

중년성인의 C-반응성 단백질과 상대악력 간의 연관성

서울대학교 체육교육과¹, 고려대학교 사회체육학과², 경일대학교 스포츠학과³, 한양대학교 의과대학 예방의학교실⁴

박두용¹ · 강명성² · 박재영³ · 김미경⁴ · 최보울⁴ · 김연수¹

Association between Relative Handgrip Strength and C-Reactive Protein in Adults

Doo Yong Park¹, Myung Sung Kang², Jae Young Park³, Mi Kyung Kim⁴, Bo Yul Choi⁴, Yeon Soo Kim¹

¹Department of Physical Education, College of Education, Seoul National University, Seoul, ²Department of Sport and Leisure Studies, Korea University, Seoul, ³Department of Sport, Kyungil University, Gyeongsan, ⁴Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Hanyang University, Seoul, Korea

Purpose: The purpose of this study was to investigate whether obesity indicators are mediated in the association between muscle strength and inflammation levels, and further confirm the association between muscle strength level by sex and age and inflammatory levels.

Methods: In this study, 3,234 adults living in rural areas were surveyed from 2007 to 2015 and the data was finally analyzed on 2,149 adults. To identify that obesity indicators are mediated in relation to the association between relative grip strength and C-reactive protein (CRP) level, odds ratio (OR) and 95% confidence interval (CI) were calculated using logistic regression analysis ($p < 0.05$).

Results: As confounding variables were adjusted, the odds ratio for high inflammatory conditions was lower at a high (OR, 0.58; 95% CI, 0.40–0.85) or medium (OR, 0.64; 95% CI, 0.46–0.90) level of relative grip strength than a low level of relative grip strength. However, there were no significant results if the body fat percentage was added for the confounding variable. When the association between relative grip strength and inflammatory conditions was divided by sex, for women, the odds ratio about high inflammatory conditions was gradually decreased as the relative grip level increased (medium level: OR, 0.55; 95% CI, 0.35–0.87; high level: OR, 0.49; 95% CI, 0.30–0.82). The association of relative grip strength with inflammatory conditions was shown differently in age groups.

Conclusion: In conclusion, improvement of muscle strength is a factor that can lower the level of inflammation, and it is important to lower the level of inflammation that can cause cardiovascular disease through resistance exercise differentiated by age and sex.

Keywords: Aged, C-reactive protein, Inflammation hand strength

Received: April 28, 2020 Revised: July 27, 2020 Accepted: July 28, 2020

Correspondence: Yeon Soo Kim

Department of Physical Education, College of Education, Seoul National University, 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul 08826, Korea
Tel: +82-2-880-7794, Fax: +82-2-872-2867, E-mail: kys0101@snu.ac.kr

*This research was supported by a fund (2007-E71002-00, 2008-E71004-00, 2009-E71006-00, 2010-E71003-00, 2011-E71002-00, 2012-E71007-00, 2013-E71008-00, 2014-E71006-00) by Research of Korea Centers for Disease Control and Prevention.

Copyright ©2020 The Korean Society of Sports Medicine

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 론

염증성 사이토카인은 심근의 괴사 없이 관상동맥질환을 발생시키는 물질로써¹ 이러한 혈중 염증성 사이토카인의 증가는 심혈관 질환뿐만 아니라 뇌졸중 등 중대 질환 발생을 유발하며², 혈당을 조절 하는 인슐린 분비를 억제하고, 이상지질혈증을 야기하는 등, 심혈관 질환의 진단척도를 넘어선 만성질환에 대한 병리적 발생원인으로도 관심이 확대되고 있는 추세이다³. 그 중 C-반응성 단백질(C-reactive protein [CRP])은 혈관 내 산화질소의 발현을 감소시켜 아테롬성 동맥경화병변을 생성시키는 심혈관 질환 위험의 직접적인 요인일 뿐만 아니라 이상지질혈증, 고혈압, 비만과 같은 대사증후군에도 밀접한 연관이 있음을 확인하였으며, 이는 생활습관과 매우 밀접한 연관성을 가지고 있음을 보고하였다⁴.

