발지지기($r=0.427, p<.05$)와 양발지지기($r=-0.399, p<.05$)에서, 대둔근력은 보속($r=0.456, p<.05$)과 보폭($r=0.487, p<.05$)에서 유의한 상관관을 보였다. 발가락력은 양발지지기($r=-0.576, p<.05$)와 유의한 부적 상관관을 보였다. 한

편, 후기 노인에서는 악력, 중둔근력, 대둔근력이 보속과 보폭과 모두 유의한 상관관을 보였다. 중둔근력은 외발지지기(정적 상관)와 양발지지기(부적 상관)와도 유의한 상관관을 나타내었다.

3.4 나이에 따른 근력과 보속의 상관관계 변화

〈Table 4〉은 표준화된 회귀계수(β)의 95% 신뢰수준과 연령 집단끼리 교차되는 면적을 제시한다. 전기 노인(YE)과 후기 노인(OE) 집단에 대해 보속과 각각 근력 요인(악력, 발가락력, 중둔근력, 대둔근력)의 선형회귀분석을 실시하여 얻은 표준화된 회귀계수들이다. 발가락력(TGF), 중둔근력(GMeF), 대둔근력(GMxF) 모두 전기 노인(YE)의 회귀계수 95% 신뢰구간 안에 후기 노인(OE)의 결과가 포함되어 연령에 수준에 따른 유의한 차이가 없었다. 악력(GF)는 전기 노인인 전기 노인의 신뢰구간이 일부 교차되었지만 서로 간에 교차되는 면적이 50%를 넘어 두 집단 간에 유의한 차이를 타나내지 못했다 [27](〈Fig. 2〉).

Table 4. Confidence intervals of standardized regression equations between YE and OE for strength and walking speed

	Group	β	95% Confidence Interval		Overlapped area
			Lower	Upper	
GF	YE	-0.193	-0.502	0.338	53.8%
	OE	0.173	-0.114	0.470	77.4%
TGF	YE	-0.265	-0.603	0.194	61.2%
	OE	-0.108	-0.351	0.137	100%
GMeF	YE	-0.095	-1.083	1.160	24.4%
	OE	0.119	-0.148	0.399	100%
GMxF	YE	0.730	-0.307	1.474	31.1%
	OE	0.151	-0.134	0.421	100%

Table 3. Correlations between muscle strengths and gait characteristics of two different age groups

	Young Elder (n=26)				Old Elder (n=81)			
	GF	TGF	GMeF	GMxF	GF	TGF	GMeF	GMxF
Walk speed	-0.075	0.122	0.364	0.456*	0.237*	0.058	0.259*	0.257*
Cadence	-0.272	0.002	0.151	0.149	-.137	-0.015	-0.151	-0.064
Step length	0.074	0.154	0.365	0.487*	0.340**	0.089	0.369**	0.315**
SLS	0.278	0.386	0.427*	0.388	0.032	-0.114	0.257*	0.098
DLS	-0.274	-0.431*	-0.399*	-0.373	-0.133	0.117	-0.265*	-0.147

* p<.05, ** p<.01.

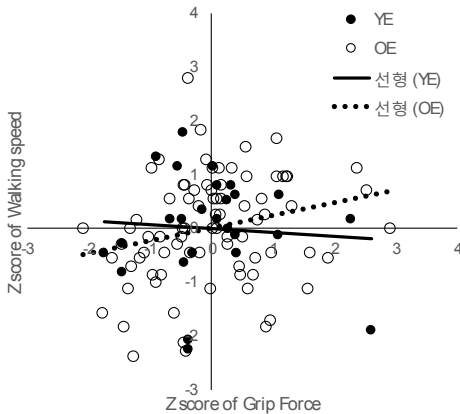


Fig. 2. Scatter plots of grip force and walking speed between YE and OE

4. 논의

기존 연구에서 노화가 진행됨에 따라 신체적으로는 근육량과 근력 감소가 발생하고 일상생활의 제한 요소로 작용한다고 하였다[6-12]. 특히 나이 증가에 따른 근력 감소는 보행 기능에 매우 중요한 영향을 미치기 때문에 본 연구는 전기 노인(65~74세)과 후기 노인(75~85세)로 구분하여 근력, 보행 특성의 변화, 그리고 근력과 보속의 상관관계를 살펴보았다.

