



저작자표시-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

보건학 석사학위논문

허리둘레와 골밀도의 관계

: 한국 쌍둥이 코호트

Association of waist circumference with bone
density in Korean twins and families

2013. 2월

서울대학교 대학원

보건학과 보건학 전공

이혜진

허리둘레와 골밀도의 관계
: 한국 쌍둥이 코호트

Association of waist circumference with bone
density in Korean twins and families

지도교수 성주현

이 논문을 보건학석사학위논문으로 제출함

2012년 12월

서울대학교 대학원

보건학과 보건학 전공

이 혜 진

이혜진의 석사학위논문을 인준함

2013년 2월

위 원 장 조성일 (인)

부 위 원 장 정효지 (인)

위 원 성주현 (인)

국문초록

배경

비만은 현대사회에서 흔한 질병이자 심혈관계 질환의 위험요인이다. 특히 내장 지방은 건강에 악영향을 주는 것으로 알려져 있으며 복부 비만으로 대표된다. 다른 대부분의 질환과 달리 비만은 골다공증에 보호효과가 있는 것으로 알려져 왔으며, 이에 비만환자의 치료에 혼선을 가져오는 원인이 되어왔다. 그러나 최근의 연구들은 이전의 이론과 다른 결과를 보여주고 있으며, 일부 연구에서 골밀도는 내장 지방량과 역의 상관관계를 보였으나 아직 논란이 있다. 따라서 본 연구에서는 내장 지방량의 척도인 허리둘레를 이용하여 여러 교란요인을 보정한 후 허리둘레와 골밀도의 관계에 대해 알아보하고자 한다.

방법

‘한국인유전체역학조사사업(Korean Genome and Epidemiology Study, KoGES)’의 일환인 쌍둥이 코호트에서 설문, 신체측정 및 골밀도 검사를 시행한 참여자 중 골다공증으로 이미 치료 중이거나 골밀도에 영향을 주는 요인으로 알려진 암, 갑상선 기능항진증, 류마티스 관절염이 있는 사람을 제외하고 총 1,228명을 대상으로 하였다. co-twin control analysis에서는 일란성 쌍둥이 중에서 허리둘레의 불일치가 있는 군을 선정하여 허리둘레와 골밀도와의 상관관계를 알아보고자 하였다. 이를 위하여 허리둘레의 차이가 5%이상인 쌍둥이 233쌍을 co-twin control analysis 대상군으로 선정하였다.

골밀도와 관련 있는 인자들을 다중 선형 회귀분석(multivariate linear regression)을 통하여 분석하였으며, 비만도 및 허리둘레로 층화하여 골밀도와 허리둘레와의 관계를 다중 선형 회귀분석으로 분석하였다. 쌍둥이에 대해서는 비만도(BMI)를 4군으로 나누어 보정변수로 이용하였으며, GEE(generalized estimating equations)로 허리둘레와

골밀도간의 관계에 대해 co-twin control analysis를 시행하였다.

결과

다중 선형 회귀분석에서 골밀도와 관련 있는 인자들을 찾아보았을 때 유의하게 나타난 변수는 허리둘레, 키, 운동여부였다. 남녀 모두에서 허리둘레는 골밀도와 대체로 양의 상관관계 (whole body BMD: men $\beta=0.002$ (95%CI 0.000~0.004), women $\beta=0.002$ (95%CI 0.001~0.003))를 보였다. 비만도에 따라 층화하였을 때는 비만도별로 허리둘레와 골밀도가 대체로 음의 상관관계를 보였으며 특히 과체중인 여성군에서 결과가 유의하게 나타났다. (whole body BMD: β =women - 0.008(95%CI -0.013~ -0.003)) 허리둘레로 층화하였을 때는 일정한 경향성을 찾을 수 없었다. 여성에서 폐경 전후로 나눈 후 비만도에 대해 층화하여 보았을 때 폐경 전 여성에서 과체중군은 전신 골밀도(whole body BMD: β =-0.008(95%CI -0.014~ -0.003)), 척추 골밀도(spine

BMD: $\beta = -0.007$ (95%CI $-0.013 \sim -0.001$)), 팔 골밀도(whole arm BMD: $\beta = -0.006$ (95%CI $-0.0130 \sim -0.002$)), 다리 골밀도(whole leg BMD: $\beta = -0.008$ (95%CI $-0.014 \sim -0.003$)) 등 모든 골밀도에서 허리둘레와 골밀도가 역의 상관관계를 나타내었으나 폐경 후 여성에서는 유의한 결과를 도출하지 못하였다. 허리둘레의 불일치가 있는 일란성 쌍둥이에서 co-twin control analysis를 시행하였을 때도 일정한 경향성을 찾기 어려웠다. (whole body BMD: men $\beta = -0.001$ (95%CI $-0.006 \sim -0.004$), women $\beta = 0.001$ (95%CI $-0.002 \sim 0.004$) overall $\beta = 0.000$ (95%CI $-0.002 \sim 0.003$))

결론

골밀도는 허리둘레가 두꺼운 사람일수록 더 증가하는 경향을 보였으며, 이는 체중부하에 의한 효과로 생각된다. 반대로 비만도로 층화한 결과 허리둘레가 증가할수록 골밀도가 감소하였으며 이는 내장지방량이

골밀도에 부정적 영향을 주기 때문으로 추정된다. 체중부하와 내장지방량의 적절한 평형점은 확인할 수 없었으나, 과체중인 여성에서는 골밀도에 대한 내장지방량의 부정적인 영향이 일관되게 나타났으므로 더욱 주의할 필요가 있겠다. 본 연구결과로 비만한 골다공증 환자에게서 내장 지방량을 줄이면서, 근육의 증량 등으로 물리적인 부하를 유지하는 것이 뼈건강을 증진시키는 것에 대한 근거를 마련하여, 비만의 관리와 치료에 기여할 것으로 생각된다.

주요어: 골밀도, 골다공증, 비만, 내장 지방, 허리둘레, 쌍둥이

학번: 2010-23822

목차

1. 서론	1
2. 연구자료와 방법	5
가) 자료원.....	5
나) 연구 대상.....	6
다) 변수	7
라) 연구 분석 방법.....	10
3. 연구 결과	12
가) 대상자의 일반적 특성	12
나) 골밀도와 관련 있는 인자	16
다) 성별층화 후 골밀도 관련 인자	21

라) 폐경여부 증화 후 비만도(BMI), 복부비만에 따른 허리둘레와 골밀도의 관계	26
마) 일란성 쌍둥이에서 허리둘레와 골밀도의 관계	31
4. 고찰	33
가) 기존 연구결과와의 비교	33
나) 본 연구의 장점 및 제한점	37
5. 결론	41
6. 참고문헌.....	43
영문초록.....	52

List of Tables and Figures

Figure 1. Sampling flow chart	9
Table 1. Baseline characteristics	15
Table 2-1. Factors associated with whole bone mineral density using multiple linear regression	17
Table 2-2. Factors associated with spine bone mineral density using multiple linear regression	18
Table 2-3. Factors associated with whole arm bone mineral density using multiple linear regression	19
Table 2-4. Factors associated with whole leg bone mineral density using multiple linear regression	20

Table 3-1. The association of waist circumference with whole body bone mineral density using stratification	22
Table 3-2. The association of waist circumference with spine bone mineral density using stratification	23
Table 3-3. The association of waist circumference with whole arm bone mineral density using stratification	24
Table 3-4. The association of waist circumference with whole leg bone mineral density using stratification	25
Table 4-1. The association of waist circumference with whole body bone mineral density according to menopause status.....	27
Table 4-2. The association of waist circumference with spine bone mineral density according to menopause status	28

Table 4-3. The association of waist circumference with whole arm bone mineral density according to menopause status..... 29

Table 4-4. The association of waist circumference with whole leg bone mineral density according to menopause status..... 30

Table 5. The association of waist circumference and bone mineral density using generalized estimating equations 32

1. 서론

비만은 현대사회에서 가장 흔한 질병 중의 하나이자 고혈압, 당뇨, 뇌졸중 등 심혈관계 질환의 원인으로 알려져 있다. [1-3] 국민건강 영양조사에 따르면 우리나라 성인인구 중 비만 인구의 비율은 1차 조사 당시인 1998년 26.7%에서 4차 조사 기간이었던 2007~2009년도에는 30.9%로 증가하였으며 같은 기간 복부비만의 비율도 22.4%에서 24.1%로 증가하여, 사회적 문제로 대두되고 있다. [4]

