

성인에서 신체활동이 골절 발생에 미치는 영향: 한국 지역사회 코호트 자료에 기반

경희대학교병원 가정의학과¹, 경희대학교 의과대학원², 경희의과학연구원 통계지원실³

장민혜¹ · 원장원¹ · 최현림¹ · 김선영² · 박우철¹ · 김동후¹ · 정수진³ · 김병성¹

Effects of Physical Activity on Fractures in Adults: A Community-Based Korean Cohort Study

Minhye Jang¹, Changwon Won¹, Hyunrim Choi¹, Sunyoung Kim²,
Woochul Park¹, Donghoo Kim¹, Sujin Jeong³, Byungsung Kim¹

¹Department of Family Medicine, Kyung Hee University Hospital, Seoul, ²Department of Medicine, Graduate School, Kyung Hee University, Seoul, ³Statistics Support Department, Kyung Hee Medical Science Research Institute, Seoul, Korea

Regular exercise and a certain level of physical activity reduce the mortality rate in the elderly. The purpose of this study was to investigate the effect of physical activity on the prevention of fracture in the middle aged or older in Korea. The basic data are based on the Ansan and Ansung community cohort studies of the Korean Genome and Epidemiology Study conducted by the Korea Centers for Disease Control and Prevention in 2001, and the fracture data from the third survey in 2005 to the sixth survey in 2011. The physical activity of the aged in the 40s was mostly distributed in the World Health Organization (WHO) recommended range of 7.5 to 30.0 metabolic equivalent-hr/wk, and the activity was gradually divided into the low and high groups in the 50s and 60s. In the 60s, the risk of fracture was reduced to 0.63 times compared to that of the 50s when physical activity was the recommended level (odds ratio, 0.63; $p < 0.001$). For Korean adults, there was no significant difference in fracture incidence according to the amount of physical activity in the middle-aged people. However, for the elderly aged 60 and over, the risk of fracture decreased when the WHO recommended level of activity was performed, and the risk increased when less or more activities were performed.

Keywords: Exercise, Bone fracture, Risk, Cohort studies, Adult

Received: April 7, 2017 Revised: August 2, 2017

Accepted: August 3, 2017

Correspondence: Byungsung Kim

Department of Family Medicine, Kyung Hee University Hospital,

23 Kyungheedaero, Dongdaemun-gu, Seoul 02447, Korea

Tel: +82-2-958-8700, Fax: +82-2-958-8699

E-mail: bskim7@khmc.or.kr

Copyright ©2017 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.

서론

성인에서 골절은 연령증가와 비례하여 발병률이 증가하는 대표적인 질환이다. 성인에서 골절발생은 장기간 일을 할 수 없도록 일상생활에 제한을 주는 주요한 질병이고¹⁾, 골다공증성 골절은 중요한 질병 및 사망의 원인이 되어 사회적인 비용을 일으킨다²⁾. 골다공증성 골절의 위험인자는 고령, 낮은 골밀도, 성별, 흡연, 큰 키, 골절의 과거력, 단백질 섭취 부족, 적은 신체활동량, 저체중, 근육량 부족 등이며³⁾ 이 중 4가지 이상의

요인을 만족할 때 골절의 발병률이 30배 상승한다는 기존의 연구 결과⁹⁾가 있다. 상기 위험인자 중 교정 가능한 것은 신체활동, 체중, 체지방, 근육량 등으로 이를 개선하여 넘어짐의 위험을 줄이고, 골절을 예방할 수 있을 것이다. 30개 코호트(cohort) 연구 결과를 분석한 메타 분석에 의하면 하지 근력 약화는 넘어짐의 위험을 1.76배, 손상성 넘어짐을 1.52배 증가시킨다⁵⁾. 따라서 신체활동량 및 근육량의 감소와 그에 따른 넘어짐 및 골절은 서로 깊은 관련이 있을 것으로 예상된다.