최근 연구에 따르면 이러한 염증성 사이토카인인 CRP수준을 체중감소, 식이조절, 운동을 통해 CRP수준을 감소시킬 수 있으며⁵, 여러 방법 중 높은 근력수준과 근육량의 유지는 일상활동 동안의 심부담도를 감소시킬 뿐만 아니라 질병으로 발전가능성 있는 만성적 염증반응으로 인한 이화작용에 대응할 수 있는 요소로 주목 받고 있으며⁶, 신체활동은 여러 염증지표들의 농도를 감소시킬 수 있는 긍정적 효과를 제공한다고 보고한 바 있다⁷. 이러한 신체활동이 염증지표에 영향을 미치는 이유로 선행연구에 따르면 심장질환의 위험요소로서 비만은 CRP 합성에 주 원인이 되는 인터루킨 6 (interleukin [IL]-6)을 지방조직에서 분비하기 때문에⁸ 장기간의 신체활동 참여로 인한 체내 산화된 지방을 감소시켜 CRP 생산을 억제할 수 있을 것으로 알려져 있다⁷. 그럼에도 불구하고 현재까지 진행된 CRP와 신체활동과 관련된 연구 중에서 심혈관질환과 연관된 높은 염증수치와 근력 간의 연관성을 확인한 연구는 부족하며, 신체활동과 염증수치의 매개요인인 신체활동과의 연관성을 확인한 연구는 존재하나⁸, 근력수준과 높은 염증수치 사이에 어떠한 요인이 매개하는지를 확인한 연구는 소수에 불과하다⁶. 특히 비만은 근력⁹과 염증수치¹⁰에 높은 연관성을 가지고 있기 때문에 많은 매개요인 중 비만지표가 신체활동과 별개로 근력과 염증수치의 연관성에 영향을 미치는 지 확인할 필요성이 존재한다. 따라서 본 연구는 근력과 염증수치의 연관성에 비만지표 중 하나인 체지방률과 매개되는지 확인하고, 추가적으로 성별, 연령별 근력수준과 염증수치간의 연관성을 확인하고자 한다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구에서는 6개의 농촌지역 지역사회를 대상으로 심혈관 질환 및 만성질환 발생위험을 증가시키는 체질, 생활습관, 유전정보에 대한 요인을 규명하기 위해 시작된 코호트자료 중 양평코호트 자료를 사용하여 분석에 활용하였다. 본 자료는 2007년부터 2014년까지 조사된 40-88세의 농촌성인 3,234명중 과거 암, 심근경색 병력이 있거나 주요 변인에 결측이 있는 대상자 1,196명을 제외한 최종 2,038명을 분석하였다. 참여자에게 수행된 모든 설문조사와 임상검사 내용 및 방법은 한양대학교 의료원 임상시험윤리위원회의 승인을 받았다(IRB No. 2011-07-0005-010).

2. 측정 변인

1) 근력 측정

악력검사(grip strength test, kg)는 측정방법이 비교적 간단하고 단시간에 결과를 알 수 있으며, 실제로 다른 근력과 상관성이 높다. 측정 장비는 대표적인 방법으로 TTK-5401 악력계(Takei, Tokyo, Japan)를 이용하여 손가락의 제2관절이 악력계의 잡는 부분과 직각이 되도록 잡고 양 발을 어깨너비만큼 벌리고 서서 양팔을 자연스럽게 내린 상태에서 측정하는 팔을 약 15도 정도 벌린 후 좌·우 교대로 2회씩 측정하여 평균값을 기록한다.

본 연구에서는 선행연구에 따라, 노화로 인한 근육의 양과 질의 감소를 확인 할 수 있도록 산출된 악력을 체질량지수(body mass index [BMI], kg/m²)로 나눈 상대악력 수치로 변환하여 사용하였다¹¹. 측정된 상대 악력 점수는 남녀를 구분하여 3분위로 나눈 뒤 상대악력이 각 성별의 상위 33.3% 이상에 속할 경우 “high”, 상위 33.4%~66.5%에 속할 경우 “middle”, 상위 66.6%이하에 속할 경우 “low”로 구분하여 분석에 이용하였다.

