

양평 중년 성인의 상대 악력, 상대 각력과 고요산혈증 간의 연관성

서울대학교 체육교육과¹, 한양대학교 구리병원 신장내과²,
한양대학교 의과대학 예방의학교실³, 서울대학교 스포츠과학연구소⁴

박두용^{1,*} · 이 온¹ · 한상웅² · 김미경³ · 최보울³ · 김연수^{1,4}

The Association between Muscle Strength and Hyperuricemia in the Healthy Middle-aged Adult in Yangpyeong Province

Dooyong Park^{1,*}, On Lee¹, Sang Woong Han², Mi Kyung Kim³, Bo Youl Choi³, Yeon Soo Kim^{1,4}

¹Department of Physical Education, College of Education, Seoul National University, Seoul, ²Division of Nephrology, Department of Internal Medicine, Hanyang University Guri Hospital, Guri, ³Department of Preventive Medicine, Hanyang University College of Medicine, Seoul, ⁴Institute of Sport Science, Seoul National University, Seoul, Korea

Purpose: This study aimed to examine the prevalence of hyperuricemia in association with relative grip strength and leg strength in Korean Elderly.

Methods: We studied cross-sectional analysis with 1,894 rural adults (40–88 years old), who were surveyed for 7 years from 2007 to 2014. Grip strength was measured by using Takei grip strength dynamometer. Leg strength was measured by using Takei leg strength dynamometer. Hyperuricemia was defined by examining serum uric acid concentration (male ≥ 7 mg/dL, female ≥ 6 mg/dL). Logistic regression was conducted to evaluate the association of grip strength and leg strength with hyperuricemia ($p < 0.05$).

Results: Subjects who reported high level of relative grip strength had a significantly lower odds ratio (OR) of hyperuricemia than subjects who reported low level of relative grip strength (OR, 0.37; 95% confidence interval [CI], 0.16–0.84). When it comes to sex, subjects both high relative muscle strength are significantly lower multivariate-adjusted OR of hyperuricemia than subjects both low relative muscle strength in male (OR, 0.52; 95% CI, 0.29–0.95) and female (OR, 0.47; 95% CI, 0.26–0.95). Additionally, senior group (age ≥ 65 years), who have low relative grip strength and high relative leg strength, was only significantly associated with the prevalence of hyperuricemia (OR, 0.43; 95% CI, 0.19–0.98).

Received: September 29, 2017 Revised: December 19, 2017 Accepted: December 20, 2017

*Current affiliation: GC HealthCare, Seongnam, Korea

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: +82-2-880-7794, 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 ©2018 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.

Conclusion: The relationship between hyperuricemia and relative grip strength may be mediated through decreased estimated glomerular filtration ratio. Therefore, muscle strength is important factor in prevention of renal vascular dysfunction which is a risk factor of hyperuricemia, and resistance exercise is needed to improve muscle strength.

Keywords: Exercise, Glomerular filtration rate, Hand strength, Hyperuricemia, Muscle strength

서 론

혈액 내에 요산 수치가 일정 수준을 초과할 경우 높은 산화적 스트레스를 유발하는 고요산혈증 상태가 되며, 이는 산화적 스트레스를 유발하여 심혈관질환과 통풍을 일으키게 되는 위험요인으로 잘 알려져 있다¹. 고요산혈증은 주로 요산의 재료가 되는 퓨린(purine)이 풍부한 육류섭취, 알코올섭취와 같은 식습관뿐만 아니라 비만, 고혈압, 신장 질환과 같은 대사 질환에도 영향을 받으며, 현재 고칼로리식이, 신체 활동 부족과 같은 급격한 생활양식의 변화로 고요산혈증의 발생률이 증가하고 전 세계적으로 가속화되고 있음을 보고한 바 있다². 이러한 고요산혈증 발생률의 증가는 또 다른 만성질환 유발 위험을 비례적으로 증가시킬 수 있다는 연구 결과를 토대로, 통풍의 위험요인으로 간주되었던 과거와 달리 고요산혈증 그 자체의 심각성에 대해 주목하고 예방을 위한 조치를 강구하고 있다²⁴.