규칙적인 운동과 일정 수준 이상의 신체활동이 노인에서 사망률을 감소시킨다는 것은 여러 연구⁶⁾를 통해 밝혀졌으나, 골절을 예방하는 효과가 있는가에 대한 연구는 드물다. 특히, 골절 발생에 있어 인종 간 차이점이 크다고 밝혀진 바 있는데⁷⁾, 기존에는 서양인을 대상으로 한 연구가 주를 이루고 한국인을 대상으로 한 연구는 드물어 본 연구를 계획하였다⁸⁾.

본 연구는 안산, 안성 지역사회의 대규모 전향적 코호트 데이터 베이스에 근거하여, 한국의 중년 이상 성인에서 신체활동이 골절발생에 미치는 영향에 대해 조사하였으며, 이를 통해 우리나라 성인에서 골절 예방을 위한 생활 및 운동 지침을 마련하여 개개인에 유용하게 사용되고, 사회적인 손실을 줄이는 데 기여하고자 본 연구를 하게 되었다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 질병관리본부의 한국인유전체 역학조사사업(Korean Genome and Epidemiology Study) 수집 자료를 활용하였다. 이 중 안산, 안성 지역사회 코호트 연구는 2001년부터 2012년까지 2년마다 조사하여 6기 조사까지 완료되어 공개된 것으로, 만 40-69세 남녀를 대상으로 표준화 교육을 받은 조사원이 면대면 설문조사를 하였으며, 신장, 체중 등의 신체 측정 자료는 반복 측정하여 수집자료의 질 관리를 수행하였다⁷⁾. 이를 통해, 2001년-2002년에 시행한 기반조사자료를 활용하였고, 본 조사에 참여한 패널 10,030명을 연구의 대상자로 하였다(Fig. 1)⁹⁾.

골절의 발병여부가 포함된 조사시작 시기는 2003년-2004년이므로, 이 시기에 시행한 2기 조사에서 추적되지 않았던 대상자(1,408명)는 제외하였다. 체질량지수(body mass index [BMI]) 15 kg/m² 미만인 자(3명)는 만성질환으로 인한 골절일 가능성이 있으므로 제외하고⁵⁾, 악성 종양을 진단받은 사람(87명)은 BMI와 골절에 미칠 영향을 고려하여 제외하였다. 두개

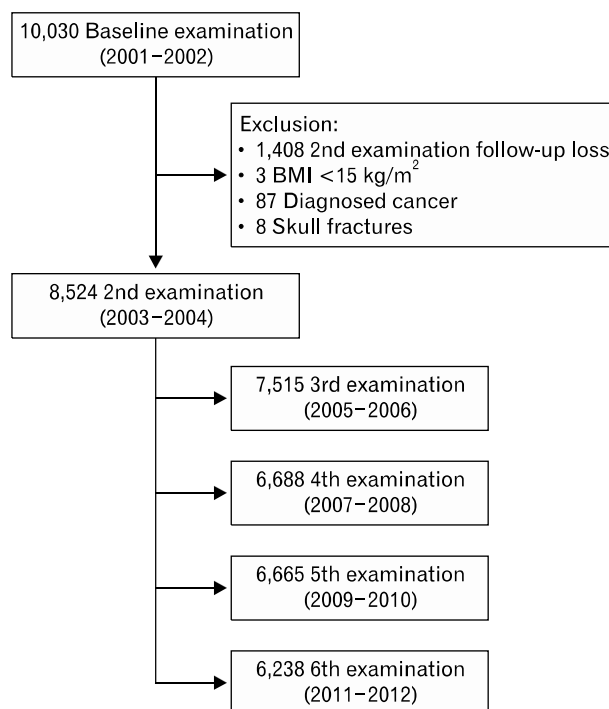


Fig. 1. Flow diagram of the study. BMI: body mass index.