2) 혈액변인 측정

혈청 채취를 통하여 일반 혈액검사를 시행하였다. 여러 검사 항목 중 C-reactive protein을 포함한 혈중 크레아티닌을 연구 자료로 활용하였다. 검체처리 및 검진을 위하여 채취된 혈액은 질병관리본부 유전체연구팀에서 일괄적으로 보관하였다. CRP 수준은 선행연구에 근거하여 3 mg/dL 이상일 경우 ‘높은 염증상태’로 규정하였고 기준치 미만인 사람의 경우 정상군으로 구분하였다^{12,13}. 혈중 eGFR (estimated glomerular filtration rate)은 혈중 염증을 체외로 배출하는 데에 영향을 미치는 요소로 선행연구에

근거하여 혈중 크레아티닌을 이용한 MDRD study 공식 (GFR, in mL/min per 1.73 m²=175×SCr [exp (-1.154)]×age [exp(-0.203)]×[0.742 if female]×[1.21 if black])으로 값을 산출하여 연속 변인으로써 활용하였다¹⁴.

3) 설문조사 및 기타변인

조사요원에 의한 일대일 면접 설문으로 실시하였고 당일 조사 후 설문을 검토를 하여 수정 보완작업을 통하여 설문지의 완성도를 높였다. 본 연구에서 사용된 설문은 염증발생과 연관이 있는 과거 고혈압, 당뇨에 대한 병력을 진단받았을 경우 ‘예’, 진단받지 않았을 경우 ‘아니오’로 구분하였다. 상대악력과 밀접한 연관성을 가진 운동참여 여부를 확인하기 위해 ‘몸에 땀이 날 정도의 운동을 규칙적으로 하십니까?’라는 질문에 ‘안 한다,’ ‘한다’를 구분하여 분석에 이용하였다. 신체계측은 숙련된 간호사가 보호자와 함께 가벼운 옷을 입고 실시하였고, 비만지표인 체지방률과 근력에 영향을 미치는 제지방량은 생체전기 저항법(bioelectrical impedance analysis)에서 측정된 체지방률(%)과 제지방량 무게(kg)로 분석에 이용하였다.

3. 통계 처리

본 연구에서는 자료분석을 위해 STATA/IC 14.1 (STATA Corp., College Station, TX, USA)을 사용하였으며, 연구대상자의 인구학적 특성을 확인하기 위해 빈도분석과 기술분석을 실시하였다. 상대악력과 CRP 수준의 연관성에 있어 비만지표가 매개하는지 확인하기 위해 로지스틱 선형회귀분석(logistic linear regression)을 사용하여 odds ratio (OR)와 95% 신뢰구간(confidence interval [CI])을 산출하였다. 성별, 연령에 따른 악력 수준과 높은 염증상태 발생 OR 간의 연관성을 확인하기 위해 상대악력 수준과 2개의 그룹으로 나눈 CRP 수준을 로지스틱 선형회귀분석을 사용하여 OR과 95% CI를 산출하였다. 자료 분석과정에서 염증상태에 영향을 주는 변인을 통제하기 위해서 성별, 나이, 사구체여과율, 고혈압여부, 당뇨여부, 운동참여 여부, 제지방량, 체지방률 등을 보정변인으로 투입하였으며 모든 유의수준은 p < 0.05로 설정하였다.

결 과

본 연구에서의 인구통계학적 변인은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Baseline characteristics of study participants by sex

Characteristic of risk factor	Total (n=2,038)			Male (n=767)			Female (n=1,271)		
	Low CRP (n=1,906)	High CRP (n=243)	p-value	Low CRP (n=658)	High CRP (n=109)	p-value	Low CRP (n=1,148)	High CRP (n=123)	p-value
Age (yr)	60.20±10.31	63.09±10.02	<0.001	61.96±9.87	64.60±10.12	0.01	59.20±10.43	61.75±9.78	0.01
Grip strength/BMI (%)			<0.001			0.082			0.001
Low	31.67	45.69		31.76	42.20		31.62	48.78	
Middle	33.89	29.31		33.74	31.19		33.97	27.64	
High	34.44	25.00		34.50	26.61		34.41	23.58	
eGFR (mL/min per 1.73 m ²)	68.72±9.67	68.14±10.94	0.394	71.50±9.99	70.16±11.45	0.205	67.13±9.12	66.34±10.18	0.369
Sleep time <7 hr (%)	32.72	37.07	0.186	33.43	37.6	0.394	32.32	36.59	0.338
Low exercise participation (%)	66.06	71.98	0.071	66.26	75.23	0.064	65.94	69.11	0.481
History of diabetes mellitus (%)	6.76	5.17	0.360	7.90	5.50	0.380	6.10	4.88	0.588
History of hypertension (%)	19.49	21.55	0.458	18.09	21.10	0.453	20.30	21.95	0.665
Percent body fat (%fat)	27.18±7.20	28.34±7.69	0.022	20.85±5.02	22.63±5.33	0.001	30.81±5.57	33.39±5.65	<0.001
Lean body mass (kg)	41.53±7.68	42.66±7.77	0.036	48.75±6.68	47.72±7.35	0.145	37.40±4.50	38.17±4.84	0.074

Values are presented as mean±standard deviation or percent.