연구 대상자들의 신체 특성에서 나이를 제외한 신체 특성(키, 몸무게, BMI), 근력(악력, 발가락력, 중둔근력, 대둔근력), 보행 특성(보속, 보빈도, 보폭, 외발지지기, 양발지지기)들은 전·후기 노인 사이에 유의한 평균 차이가 없었다. 다만 나이가 들어감에 따라 근력요인, 보속, 보폭, 양발지지기 등이 감소되는 경향은 보였다. 비슷한 연구를 실시한 Kim & Choi[24]는 남자 노인들에서는 전·후기 노인 사이에 악력 차이가 났으나 여자 노인들에서는 차이가 없다고 하였다. 본 연구의 악력 수준(20.9 ~ 22.9 kgf)이 Kim & Choi[24]의 여자 노인들 값(20.7 ~ 23.0 kgf)와 비슷하여 여성 피험자가 많았던 본 연구 대상자들의 특성이 이런 결과(남성 29명, 여성 78명)에 일부 기여한 것으로 생각되었다.

보행 특성을 설명하는 근력 요인 가운데 중둔근력과 대둔근력은 악력과 발가락력보다 효과적이었다. 후기 노인의 경우 중둔근력은 보속, 보폭, 외발지지기, 양발지지기과 전기 인의 경우 외발지지기, 양발지지기과 유의한 상관관을 나타냈다. 대둔근력은 전·후기 노인의 보속에만

유의한 상관관계를 보였다. 하지의 중둔근은 대둔근 아래에 위치하고 골반의 측면과 앞쪽과 뒷쪽에 걸쳐 넓게 자리 잡고 있다. 기능적으로 엉덩관절의 외전을 주기능으로 하지만, 엉덩관절의 굴곡과 신전에 보조기능에도 관여하고 있다. 대둔근은 엉덩이 후반부에 넓게 펼쳐져 있으며 강한 근육으로 엉덩관절의 외전과 외회전을 주로 일으킨다[28]. 이들은 기능적으로 걷기, 앉기, 서기 등에 많이 관여하기 때문에 보행 특성과 유의한 상관관을 보인 것으로 생각된다. Ikezoe, Mori, Nakamura, & Ichihashi[29]은 나이가 들어감에 따라 감소하는 하지 근육들을 점검해 본 결과 일일 신체 활동과 관련된 생활공간평가(Life-Space 성두Assessment) 점수를 저하시키는데 중둔근이 가장 유의하게 영향을 준다고 하였다. 즉, 중둔근의 감소가 심할수록 일일 생활 반경이 줄어든다는 것이다. 한편 Inacio 등[30]도 연구결과 낙상을 자주 경험하는 노인의 경우 대둔근, 중둔근, 소근근의 근육량이 정상인보다 유의하게 감소가 되어 있고, 대신 근사이지방(intramuscular adipose tissue)이 많이 있다는 것을 밝혔다. 이러한 선행 연구 결과는 본 연구에서 밝혀낸 노인 체력 요인과 중둔근력과 대둔근력의 상관관계를 뒷받침해 준다고 볼 수 있다.

노인 체력 측정에서 가장 손쉽게 측정하고 체력을 많이 대표하는 것이 악력이다. 본 연구에서는 후기 노인의 보속에서만 유의한 상관관계가 나타났다. 전기 노인의 경우 유의미한 관계가 성립하지 않고 악력과 보속($r=-0.075$)이 서로 독립적인 것처럼 나타났다. 그 원인의 일부는 전기 노인의 표본수(26명)가 후기 노인에 비해 현격히 차이가 났고 일부 대상의 값들이 평균값에서 크게 벗어나는 측정치였기 때문으로 해석된다. 선행회귀분석을 실시하여 두 연령 집단의 95% 회귀계수의 신뢰구간을 비교한 결과 유의한 차이가 나타나지 않았다. 따라서, 악력은 수명이나 질병을 예측하는 데는 의미가 있으나 65~85세에 걸친 모든 연령대의 보속을 모구 설명하기에는 한계가 있다고 생각한다.