골절(8명)은 의식장애로 인한 경우가 가장 흔하므로 제외하였다¹⁰⁾. 이에 최종 8,524명의 패널이 참가하였으며, 결측값은 제외하고 분석하였다.

본 연구는 경희대학교병원 임상시험심사위원회에 의해 승인되었다(No. KHUH 2016-06-335-003).

2. 조사 방법

2005-2012년에 시행한 3-6기 조사에서 지난 2년간 골절 발생의 유무를 설문조사하였고 무응답인 경우 골절이 없는 것으로 간주하여 분석하였다. 신체활동 및 운동량 측정은 국제 신체활동질문지(International Physical Activity Questionnaire) 문항¹¹⁾으로 설문조사하여 metabolic equivalent (MET) 측정법으로 산출한 후 구간을 나누었다. 안성, 안산 연구에서는 안정 상태 0 MET, 좌식생활 1.5 MET, 경도활동 3 MET, 중등도 활동 5 MET, 격한 활동 7 MET로 정의하고 있다. 본 연구에서는 미국보건당국의 권고사항¹²⁾ 및 기존 연구결과⁶⁾를 참고하여 7.5 MET 미만, 30.0 MET 미만, 30.0 MET 이상으로 나누어 비교하였다.

본 연구에서 체성분 분석은 생체 전기저항 분석법(bioelectrical impedance analysis)으로 생체 전기저항 측정기(Zeus 9.9; Jawon Medical, Seoul, Korea)를 사용하여 측정하였다¹³⁾. 상기 측정값을 신장의 제곱으로 나누어 보정하여 BMI

(weight/height²), 체지방지수(fat mass index [FMI], fat mass/height²), 제지방지수(fat free mass index [FFMI], fat free mass/height²)를 분석하였다. 골강도의 측정은 정량적초음파법을 사용하여^{14,15)} axial speed of sound (SoS, m/s)를 요골 원위 1/3 부위 (SoS at radius [SoSR])와 경골의 중간부위 (SoS at tibia, [SoST])에서 각각 세 번씩 측정하여 평균을 낸 값을 사용하였다¹⁶⁾.

3. 통계적 분석

신체활동량에 따른 각 변수들의 빈도 차이를 알아보기 위해

카이제곱 검정(chi-square test) 및 정확 검정(Fisher exact test)을 수행하였다. 또한, 나이에 따른 골절 횟수의 분포를 분석하기 위하여 40-60대의 연령대별 구분 후 단변량 로지스틱 회귀분석(univariable logistic regression)과 다변량 로지스틱 회귀분석(multivariable logistic regression)을 실시하였다. 본 자료 분석은 통계프로그램 SPSS ver. 23.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하여 분석하였고, 모든 통계량의 유의수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

Table 1. Baseline characteristics of participants by MET-hours per week of activity in the cohort study