질환 예방에 있어 중요한 요소 중 하나로 근력은 건강 체력의 한 요소로 미래의 질환을 예측할 수 있고, 다양한 질환에 대한 사망률을 낮출 수 있는 요인임이 보고되고 있으며⁵, 여러 질병과 관련하여 근육량보다 신체장애, 대사증후군, 심혈관질환 등을 더 잘 예측할 수 있기 때문에 건강유지를 위한 근력의 중요성을 강조하고 있다⁶⁸. 실제로 고요산혈증의 원인이 되는 산화적 스트레스와 염증성 사이토카인(cytokine)의 일종인 C-반응성단백질(C-reactive protein, CRP)에 대한 염증반응은 근력과 높은 연관성을 가지며 다수의 연구에서 근력이 높은 사람의 경우 낮은 사람보다 염증반응⁹ 및 혈관손상¹⁰에 보호 효과가 있음을 보고한 바 있다. 반대로 노쇠로 인한 혈관 손상은 사구체 여과율 감소의 주원인으로 혈중 크레아티닌(creatinine) 등의 신장 내 사구체에서 여과되어야 하는 물질들이 체내에 축적되는 결과를 가져오게 되며¹¹, 사구체 손상으로 인한 혈중 요산 배출능력의 감소는 고요산혈증을 일으키기 때문에 결국 근력과 고요산혈증은 모두 혈관 손상의 측면에서 사구체 여과율과 연관된 것을 알 수 있다¹².

현재까지 소수의 연구에서 근력 수준에 따른 고요산혈증의 연관성을 확인하였으나¹³, 근력과 고요산혈증의 공통적인 사구체 여과율 감소를 고려하여 근력 수준의 증가가 혈중요산감

소에 얼마나 영향을 미쳤는지 확인한 연구는 전혀 없는 실정이다. 따라서 근력이 고요산혈증에 어떠한 연관성을 갖는지 확인하기 위해서 사구체 여과율이 고요산혈증과 근력의 매개 변인으로써 작용하는지에 대해 연구할 필요성이 존재한다.

또한, 과거 연구에서는 상지 근력과 하지 근력이 엄연히 다름에도 불구하고 ‘근력’이라는 개념으로 동일시하였기 때문에 상, 하지 근력이 고요산혈증에 어떤 연관성을 갖는가에 관한 확인이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 중년 성인(40-88세)을 대상으로 신체 크기를 보정한 상대 악력 수준과 고요산혈증의 매개 변인을 확인하고 추가로 성별, 연령별 상대 악력과 상대 각력, 고요산혈증의 관계를 조사하고자 한다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구에서는 2007년부터 2014년까지 조사된 40-88세의 농촌 성인 총 3,234명 중 과거 압, 당뇨병, 심근경색 병력이 있거나 주요변수에 결측이 있는 대상자 1,336명을 제외한 1,894명을 분석하였다. 참여자에게 수행된 모든 설문조사와 임상검사 내용 및 방법은 검사전 동의를 받았으며 한양대학교 의료원 임상시험윤리위원회의 장수의학자료(2011-07-005-013)와 농촌코호트 자료(HYI-14-006-1) 사용에 대한 승인을 받았다.

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 TKK-5401 악력계(Takei, Tokyo, Japan)를 이용하여 손가락의 제 2 관절이 악력계의 잡는 부분과 직각이 되도록 잡고 양발을 어깨너비만큼 벌리고 서서 양팔을 자연스럽게 내린 상태에서 측정하는 팔을 약 15° 정도 벌린 후 좌우 교대로 2회씩 측정하여 평균값을 기록한다.

각력검사(leg strength test, kg)는 하지의 등척성 최대 근력 측정을 위해 TKK-5402 각력계(Takei)를 의자에 부착시킨 형태의 장비를 사용하였다. 피험자는 의자에 허리와 등을 최대한 가까이 앉은 다음 양발을 쿠션에 대고 양손으로 의자 옆의 손잡이를 잡은 상태에서 무릎 관절을 최대 힘으로 신전시키게 하고 이때 발생하는 장력을 측정하는데 2회 실시하여 최대값을 기록하였다. 본 측정에 앞서 측정 자세와 방법을 교육하고 연습을 시킨 후에 측정하였다.

본 연구에서는 선행연구에 따라, 산출된 악력, 각력을 체질량지수(body mass index [BMI], kg/m²)로 나눈 상대 근력으로 변환하여 사용하였다¹⁴. 측정된 상대 악력, 각력 점수는 성별로 구분하여 'low,' 'middle,' 'high'의 3분위로 나눈 뒤 분석에 이용하였다. 추가로 상대 악력, 각력의 상호작용을 확인하기 위해 성별로 'low,' 'high'의 2분위로 나눈 뒤 '낮은 악력/낮은 각력,' '낮은 악력/높은 각력,' '높은 악력/낮은 각력,' '높은 악력/높은 각력'으로 총 4개의 항목으로 구성하여 분석하였다.