비만의 평가를 위한 방법은 비만도(body mass index, BMI), 피부두께 측정(skin fold thickness), WHR(Waist-hip ratio), 허리둘레(waist circumference) 등 다양하게 제시되고 있으나 그 중 허리둘레가 가장 복부 지방량을 잘 나타내는 것으로 알려져 있으며, 다른 측정법보다 내장 지방량을 잘 반영함으로써 내장 지방으로 인해 증가하는 심혈관계 질환 위험도를 가장 잘 나타내는 지표 중 하나이다. [5, 6]

비만은 골밀도 및 골다공증과도 연관되어 있는 것으로 알려져 있다. 골다공증은 병적 골절을 증가시킴으로써 사망률을 높이는 것으로 알려져 있는 질환이다. 한 연구에서는 골감소증만으로도 사망률이 증가함을 보고하였다.[7-10] 그러나 다른 질병과는 달리 골밀도는 비만한 사람에서 증가하고 따라서 골감소증이나 골다공증은 비만한 사람에게서 더 적은 것으로 보고되어, 비만이 골다공증에 대한 보호인자로 작용하는 것으로 알려져왔다. [11, 12] 그러나 최근의 연구결과에 따르면 골밀도는 단순히 몸무게 뿐만 아니라 지방의 분포, 골격근의 양 등에 따라 영향을 받는 것으로 생각된다. 국내의 쌍둥이를 대상으로 한 연구에서 총 지방량보다 근육량이 골밀도에 더 많은 영향을 주는 것으로 나타나 같은 키와 몸무게라도 지방량이 많은 형태보다는 근육량을 많은 형태가 골밀도에 긍정적 영향을 줌을 보여주어 체중부하만으로 골밀도에 주는 영향을 판단할 수 없음을 보여주었다. [13] 골밀도와 지방의 분포에 관한 연구결과에는 아직 논란이 있다. 이전 연구에서 골밀도는 일반적으로

허리둘레가 두꺼울수록, 혹은 복부 지방량이 많을수록 증가하는 것으로 보고되었다. [14, 15] 다른 연구에서는 반대로 피하 지방량이 증가할수록 피질골의 양이 증가하지만, 내장 지방량이 증가할수록 피질골의 양이 감소하는 결과를 보고하였으며, 이 결과는 내장 지방량 증가에 따른 인슐린 저항성이 골밀도 감소의 주요 기전일 것이라고 제시하였다. [16] 노인뿐만 아니라 젊은 연령층을 대상으로 한 연구에서도 비슷한 결과를 확인할 수 있었다. 비만한 청소년 여성만을 대상으로 한 연구에서도 내장 지방량은 골밀도와 음의 상관관계를 보였다. [17] 소아를 대상으로 내장 지방량의 지표로 총 복부지방량을 사용하여 골밀도와의 연관성을 본 연구에서도 복부지방량이 증가할수록 골량은 감소하였다. [18] 그러나 이 연구들은 다중 공선성이 있는 변수를 함께 분석하여 선형분석의 beta값의 오류를 배제할 수 없거나, [14] 인구학적 특성 면에서 고학력층, 고임금을 받는 사람이 주를 이루는 등 일반 인구를 대표할 수 없었고 [14, 15] 제한된 연령대를 대상으로 삼아, [16-18] 연구결과를 일반적으로

적용하기에 한계가 있었다. 또한 나이 이외 알려진 교란변수의 보정이 제대로 이루어지지 않은 연구도 있었다. [16-18]

따라서 본 연구에서는 내장 지방량의 지표인 허리둘레와 골밀도와의 상관관계를 쌍둥이 코호트를 이용하여 분석함으로써 유전적 요인과 일부 환경적 요인을 보정한 상태에서 허리둘레와 골밀도의 관계를 밝히고자 한다.

2. 연구방법

가) 자료원

질병관리본부 국립보건연구원 유전체센터에서는 한국인에서 많이 발생하는 당뇨병, 고혈압, 골다공증, 비만, 대사증후군 및 고지혈증 등 만성질환의 주요 위험요인과 유전적 특성 및 이들 간의 상호작용 규명을 위하여 2001년부터 일반인구집단을 대상으로 '한국인유전체역학조사사업 (Korean Genome and Epidemiology Study, KoGES)'이라는 코호트 구축사업을 시작하였다. KoGES의 일환인 쌍둥이 코호트는 2005년부터 같은 성별의 쌍둥이와 직계가족을 대상으로 참여자를 모집하였다. 설문 조사 항목으로는 표준공통설문 및 쌍둥이 특이적인 설문(난성평가, 쌍둥이의 신체-정신 성장과정 평가 등), 불안(상태 및 기질) 성격-기질 검사 및 식습관, 가계도 정보와 각 구성원의 질병에 대한 내용을 포함하고 있다. [19, 20]

나) 연구대상

2006-2011년까지 수집된 쌍둥이 코호트의 참여자 중 설문, 신체측정 및 골밀도 검사를 시행한 인원은 1,333명이었다. 이 중 골다공증으로 이미 치료중이거나 골밀도에 영향을 주는 요인으로 알려진 압, 갑상선 기능항진증, 류마티스 관절염이 있는 사람을 제외하고 총 1,228명이 최종적으로 선별되었다. (Figure 1)

그 중 co-twin control analysis에서는 일란성 쌍둥이 중에서 허리둘레의 불일치가 있는 군을 선정하여 허리둘레와 골밀도와의 상관관계를 알아보고자 하였다. 이전 비슷한 디자인의 쌍둥이 연구가 없었으나 임상적으로 허리둘레의 차이가 5%이상이면 골밀도의 차이를 나타낼 수 있을 것으로 판단하여, 허리둘레의 차이가 5%이상인 쌍둥이 233쌍을 선별하였다. 이 233쌍을 대상으로 co-twin control study를 추가로 시행하였다. 본 연구에서는 젊은 연령의 남녀를 포함하여 분석하였는데,

이는 젊은 시절의 골밀도가 고령에서 골다공증이나 골절에 영향을 주기 때문이다. [21]