Characteristics	Participant	Physical activity level (MET hr/wk)			p-value
		<7.5	7.5-30.0	≥30.0	
Participant	8,524 (100)	974 (11.4)	4,905 (57.5)	2,645 (31.0)	-
Age (yr)					<0.001
40-50	3,968 (46.6)	420 (43.1)	2,697 (55.0)	851 (32.2)	
50-60	2,260 (26.5)	243 (25.0)	1,209 (24.7)	808 (30.6)	
60-70	2,296 (26.9)	311 (31.9)	999 (20.4)	986 (37.3)	
Age of fractures (yr)					<0.001
40-50	260 (6.6)	27 (0.7)	173 (4.4)	60 (1.5)	
50-60	170 (7.5)	14 (0.6)	93 (4.1)	63 (2.8)	
60-70	129 (5.6)	16 (1.7)	56 (2.4)	57 (2.5)	
Male sex	4,080 (47.9)	396 (40.7)	2,702 (55.1)	1,602 (60.6)	<0.001
BMI (kg/m ²)					<0.001
<25.0	4,869 (57.2)	565 (58.1)	2,702 (55.1)	1,602 (60.6)	
25.0-30.0	3,215 (37.7)	362 (37.2)	1,924 (39.3)	929 (35.1)	
≥30.0	435 (5.1)	45 (4.6)	276 (5.6)	114 (4.3)	
FMI (kg/m ²)					<0.001
≤5.5	2,138 (32.6)	212 (29.9)	1,238 (29.9)	688 (40.0)	
5.5-7.7	2,293 (34.9)	211 (29.8)	1,559 (37.7)	523 (30.4)	
>7.7	2,136 (32.5)	285 (40.3)	1,341 (32.4)	510 (29.6)	
FFMI (kg/m ²)					<0.001
≤17.0	2,243 (34.2)	303 (42.8)	1,374 (33.2)	566 (32.9)	
17.0-18.7	2,244 (34.2)	241 (34.0)	1,413 (34.2)	590 (34.3)	
>18.7	2,080 (31.7)	164 (23.2)	1,351 (32.7)	565 (32.8)	
SoSR (≤4,180 m/s)	3,985 (53.0)	349 (46.6)	2,395 (53.9)	1,241 (53.3)	0.001
SoST (≤3,935 m/s)	3,897 (51.6)	398 (52.2)	2,236 (50.3)	1,263 (53.7)	0.025
Current smoker (yes)	3,461 (41.1)	336 (36.8)	1,967 (40.3)	1,158 (44.1)	<0.001
Current drinker (yes)	4,562 (54.0)	441 (48.1)	2,680 (54.8)	1,441 (54.6)	<0.001
High school graduate	1,125 (13.3)	94 (10.0)	886 (18.1)	145 (5.5)	<0.001
Marital status (married)	7,641 (89.6)	833 (85.5)	4,438 (90.5)	2,370 (90.0)	<0.001
Comorbidity					
Cardiopulmonary	211 (2.48)	30 (3.09)	111 (2.26)	70 (2.65)	0.255
Cerebrovascular	102 (1.20)	12 (1.23)	64 (1.31)	26 (0.98)	0.467
Dementia	4 (0.05)	0	4 (0.08)	0	0.431*
Current osteoporosis drug (yes)	112 (1.40)	19 (2.27)	56 (1.18)	37 (1.53)	0.039

Values are presented as number (%).

MET: metabolic equivalent, BMI: body mass index, FMI: fat mass index, FFMI: fat free mass index, SoSR: axial speed of sound at radius, SoST: axial speed of sound at tibia.

*Fisher exact test.

결 과

연구대상자는 총 8,524명(남자 4,080명, 여자 4,444명)으로, 평균연령은 52.29세였다. 골절발생 여부 조사가 이루어진 2003년부터 2012년까지 총 559건(6.56%)의 골절이 발생하였다(Table 1).

각 연령대에서 골절 발생률은 40대 260명(6.6%), 50대 170명(7.5%), 60대 129명(5.6%)이다. 40대의 신체활동량은 World Health Organization (WHO) 권장기준인 7.5–30.0 MET hr/wk 그룹에 가장 많이 분포하고 있고, 50대와 60대로 갈수록 점차 신체활동량이 낮은 군과 높은 군으로 양분화되어 U자형의 분포를 보여주었다. 40대와 50대에서는 신체활동량이 많을수록 골절률이 상승하였고, 60대는 신체활동량이 권장기준보다 낮은 경우에도 골절률이 상승하였다.

남자가 여자보다 신체활동량이 높은 군에 많이 분포하며, BMI와 FMI가 낮을수록, FFMI는 높을수록 신체활동량이 높은 군에 분포하였고, SoSR, SoST에서는 의미 있는 경향이 관찰되지 않았다. 흡연력이나 음주력이 있는 그룹이 권장수준 이상의 신체활동을 하는 군에 근소하게 더 많이 분포하고 있었으며, 고등학교 졸업 이상의 고학력이거나 기혼일 때 또는 현재 골다공증약을 복용하고 있는 경우에 권장수준의 신체활동을 주로 하는 것을 볼 수 있었다($p < 0.05$).