2) 혈액 변인 측정

혈청 채취를 통하여 일반 혈액검사를 시행하였다. 여러 검사 항목 중 혈중 요산을 포함한 C-반응성 단백질 혈중 크레아티닌을 연구 자료로 활용하였다. 검체처리 및 저장은 검진을 통하여 채취된 혈액을 통하여 추출된 혈청을 질병관리본부 유전체연구팀에서 일괄적으로 보관하였다. 고요산혈증은 선행연구에 근거하여 남자 7 mg/dL 이상, 여자 6 mg/dL 이상일 경우 질병군으로 규정하였고 기준치 미만인 사람의 경우 정상군으로 구분하였다¹. 추정 사구체 여과율(estimated glomerular filtration rate [eGFR])은 고요산혈증에 영향을 미치는 요소로 선행연구에 근거하여 혈중 크레아티닌을 이용한 modification of diet in renal disease study 공식($\text{in mL/min per } 1.73 \text{ m}^2 = 175 \times \text{serum creatinine}^{-1.154} \times \text{age}^{-0.203} \times [0.742 \text{ if female}]$)으로 값을 산출하여 60 mL/min per 1.73 m² 미만일 경우 만성신질환으로 구분하였다¹¹.

3) 설문조사 및 기타변수

조사 요원에 의한 일대일 면접 설문으로 시행하였고 당일 조사 후 설문을 검토하여 수정 보완작업을 통하여 설문지의 완성도를 높였다. 신체계측은 숙련된 간호사가 보호자와 함께 가벼운 옷을 입고 시행하였다. 상대 악력 산출을 위한 BMI는 측정된 체중(kg)에서 키(m)의 제곱을 나눈 값으로 분석에 이용하였고, 근력에 영향을 미치는 제지방량은 생체전기 저항법(bioelectrical impedance analysis)에서 측정된 제지방량 무게

(kg)로 분석에 이용하였다.

본 연구에서 사용된 설문은 고요산혈증의 위험률에 영향을 미치는 과거 고혈압 병력 및 혈압약 복용 여부(예, 아니오), 육류섭취를 확인하기 위해 “육류(쇠고기, 돼지고기)를 구워 드실 때 어느 정도 구운 고기를 주로 드십니까?”라는 질문에 “고기를 거의 먹지 않는다”와 이에 해당되지 않는 변인을 ‘아니다’로 구성하였고 결측인 경우 ‘무응답’으로 구분하였다. 음주 여부를 확인하기 위해 “귀하는 원래 술을 못 마시거나 또는 처음부터 술은 안마십니까?”라는 질문에 ‘아니오’와 ‘과거 음주,’ ‘현재 음주’로 구성하였다. 규칙적인 운동참여 여부를 확인하기 위해 주 3회 이상 몸에 땀이 날 정도의 운동을 규칙적으로 하는 사람의 경우 ‘한다,’ 주 3회 미만 참여하지 않을 경우 ‘안 한다’로 구분하여 분석에 이용하였다.

3. 통계 처리

본 연구에서는 자료 분석을 위해 Stata IC ver. 14.1 (Stata Corp., College Station, TX, USA)을 사용하였으며, 연구대상자의 인구학적 특성을 확인하기 위해 빈도분석과 기술분석을 하였다.

악력과 고요산혈증의 연관성에 있어 사구체 여과율이 매개하는지 확인하기 위해 로지스틱 선형회귀분석(logistic linear regression)을 사용하여 교차비(odds ratio [OR])와 95% 신뢰구간(confidence interval [CI])을 산출하였다. 추가로 성별, 연령별 악력, 각력 수준과 고요산혈증 교차비 간의 연관성을 확인하기 위해 근력 수준별 총 네 집단(낮은 악력/낮은 각력, 낮은 악력/높은 각력, 높은 악력/낮은 각력, 높은 악력/높은 각력)과 고요산혈증 유무를 로지스틱 선형회귀분석을 사용하여 교차비와 95% 신뢰구간을 산출하였다.

자료 분석과정에서 고요산혈증에 영향을 주는 변인을 통제하기 위해서 성별, 나이, 알코올 섭취 유무, 육류섭취 유무, 사구체 여과율, 공복 시 혈당, 고혈압 여부, 제지방량, 주 3회 운동참여 여부, 혈중 총 단백질량 등을 보정변수로 투입하였으며 모든 유의수준은 $p < 0.05$ 로 설정하였다.