CRP: C-reactive protein, BMI: body mass index, eGFR: estimated glomerular filtration rate.

Table 2. Association of relative grip strength with high level C-reactive protein

Characteristic of risk factor	Age-sex adjusted OR (n=2,038)	Multivariable adjusted OR (n=2,038)		
		Model 1	Model 2	Model 3
Relative grip strength				
Low	1.00 (Reference)	1.00 (Reference)	1.00 (Reference)	1.00 (Reference)
Middle	0.64 (0.46–0.90)	0.64 (0.46–0.90)	0.62 (0.44–0.87)	0.78 (0.55–1.12)
High	0.59 (0.40–0.85)	0.58 (0.40–0.85)	0.58 (0.40–0.84)	0.93 (0.60–1.45)
p-trend	0.003	0.003	0.003	0.650

Multivariable model 1 adjusted age, sex, sleep time, exercise participation, history of hypertension, history of diabetes mellitus, estimated glomerular filtration rate. Model 2, model 1 plus adjustment for lean body mass. Model 3, model 2 plus adjustment for percent body fat.

OR: odds ratio.

Table 3. Association of relative grip strength with high level C-reactive protein by sex

Characteristic of risk factor	Male (n=767)	Female (n=1,271)
Relative grip strength		
Low	1.00 (Reference)	1.00 (Reference)
Middle	0.78 (0.47–1.29)	0.55 (0.35–0.87)
High	0.72 (0.41–1.26)	0.49 (0.30–0.82)
p-trend	0.244	0.004

Values are presented as odds ratio (95% confidence interval). Multivariable adjusted age, sex, sleep time, exercise participation, history of hypertension, history of diabetes mellitus, and estimated glomerular filtration rate.

높은 염증상태를 가진 사람의 경우 낮은 염증상태를 가진 사람보다 고 연령, 낮은 근력수준, 높은 체지방률, 높은 제지방률을 가지고 있으며 통계적으로 유의하였다. 성별로 구분하였을 때 남성의 경우 고 염증군이 저 염증군에 비해 높은 연령, 높은 체지방률을 가지고 있었으며, 여성의 경우 고 염증군이 저염증군에 비해 높은 연령, 낮은 근력수준, 높은 체지방률을 가지고 있었다. 이는 통계적으로 유의미하였으며 그 외의 기타 변인들은 통계적으로 유의미하지 않았다.

Table 2의 경우 상대악력과 높은 염증상태의 연관성을 확인하였다. 성별과 나이만을 보정했을 때 상대 악력 수준이 높아질수록 높은 염증상태가 발생할 OR이 점차적으로 낮아지는 것을 확인하였다(중간악력: OR, 0.64; 95%CI, 0.46–0.90; 높은 악력: OR, 0.59; 95% CI, 0.40–0.85). 추가적으로 수면시간, 운동참여 정도, 고혈압 과거력, 당뇨 과거력, 사구체여과율을 보정한 model 1에서도 낮은 상대 악력 수준보다 중간 상대악력 수준(OR, 0.64; 95% CI, 0.46–0.90), 높은 상대악력 수준(OR, 0.58; 95% CI, 0.40–0.85)에서 높은 염증상태에 대한 OR이 감소하였다. 근력을 결정하는

Table 4. Association of relative grip strength with high level C-reactive protein by age

Characteristic of risk factor	Middle age (40–64 yr, n=1,216)	Old age (65–88 yr, n=822)
Relative grip strength		
Low	1.00 (Reference)	1.00 (Reference)
Middle	0.89 (0.54–1.45)	0.45 (0.27–0.74)
High	0.72 (0.43–1.19)	0.51 (0.27–0.95)
p-trend	0.200	0.004

Values are presented as odds ratio (95% confidence interval). Multivariable adjusted age, sex, sleep time, exercise participation, history of hypertension, history of diabetes mellitus, and estimated glomerular filtration rate.