연령대별 골절 위험을 비교 분석한 결과에서는 권장기준인 7.5–30.0 MET hr/wk의 신체활동을 한 경우 50대에 비해 60대에서 골절위험이 0.63배로 감소하였다(odds ratio [OR], 0.63; confidence interval [CI], 0.40–1.01; p -trend < 0.001) (model 1, Table 2). 반대로 30.0 MET hr/wk 이상 신체활동을 한 경우

1.35배로 골절위험이 증가하였고(OR, 1.35; CI, 0.84–2.14; p -trend < 0.001), 7.5 MET hr/wk 이하인 경우는 의미 있는 결과를 보여주지 않았다. 여러 변수를 통제한 다변량 분석에서 30.0 MET hr/wk 이상인 구간만 의미 있는 결과가 나왔는데, 단변량 분석에서와 마찬가지로 고령일수록 과도한 신체활동에 따른 골절위험이 1.35배 증가하였다(OR, 1.35; CI, 0.72–2.52; p -trend < 0.05) (model 2).

고 찰

골다공증성 골절을 예방하기 위해서는 일차적으로 사춘기 때 충분한 영양을 섭취하고, 30세 이전에 최대의 골밀도 증가를 위해 지속적인 운동을 해야 한다. 노년층에서는 규칙적인 운동과 신체활동을 통해 골강도를 유지하고, 근력과 유연성을 향상시킴으로써 낙상과 골다공증으로 인한 골절의 발생률을 낮추고 건강한 삶을 영위할 수 있다¹⁷⁾.

본 연구에서 한국의 40–69세 성인 8,524명을 11년간 추적 조사하여 신체활동량과 골절 발생과의 연관성을 분석한 결과 40–50대의 중년층에서는 신체활동량과 관련하여 골절의 발생률이 크게 차이가 없으나, 60대 이상의 노인에서는 WHO 권장수준의 활동을 한 경우 골절 발생의 위험도가 줄어들고, 그보다 적거나 많은 활동을 하는 경우 위험도가 증가하는 것을 확인하였다. 40대와 50대에서는 신체활동량이 많을수록 골절률이 증가하는 것으로 나타나는데 이는 활동량이 증가하여 손상의 기회가 늘어서 사고나 부딪힘 등으로 인한 골절이 증가할 수 있고, 과도한 운동에 의한 피로 골절률이 증가할 수 있기 때문¹⁸⁾으로 추측된다. 60대는 신체활동량이 권장기준

Table 2. Associations between physical activity and incidence of fractures

Variable	Age of fractures (OR, 95% CI)			p-trend
	40–50 yr	50–60 yr	60–70 yr	
Model 1*				
PA (<7.5 MET hr/wk)	1.29 (0.66–2.54)	1.00	1.58 (0.74–3.36)	0.544
7.5–30.0	1.65 (1.11–2.45)	1.00	0.63 (0.40–1.01)	< 0.001
≥30.0	0.51 (0.33–0.78)	1.00	1.35 (0.84–2.14)	< 0.001
Model 2†				
PA (<7.5 MET hr/wk)	1.24 (0.52–2.99)	1.00	1.20 (0.41–3.50)	0.968
7.5–30.0	1.53 (0.92–2.53)	1.00	0.71 (0.39–1.31)	0.052
≥30.0	0.55 (0.32–0.96)	1.00	1.35 (0.72–2.52)	0.019

OR: odds ratio, CI: confidence interval, PA: physical activity, MET: metabolic equivalent.

*Model 1: not adjusted; †Model 2: adjusted for sex, body mass index, fat mass index, fat free mass index, axial speed of sound at radius, axial speed of sound at tibia, smoking status, drinking status, education level, marital status, comorbidity, osteoporosis medication state.