결 과

근력 수준과 고요산혈증의 교차비를 분석하기 위한 연구대상자의 인구통계학적 변인은 Table 1에서 제시되었다. 고요산혈증을 가진 남성은 높은 BMI, 근육량, 만성신질환자 비율, 혈중 총 단백질량을 가지고 있었다. 하지만 그 외 다른 변인들에 있어 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$). 고요산혈증을 가진 여성

Table 1. Baseline characteristics of study participants

Characteristics of risk factor	Total (n=1,894)	Male (n=711)		p-value	Female (n=1,183)		p-value
		Non-HU (n=594)	HU (n=117)		Non-HU (n=1,084)	HU (n=99)	
Age (yr)	60.31±10.39	62.43±10.12	61.78±9.84	0.525	58.74±10.28	63.00±10.87	<0.001
BMI (kg/m ²)	24.39±3.17	23.69±2.95	24.94±2.96	<0.001	24.54±3.14	26.32±3.89	<0.001
Lean body mass (kg)	41.63±7.64	48.29±6.59	50.08±6.90	0.008	37.42±4.45	37.75±5.05	0.487
High alcohol intake (%)	49.52	66.67	73.50	0.071	31.83	44.44	0.080
Meat intake (%)	33.47	61.95	52.14	0.059	65.87	52.53	0.010
History of hypertension (%)	17.32	16.16	14.53	0.659	17.90	21.21	0.413
eGFR (mL/min per 1.73 m ²)	68.67±9.70	72.43±9.57	65.66±9.93	<0.001	67.78±8.71	59.28±10.70	<0.001
C-reactive protein (mg/dL)	1.74±5.58	1.96±4.26	2.44±3.81	0.258	1.33±2.27	4.11±20.21	<0.001
Fasting glucose level (mg/dL)	99.85±18.07	103.03±21.47	100.84±16.20	0.296	97.63±16.02	103.81±15.30	<0.001
Serum total protein (g/dL)	7.30±0.39	7.27±0.38	7.40±0.40	0.002	7.30±0.39	7.43±0.35	0.002
Exercise participation (% ≥3 wk/day)	18.85	15.15	13.68	0.682	21.31	20.20	0.796
Grip strength/BMI (%)				0.423			<0.001
Low	33.32	32.66	36.75		31.73	50.51	
Middle	33.32	33.00	35.04		33.30	33.33	
High	33.37	34.34	28.21		34.96	16.16	
Leg strength/BMI (%)				0.140			0.008
Low	33.32	33.33	33.33		32.10	46.46	
Middle	33.32	31.99	40.17		33.49	31.31	
High	33.37	34.68	26.50		34.41	22.22	
Grip x leg relative strength (%)				-			-
Low grip/low leg strength	35.11	33.16	36.75		34.13	55.56	
Low grip/high leg strength	14.84	16.16	16.24		14.30	11.11	
High grip/low leg strength	14.89	15.82	17.95		14.58	9.09	
High grip/high leg strength	35.16	34.85	29.06		36.99	24.24	

Values are presented as mean±standard deviation.

HU: hyperuricemia, BMI: body mass index, eGFR: estimated glomerular filtration ratio.

Table 2. Association relative grip strength with hyperuricemia in healthy adult

Relative grip strength	Age and sex-adjusted OR (95% CI) (n=1,894)	Multivariable-adjusted OR (95% CI) (n=1,894)			
		Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Low	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
Middle	0.78 (0.56–1.10)	0.72 (0.50–1.03)	0.73 (0.51–1.05)	0.74 (0.51–1.07)	0.47 (0.19–1.18)
High	0.51 (0.34–0.76)	0.52 (0.33–0.80)	0.52 (0.34–0.82)	0.48 (0.31–0.76)	0.37 (0.16–0.84)
p-trend	0.001	0.003	0.004	0.002	0.017

Multivariable Model 1 adjusted leg strength, age, sex, history of hypertension, CRP, exercise status, fasting glucose, serum total protein, lean body mass; Model 2, model 1 plus adjusted for meat intake, drinking status; Model 3, model 2 plus adjusted for status of CKD; Model 4, model 3 plus adjusted for interaction of CKD and grip.

OR: odds ratio, CI: confidence interval, CRP: C-reactive protein, CKD: chronic kidney disease.

은 높은 연령, BMI, 현재 고기섭취비율, 만성신질환자의 비율, 혈중 C-반응성 단백질, 혈당 수준, 혈중 총 단백질량과 낮은 악력, 각력수준을 가지고 있었다. 하지만 제지방량, 현재 알코올 섭취자의 비율, 고혈압 유무, 운동참여 여부 간의 유의한 차이는 확인할 수 없었다(p>0.05).

