한국 소아청소년의 정상 골밀도 참고치 -국민건강영양조사 Hologic QDR DXA 자료를 이용-

원자력병원 소아청소년과

이현정 · 송봉섭 · 김승연 · 김동환 · 조중범 · 김동호 · 이준아 · 임중섭

Bone Mineral Density Reference of 10-20 year-old Korean Children and Adolescents - Based on Hologic DXA from the Korean National Health and Nutrition Examination Surveys -

Hyeon Jeong Lee, M.D., Bong sub Song, M.D., Dong Hwan Kim, M.D., Seung Youn Kim, M.D.,
Joong Bum Cho, M.D., Dong Ho Kim, M.D., Jun Ah Lee, M.D. and Jung Sub Lim, M.D.

Department of Pediatrics, Korean Cancer Center Hospital, Seoul, Korea

Purpose: To obtain normative data on bone mineral density of each region of interest (ROI) measured by Hologic model dual-energy x-ray absorptiometry (DXA) of children and adolescents.

Methods: Cross sectional results from 723 healthy Korean children and adolescents (10-20 years of age) in the Korean National Health and Nutrition Examination Surveys were analyzed. We used age- and sex-specific reference data for bone mineral density (BMD) of the lumbar spine, femur neck, and total body except head from Hologic DXA device as recommended by the International Society for Clinical Densitometry.

Results: The bone mineral density of each ROI increased with age in both boys and girls. Maximal increase in the lumbar BMD occurred between ages 11 and 12 in girls and between ages 12 and 14 in boys. However, the increases of BMD in each ROI were different. The plateaus of the lumbar spine and whole body except head BMD in girls occurred at ages 15 and 17, respectively. The plateaus of BMD in each ROI occurred at age 17 in boys.

Conclusion: Most of the skeletal mass, including lumbar spine and total body except head, is reached before the end of the second decade. This study provides reference values for bone density of each ROI measured with DXA for children and adolescents. (*J Korean Soc Pediatr Endocrinol* 2011;16:92-99)

Key Words: Bone density; Reference values; Korea; Child; Adolescent; Sex characteristics

서 론

청소년기에는 급격한 신장의 증가와 성적 성숙이 이루어진다. 이러한 변화는 골격계의 성숙을 동반하는데, 이 기간에 골량의 급격한 증가에 의해 최대 골량(peak bone mass)이 획득된다. 최대 골량은 20대 초반까지 대부분 획득되며, 이

는 유전, 영양, 활동량 등의 요소들에 의해 영향을 받는다. 최대 골량이 획득되는 시기가 지나면 점차적인 골소실이 이루어지고, 노화나 만성 질환 뿐 만 아니라 부적절한 최대 골량의 획득은 골다공증과 골다공성 골절의 위험도를 증가시키는 원인이 된다¹⁻³⁾.

저자 등은 과거 성장호르몬 결핍 환자와 소아 종양 생존자에서 최대 골량 획득에 실패하고 결국 다발성 골절을 보인 환자들을 보고 하였다^{4, 5)}. 소아 종양을 비롯한 만성 질환은 만성 염증 및 사이토카인 등의 질환 자체의 기전, 스테로이드 등의 치료약제, 운동부하의 감소, 그리고 칼슘 등의 영양섭취의 부족 등에 의해 골모세포 기능이 떨어짐으로써 골조직의

Received: 6 July, 2011, Revised: 14 August, 2011
Accepted: 23 August, 2011
Address for correspondence: Jung Sub Lim M.D.
Department of Pediatrics, Korean Cancer Center Hospital,
Gongneung 2-dong, Nowon-gu, Seoul 139-706, Korea
Tel: +82,2-970-1224, Fax: +82,2-970-2403
E-mail: limjs@kcch.re.kr

구성의 변화를 야기한다⁶⁻⁸⁾. 이러한 이유로 만성 질환을 앓는 환아 들은 성인기에 골다공증의 위험도가 증가될 뿐 아니라 소아 청소년기에도 골량 또는 골밀도가 낮아 골절률이 높아진다고 알려져 있다^{9, 10)}.