보다 낮은 경우에도 골절률이 상승하는 것이 특징적이다. 또한, 대체로 남자에서 활동수준이 높고 여자에서는 낮은 경향이 있으므로 특히 60대 이상의 여성에서 활동이 적을수록 골절 발생률이 올라갈 것으로 예측되는 바, 이를 예방하기 위한 신체활동의 향상을 목적으로 하는 취미나 사회활동이 필요할 것이다. 이는 75세 이상의 여성에서 신체활동량의 단계적 상승이 골밀도를 상승시킨다는 선행연구 결과와 일치한다¹⁹⁾.

본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 면대면 방식으로 설문 조사한 것이므로 회상 오류의 가능성이 있다. 단, 골절 발생의 경우 다른 질병에 비해 비교적 정확하게 기억하는 경향이 있어 그 오류 가능성이 적다²⁰⁾. 둘째, MET 신체활동량 계산법은 다양한 신체활동 강도를 설명할 수 있는 유용하고 편리한 표준화된 방법이나 본 연구에서와 같이 자가설문 형식으로 조사한 경우 개인 간 오차가 있을 수 있다²¹⁾. 셋째, 골절에 영향을 미칠 수 있는 자료인 사지 골격근량(skeletal muscle index)에 대한 정보는 본 코호트 자료에서 공개되지 않아, 연구 시 기존 연구결과²²⁾를 참고하여 임의로 나누었다. 넷째, 골절 원인에 대한 정보 또한 공개되지 않아, 교통사고 등 본 연구의 목적과 다른 원인에 의한 골절을 배제하지 못하였다. 다섯째, 본 연구는 첫 골절 발생의 시기보다 연령대별 골절 발생 횟수에 의미가 있어, 코호트 자료를 이용한 것임에도 불구하고 생존분석으로 활용하지 못하였다.

그럼에도 불구하고, 본 연구에서 의미하는 신체활동 수준은 운동과 일상생활에서의 신체활동을 모두 포함하여, 통합적으로 조사한 강점이 있다. 또한, 기존의 45세 이상 서양인을 대상으로 한 대규모 메타 분석 연구에서 정기적인 운동을 한 그룹에서 전체 골절의 위험이 0.49배, 척추 골절의 위험은 0.56배로 감소한다는 결과²³⁾가 있었으나, 골절은 인종 간 차이가 크다⁷⁾는 점에서 국내에서 대규모 코호트 연구를 통해 진행한 이번 연구의 의미를 찾을 수 있다.

본 안성, 안산 코호트 연구는 전향적으로 진행되는 대규모 코호트 연구이고, 앞으로도 조사가 진행될 것으로 향후 노인에 해당하는 참가인원이 점점 늘게 될 것이다. 그에 따라 골절 등 유병률이 높아지면서 그 상관관계가 더욱 뚜렷이 나타날 것으로 예상되는 바, 후속 연구에서 추적 분석하면 좋은 결과가 나올 것으로 기대한다.