Table 2에서 성별과 연령만을 보정했을 때 상대 악력이 높은 집단에서 낮은 집단에 비해 고요산혈증에 대한 교차비가 0.50 (95% CI, 0.34–0.75) 낮았으며, 고요산혈증과 연관된 여러 위험요인을 보정한 Model 1에서는 고요산혈증에 대한 교차비가 0.48 (95% CI, 0.33–0.81) 낮아지는 것을 확인하였다. Model

1에서 육류섭취와 현재 음주습관을 추가 보정한 Model 2는 Model 1과 비슷한 결과를 도출하였다(OR, 0.52; 95% CI, 0.34-0.82).

Model 2에서 추가로 CKD 여부를 보정한 Model 3에서는 상대 악력이 높은 집단에서 낮은 집단에 비해 고요산혈증에 대한 교차비가 0.52 (95% CI, 0.30-0.75) 낮았으며, Model 3에 CKD 여부와 상대 악력의 상호작용 변수를 투입한 Model 4에서는 고요산혈증의 교차비가 대폭 낮아지는 것을 확인하였다 (OR, 0.37; 95% CI, 0.16-0.84).

Table 3의 전체 대상자에서 성별, 나이만 보정했을 때와 여러 위험요인을 보정했을 때 모두 각력, 악력이 높은 집단에서 고요산혈증에 대한 교차비가 낮아지는 것을 확인하였다(OR, 0.58; 95% CI, 0.39-0.86 vs. OR, 0.49; 95% CI, 0.32-0.74). 남성의 경우 나이를 보정했을 때 통계적으로 유의한 연관성을 확인할

수 없었지만, 여러 위험요인을 보정 하였을 때 악력, 각력이 모두 높은 집단에서 고요산혈증에 대한 교차비가 0.48 (95% CI, 0.31-0.95) 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 여성의 경우 나이만 보정했을 때 높은 악력/낮은 각력의 집단(OR, 0.41; 95% CI, 0.19-0.85)과 악력, 각력이 모두 높은 집단(OR, 0.54; 95% CI, 0.31-0.95)에서 고요산혈증과의 연관성을 확인할 수 있었고 여러 요인을 보정했을 때 또한 같은 결과를 확인할 수 있었다(OR, 0.37; 95% CI, 0.17-0.82 vs. OR, 0.47; 95% CI, 0.26-0.95).

Table 4에서 65세 미만의 경우 성별, 연령만 보정했을 때(OR, 0.44; 95% CI, 0.21-0.74)와 여러 혼란 변수들을 보정하였을 때(OR, 0.37; 95% CI, 0.21-0.64) 악력, 각력이 모두 높은 집단에서 만 고요산혈증과의 연관성을 확인할 수 있었지만 65세 이상의

Table 3. Association relative grip strength and leg strength with hyperuricemia by sex

Grip×leg relative strength	Total (n=1,894)		Male (n=711)		Female (n=1,183)	
	Age and sex-adjusted OR (95% CI)	Multivariable-adjusted OR (95% CI)	Age-adjusted OR (95% CI)	Multivariable-adjusted OR (95% CI)	Age-adjusted OR (95% CI)	Multivariable-adjusted OR (95% CI)
Low grip/low leg strength	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
Low grip/high leg strength	0.68 (0.43-1.07)	0.64 (0.39-1.03)	0.82 (0.45-1.52)	0.78 (0.41-1.51)	0.56 (0.28-1.11)	0.48 (0.23-1.01)
High grip/low leg strength	0.68 (0.43-1.05)	0.65 (0.40-1.06)	0.93 (0.51-1.69)	0.93 (0.48-1.78)	0.41 (0.19-0.85)	0.37 (0.17-0.82)
High grip/high leg strength	0.58 (0.39-0.86)	0.49 (0.32-0.74)	0.64 (0.36-1.11)	0.52 (0.29-0.95)	0.54 (0.31-0.95)	0.47 (0.26-0.95)

Multivariable model adjusted leg strength, age, sex, meat intake, drinking status, history of hypertension, CRP, eGFR, exercise status, fasting glucose, serum total protein, lean body mass.
OR: odds ratio, CI: confidence interval, CRP: C-reactive protein, eGFR: estimated glomerular filtration.