제지방률을 추가로 보정한 model 2에서도 model 1과 유사한 결과를 확인할 수 있었지만, model 2에 추가적으로 체지방률을 보정한 model 3에서는 통계적으로 유의한 결과를 확인할 수 없었다.

Table 3에서는 성별간 상대악력과 높은 염증상태의 연관성을 확인하였다. 여러 혼란요인을 보정한 결과, 여성의 경우 상대 악력 수준이 높아질수록 높은 염증상태가 발생할 OR가 점차적으로 감소하였으나(중간악력: OR, 0.55; 95% CI, 0.35–0.87; 높은 악력: OR, 0.49; 95% CI, 0.30–0.82), 남성의 경우 통계적으로 유의하지 않았다.

Table 4에서는 중년성인(45–64세)과 노인(65–88세)에서 상대 악력과 높은 염증상태간의 연관성 차이를 확인하였다. 여러 혼란 요인을 보정했을 때, 65세 이상 노인의 경우 낮은 악력 수준보다 중간 상대악력 수준(OR, 0.45; 95% CI, 0.27–0.74), 중간 악력수준(OR, 0.51; 95% CI, 0.27–0.95)에서 높은 염증상태 발생 OR의 감소가 발생하였으나 중년성인의 경우 상대악력과 높은 염증상태와의 통계적 유의성이 확인되지 않았다.

고 찰

본 연구에서는 상대악력 수준과 CRP 농도 간의 연관성에 대한 몇 가지 사실을 확인할 수 있었다. 첫 번째, 상대 악력은 염증반응에 영향을 미치는 요인들과 독립적으로 CRP 농도와 연관되어 있었으며 상대악력의 증가는 체지방률 감소에 영향을 미쳐 높은 염증상태 발생 감소에 연관되는 것을 확인 할 수 있었다. 두 번째, 남녀 간 상대악력 수준에 따른 CRP 농도에 있어 차이가 있었으며, 여성의 경우 상대악력 수준이 높을수록 높은 염증상태 발생에 대한 OR이 감소되는 것을 확인할 수 있었고, 남성의 경우 여성과 같은 높은 염증상태 발생에 대한 OR의 감소가 있었으나 통계적으로 유의하지 않았다. 마지막으로 중년(40-64세)과 노인(65세 이상)의 상대악력과 높은 염증상태 발생 간 연관성을 확인해본 결과 65세 이상의 노인에게서 상대악력의 증가는 높은 염증상태 발생에 대한 OR가 통계적으로 유의하게 감소되었으나, 40-64세의 중년 성인의 경우 상대악력증가에 따른 높은 염증상태 발생에 대한 OR의 감소가 있었지만 통계적으로 유의한 결과를 확인할 수 없었다.

현재까지 진행된 연구에 따르면 높은 CRP는 2.6배의 미래의 관상동맥위험을 증가시키고¹⁵, 심장질환의 발생위험을 증가시키는 것으로 보고된 바 있으며¹⁶, CRP 농도가 3 mg/L 이상일 때 협심증 재발률, 사망위험률이 높아지기 때문에 높은 염증상태의 위험성에 관심을 갖고 있다¹. 이러한 CRP 농도 증가에 직접적인 영향을 미치는 요소는 비만으로 알려져 있으며 이는 비만조직에서 CRP를 자극하는 물질을 만들기 때문으로 보고된 바 있다². 특히 비만으로 증가된 인슐린 저항성은 당뇨와 고혈압을 증가시키는 요인으로써 혈관내피세포에 대한 사이토카인의 발현과 CRP 농도 증가를 통한 염증반응을 촉진시키는 것으로 알려져 있다. 반면 CRP 농도를 감소시키는 데에 있어 신체활동 및 근육활동은 중요한 요인으로 알려져 있기 때문에²⁸, 근육활동으로 인한 근력 증가는 CRP 수준 감소에 따른 높은 염증상태 예방과 서로 연관되어 있을 것으로 가정하였다. 하지만 아직까지 근력수준과 높은 염증상태에 대한 연관성에 대한 메커니즘은 명확히 밝혀진 바 없으나 현재까지 진행된 연구에 따르면 골격근의 수축으로 인한 반응으로 마이오카인을 혈액으로 방출하게 되는데, 이러한 마이오카인은 항 염증성, 항 동맥경화성 능력을 가지고 있을 뿐만 아니라 국부적으로나 전체적으로 간, 지방과 같은 여러 조직에 호르몬과 같은 방식으로 염증반응에 대항하는 것으로 보고하였다¹⁶. 따라서, 높은 근력수준은 골격근의 활발한 수축으로 인한 마이오카인을 혈액으로의 분비를 증가시켜 항염증성 기전을 통한 염증성 사이토카인의 수치를 감소시킬 수 있을 것으로 생각한다¹⁶.