Conflict of Interest

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

References

1. Peris P, Ruiz-Esquivel V, Monegal A, et al. Idiopathic osteoporosis in premenopausal women: clinical characteristics and bone remodelling abnormalities. *Clin Exp Rheumatol* 2008;26:986-91.
2. Kang BJ, Lee YK, Lee KW, Won SH, Ha YC, Koo KH. Mortality after hip fractures in nonagenarians. *J Bone Metab* 2012;19:83-6.
3. Kanis JA, Johnell O, Oden A, Johansson H, McCloskey E. FRAX and the assessment of fracture probability in men and women from the UK. *Osteoporos Int* 2008;19:385-97.
4. Cauley JA, Cawthon PM, Peters KE, et al. Risk factors for hip fracture in older men: the Osteoporotic Fractures in Men Study (MrOS). *J Bone Miner Res* 2016;31:1810-9.
5. Visser M, Schaap LA. Consequences of sarcopenia. *Clin Geriatr Med* 2011;27:387-99.
6. Arem H, Moore SC, Patel A, et al. Leisure time physical activity and mortality: a detailed pooled analysis of the dose-response relationship. *JAMA Intern Med* 2015;175:959-67.
7. Barrett-Connor E, Siris ES, Wehren LE, et al. Osteoporosis and fracture risk in women of different ethnic groups. *J Bone Miner Res* 2005;20:185-94.
8. Simkin A, Ayalon J, Leichter I. Increased trabecular bone density due to bone-loading exercises in postmenopausal osteoporotic women. *Calcif Tissue Int* 1987;40:59-63.
9. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korean genome and epidemiology study [Internet]. Cheongju (KR): Korea Centers for Disease Control and Prevention; c2014 [cited 2017 Feb 15]. Available from: <http://www.cdc.go.kr>.
10. Jordan S, Lim L, Berecki-Gisolf J, et al. Body mass index, physical activity, and fracture among young adults: longitudinal results from the Thai cohort study. *J Epidemiol* 2013; 23:435-42.
11. Jeon JY. Development of the Korean version of Global Physical Activity Questionnaire and assessment of reliability and validity [Internet]. Cheongju (KR): Korea Centers for Disease Control and Prevention; c2013 [cited 2017 Aug 13]. Available from: <http://www.cdc.go.kr>.
12. Buchner DM, Bishop J, Brown DR, et al. 2008 Physical activity guidelines for Americans [Internet]. Washington: U.S. Department of Health and Human Services; c2008 [cited 2017 Aug 13]. Available from: <https://health.gov/paguidelines/guidelines/>.
13. Ling CH, de Craen AJ, Slagboom PE, et al. Accuracy of

- direct segmental multi-frequency bioimpedance analysis in the assessment of total body and segmental body composition in middle-aged adult population. *Clin Nutr* 2011;30:610-5.
14. NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy. Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy. *JAMA* 2001;285:785-95.
 15. Tao B, Liu JM, Li XY, Wang JG, Wang WQ, Ning G. An assessment of the use of quantitative ultrasound and the osteoporosis self-assessment tool for Asians in determining the risk of nonvertebral fracture in postmenopausal Chinese women. *J Bone Miner Metab* 2008;26:60-5.
 16. Lee SH, Khang YH, Lim KH, et al. Clinical risk factors for osteoporotic fracture: a population-based prospective cohort study in Korea. *J Bone Miner Res* 2010;25:369-78.
 17. Cosman F, de Beur SJ, LeBoff MS, et al. Clinician's guide to prevention and treatment of osteoporosis. *Osteoporos Int* 2014;25:2359-81.
 18. Knapik JJ, Reynolds K, Hoedebecke KL. Stress fractures: etiology, epidemiology, diagnosis, treatment, and prevention. *J Spec Oper Med* 2017;17:120-30.
 19. Muir JM, Ye C, Bhandari M, Adachi JD, Thabane L. The effect of regular physical activity on bone mineral density in post-menopausal women aged 75 and over: a retrospective analysis from the Canadian multicentre osteoporosis study. *BMC Musculoskelet Disord* 2013;14:253.
 20. Honkanen K, Honkanen R, Heikkinen L, Kroger H, Saarikoski S. Validity of self-reports of fractures in perimenopausal women. *Am J Epidemiol* 1999;150:511-6.
 21. Hartley S, Garland S, Young E, et al. A comparison of self-reported and objective physical activity measures in young Australian women. *JMIR Public Health Surveill* 2015;1:e14.
 22. Chen LK, Liu LK, Woo J, et al. Sarcopenia in Asia: consensus report of the Asian Working Group for Sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc* 2014;15:95-101.
 23. Kemmler W, Haberle L, von Stengel S. Effects of exercise on fracture reduction in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporos Int* 2013;24:1937-50.