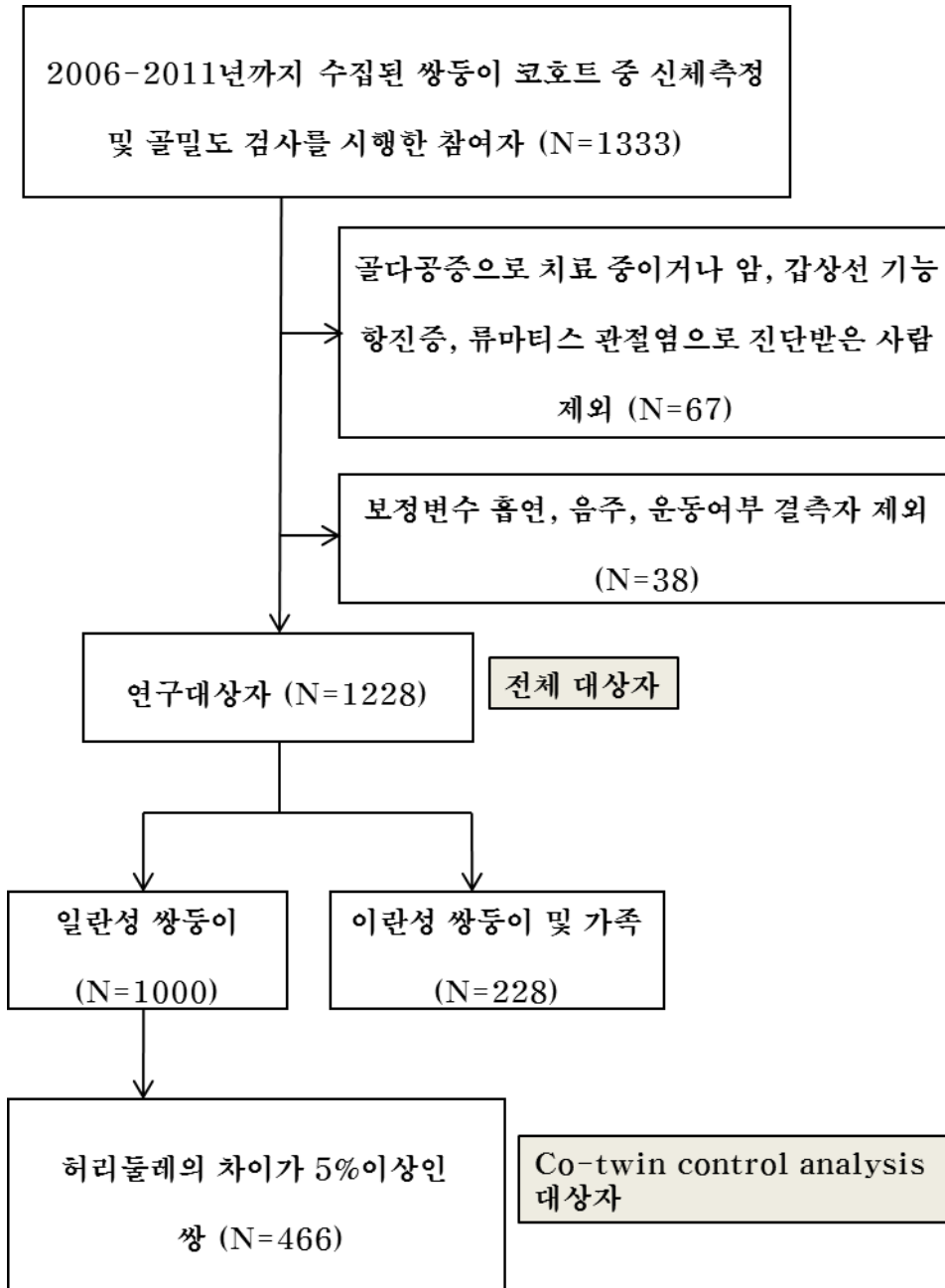
다) 변수

KoGES의 설문과 검사 결과를 이용하여 변수를 정의하였다. 검사 당시의 나이는 정규분포 하지 않았으므로 10세 단위로 구분하여 범주형 변수로 재구성하였다. 골밀도는 dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) Delphi W (Hologic, Boston, MA, USA)를 이용하여 신체면적 (cm²)과 골량 (bone mineral concentration(g))을 구한 후 골량을 신체면적으로 나누어 사용하였으며 whole body, spine, whole arm, whole leg의 4개의 측정량을 이용하였다. 허리둘레와 키는 연속변수로 사용하였으며 비만도 (BMI)는 아시아 기준에 따라 저체중, 정상, 과체중, 비만의 4개 군으로 나누었다. 폐경은 일반적으로 통용되는 폐경의 정의에 따라 일차성 폐경은 1년이상 연속하여 월경이 없었던 경우로 정의하였다.[22] 수술로 인한

이차성 폐경의 경우 폐경이 여성호르몬의 변화를 의미하기 어려우므로,
50세 이상인 경우를 폐경으로 포함시켰다.

평생 100개피 이상 흡연한 적이 있는지에 따라 흡연 유무를 분류하였으며
음주의 경우 "귀하는 원래 술을 못 마시거나 또는 처음부터 (종교적인
이유 등으로) 술을 안 마십니까?"라는 질문에 '아니오'로 응답한 경우를
음주자로 분류하였다. 운동은 몸에 땀이 날 만큼의 강도로 정기적으로
운동할 경우 '예', 그 외의 경우를 '아니오'로 분류하였다. 골다공증에
영향을 줄 수 있는 칼슘제 복용여부 및 당뇨여부를 분석 변수에
포함하였다.

Fig 1. Sampling flow chart



라) 연구 분석 방법

골밀도는 성별의 영향을 배제할 수 없으므로 모든 분석은 남성과 여성을 나누어 분석하였다. 여성은 월경여부에 대해 보정하거나 층화하였다.

대상자의 기본 인구학적 특성을 기술하였고, 정규 분포하는 변수는 평균과 표준편차로, 정규 분포하지 않는 변수는 평균과 표준편차 외에 중앙값과

1,3분위수로 나타내었다. 범주화 변수의 경우는 각 범주에 해당하는 수와

백분율을 표기하였다. 골밀도와 관련 있는 인자들을 다중 선형

회귀분석(multivariate linear regression)을 통하여 분석하였다. 이후

비만도 및 허리둘레로 층화하여 골밀도와 허리둘레와의 관계를 다중 선형

회귀분석으로 분석하였다. 전체 대상자 중 일란성 쌍둥이면서 허리둘레의

차이가 큰 233쌍에 대해서는 GEE(generalized estimating equations)을

이용한 co-twin analysis 로 허리둘레와 골밀도 간의 관계를 알아보았다.

[23] 골다공증으로 포함한 대부분의 만성질환은 다양한 유전자 및 환경의

영향을 받고, 대부분의 유전요인과 환경요인은 알려져 있지 않으므로 이를

통제하기란 사실상 불가능하다. 일란성 쌍둥이를 이용한 co-twin analysis는 유전자의 영향을 통제할 수 있으며, 대부분의 쌍둥이는 비슷한 환경에서 성장하고 생활하였으므로 환경적 요인에 의한 영향도 일반 인구를 대상으로 한 연구에 비해 상대적으로 더 많이 통제 가능하다.[20]

모든 분석은 통계 프로그램으로 stata 12.0(STATA corp. LP)을 이용하였다.

3. 연구결과

가) 대상자의 일반적 특성

전체 연구대상자 1,228명 중 남성은 446명, 여성은 762명이었다. 이중 폐경 전 여성은 689명, 폐경 후 여성은 73명이었다. 평균 나이는 남성 38.76세, 여성 37.36세로 큰 차이가 없었으며 30-40대가 연구대상자의 80%이상을 차지하였다. 폐경 전 여성의 평균나이는 36.23세, 폐경 후 여성의 평균 나이는 48.05세로 폐경 후 여성이 평균연령이 더 높았다. 남성의 전신 골밀도 평균은 $1.17\text{g}/\text{cm}^2$, 척추는 $0.99\text{g}/\text{cm}^2$, 팔은 $0.86\text{g}/\text{cm}^2$, 다리는 $1.27\text{g}/\text{cm}^2$ 이었으며 여성의 전신골밀도 평균은 $1.10\text{g}/\text{cm}^2$, 척추는 $0.97\text{g}/\text{cm}^2$, 팔은 $0.72\text{g}/\text{cm}^2$, 다리는 $1.10\text{g}/\text{cm}^2$ 이었다. 폐경 전후를 비교하였을 때는 폐경 후 여성이 골밀도가 모두 낮게 나타났다. 몸무게는 남성은 평균 70.06kg, 여성은 55.27kg으로 남성이 더 무거웠으며, 키는 남성은 평균 169.25cm, 여성은

157.23cm이었다. 비만도는 남성의 경우 비만인 군이 39.48%로 가장 많았고, 이어 과체중, 정상군 순이었으며 여성의 경우 정상체중 59.06%로 이 대부분을 차지하였다. 허리둘레 평균은 남성은 83.81cm, 여성은 75.30cm으로 정상범위 내에 있었다. 평생 담배를 100개피 이상 핀 사람의 수는 남성 72.75%, 여성 10.50%로 남성이 더 많았다. 음주자는 남성 85.19%, 여성 71.39%였다. 폐경 후 여성은 폐경 전 여성보다 음주율이 낮았다. 남성의 2.79%가 칼슘제를 복용하고 있었으며 여성은 7.87%가 복용 중이었다. 특히 폐경 후 여성의 경우 19.18%가 칼슘제를 복용중이었다. 또한 남성의 3.65%, 여성의 2.10%는 당뇨로 진단받고 치료 중이었다. (Table 1)