International Society for Clinical Densitometry (ISCD)는 최근 중앙 환자 들을 비롯한 골다공증의 위험 요인이 있는 만성 질환에 대하여 이중 에너지 방사선 흡수법(dual energy X-ray absorptiometry, DXA) 등을 시행하는 지침을 만들었다¹⁰⁾. DXA는 성인 뿐만 아니라 소아에서도 높은 정확도와 재현성, 낮은 방사선 피폭량, 짧은 검사시간 등의 이점이 있다^{11, 12)}. 이에 따라 최근 각 국에서 소아청소년의 정상 골밀도 참고치를 발표되고 있다¹³⁻¹⁶⁾. 저자 등도 2010년에 GE Lunar Prodigy 모델을 이용하여 측정된 국내 소아청소년의 정상 골밀도 참고치를 발표하였다¹⁶⁾. 그러나, 현재 국내에서 사용되는 Hologic 모델에 대해서는 최근 우리나라 소아청소년의 성장 변화에 부합하지 않거나 연구 대상수가 적어 정상 참고치로 사용하기에는 문제가 있다^{17, 18)}.

본 연구의 목적은 2009년에 시행된 국민건강영양조사에서 측정된 Hologic QDR 모델의 DXA 원시자료를 이용하여 10세에서 19.9세 사이의 한국인 소아에서 정상 골밀도 참고치를 만들기 위함이다.

대상 및 방법

1. 대 상

연구 대상은 보건복지부 질병관리본부에서 시행한 국민건강영양조사 제4기(2007-2009)의 원시 자료에 대해, 연구목적으로 자료 이용에 대한 요청 절차와 승인을 받은 후, 결과를 분석하였다¹⁹⁾. 국민건강영양조사는 기존의 국민 건강 설문 조사와 영양 조사에 건강검진을 추가한 것으로 건강한 정상아동 및 청소년을 대상으로 전국 시도 200여 곳에서 가구 단위를 기본으로 지역, 연령, 성별에 따라 다단계로 계층화하

Table 1. Clinical characteristics of the study population

Variables	Girls (n = 351)	Boys (n = 372)
Age (yr)	14.7 ± 2.8	14.6 ± 2.8
Height (cm)*	158.1 ± 7.2	167.2 ± 11.8
Height SD	-0.04 ± 2.59	0.51 ± 0.98
Weight (kg)*	50.5 ± 10.8	58.1 ± 15.6
Weight SD	0.24 ± 1.43	0.40 ± 1.61

Values are presented as mean ± SD.

*Statistically significant difference between boys and girls at $P < 0.01$. No specific differences are observed in height and weight SD.

여 확률적으로 선택되도록 고안되었으므로 전국민의 표본화된 자료이다. 본 연구는 국민건강영양조사에서 2009년에 7월에서 12월 말까지 시행된 DXA를 이용한 10-19.9세 연령의 소아청소년 723명(남아 372명, 여아 351명)의 골밀도 데이터를 대상으로 하였다(Table 1).

2. 방 법

1) 신체계측

국민건강영양조사에서 기술하고 있는 측정방법은 다음과 같다. 연령은 다음과 같이 표시되었다. 예로, 14세는 14.0세 이상 15.0세 미만을 의미한다. 신장은 SECA 225 (Vogel & Halke, Hamburg, Germany)를 사용하였으며, 체중은 전자식 저울인 GL-6000-20 (CAS Korea, Seoul, Korea) 체중계를 사용하여 특별 교육을 받은 간호사가 측정하였다.

2) 골밀도 검사

골밀도는 Hologic 모델의 DXA 기기(Discovery QDR 4500 W, Hologic Inc., Denver, Co, USA)를 사용하여 측정하였다. 원시 자료에는 L1-L4까지의 요추골(lumbar spine), 대퇴골경(femur neck), 전신골밀도(total body), 머리를 제외한 전신(total body except head)의 골밀도 등의 데이터가 포함되었다. 각 부위의 골량(bone mineral contents)과 골면적(area) 또한 포함되었다.