이상의 결과를 종합하면 근력 요소들이 보행의 특성을 설명하는데 있어서 전기 노인들보다 후기 노인들의 보행 특성을 더 잘 설명하는 것 같다. 그 이유는 고령자로 갈수록 신체 기능을 유지하는데 근력의 의존도가 더 커지기 때문이라고 생각한다. Forrest 등[7, 8]의 연구에서도 75세 미만(전기 노인)에서는 매년 1~2%의 근력 감소 비율을 나타내나, 75세 이상부터는 연평균 3.4%의 감소율을 보인다고 하였다. 따라서, 후기 노인으로 갈수록 근력 유지가 노인 건강의 핵심 요소가 될 것이다.

5. 결론 및 제언

65세 이상 107명의 노인을 대상으로 근력과 보행 특성을 측정하고 결과 다음과 같은 결론은 얻었다. 첫째, 노인 근력 요인인 악력, 발가락력, 중둔근력, 대둔근력과 보행 특성인 보속, 보빈도, 보폭, 외발지지지, 양발지지지는 75세 기준으로 노인 집단을 나누었을 때 전-후기 간에 유의한 차이가 없었다. 그러나 나이가 들어감에 따라 수행력 값들이 감소하는 경향은 보였다.

둘째, 보행 특성을 설명하는 근력 요인 가운데 중둔근력과 대둔근력이 악력이나 발가락력보다 더 효과적으로 설명했다. 따라서, 향후 노인 체력 측정 요소로 이들을 측정 요인으로 고려하는 것도 생각해 볼만하다.

셋째, 보속과 근력 요인들의 관계가 연령이 증가함에 따라 유의하게 바뀌지 않았다. 하지만, 후기 노인에서 보속을 설명하는 근력 요인들이 더 많이 나타나 근력에 대한 의존도는 나이가 들어감에 따라 더 커진다는 것을 알 수 있었다. 이에 따라 후기 노인들의 근력 유지나 향상을 위한 운동 처방이 이들에게 필요하다고 생각한다.

향후 좀 더 많은 노인을 대상으로 한 연구를 통해 지표들의 설명력을 더 높일 필요성이 있다.

References

[1] G. T. Baker, G. R. Martin, "Biological aging and longevity: Underlying mechanisms and potential intervention strategies", *Journal of Aging and Physical Activity*, Vol.2, No.4, pp.304-328, April 1994.
DOI: <https://doi.org/10.1123/japa.2.4.304>

[2] W. J. Chodzko-Zajko, R. L. Ringel, "Physiological fitness measures and sensory and motor performance in aging", *Experimental Gerontology*, Vol.22, No.5, pp.317-328, March 1987.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0531-5565\(87\)90030-1](https://doi.org/10.1016/0531-5565(87)90030-1)

[3] S. Colcombe, A. F. Kramer, "Fitness effects on the cognitive function of older adults: A meta analytic study", *Psychological Science*, Vol.14, No.2, pp.125-130, Feb. 2003.
DOI: <https://doi.org/10.1111/1467-9280.t01-1-01430>

[4] Z. Milanović, S. Pantelić, N. Trajković, G. Sporiš, R. Kostić, "Age-related decrease in physical activity and functional fitness among elderly men and women", *Clinical Interventions in Aging*, Vol.8, pp.549, May, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.2147/CIA.S44112>