Table 1. Baseline characteristics

Variable	Men (n=446)	Premenopausal women (n=689)	Postmenopausal women (n=73)	Overall women (n=762)
Age, years				
Mean (SD)	38.78 (7.66)	36.23 (5.96)	48.05 (7.08)	37.90 (7.29)
Median (IQR)	36 (33, 45)	35 (32, 40)	51 (46, 53)	35 (33, 43)
Age group, n(%)				
20-29	18 (3.86)	59 (8.56)	1 (1.37)	78 (6.35)
30-39	279 (59.87)	435 (63.13)	19 (13.70)	724 (58.96)
40-49	106 (22.75)	185 (26.85)	18 (24.66)	309 (25.16)
50-59	61 (13.09)	10 (1.45)	43 (58.90)	114 (9.28)
≥60	2 (0.43)	0 (0)	1 (1.37)	3 (0.24)
BMD, g/cm ²				
Mean (SD)				
whole body	1.17 (0.17)	1.10 (0.14)	1.01 (0.12)	1.13 (0.16)
Spine	0.99 (0.13)	0.98 (0.13)	0.86 (0.14)	0.98 (0.14)
whole arms	0.86 (0.94)	0.72 (0.97)	0.67 (0.75)	0.77 (0.12)
whole legs	1.27 (0.12)	1.10 (0.11)	1.06 (0.17)	1.16 (0.14)
Weight, kg				
Mean (SD)	70.06 (9.60)	55.35 (7.94)	54.53 (7.06)	60.88 (11.17)
Median (IQR)	69.05 (63.6, 76)	54.3 (50, 59.7)	52.2 (49.4, 57.9)	59 (52.3, 68)

Height, cm				
Mean (SD)	169.25 (5.65)	157.51 (5.36)	154.57 (5.03)	161.79 (8.01)
BMI, n(%)				
<18.5	6 (1.29)	34 (4.93)	3 (4.11)	43 (3.50)
18.5-22.9	134 (28.76)	412 (59.80)	38 (52.05)	584 (47.56)
23-24.9	142 (30.47)	143 (20.75)	17 (23.29)	302 (24.59)
≥25	184 (39.48)	100 (14.51)	15 (20.55)	299 (24.35)
Waist, cm				
Mean (SD)	83.81 (7.37)	75.20 (7.88)	76.25 (7.62)	78.53 (8.72)
Smoking, n(%)				
ever smoker	339 (72.75)	73 (10.60)	7 (9.59)	419 (34.12)
Alcohol, n(%)				
Drinking	397 (85.19)	504 (73.15)	40 (54.79)	941 (76.63)
Exercise, n(%)				
regular exercise	195 (41.85)	192 (27.87)	28 (33.36)	415 (33.79)
Intake of calcium supplement, n(%)				
Yes	13 (2.79)	46 (6.68)	14 (19.18)	73 (5.94)
Diabetes mellitus, n(%)				
Yes	17 (3.65)	12 (1.74)	4 (5.48)	33 (2.69)
Zygoty, n(%)				
Monozygotic twin, n(%)	367 (78.76)	574 (83.31)	59 (80.82)	633 (83.07)
Dizygotic twin, n(%)	98 (21.03)	110 (15.97)	14 (19.18)	124 (16.27)
Parents and relatives, n(%)	1 (0.21)	5 (0.73)	0 (0)	5 (0.66)

나) 골밀도와 관련 있는 인자

남성과 여성을 나누어 다중 선형 회귀분석을 이용하여 골밀도와 관련 있는 인자들을 찾아보았을 때 남녀모두에서 유의하게 나타난 변수는 허리둘레, 키, 운동여부였으며 여성의 폐경여부도 유의하게 나타났다. 남녀 모두에서 허리둘레는 골밀도와 양의 상관관계 (whole body BMD: men $\beta=0.002$ (95%CI 0.000~0.004), women $\beta=0.002$ (95%CI 0.001~0.003))를 보였으며 키도 일부 골밀도 항목에서 유의하게 양의 상관관계 (whole leg BMD: men $\beta=0.004$ (95%CI 0.002~0.006))를 나타내었다. 운동을 하는 경우는 하지 않는 경우에 비해 팔 골밀도를 제외한 모든 골밀도 항목에서 양의 기울기를 보였다. (whole body BMD: men $\beta=0.042$ (95%CI 0.010~0.075), women $\beta=0.023$ (95%CI 0.002~0.045)) (Table 2)

Table 2–1. Factors associated with whole bone mineral density using multiple linear regression

Bone mineral density, g/cm ²	whole body (β coefficient)	
	Men	Women
Age		
20-29	reference	reference
30-39	-0.069 (-0.153, 0.014)	-0.009 (-0.046, 0.028)
40-49	-0.079 (-0.167, 0.010)	-0.001 (-0.042, 0.040)
50-59		-0.04 (-0.104, 0.023)
≥ 60	0.040 (-0.226, 0.307)	0.036 (-0.240, 0.312)
Waist circumference (cm)	0.002 (0.000, 0.004)	0.002 (0.001, 0.003)
Height (cm)	-0.002 (-0.005, 0.001)	0.001 (-0.001, 0.002)
Smoking (ever/never)	-0.019 (-0.056, 0.018)	-0.016 (-0.048, 0.016)
Alcohol (yes/no)	0.003 (-0.043, 0.049)	0.010 (-0.012, 0.032)
Exercise (yes/no)	0.042 (0.010, 0.075)	0.023 (0.002, 0.045)
Intake of calcium supplement (yes/no)	-0.051 (-0.150, 0.047)	-0.018 (-0.055, 0.019)
Diabetes mellitus (yes/no)	-0.024 (-0.112, 0.065)	-0.005 (-0.074, 0.065)
Menopause (yes/no)		-0.082 (-0.127, -0.036)

Table 2–2. Factors associated with spine bone mineral density using multiple linear regression

Bone mineral density, g/cm ²	spine (β coefficient)	
	Men	Women
Age		
20-29	reference	reference
30-39	-0.056 (-0.120, 0.008)	0.012 (-0.024, 0.047)
40-49	-0.052 (-0.120, 0.016)	0.022 (-0.017, 0.061)
50-59	-0.034 (-0.107, -0.039)	-0.076 (0.137, -0.016)
≥ 60	-0.029 (-0.235, 0.177)	-0.092 (-0.357, 0.173)
Waist circumference (cm)	0.001 (-0.001, 0.003)	0.002 (0.001, 0.004)
Height (cm)	0.002 (-0.000, 0.004)	0.002 (-0.000, 0.003)
Smoking (ever/never)	0.013 (-0.015, 0.041)	-0.026 (-0.057, 0.005)
Alcohol (yes/no)	-0.009 (-0.045, 0.027)	0.019 (-0.002, 0.041)
Exercise (yes/no)	0.034 (0.009, 0.059)	0.018 (-0.003, 0.039)
Intake of calcium supplement (yes/no)	0.017 (-0.060, 0.093)	-0.021 (-0.056, 0.015)
Diabetes mellitus (yes/no)	0.000 (-0.068, 0.069)	-0.043 (-0.110, 0.024)
Menopause (yes/no)		-0.067 (-0.111, -0.024)

Table 2–3. Factors associated with whole arm bone mineral density using multiple linear regression

Bone mineral density, g/cm ²	whole arm (β coefficient)	
	Men	Women
Age		
20-29	reference	reference
30-39	-0.047 (-0.092, -0.002)	0.021 (-0.005, 0.046)
40-49	-0.052 (-0.100, -0.005)	0.026 (-0.002, 0.054)
50-59	-0.055 (-0.105, -0.004)	0.004 (-0.039, 0.048)
≥ 60	0.000 (-0.143, 0.143)	0.028 (-0.161, 0.217)
Waist circumference (cm)	0.002 (0.000, 0.003)	0.002 (0.001, 0.003)
Height (cm)	0.001 (-0.000, 0.003)	0.000 (-0.001, 0.002)
Smoking (ever/never)	0.010 (-0.010, 0.030)	-0.014 (-0.036, 0.008)
Alcohol (yes/no)	-0.002 (-0.026, 0.023)	0.006 (-0.009, 0.021)
Exercise (yes/no)	0.006 (-0.011, 0.023)	0.010 (-0.005, 0.025)
Intake of calcium supplement (yes/no)	-0.027 (-0.080, 0.027)	-0.001 (-0.024, 0.026)
Diabetes mellitus (yes/no)	0.007 (-0.040, 0.055)	-0.013 (-0.061, 0.034)
Menopause (yes/no)		-0.043 (-0.074, -0.012)

Table 2–4. Factors associated with whole leg bone mineral density using multiple linear regression