Table 4. Association relative grip strength and leg strength with hyperuricemia by age

Grip×leg relative strength	Total (n=1,894)		Age <65 yr (n=1,140)		Age ≥65 yr (n=754)	
	Age and sex-adjusted OR (95% CI)	Multivariable-adjusted OR (95% CI)	Age and sex-adjusted OR (95% CI)	Multivariable-adjusted OR (95% CI)	Age and sex-adjusted OR (95% CI)	Multivariable-adjusted OR (95% CI)
Low grip/low leg strength	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
Low grip/high leg strength	0.68 (0.43-1.07)	0.64 (0.39-1.03)	0.80 (0.44-1.45)	0.74 (0.39-1.38)	0.47 (0.21-1.03)	0.43 (0.19-0.98)
High grip/low leg strength	0.68 (0.43-1.05)	0.65 (0.40-1.06)	0.72 (0.38-1.34)	0.66 (0.33-1.30)	0.58 (0.30-1.12)	0.58 (0.28-1.18)
High grip/high leg strength	0.58 (0.39-0.86)	0.49 (0.32-0.74)	0.44 (0.26-0.74)	0.37 (0.21-0.64)	1.03 (0.58-1.85)	0.84 (0.45-1.60)

Multivariable model adjusted leg strength, age, sex, meat intake, drinking status, history of hypertension, CRP, eGFR, exercise status, fasting glucose, serum total protein, lean body mass.
OR: odds ratio, CI: confidence interval, CRP: C-reactive protein, eGFR: estimated glomerular filtration.

경우 여러 혼란 변인들을 보정했을 때 악력 각력이 모두 높은 집단에서만 고요산혈증과 유의한 연관성을 확인할 수 있었다.

고 찰

본 횡단연구에서는 한국 농촌 지역 중년(40세-88세) 남녀를 대상으로 근력 수준과 고요산혈증 교차비의 관계에 대한 몇 가지 내용을 확인하였다. 첫 번째는 악력은 여러 위험요인에 독립적으로 고요산혈증과 연관성이 있고 이는 사구체 여과율에 매개하고 있음을 확인하였다. 두 번째는 남녀 모두 악력과 각력이 모두 높은 집단에서 고요산혈증에 대한 교차비가 낮아졌으며 이는 성별로 차이가 있음을 확인하였다. 특히 여성의 경우 남성과 달리 악력이 높고 각력이 낮은 집단에서도 고요산혈증과의 연관성을 확인할 수 있었다.

노인 인구의 증가로 인해 근 감소증과 관련하여 낮은 근력 수준은 여러 신체적 장애를 증가시키고 심혈관질환에 의한 사망률이 높아짐을 보고함에 따라^{15,16}, 건강유지를 위한 중요 요소임을 강조하고 있다. 이중 상대 근력은 BMI와 같은 신체 크기가 주는 혼란 변인을 보정한 값으로, 절대 근력으로 확인하기 어려운 증가된 체중과 낮은 근력의 건강상 위험을 파악할 수 있는 중요한 방법으로 보고 된바 있다¹⁷. 이러한 근력과 심혈관질환의 위험요인인 고요산혈증에 대한 선행연구에서는 요산농도가 8 mg/dL 이상인 사람이 6 mg/dL 이하인 사람보다 근 감소증 위험이 2배 이상 높고¹⁸, 40-83세의 성인을 대상으로 진행된 연구에서는 고요산혈증이 없는 사람보다 고요산혈증이 있는 사람의 근력이 유의하게 낮았는데¹³, 이는 본 연구에서의 결과와 일치한다.

Table 2에서 나타난 근력과 고요산혈증 간의 기전은 명확히 알려진 바 없다. 하지만 선행연구들에 따르면 근력 수준과 고요산혈증은 사구체 여과율에 매개할 가능성이 높은 것으로 생각한다. 60 mL/min per 1.73 m² 미만의 사구체 여과율 감소는 요산 배출의 감소로 고요산혈증을 일으키는 주요 원인 중 하나이며 혈압증가, 염증반응과 연관되어 있다¹¹. 이와 반대로 높은 근력 수준을 가진 사람은 신체적으로 활동적인 상태를 가지고 있고¹¹, 이 중 악력은 다른 근력보다 생리학 적 이득을 가지고 있음을 보고하였다. 선행연구에 따르면 6주간의 등척성 악력 트레이닝이 혈관수축을 일으키는 교감신경의 활성도를 낮춤으로써 안정 시 혈압을 감소시키고¹⁹ 이러한 혈압의 조절은 사구체 여과율 감소를 개선하는 것으로 보고된바 있다¹¹. 또한 근육의 반복적인 수축이 마이오카인(myokine)이나 여러 항염증성 사이토카인을 방출하여 사구체 여과율 감소를 예방

할 수 있는 항염증성 반응을 촉진하는 것으로 알려져 있다²⁰. 따라서 신체적으로 건강한 상태를 의미하는 높은 근력 수준은 고요산혈증에 영향을 미치는 사구체 여과율 감소와 매개하여 고요산혈증의 교차비 감소에 연관성이 존재할 것으로 생각한다.