[5] T. Ikezoe, N. Mori, M. Nakamura, N. Ichihashi, "Age-related muscle atrophy in the lower extremities

and daily physical activity in elderly women", *Archives of Gerontology and Geriatrics*, Vol.53, No.2, pp.153-157, Oct, 2011.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.archger.2010.08.003>

[6] I. Hayashida, Y. Tanimoto, Y. Takahashi, T. Kusabiraki, J. Tamaki, "Correlation between muscle strength and muscle mass, and their association with walking speed, in community-dwelling elderly Japanese individuals", *PloS One*, Vol.9, No.11, pp.111810, Nov, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111810>

[7] K. Y. Forrest, J. M. Zmuda, J. A. Cauley, "Patterns and determinants of muscle strength change with aging in older men", *Aging Male*, Vol.8, No.3/4, pp.151-156, Dec, 2005.

[8] K. Y. Forrest, J. M. Zmuda, J. A. Cauley, "Patterns and correlates of muscle strength loss in older women", *Gerontology*, Vol.53, No.3, pp.140-147, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1159/000097979>

[9] T. Ikezoe, M. Nakamura, H. Shima, Y. Asakawa, N. Ichihashi, "Association between walking ability and trunk and lower-limb muscle atrophy in institutionalized elderly women: a longitudinal pilot study", *Journal of Physiological Anthropology*, Vol.34, No.1, pp.31, Aug, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1186/s40101-015-0069-z>

[10] J. E. Himann, D. A. Cunningham, P. A. Rechnitzer, D. H. Paterson, "Age-related changes in speed of walking", *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol.20, No.2, pp.161-166, Apr, 1988.
DOI: <https://doi.org/10.1249/00005768-198820020-00010>

[11] M. J. Bendall, E. J. Bassey, M. B. Pearson, "Factors affecting walking speed of elderly people", *Age and Ageing*, Vol.18, No.5, pp.327-332, Sep, 1989.
DOI: <https://doi.org/10.1093/ageing/18.5.327>

[12] T. Rantanen, J. Avela, "Leg extension power and walking speed in very old people living independently", *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, Vol.52, NO.4, pp.225-231, Jul, 1997.
DOI: <https://doi.org/10.1093/gerona/52A.4.M225>

[13] S. Fritz, M. Lusardi, "White paper: walking speed: the sixth vital sign", *Journal of Geriatric Physical Therapy*, Vol.32, No.2, pp.2-5, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1519/00139143-200932020-00002>

[14] M. Cesari, "Role of gait speed in the assessment of older patients", *Jama*, Vol.305, No.1, pp.93-94, Jan, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2010.1970>

[15] N. T. Townsend, T. N. Robinson, "Does walking speed predict postoperative morbidity?", *Advances in Surgery*, Vol.48, No.1, pp.53-64, Sep, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vasu.2014.05.013>

[16] S. Studenski, S. Perera, K. Patel, C. Rosano, K. Faulkner, "Gait speed and survival in older adults", *JAMA*, Vol.305, No.1, pp.50-58, Jan, 2011.

DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2010.1923>

[17] J. Vergheze, R. Holtzer, R. B. Lipton, C. Wang, "Quantitative gait markers and incident fall risk in older adults", *Journals of Gerontology*, Vol.64A, No.8, pp.896-901, Aug, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1093/gerona/glp033>

[18] P. J. Stevens, H. E. Syddall, H. P. Patel, H. J. Martin, C. Cooper, "Is grip strength a good marker of physical performance among community-dwelling older people?", *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, Vol.16, No.9, pp.769-774, Nov, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s12603-012-0388-2>

[19] V. Gunasekaran, J. Banerjee, S. N. Dwivedi, A. D. Upadhyay, P. Chatterjee, "Normal gait speed, grip strength and thirty seconds chair stand test among older Indians", *Archives of Gerontology and Geriatrics*, Vol.67, pp.171-178, Dec, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.archger.2016.08.003>

[20] T. Rantanen, J. M. Guralnik, D. Foley, K. Masaki, S. Leveille, "Midlife hand grip strength as a predictor of old age disability", *Jama*, Vol.281, No.6, pp.558-560, Feb, 1999.
DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.281.6.558>