Bone mineral density, g/cm ²	whole legs (β coefficient)	
	Men	Women
Age		
20-29	reference	reference
30-39	-0.070 (-0.126, -0.014)	-0.011 (-0.040, 0.017)
40-49	-0.073 (-0.133, -0.014)	-0.010 (-0.041, 0.022)
50-59	-0.090 (-0.153, -0.026)	-0.045 (-0.094, 0.004)
≥ 60	-0.030 (-0.210, 0.150)	0.016 (-0.198, 0.230)
Waist circumference (cm)	0.003 (0.001, 0.004)	0.005 (0.004, 0.006)
Height (cm)	0.004 (0.002, 0.006)	0.001 (-0.000, 0.003)
Smoking (ever/never)	-0.006 (-0.030, 0.019)	0.001 (-0.024, 0.026)
Alcohol (yes/no)	0.005 (-0.026, 0.036)	0.001 (-0.017, 0.018)
Exercise (yes/no)	0.034 (0.013, 0.056)	0.025 (0.009, 0.042)
Intake of calcium supplement (yes/no)	-0.023 (-0.089, 0.044)	0.006 (-0.022, 0.035)
Diabetes mellitus (yes/no)	0.008 (-0.051, 0.068)	0.003 (-0.050, 0.058)
Menopause (yes/no)		-0.028 (-0.063, 0.007)

다) 성별 층화 후 비만도(BMI), 복부비만에 따른 허리둘레와 골밀도의 관계

본 연구에서는 비만도가 비슷한 경우 허리둘레와 골밀도의 역의 상관관계를 지닐 것이라는 가설을 세웠으므로, 비만도에 따라 층화하여 비만도의 영향을 보정한 후 허리둘레와 골밀도의 관계를 보고자 하였다.

층화 후 남성은 저체중인 군이 적어 통계학적 검증이 불가능하였다. 그 외의 군에서는 각 비만도별로 허리둘레와 골밀도가 대체로 음의 상관관계를 보였으며 특히 과체중인 여성군에서 유의하게 나타났다.

(whole body BMD: women $\beta = -0.008$ (95%CI $-0.013 \sim -0.003$))

한국기준에 따른 복부비만이 있는 군과 정상군으로 나누어 복부비만 여부에 따라 허리둘레와 골밀도의 연관성이 다르게 나타나는지 확인하고자 하였으며, 층화 후 허리둘레와 골밀도의 관계를 보았을 때는 일정한 경향성을 찾을 수 없었다. (Table 3)

Table 3–1. The association of waist circumference with whole body bone mineral density using stratification

Bone mineral density, g/cm ²	whole body	
	Men*	Women**
BMI		
<18.5	.	-0.002 (-0.013, 0.008)
18.5-22.9	-0.004 (-0.007, -0.001)	-0.000 (-0.003, 0.003)
23-24.9	-0.006 (-0.017, 0.004)	-0.008 (-0.013, -0.003)
≥25	0.001 (-0.004, 0.006)	0.002 (-0.001, 0.006)
Waist circumference		
Male<90 (Female<85)	0.003 (-0.000, 0.006)	0.002 (-0.000, 0.003)
Male≥90 (Female ≥85)	0.004 (-0.001, 0.010)	0.003 (-0.005, 0.011)

*adjusted for age, sex, height, smoking, alcohol, exercise, calcium supplement intake, diabetes mellitus.

**additional adjustment for menopause.

Table 3–2. The association of waist circumference with spine bone mineral density using stratification

Bone mineral density, g/cm ²	spine	
	Men*	Women**
BMI		
<18.5	.	-0.003 (-0.014, 0.008)
18.5-22.9	0.002 (-0.003, 0.007)	-0.001 (-0.004, 0.001)
23-24.9	-0.003 (-0.010, 0.003)	-0.007 (-0.013, -0.001)
≥25	-0.002 (-0.006, 0.002)	0.002 (-0.002, 0.006)
Waist circumference		
Male<90 (Female<85)	0.001 (-0.002, 0.003)	0.002 (0.000, 0.004)
Male≥90 (Female ≥85)	-0.000 (-0.008, 0.008)	0.003 (-0.004, 0.011)

*adjusted for age, sex, height, smoking, alcohol, exercise, calcium supplement intake, diabetes mellitus.

**additional adjustment for menopause.

Table 3–3. The association of waist circumference with whole arm bone mineral density using stratification

Bone mineral density, g/cm ²	whole arm	
	Men*	Women**
BMI		
<18.5	.	-0.003 (-0.010, 0.003)
18.5-22.9	-0.001 (-0.004, 0.002)	0.000 (-0.001, 0.002)
23-24.9	-0.000 (-0.004, 0.003)	-0.006 (-0.009, -0.002)
≥25	0.001 (-0.002, 0.004)	0.004 (0.001, 0.007)
Waist circumference		
Male<90 (Female<85)	0.000 (-0.001, 0.002)	0.001 (0.000, 0.003)
Male≥90 (Female ≥85)	0.004 (-0.002, 0.011)	0.005 (-0.001, 0.010)

*adjusted for age, sex, height, smoking, alcohol, exercise, calcium supplement intake, diabetes mellitus.

**additional adjustment for menopause.

Table 3–4. The association of waist circumference with whole leg bone mineral density using stratification

Bone mineral density, g/cm ²	whole legs	
	Men*	Women**
BMI		
<18.5	.	-0.005 (-0.013, 0.003)
18.5-22.9	-0.003 (-0.007, 0.001)	0.002 (0.001, 0.004)
23-24.9	-0.003 (-0.009, 0.003)	-0.008 (-0.013, -0.003)
≥25	0.001 (-0.002, 0.004)	0.006 (0.002, 0.009)
Waist circumference		
Male<90 (Female<85)	0.001 (-0.001, 0.003)	0.004 (0.003, 0.005)
Male≥90 (Female ≥85)	0.006 (-0.000, 0.103)	0.008 (0.001, 0.016)

*adjusted for age, sex, height, smoking, alcohol, exercise, calcium supplement intake, diabetes mellitus.

**additional adjustment for menopause.

라) 폐경여부 층화 후 비만도(BMI), 복부비만에 따른
허리둘레와 골밀도의 관계 허리둘레와 골밀도의 관계

여성에서는 폐경 후 골밀도의 급격한 감소가 일어나게 되므로 폐경여부에
따라 나누어 허리둘레와 골밀도의 연관성이 다르게 나타나는지

분석하였다. 여성에서 폐경 전후로 나눈 후 비만도에 대해 층화하여
보았을 때 폐경 전 여성에서 과체중군은 전신 골밀도(whole body BMD:

$\beta = -0.008$ (95%CI $-0.014 \sim -0.003$)), 척추 골밀도(spine BMD:

$\beta = -0.007$ (95%CI $-0.013 \sim -0.001$)), 팔 골밀도(whole arm BMD:

$\beta = -0.006$ (95%CI $-0.0130 \sim -0.002$)), 다리 골밀도(whole leg BMD:

$\beta = -0.008$ (95%CI $-0.014 \sim -0.003$)) 등 모든 골밀도에서 허리둘레와

골밀도가 역의 상관관계를 나타내었다. 폐경 후 여성에서는 특별한 경향을

찾을 수 없었으며 복부비만 여부로 층화하였을 때 복부비만에 따른

허리둘레와 골밀도의 연관성 차이는 확인할 수 없었다. (Table 4)

Table 4–1. The association of waist circumference with whole body bone mineral density according to menopause status

Bone mineral density, g/cm ²	whole body (β coefficient)	
	Premenopause*	Postmenopause*
BMI (kg/m ²)		
<18.5	-0.003 (-0.014, 0.007)	
18.5-22.9	-0.001 (-0.003, 0.002)	0.007 (-0.001 0.016)
23-24.9	-0.008 (-0.014, -0.003)	0.006 (-0.003, 0.016)
≥ 25	0.003 (-0.001, 0.007)	0.000 (-0.003, 0.029)
Abdominal obesity		
Male<90cm (Female<85cm)	0.001 (-0.000, 0.003)	0.005 (-0.000, 0.010)
Male ≥ 90 cm (Female ≥ 85 cm)	0.003 (-0.005, 0.012)	-0.002 (-0.086, 0.082)

*adjusted for age, height, smoking, alcohol, exercise, calcium

supplement intake, diabetes mellitus.