3. 통계 분석

본 연구는 SPSS for Windows (version, 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 분석을 시행하였다. 각 연령별 골밀도의 차이는 남녀 각각에 대하여 one-way ANOVA를 이용하여 분석하였고 Tukey 사후 검정을 시행하였다. 남녀 간의 차이는 각 연령 별로 독립표본 T-검정(independent T-test)를 시행하였다. 연령별 골밀도의 변화 그래프는 SPSS의 추세선 추정 곡선(curve estimation) 중 logarithmic 모델을 이용하여 그렸다. 연령, 골밀도, 골량 등 모든 측정치는 평균±표준편차로 표시하였으며, P value가 0.05 미만일 때 통계적으로 유의하다고 판정하였다.

결 과

1. 대상아의 역연령 및 신체 계측치

전체 대상 723명 중 남아 372명, 여아 351명씩이었다. 이들의 역연령은 10세에서 19.9세 사이였고 각각 연령별 남녀의 수는 24-48명이었다. 남아의 연령은 평균 14.6±2.8세였고 여

아는 평균 14.7±2.8세로 남녀별 차이는 없었다. 신장과 체중은 정상 소아청소년을 대표하였다(Table 1).

2. 연령에 따른 골밀도

남아와 여아 각 부위(region of interest; ROI)의 골밀도는 다음과 같다(Table 2). 남아와 여아 모두에서 연령에 따라 골밀도가 증가하였다. 전반적으로 각 부위에서 여아가 남아보다 2년 먼저 급격한 증가를 보였으며 2년 먼저 골밀도가 안정화(plateau)되는 양상이었다. 요추골 골밀도는 여아에서는 10-12세, 11-12세, 12-14세 그리고 13-16세간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다(all, $P<0.05$). 남아에서는 10-12세, 11-13세, 12-14세, 13-15세, 14-16세, 그리고 15-17세 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다(all, $P<0.05$). 요추골 부위에서 여아는 11-13세 사이, 남아는 12-14세 사이에서 최대 골밀도 증가세를 보였고(Fig. 1), 여아에서 14세 이후, 남아에서는 16세 이후 유의한 차이가 없었다.

대퇴골경의 골밀도는 여아에서 10세-12세, 11세-13세, 13세-16세간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다(all, $P<0.05$).

남아에서는 10-12세, 11-13세, 그리고 12-14세 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다(all, $P<0.05$). 대퇴골경의 골밀도는 여아에서 10-13세 사이, 남아는 10-14세 사이에서 꾸준한 증가를 보였다. 여아에서 14세 이후, 남아에서는 14세 이후 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

머리를 제외한 전신골밀도는 여아에서 10-12세, 11-12세, 12-15세간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다(all, $P<0.05$). 남아에서는 11-13세, 12-14세, 그리고 13-14세 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다(all, $P<0.05$). 머리를 제외한 전신골밀도도 여아에서 10-13세 사이, 남아는 10-14세 사이에서 꾸준한 증가를 보였다. 여아에서는 13세 이후, 남아에서 14세 이후 유의한 차이가 없었다.

3. 골밀도, 골량, 골면적의 남녀별 차이

요추골 골밀도는 12세와 13세 연령그룹에서 여아가 남아보다 더 높은 것(all, $P<0.01$)을 제외하고 14세 이전에서는 남녀 간의 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나(Fig. 2), 14세 이후에는 남아가 여아에 비해 골면적이 높으며 15세부터는 골량

Table 2. Bone mineral density (g/cm²) of the lumbar spine (BMD_{LS}), femur neck (BMD_{FN}), total body (BMD_{TB}), and total body except head (BMD_{TBEH}) according to gender and age