Table 2에서 체지방률을 보정하였을 때 모든 상대악력수준에서 높은 염증상태와의 연관성이 사라지는 이유는 높은 근력 수준이 높은 염증상태 발생 감소에 있어 체지방률 감소가 중요한 매개변인으로 작용할 것으로 생각된다. 선행연구에서 CRP 농도의 증가는 비만과 아주 밀접하게 연관되어 있고¹⁰, 이는 비만세포에서 CRP 생성의 근반이 되는 단백질을 분비하게 만드는 것으로 보고된 바 있다⁸. 반면 비만인 여성을 대상으로 1년간 규칙적으로 저항운동을 했을 경우 체중감소를 통해 항 염증성세포인 아디포넥틴의 수치를 증가시켜 CRP 수준을 감소시킬 수 있음을 보고한 연구결과가 존재한다¹⁷. 따라서 높은 상대악력은 많은 근육량을 대표하는 지표로써¹⁸, 높은 근력수준은 체내 지방세포와 연관된 염증유발 과정을 억제시켜 CRP 수준을 감소시킬 수 있을 것으로 생각한다¹⁷. Table 3에서 성인여성에서만 근력수준과 높은 염증상태간의 연관성이 나타난 이유는 여성의 가사일 참여 증가로 인한 악력의 유지와 관련 있을 것으로 생각된다. 실제로 근력을 근부피로 나눈 근육의 질(muscle quality)의 노화로 인한 감소는 여성이 남성보다 더 적게 이루어지며¹⁹, 그 이유로 남성보다 여성이 가사일을 더 많이 참여하기 때문에 근육의 질을 지속적으로 유지할 수 있음을 보고한 바 있다²⁰. 이는 실제로 46-80세를 대상으로 한 연구에서도 남성과 여성의 신체활동 감소추이를 확인하였을 때 남성이 여성보다 더 많은 신체활동 감소가 일어남을 보고하였고²¹, 또 다른 연구에서 장기간 신체활동에 규칙적으로 참여했을 경우 염증세포 수치를 감소시킬 수 있다는 연구^{8,22}를 토대로 여성의 가사노동의 신체활동 참여의 지속적인 유지는 남성보다 노화에 의한 근육의 질의 감소를 더디게 하며, 이로 인한 높은 근력으로 받을 수 있는 염증 보호효과가 높은 것으로 생각한다.

Table 4에서 노인에게서만 상대악력과 CRP 농도 간의 연관성이 나타났는데, 그 이유는 65세를 기점으로 가속화된 노화로 인한 근력수준 감소와 연관되어 있을 것으로 생각된다²³. 평균연령 76세의 노인을 대상으로 약근력 수치가 신체적으로 움직이기 어려운 상태, 인지기능, 심근허혈, 심장질환의 진단 등을 예측할 수 있는가에 대한 4년간의 추적연구 결과에서 77세 이상의 노인의 경우 높은 약근력 수치는 4년 이후 다양한 질환들을 예측할 수 있었으나 76세 이하의 노인의 경우 약근력 수치는 다양한 질환의 발생위험과 유의하지 않음을 확인하였다²⁴. 정확한 기전은 밝혀진 바 없으나, 다른 연구에 따르면 노인의 높은 근력 수준은 근육의 성장을 도모하는 인슐린유사성장인자(insulin-like growth factor I [IGF-I])의 증가와 매우 밀접한 연관이 있으며, IGF-1은 염증을 유발하는 IL-6를 억제하는 길항관계를 가지고 있음을 보고한 바 있다²⁴. 결국 65세 이상 노인은 중년성인보다 노화로 인한 근육량 감소로 항 염증반응이 감소하기 때문에²⁵, 노인의 높은

염증상태와 근력수준에 대한 연관성이 높게 나타나는 것으로 생각한다²⁴.