Table 4–2. The association of waist circumference with spine bone mineral density according to menopause status

Bone mineral density, g/cm ²	spine (β coefficient)	
	Premenopause*	Postmenopause*
BMI (kg/m ²)		
<18.5	-0.004 (-0.015, 0.007)	
18.5-22.9	-0.002 (-0.004, 0.002)	0.007 (-0.003, 0.017)
23-24.9	-0.007 (-0.013, -0.001)	0.011 (-0.003, 0.024)
≥ 25	0.004 (-0.001, 0.008)	-0.003 (-0.024, 0.019)
Abdominal obesity		
Male<90cm (Female<85cm)	0.002 (0.000, 0.004)	0.004 (-0.002, 0.010)
Male ≥ 90 cm (Female ≥ 85 cm)	0.004 (-0.004, 0.012)	-0.027 (-0.059, 0.064)

*adjusted for age, height, smoking, alcohol, exercise, calcium supplement intake, diabetes mellitus.

Table 4–3. The association of waist circumference with whole arm bone mineral density according to menopause status

Bone mineral density, g/cm ²	whole arm (β coefficient)	
	Premenopause*	Postmenopause*
BMI (kg/m ²)		
<18.5	-0.004 (-0.010, 0.002)	
18.5-22.9	-0.000 (-0.002, 0.002)	0.004 (-0.002, 0.010)
23-24.9	-0.006 (-0.010, -0.002)	0.004 (-0.007, 0.015)
≥ 25	0.005 (0.003, 0.007)	-0.004 (-0.020, 0.011)
Abdominal obesity		
Male<90cm (Female<85cm)	0.001 (-0.00, 0.002)	0.002 (-0.002, 0.005)
Male ≥ 90 cm (Female ≥ 85 cm)	0.003 (-0.002, 0.009)	-0.003 (-0.102, 0.005)

*adjusted for age, height, smoking, alcohol, exercise, calcium supplement intake, diabetes mellitus.

Table 4–4. The association of waist circumference with whole leg bone mineral density according to menopause status

Bone mineral density, g/cm ²	whole legs (β coefficient)	
	Premenopause*	Postmenopause*
BMI (kg/m ²)		
<18.5	-0.005 (-0.014, 0.003)	
18.5-22.9	0.002 (0.000, 0.004)	0.006 (-0.003, 0.015)
23-24.9	-0.008 (-0.014, -0.003)	0.002 (-0.010, 0.014)
≥ 25	0.006 (0.003, 0.008)	0.006 (-0.048, 0.060)
Abdominal obesity		
Male<90cm (Female<85cm)	0.004 (0.003, 0.005)	0.004 (-0.001, 0.009)
Male ≥ 90 cm (Female ≥ 85 cm)	0.008 (0.001, 0.015)	-0.033 (-0.168, 0.122)

*adjusted for age, height, smoking, alcohol, exercise, calcium supplement intake, diabetes mellitus.

마) 일란성 쌍둥이에서 허리둘레와 골밀도의 관계

허리둘레의 불일치가 있는 일란성 쌍둥이에서 GEE를 이용하여 분석하였을 때 허리둘레와 전신 골밀도는 남성과 여성모두에서 유의한 경향성을 나타내지 못하였다. (whole body BMD: men $\beta = -0.001$ (95%CI $-0.006 \sim 0.004$), women $\beta = 0.001$ (95%CI $-0.002 \sim 0.004$)) 남녀를 합쳐 분석하였을 때도 유의한 경향성은 없었다. (whole body BMD: $\beta = 0.000$ (95%CI $-0.002 \sim 0.003$)) 척추와 팔, 다리의 골밀도 역시 유의한 결과를 나타내지 못하였다. (Table 5)

Table 5. The association of waist circumference and bone mineral density using generalized estimating equations

Bone mineral density, g/cm ²	Waist circumference (β coefficient)		
	Men*	Women**	Overall**
whole body	-0.001 (-0.006, 0.004)	0.001 (-0.002, 0.004)	0.000 (-0.002, 0.003)
Spine	-0.001 (-0.003, 0.002)	-0.001 (-0.003, 0.002)	-0.001 (-0.003, 0.001)
whole arms	0.002 (0.000, 0.005)	-0.001 (-0.002, 0.002)	0.000 (-0.001, 0.002)
whole legs	0.000 (-0.002, 0.003)	0.002 (-0.001, 0.004)	0.001 (-0.001, 0.002)

*adjusted for age, sex, height, smoking, alcohol, exercise, calcium supplement intake, diabetes mellitus.

**additional adjustment for menopause.

4. 고찰

가) 기존 연구결과와의 비교

본 연구에서 비만으로 증화하지 않았을 때는 허리둘레와 골밀도가 양의 상관관계를 나타내었다. 이는 허리둘레가 굵은 사람은 체중이 높게 나타나기 때문으로, 체중이 뼈의 기계적인 부하를 증가시켜 골밀도의 증가를 나타낸다는 기존의 연구 결과와 일치한다. [24, 25] 그러나 비만도 증화 후에는 허리둘레가 증가할수록 골밀도가 감소하는 상반되는 결과를 보여주었다. 허리둘레는 내장 지방의 지표이며, 이전 연구들에서도 몸무게나 비만도를 보정한 경우 내장 지방은 골밀도와 음의 상관관계를 보이는 것으로 알려져 있다. [16, 26, 27]

오랜 기간 동안 지방은 에너지 저장을 담당하는 수동적인 역할을 하는 것으로 알려져 왔다. 그러나 최근 연구들에서 내장 지방은 일종의 호르몬 기관으로 작용하여 에스트로젠 (estrogen), 렙틴 (leptin), 아디포넥틴

(adiponectin) 등의 분비를 조절하는 것으로 알려졌으며, 이러한 물질들이 골대사에 관여하여 골밀도를 감소시키는 것으로 생각되고 있다. 그러나 각 물질의 역할 및 골대사에 미치는 영향은 아직 정립되지 않았다.

성호르몬인 에스트로겐 (estrogen)은 파골세포 (osteoclast)의 활동을 억제하여 골밀도를 증가시키는 역할을 하며, 안드로겐 (androgen)역시 방향화효소 (aromatase)에 의해 에스트로겐으로 변환되어 골밀도에 보호효과를 나타낸다. 성호르몬은 내장 지방에 반비례하여 감소하므로, 내장 지방이 많아지면 파골세포의 활동을 억제하지 못하여 골밀도가 감소하게 된다. [28]

렙틴은 지방세포에서 분비되는 호르몬으로 체중의 항상성 유지에 관여하며, 지방과 골밀도와의 관계를 설명하는 가장 중요한 물질로 생각된다. 지방세포 양이 증가하면 렙틴이 증가하고, 지방세포 양이 감소하면 렙틴이 감소하는 것으로 알려져 있다. [29] 골대사에 영향을

주는 기전은 아직 완전히 규명되지 않으나 조골세포 (osteoblast)의 분화를 촉진시켜 뼈의 생성에 도움을 주는 것으로 추측된다. 따라서 렙틴이 증가하면 골대사에 긍정적인 영향을 줄 것으로 추정되나 렙틴과 골밀도와의 관계에 대해서는 상반된 보고들이 존재한다. 한 연구에서 렙틴은 몸무게, 키와 독립적으로 뼈의 크기와 역의 상관관계를 보였다고 보고하였고,[30] 다른 연구에서는 렙틴이 뼈에 보호효과를 나타낸다는 상반된 보고를 하였다.[31] 한편 비만군에서 렙틴이 증가하지만 골밀도와는 관련성이 나타나지 않았다는 보고도 있다. [32] 상기 연구들은 총 지방량을 이용하였으므로 내장 지방과 피하 지방의 역할을 구분할 수 없다는 단점이 있다. 내장 지방과 피하 지방을 구분하여 시행한 연구에서 렙틴은 내장 지방에 서 더 적게 분비되는 것으로 알려져[16] 본 연구에서는 같은 몸무게라도 내장 지방이 많은 군에서는 상대적으로 렙틴의 분비가 적어 골밀도가 낮게 나타난 것으로 추측된다.

아디포넥틴은 지방세포 특이적인 단백질로 피하 지방, 내장 지방, 골수 내

지방에서 생성된다. 비만한 사람에게서 감소하는 호르몬으로 염증감소 및 죽종형성 감소 효과를 가지는 것으로 알려져 있다. [33, 34] 아디포넥틴은 내장 지방의 영향을 주로 받으며, [35] 일부 연구에서는 골밀도와 역의 상관관계를 가지는 것으로 보고되었다. [36, 37] 따라서 허리둘레가 두꺼운 내장 지방이 많은 사람들은 아디포넥틴 농도가 낮아지고, 이에 따라 골밀도가 증가하는 것으로 추정되어 비만도가 높은 사람들이 골밀도가 높게 나타나는 것을 설명할 수 있는 인자로 생각된다.