Table 3에서 남성은 여성과 달리 악력과 각력수치가 모두 높은 집단에서만 고요산혈증과의 유의한 연관성을 확인할 수 있었는데 이는 남성과 여성의 상지, 하지 근력에 대한 효과가 다르게 작용하는 것으로 생각한다. 선행연구에 따르면 남성과 여성은 신체 크기와 상관없이 활동 정도에 따라 근력 수준에 차이를 보이며, 특히 상체 근력은 하체 근력보다 신체활동 참여 정도에 영향을 많이 받는 것으로 보고한 바 있다²¹. 이와 관련하여 중년 남성의 10년간 악력 변화를 비교한 결과에 따르면 남성이 여성보다 악력의 감소 추이가 급격히 증가하게 되는데 이는 여성이 남성보다 더 많은 가사를 하고 있기 때문에 성별 상체 근력 감소의 차이를 설명하였다²². 결국 여성이 남성보다 높은 상체 활동량으로 노화에 따른 악력의 감소를 늦추는 등의 건강상 이득을 추가로 얻고 있기 때문에 고요산혈증에 대한 위험이 감소할 수 있는 것으로 생각된다.

Table 4에서 65세 이상 노인의 경우 낮은 악력/높은 각력에서만 고요산혈증과의 연관성을 확인할 수 있었는데 이는 하지 근력이 신체 움직임을 결정하기 때문으로 생각된다. 선행연구에 따르면 노인의 하지 근력은 낙상 예방 및 신체 활동성을 결정하는 데 중요하며 높은 근력을 가진 사람의 경우 규칙적인 신체활동 참여를 가능하게 함을 보고한 바 있다⁶. 이러한 활동성 증가는 근육의 수축 단백질 합성비율을 증가시키는 것으로 보고되고 있기 때문에²³, 노인의 하지 근력 강화로 인한 활동성 증가는 노쇠로 인한 세포분해를 감소시키게 되고, 세포분해 산물이자 요산의 전구체인 혈중 핵산농도가 감소시켜 고요산혈증에 대한 위험을 낮출 수 있을 것으로 생각한다²⁴.

본 연구는 기존 코호트 연구에서 혈중요산 수치에 영향을 미칠 수 있는 다양한 혼란 변수를 보정하여 근력과 고요산혈증 간의 관계를 확인하고자 하였다. 하지만 몇 가지의 제한점이 존재하며 이는 다음과 같다.

첫 번째, 근육의 횡단면적을 고려한 근력 수준과 고요산혈증 간의 관계를 확인하지 못하였다. 하지만 본 연구는 근력을 연구 변인으로 수행한 연구 중에서 연구대상자가 많으며, 절대 근력이 아닌 BMI로 근력을 나누어 신체 크기를 보정한 상대 근력과 고요산혈증과의 관계를 확인함으로써 연구의 보편성을 확보하고자 하였다. 이번 연구결과는 신체 크기를 고려한 상대 근력에 대한 고요산혈증의 관계를 다룬 기반연구로써 추후연구에서는 근육량 및 근육의 횡단면적을 고려한 상대

근력 수준과 고요산혈증과의 연관성을 분석한다면 더 신뢰성 높은 데이터를 확보할 수 있을 것이다.

두 번째, 횡단적 연구로써 인과관계를 설명하기에 제한점을 가지고 있으며 해석에 주의가 필요하다. 하지만 측정오차의 제거 및 타당도와 신뢰도가 높은 체력 측정도구 사용, 다양한 혼란변인의 보정 등 연구의 질 관리에 신경을 기울였기 때문에 연구의 신뢰성을 확보하였다. 본 연구를 토대로 추후 연구에서는 시계열 추적조사를 통한 근력 수준이 고요산혈증에 미치는 영향의 확인이 필요하다.

본 연구에서 상대 악력은 다양한 변인들과 매개하여 고요산혈증과 연관성을 가지며 성별로 다른 상지, 하지 근력에 따른 고요산혈증과의 연관성을 확인하였다. 결국, 노년기에 높은 근력 수준을 유지하는 것이 통풍 및 심혈관질환에 영향을 미치는 고요산혈증을 감소시키기 위한 방법임을 시사하고 있다. 따라서 고요산혈증의 예방을 위해 높은 근력이 중요하며, 중년, 노년기의 근력 향상을 위한 저항운동을 권고해야 한다.