[21] Y. A. Kim, J. Y. Kim, W. Y. So, S. H. Shin, H. S. Kim, "The Effects of Physical Character and Frailty by the Level of Grip Strength in Elderly Men", *Korea Socirty for Wellness*, Vol.13, No.1, pp.433-442, Feb, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.21097/ksw.2018.02.13.1.433>

[22] A. A. Sayer, T. B. Kirkwood, "Grip strength and mortality: a biomarker of ageing?", *Lancet*, Vol.386, No.9990, 226-227, May, 2015.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)62349-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)62349-7)

[23] Y. Nofuji, S. Shinkai, Y. Taniguchi, H. Amano, M. Nishi, "Associations of walking speed, grip strength, and standing balance with total and cause-specific mortality in a general population of Japanese elders", *Journal of the American Medical Directors Association*, Vol.17, No.2, pp.184-e1-184-e7, Feb, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2015.11.003>

[24] K. A. Kim, S. K. Choi, "Relationship between body mass index and grip strength of elderly people aged 65 to 74 years and 75 to 84 years old", Vol.28, No.4, pp.937-944, Aug, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.35159/kjss.2019.08.28.4.937>

[25] National Fitness Award, Physical fitness measurement items for the elderly (13 to 8 years old), Korea Sports Promotion Foundation (KSPO) Available From: http://nfa.kspo.or.kr/front/certify/cer0303_list.do#old (accessed Nov. Dec. 14, 2019)

[26] R. E. Rikli, C. J. Jones, Senior Fitness Test Manual, p.186, Human Kinetics, 2012.

[27] G. Cumming, "Inference by eye: reading the overlap of independent confidence intervals", *Statistics in Medicine*, Vol.28, No.2, pp.205-220, Nov, 2009.

DOI: <https://doi.org/10.1002/sim.3471>

[28] R. T. Floyd, Manual of Structural Kinesiology, p.416, 2012.

[29] T. Ikezoe, N. Mori, M. Nakamura, N. Ichihashi, "Age-related muscle atrophy in the lower extremities and daily physical activity in elderly women", *Archives of Gerontology and Geriatrics*, Vol.53, No.2, pp.153-157, Oct, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.archger.2010.08.003>

[30] M. Inacio, A. S. Ryan, W. N. Bair, M. Prettyman, B. A. Beamer, "Gluteal muscle composition differentiates fallers from non-fallers in community dwelling older adults", *BMC Geriatrics*, Vol.14, No.1, pp.37, Mar, 2014.

백 창 의(Chang-Yei Back)

[정회원]



- 2012년 2월 : 전남대학교 체육학과 (운동생리학 석사)
- 2017년 2월 : 전남대학교 체육학과 (운동역학 박사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 동강대학교 재활보건관리과 강사
- 2019년 3월 ~ 현재 : 전남대학교 체육교육과 강사

<관심분야>

운동역학, 스포츠 공학, 보행

주 지 용(Ji-Yong Joo)

[정회원]



- 2014년 2월 : 전남대학교 체육학과 (운동역학석사)
- 2017년 8월 : 전남대학교 체육학과 (운동역학박사)
- 2012년 3월 ~ 2018년 12월 : 전남대학교 운동역학실 연구원
- 2019년 3월 ~ 현재 : 전남대학교 강사

<관심분야>

운동역학, 스포츠 공학, 보행

김 영 관(Young-Kwan Kim)

[정회원]



- 2008년 5월 : Arizona State University, Kinesiology (생체역학박사)
- 2008년 5월 ~ 2009년 8월 : Arizona State University (박사후연구원)
- 2009년 9월 ~ 2011년 8월 : 경희대학교 기계공학과 연구교수
- 2011년 9월 ~ 현재 : 전남대학교 체육교육과 부교수

<관심분야>

운동역학, 스포츠 공학, 보행