본 연구의 결과를 종합하여 볼 때 비만할수록 골밀도가 증가하기는 하나, 비만도가 비슷한 경우에는 복부지방이 적은 사람이 골밀도가 더 높다는 결론을 내릴 수 있겠다. 이는 비만으로 인한 체중부하효과와 내장지방 효과의 평형으로 나타나는 결과로 생각된다. 비록 어느 정도의 비만도와 복부지방량이 골밀도에 가장 이상적인지는 밝혀져 있지 않으나, 본 연구에서 과체중인 여성에서는 골밀도와 내장지방량이 일관되게 역의 상관관계를 나타냈으므로 과체중인 여성에서는 내장지방량 증가에 더욱

주의할 필요가 있겠다.

골밀도나 키, 몸무게 등은 유전적 요인의 영향을 많이 받는 변수로 알려져 있다. 특히 키, 몸무게는 유전적 요인의 설명력이 약 50%정도로 추정된다.

[38] 본 연구에서는 일란성 쌍둥이를 대상으로 co-twin control analysis를 통하여 유전적인 요인과 일부 환경적 요인을 배제한 후 허리둘레와 골밀도의 관계를 분석하였다. co-twin control analysis에서는 유의한 결과를 도출해내지 못하였는데 그 이유로 co-twin analysis에서는 비록 비만도를 저체중군, 정상군, 과체중군, 비만군으로 나누어 보정하였으나, 보정이 충분하지 못한 점을 생각해볼 수 있다. Co-twin analysis대상군이 더 모집된다면 이후 층화하여 분석을 시도해볼 수 있을 것이다.

나) 본 연구의 장점 및 제한점

이전 연구들이 나이, 성별, 키, 비만도 등의 신체측정 결과만을 보정 한

것에 비해 본 연구는 나이와 성별 외에도 설문을 통해 골밀도와 관련되어 있는 흡연, 음주, 운동, 약물복용, 질병력 등의 여러 인자들을 보정할 수 있었다.

한국여성의 폐경 연령은 평균 50세로 골밀도는 폐경 후 급격하게 감소하는 것으로 알려져 있다. [39, 40] 본 연구에서는 설문을 통해 폐경력을 확인하였으며, 일차성 폐경과 이차성 폐경을 모두 반영하였다. 또한 폐경 전후로 나누어 층화분석을 시행함으로써 폐경의 영향을 배제한 상태에서 분석한 결과를 제시하였다.

비록 결과가 유의하지는 않았으나 일관성 쌍둥이를 대상으로 분석을 시행하여 유전학적 영향 및 보정불가능 한 여러 환경적 요인을 배제한 상태에서 허리둘레가 골밀도에 주는 영향을 분석할 수 있었다는 점에서 의의를 찾을 수 있다.

본 연구의 제한점으로 허리둘레가 완벽하게 내장 지방량을 평가하지

못한다는 점을 들 수 있다. 허리둘레는 복부 피하 지방과 복부 내장 지방을 모두 포함하나, 일반적으로 내장 지방을 반영하는데 무리가 없다고 알려져 있다. [5] 그러나 개개인을 볼 때는 복부 피하 지방의 양에 따라 내장 지방 양에 오차가 발생할 수 있다. 그럼에도 불구하고 허리둘레 측정은 CT나 DEXA보다 측정이 간단하며, 검사비용이 적게 든다는 점에서 골다공증의 위험을 평가하기 위해 쉽게 사용될 수 있다는 장점을 가진다.

골밀도 측정에 DEXA를 이용한 경우에는 대상자의 키와 몸무게에 따라 골밀도를 과대평가 혹은 과소평가할 가능성이 있다. [41] 그러나 DEXA는 아직까지 골밀도 측정의 기준으로 사용되고 있으며, DEXA로 인한 측정오류를 최소화 하기 위하여 이전 연구들에서 사용한 방법과 같이 키를 보정하여 3차원적 구조를 반영하였다. [13]

또 다른 문제로 대상자 수가 충분하지 않아 통계학적 검증력이 떨어지는

문제를 들 수 있다. 특히 co-twin control analysis의 경우 부족한 대상자 수로 인하여 유의한 결과를 도출해내기 어려웠다.

본 연구는 단면적 연구로 허리둘레와 골밀도 사이의 선후관계를 밝힐 수 없으나, 앞서 언급한 여러 호르몬과 호르몬 유사 물질들에 의해 허리둘레와 골밀도의 연관성이 나타나는 것으로 추정된다.

5. 결론

골밀도는 허리둘레가 두꺼운 사람일수록 더 증가하는 경향을 보였다.

그러나 비만도로 층화한 후에 허리둘레가 증가할수록 골밀도가 감소하는 것을 알 수 있었다.

골밀도는 하중에 의한 물리적인 부하에 의해 증가하고, 내장 지방에 의해 영향을 받는 성호르몬, 렙틴, 아디포넥틴 등에 의해 내장 지방량이 증가할수록 감소한다. 그러나 이러한 물질들의 역할에 대해서는 아직 논란이 있으며, 골밀도와의 관계도 명확히 정립되지 않았다.

또한 이상적인 골밀도는 적당한 몸무게와 내장 지방량의 균형에 의해 이루어질 것으로 생각되나, 현재까지 평형점은 밝혀지지 않았다. 그러나 본 연구의 결과를 볼 때, 단순히 몸무게를 늘리는 것 보다 정기적인 근력부하 운동 및 유산소 운동을 통하여 내장 지방량을 줄이고 근육량을 늘리는 것이 골다공증의 예방에 도움이 될 수 있을 것이다.

공중보건학적 측면에서 비만은 만성적인 문제로 제기되어왔다. 그러나 골다공증 환자의 경우 비만이 보호효과가 있다고 알려져 있어 치료에 혼선을 빚는 경우가 흔하였다. 본 연구를 통하여 비만한 골다공증 환자에게서 내장 지방량을 줄이면서, 근육의 증량 등으로 물리적인 부하를 유지하여 뼈건강을 지키는 것에 대한 근거를 마련하여 비만의 관리에 한층 기여할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 허리둘레와 골밀도와의 연관성을 나타내는 기전은 검증하지 못하였다. 향후 추가 연구를 통해 두 인자를 연결하는 물질을 찾아내고, 그에 맞추어 골감소증 및 골다공증의 치료도 개선할 수 있을 것이라고 기대해 볼 수 있겠다.

6. 참고문헌

1. *Standards of medical care in diabetes--2011*. Diabetes Care, 2011. **34**
Suppl 1: p. S11-61.
2. Luo, W., et al., *A prospective study on association between 2years change of waist circumference and incident hypertension in Han Chinese*. Int J Cardiol, 2012.
3. Rheaume, C., M.E. Leblanc, and P. Poirier, *Adiposity assessment: explaining the association between obesity, hypertension and stroke*. Expert Rev Cardiovasc Ther, 2011. **9**(12): p. 1557-64.
4. Lim, S., et al., *Increasing Trends of Metabolic Syndrome in Korea -Based on Korean National Health and Nutrition Examination Surveys*. J Korean Diabetes Assoc, 2005. **29**(5): p. 432-439.
5. de Koning, L., et al., *Waist circumference and waist-to-hip ratio as predictors of cardiovascular events: meta-regression analysis of prospective*

studies. Eur Heart J, 2007. **28**(7): p. 850-6.

6. Wang, Y., et al., *Comparison of abdominal adiposity and overall obesity in predicting risk of type 2 diabetes among men*. Am J Clin Nutr, 2005. **81**(3): p. 555-63.
7. Grey, A. and M.J. Bolland, *The effect of treatments for osteoporosis on mortality*. Osteoporos Int, 2012.
8. Browner, W.S., et al., *Non-trauma mortality in elderly women with low bone mineral density. Study of Osteoporotic Fractures Research Group*. Lancet, 1991. **338**(8763): p. 355-8.
9. Browner, W.S., et al., *Mortality following fractures in older women. The study of osteoporotic fractures*. Arch Intern Med, 1996. **156**(14): p. 1521-5.
10. Center, J.R., et al., *Mortality after all major types of osteoporotic fracture in men and women: an observational study*. Lancet, 1999. **353**(9156): p. 878-82.