Conflict of Interest

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

References

1. Gagliardi AC, Miname MH, Santos RD. Uric acid: a marker of increased cardiovascular risk. *Atherosclerosis* 2009;202: 11-7.
2. Trifiro G, Morabito P, Cavagna L, et al. Epidemiology of gout and hyperuricaemia in Italy during the years 2005-2009: a nationwide population-based study. *Ann Rheum Dis* 2013; 72:694-700.
3. Lim S, Shin H, Song JH, et al. Increasing prevalence of metabolic syndrome in Korea: the Korean National Health and Nutrition Examination Survey for 1998-2007. *Diabetes Care* 2011;34:1323-8.
4. Zimmet P, Magliano D, Matsuzawa Y, Alberti G, Shaw J. The metabolic syndrome: a global public health problem and a new definition. *J Atheroscler Thromb* 2005;12:295-300.
5. Newman AB, Kupelian V, Visser M, et al. Strength, but not muscle mass, is associated with mortality in the health, aging and body composition study cohort. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2006;61:72-7.
6. 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.
7. Visser M, Deeg DJ, Lips P, Harris TB, Bouter LM. Skeletal muscle mass and muscle strength in relation to lower-extremity performance in older men and women. *J Am Geriatr Soc* 2000;48:381-6.
8. Visser M, Goodpaster BH, Kritchevsky SB, et al. Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2005;60:324-33.
9. Schaap LA, Pluijm SM, Deeg DJ, et al. Higher inflammatory marker levels in older persons: associations with 5-year change in muscle mass and muscle strength. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2009;64:1183-9.
10. Leong DP, Teo KK. Predicting cardiovascular disease from handgrip strength: the potential clinical implications. *Expert Rev Cardiovasc Ther* 2015;13:1277-9.
11. Eknoyan G, Lameire N, Eckardt KU, et al. KDOQI US commentary on the 2012 KDIGO clinical practice guideline for the evaluation and management of CKD: summary of recommendation statements. *Kidney Int Suppl* 2013;3:5-14.
12. Johnson RJ, Kang DH, Feig D, et al. Is there a pathogenetic role for uric acid in hypertension and cardiovascular and renal disease? *Hypertension* 2003;41:1183-90.
13. Huang C, Niu K, Kobayashi Y, et al. An inverted J-shaped association of serum uric acid with muscle strength among Japanese adult men: a cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord* 2013;14:258.
14. 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.
15. Bouchard DR, Janssen I. Dynapenic-obesity and physical function in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2010;65:71-7.
16. Rantanen T, Harris T, Leveille SG, et al. Muscle strength and body mass index as long-term predictors of mortality in initially healthy men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2000; 55:M168-73.
17. Choquette S, Bouchard DR, Doyon CY, Senechal M, Brochu M, Dionne IJ. Relative strength as a determinant of mobility in elders 67-84 years of age. A nuage study: nutrition as a determinant of successful aging. *J Nutr Health Aging* 2010; 14:190-5.
18. Beavers KM, Beavers DP, Serra MC, Bowden RG, Wilson RL. Low relative skeletal muscle mass indicative of sarcopenia is associated with elevations in serum uric acid levels:

- findings from NHANES III. *J Nutr Health Aging* 2009;13:177-82.
19. Taylor AC, McCartney N, Kamath MV, Wiley RL. Isometric training lowers resting blood pressure and modulates autonomic control. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:251-6.
 20. Febbraio MA, Pedersen BK. Muscle-derived interleukin-6: mechanisms for activation and possible biological roles. *FASEB J* 2002;16:1335-47.
 21. Hoffman T, Stauffer RW, Jackson AS. Sex difference in strength. *Am J Sports Med* 1979;7:265-7.
 22. Kozakai R, Ando F, Kim HY, Yuki A, Otsuka R, Shimokata H. Sex-differences in age-related grip strength decline: a 10-year longitudinal study of community-living middle-aged and older Japanese. *J Phys Fit Sports Med* 2016;5:87-94.
 23. DeSouza CA, Shapiro LF, Clevenger CM, et al. Regular aerobic exercise prevents and restores age-related declines in endothelium-dependent vasodilation in healthy men. *Circulation* 2000;102:1351-7.
 24. Alvarez-Lario B, Macarron-Vicente J. Uric acid and evolution. *Rheumatology (Oxford)* 2010;49:2010-5.