본 연구에서는 높은 염증상태와 근력수준간의 연관성을 확인 하였으나 몇 가지 제한점이 존재한다. 첫 번째, 횡단연구로써 CRP 수준과 근력수준 사이의 명백한 인과관계를 확인하기 어렵다. 하지만 타당도와 신뢰도가 높은 측정도구를 사용하여 측정에 대한 오차를 감소시켰으며, 다양한 혼란변인들을 보정하여 연구의 설득력을 높이고자 하였다. 두 번째, 고 염증 상태를 혈중 CRP 수치로만 평가하였기 때문에 다른 염증성 사이토카인들과 근력수준간의 연관성에 대한 부분을 확인할 수 없었다. 하지만 염증지표에 CRP는 심혈관질환 발생에 중요한 요인으로 각광받고 있기 때문에 CRP와 근력수준간의 독립적인 연관성을 확인할 필요성 또한 존재한다. 따라서 추후 연구에서는 IL-6, 종양괴사인자(tumor necrosis factor- α [TNF- α]) 와 같은 염증성 사이토카인들과 함께 CRP 수준이 근력수준과 독립적인 연관성이 있는지 확인해보는 연구가 필요할 것으로 생각된다. 세 번째, 근력수준을 악력만으로 높은 염증상태에 대한 연관성을 확인했기 때문에 전체근력에 대한 지표를 대변하기는 어렵다. 추후 연구에서는 악근력과 각근력을 모두 고려하고 근력간 상호작용이 높은 염증상태에 어떤 영향을 미치는 지 확인하는 연구가 필요하다. 네 번째, 높은 염증상태 발생과 상대악력의 독립적인 연관성을 확인하기 위해 신체활동 참여여부를 분석에 활용하였으나 참여한 신체활동의 종류를 확인할 수 없었으며, 여성과 남성이 주로 참여하는 신체활동의 종류의 차이를 확인할 수 없었다. 이는 추후 연구를 통하여 각 종류별(가사노동, 일상생활 활동, 계획된 운동) 신체활동 참여시간을 확인하여 CRP 수준에 영향을 미치는 지 확인해볼 필요성이 존재한다.

본 연구에서는 상대 악력 수준과 높은 염증상태는 서로 연관되어 있으며 성별, 연령별로 다른 결과를 확인할 수 있었다. 결국 근력의 증가는 높은 염증상태를 감소시킬 수 있는 요인으로써 각 연령별, 성별 다른 저항운동프로그램을 통해 심혈관질환을 유발 할 수 있는 고 염증 상태를 감소시키는 것이 중요하다. 추후 연구에서는 건강한 성인을 대상으로 염증수치와 근력의 연관성이 존재하는지 확인할 수 있는 실험연구가 필요하다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

ORCID

Doo Yong Park <https://orcid.org/0000-0001-7763-0412>
 Myung Sung Kang <https://orcid.org/0000-0001-7084-7686>
 Jae Young Park <https://orcid.org/0000-0002-1267-6716>
 Mi Kyung Kim <https://orcid.org/0000-0001-8503-2631>
 Bo Yul Choi <https://orcid.org/0000-0003-0115-5736>
 Yeon Soo Kim <https://orcid.org/0000-0003-1447-0196>

Author Contributions

Conceptualization: DYP. Data curation: DYP. Formal analysis: MSK. Methodology: MKK, BYC. Project administration: YSK. Visualization: JYP. Writing-original draft: DYP. Writing-review & editing: YSK.