11. Gnudi, S., E. Sitta, and N. Fiumi, *Relationship between body composition and bone mineral density in women with and without osteoporosis: relative contribution of lean and fat mass.* J Bone Miner Metab, 2007. **25**(5): p. 326-32.
12. Saarelainen, J., et al., *Body mass index and bone loss among postmenopausal women: the 10-year follow-up of the OSTPRE cohort.* J Bone Miner Metab, 2012. **30**(2): p. 208-16.
13. Park, J.H., et al., *The association between fat and lean mass and bone mineral density: the Healthy Twin Study.* Bone, 2012. **50**(4): p. 1006-11.
14. von Muhlen, D., et al., *Associations between the metabolic syndrome and bone health in older men and women: the Rancho Bernardo Study.* Osteoporos Int, 2007. **18**(10): p. 1337-44.
15. Warming, L., P. Ravn, and C. Christiansen, *Visceral fat is more important than peripheral fat for endometrial thickness and bone mass in healthy*

- postmenopausal women*. Am J Obstet Gynecol, 2003. **188**(2): p. 349-53.
16. Gilsanz, V., et al., *Reciprocal relations of subcutaneous and visceral fat to bone structure and strength*. J Clin Endocrinol Metab, 2009. **94**(9): p. 3387-93.
17. Russell, M., et al., *Visceral fat is a negative predictor of bone density measures in obese adolescent girls*. J Clin Endocrinol Metab, 2010. **95**(3): p. 1247-55.
18. Afghani, A. and M.I. Goran, *The interrelationships between abdominal adiposity, leptin and bone mineral content in overweight Latino children*. Horm Res, 2009. **72**(2): p. 82-7.
19. Sung, J., et al., *Healthy Twin: a twin-family study of Korea--protocols and current status*. Twin Res Hum Genet, 2006. **9**(6): p. 844-8.
20. Sung, J., et al., *Do we need more twin studies? The Healthy Twin Study, Korea*. Int J Epidemiol, 2006. **35**(2): p. 488-90.

21. Loro, M.L., et al., *Early identification of children predisposed to low peak bone mass and osteoporosis later in life.* J Clin Endocrinol Metab, 2000. **85**(10): p. 3908-18.
22. Marjoribanks, J., et al., *Long term hormone therapy for perimenopausal and postmenopausal women.* Cochrane Database Syst Rev, 2012. **7**: p. CD004143.
23. Carlin, J.B., et al., *Regression models for twin studies: a critical review.* Int J Epidemiol, 2005. **34**(5): p. 1089-99.
24. Clark, E.M., A.R. Ness, and J.H. Tobias, *Adipose tissue stimulates bone growth in prepubertal children.* J Clin Endocrinol Metab, 2006. **91**(7): p. 2534-41.
25. Nguyen, N.D., et al., *Abdominal fat and hip fracture risk in the elderly: the Dubbo Osteoporosis Epidemiology Study.* BMC Musculoskelet Disord, 2005. **6**: p. 11.

26. Yamaguchi, T., et al., *Associations between components of the metabolic syndrome versus bone mineral density and vertebral fractures in patients with type 2 diabetes*. Bone, 2009. **45**(2): p. 174-9.
27. Janicka, A., et al., *Fat mass is not beneficial to bone in adolescents and young adults*. J Clin Endocrinol Metab, 2007. **92**(1): p. 143-7.
28. Klein, K.O., et al., *Effect of obesity on estradiol level, and its relationship to leptin, bone maturation, and bone mineral density in children*. J Clin Endocrinol Metab, 1998. **83**(10): p. 3469-75.
29. Lenchik, L., et al., *Adiponectin as a novel determinant of bone mineral density and visceral fat*. Bone, 2003. **33**(4): p. 646-51.
30. Taes, Y.E., et al., *Fat mass is negatively associated with cortical bone size in young healthy male siblings*. J Clin Endocrinol Metab, 2009. **94**(7): p. 2325-
- 31.
31. Thomas, T., et al., *Role of serum leptin, insulin, and estrogen levels as*

- potential mediators of the relationship between fat mass and bone mineral density in men versus women. Bone, 2001. 29(2): p. 114-20.*
32. Sahin, G., et al., *Body composition, bone mineral density, and circulating leptin levels in postmenopausal Turkish women. Rheumatol Int, 2003. 23(2): p. 87-91.*
33. Gimble, J.M. and M.E. Nuttall, *Bone and fat: old questions, new insights. Endocrine, 2004. 23(2-3): p. 183-8.*
34. Arita, Y., et al., *Paradoxical decrease of an adipose-specific protein, adiponectin, in obesity. 1999. Biochem Biophys Res Commun, 2012. 425(3): p. 560-4.*
35. Motoshima, H., et al., *Differential regulation of adiponectin secretion from cultured human omental and subcutaneous adipocytes: effects of insulin and rosiglitazone. J Clin Endocrinol Metab, 2002. 87(12): p. 5662-7.*
36. Richards, J.B., et al., *Serum adiponectin and bone mineral density in*

- women. *J Clin Endocrinol Metab*, 2007. **92**(4): p. 1517-23.
37. Agbaht, K., et al., *Circulating adiponectin represents a biomarker of the association between adiposity and bone mineral density*. *Endocrine*, 2009. **35**(3): p. 371-9.
38. Arden, N.K. and T.D. Spector, *Genetic influences on muscle strength, lean body mass, and bone mineral density: a twin study*. *J Bone Miner Res*, 1997. **12**(12): p. 2076-81.
39. Sang, J.H., et al., *Prevalence of Osteoporosis and Osteopenia in Women in Gumi Gyeongbuk Province*. *J Korean Soc Menopause AID* - 10.6118/jksm.2012.18.1.28 [doi], 2012. **18**(1): p. 28-35.
40. Kim, S.K., S.A. Kim, and H. Jung, *Bone Mineral Density by Age in Gwangju Women*. *J Korean Soc Osteoporos*, 2010. **8**(2): p. 203-210.
41. Bianchi, M.L., et al., *Official positions of the International Society for Clinical Densitometry (ISCD) on DXA evaluation in children and adolescents*.

Pediatr Nephrol, 2010. **25**(1): p. 37-47.

Abstract

Association of waist
circumference with bone density
in Korean twins and families

Hyejin Lee

Department of Public Health

The Graduate School

Seoul National University

Background

Nowadays, obesity has been identified one of the most common disease and well-known risk factor of cardiovascular diseases. Especially, abdominal obesity is the indicator of visceral fat which is major determinant of obesity associated health problems. Unlike the other diseases, the traditional paradigm is that obesity seem to have protective effect on bone mineral density (BMD). In recent years, this view on the relationship between bone mineral density and fat distribution has been challenged by new findings. Recent papers suggests that fat mass is negatively related to, bone mass. However there is discrepancy on this issue. Therefore our aim was to evaluate the association between visceral fat and bone mineral density after adjusting several confounders.

Methods

The data were collected through the Healthy twin cohort, which is a subset of Korean Genome and Epidemiology Study, KoGES. Study subjects had osteoporosis, hyperthyroidism, rheumatoid arthritis, any type of cancer were excluded. Thus a total of 1,228 subjects who performed questionnaire, physical measurement and Dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) in the Healthy twin cohort were included. In order to perform co-twin control analysis, we made monozygotic twin subset with body mass index (BMI) gap was less than 5 percents and waist circumference gap was over 5 percents among the twins.

We analyzed factors associated with bone mineral density with multiple linear regression. To investigate the association of waist

circumference and bone mineral density, we perform multiple linear regression after stratification with body mass index waist circumference. GEE (generalized estimating equations) was used for co-twin analysis.

Results

Both men and women waist circumference showed positive association with bone mineral density significantly. After stratification according to BMI, waist circumference was negatively associated with bone mineral density, particularly overweight women. When stratified with waist circumference we could not find any trend. At co-twin analysis, the results was similar with stratification according to BMI.

Conclusion

Bone mineral density had positive association with waist

circumference and weight. However after stratified with body mass index, bone mineral density showed negative association with waist circumference. These findings demonstrate that reducing visceral fat and maintaining mechanical loading via increasing muscle mass is beneficial to bone mineral density. In terms of public health, these result contribute to manage obesity.

Keywords: bone mineral density, osteoporosis, obesity, visceral fat, waist circumference, twin

Student Number: 2010-23822