References

- Liuzzo G, Biasucci LM, Gallimore JR, et al. The prognostic value of C-reactive protein and serum amyloid a protein in severe unstable angina. *N Engl J Med* 1994;331:417-24.
- Rifai N, Ridker PM. High-sensitivity C-reactive protein: a novel and promising marker of coronary heart disease. *Clin Chem* 2001;47:403-11.
- Pepys MB, Hirschfield GM. C-reactive protein: a critical update. *J Clin Invest* 2003;111:1805-12.
- Packard RR, Libby P. Inflammation in atherosclerosis: from vascular biology to biomarker discovery and risk prediction. *Clin Chem* 2008;54:24-38.
- Shrivastava AK, Singh HV, Raizada A, Singh SK. C-reactive protein, inflammation and coronary heart disease. *Egypt Heart J* 2015;67:89-97.
- Volaklis KA, Halle M, Koenig W, et al. Association between muscular strength and inflammatory markers among elderly persons with cardiac disease: results from the KORA-Age study. *Clin Res Cardiol* 2015;104:982-9.
- Smith JK, Dykes R, Douglas JE, Krishnaswamy G, Berk S. Long-term exercise and atherogenic activity of blood mononuclear cells in persons at risk of developing ischemic heart disease. *JAMA* 1999;281:1722-7.
- Yudkin JS, Stehouwer CD, Emeis JJ, Coppack SW. C-reactive protein in healthy subjects: associations with obesity, insulin resistance, and endothelial dysfunction: a potential role for cytokines originating from adipose tissue? *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 1999;19:972-8.

9. Stenholm S, Sallinen J, Koster A, et al. Association between obesity history and hand grip strength in older adults: exploring the roles of inflammation and insulin resistance as mediating factors. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2011;66: 341-8.
10. Danesh J, Muir J, Wong YK, Ward M, Gallimore JR, Pepys MB. Risk factors for coronary heart disease and acute-phase proteins: a population-based study. *Eur Heart J* 1999;20:954-9.
11. Lawman HG, Troiano RP, Perna FM, Wang CY, Fryar CD, Ogden CL. Associations of relative handgrip strength and cardiovascular disease biomarkers in U.S. adults, 2011-2012. *Am J Prev Med* 2016;50:677-83.
12. Bassuk SS, Rifai N, Ridker PM. High-sensitivity C-reactive protein: clinical importance. *Curr Probl Cardiol* 2004;29:439-93.
13. Raison CL, Rutherford RE, Woolwine BJ, et al. A randomized controlled trial of the tumor necrosis factor antagonist infliximab for treatment-resistant depression: the role of baseline inflammatory biomarkers. *JAMA Psychiatry* 2013;70:31-41.
14. Eknoyan G, Lameire N, Eckardt K, et al. KDIGO 2012 clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease. *Kidney Int* 2013;3:5-14.
15. Koenig W, Sund M, Frohlich M, et al. C-Reactive protein, a sensitive marker of inflammation, predicts future risk of coronary heart disease in initially healthy middle-aged men: results from the MONICA (Monitoring Trends and Determinants in Cardiovascular Disease) Augsburg Cohort Study, 1984 to 1992. *Circulation* 1999;99:237-42.
16. Pedersen BK. Muscles and their myokines. *J Exp Biol* 2011; 214(Pt 2):337-46.
17. Olson TP, Dengel DR, Leon AS, Schmitz KH. Changes in inflammatory biomarkers following one-year of moderate resistance training in overweight women. *Int J Obes (Lond)* 2007;31:996-1003.
18. Bohannon RW. Muscle strength: clinical and prognostic value of hand-grip dynamometry. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2015;18:465-70.
19. Shimokata H, Ando F, Yuki A, Otsuka R. Age-related changes in skeletal muscle mass among community-dwelling Japanese: a 12-year longitudinal study. *Geriatr Gerontol Int* 2014;14 Suppl 1:85-92.
20. Goodpaster BH, Park SW, Harris TB, et al. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: the health, aging and body composition study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2006;61:1059-64.
21. Hughes VA, Frontera WR, Roubenoff R, Evans WJ, Singh MA. Longitudinal changes in body composition in older men and women: role of body weight change and physical activity. *Am J Clin Nutr* 2002;76:473-81.
22. Rothenbacher D, Hoffmeister A, Brenner H, Koenig W. Physical activity, coronary heart disease, and inflammatory response. *Arch Intern Med* 2003;163:1200-5.
23. Lauretani F, Russo CR, Bandinelli S, et al. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol* (1985) 2003;95:1851-60.
24. Barbieri M, Ferrucci L, Ragno E, et al. Chronic inflammation and the effect of IGF-I on muscle strength and power in older persons. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2003;284: E481-7.
25. Febbraio MA, Pedersen BK. Muscle-derived interleukin-6: mechanisms for activation and possible biological roles. *FASEB J* 2002;16:1335-47.