	No.	Height (cm)	Weight (kg)	BMD _{LS}		BMD _{FN}		BMD _{TB}		BMD _{TBEH}	
		Mean	Mean	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Girls											
10	24	144.2	36.7	0.647	0.086	0.600	0.086	0.854	0.086	0.703	0.076
11	36	148.5	42.2	0.689	0.104	0.643	0.083	0.873	0.083	0.739	0.072
12	38	153.7	46.2	0.790	0.104	0.707	0.103	0.945	0.111	0.802	0.093
13	39	158.1	50.2	0.850	0.081	0.737	0.096	1.002	0.116	0.840	0.091
14	33	159.8	54.7	0.886	0.106	0.760	0.131	1.019	0.091	0.850	0.075
15	33	158.8	51.7	0.889	0.103	0.770	0.093	1.051	0.123	0.868	0.089
16	40	159.9	53.9	0.933	0.099	0.816	0.095	1.079	0.110	0.893	0.081
17	38	161.2	52.3	0.937	0.132	0.784	0.118	1.045	0.123	0.869	0.090
18	26	160.2	54.4	0.961	0.101	0.797	0.120	1.047	0.103	0.862	0.077
19	44	161.3	55.6	0.966	0.083	0.815	0.100	1.088	0.107	0.891	0.080
Total	351	158.1	50.5	0.861	0.142	0.748	0.122	1.006	0.130	0.837	0.101
Boys											
10	27	141.4	36.7	0.592	0.063	0.640	0.080	0.848	0.064	0.691	0.064
11	39	150.0	47.1	0.638	0.083	0.710	0.097	0.907	0.082	0.766	0.082
12	37	156.5	47.3	0.689	0.096	0.745	0.091	0.924	0.080	0.802	0.074
13	39	157.5	54.2	0.753	0.110	0.803	0.121	0.953	0.112	0.848	0.102
14	48	170.3	62.5	0.862	0.126	0.856	0.118	1.103	0.125	0.959	0.106
15	42	170.9	61.3	0.860	0.088	0.846	0.133	1.055	0.099	0.934	0.086
16	33	173.2	61.9	0.912	0.142	0.904	0.185	1.110	0.152	0.970	0.134
17	34	177.7	69.7	0.949	0.078	0.940	0.113	1.110	0.095	0.998	0.081
18	29	174.7	65.9	0.949	0.095	0.929	0.133	1.146	0.136	1.000	0.120
19	44	173.6	68.9	0.934	0.093	0.894	0.141	1.154	0.083	1.008	0.886
Total	372	167.2	58.1	0.818	0.168	0.829	0.152	1.032	0.146	0.903	0.140

Abbreviations: BMD, bone mineral density; LS, lumbar spine L1-4; FN, femur neck; TBEH, total body except head; TB, total body.

Fig. 1. Bone mineral density (BMD) of the lumbar spine (A), femur neck (B), total body (C) and the total body except head (TBEH) (D) according to gender and age. Maximal increase in lumbar BMD occurred between age groups 11 and 12 in girls and between age groups 12 and 14 in boys. Each BMD of femur neck and total body except head increased in age groups between 10 and 13 in girls, 10 and 14 in boys. The bold blue line and filled square represents boys, the dotted red line and emptied circle represents girls. Blue arrow represents peak BMD gain in boys and Red arrow represents peak BMD gain in girls. Abbreviations: BMD, bone mineral density; LS, lumbar spine L1-4; FN, femur neck; TBEH, total body except head; TB, total body. (○, ---: girl; ■, —: boy; ↔: peak BMD increasing periods).

도 높았다(all, $P < 0.05$). 머리를 제외한 전신골밀도는 14세 이후부터 남아가 더 높으며 골량과 골면적도 높았다(all, $P < 0.01$). 18세 이후 머리를 제외한 전신골밀도는 남아가 1.005 g/cm²이고 여아는 0.880 g/cm²로 남아가 1.14배 높았다($P < 0.01$). 머리를 제외한 전신 골면적은 남아가 1,921 cm²이고 여아가 1,696 cm²로 1.13배 높았다($P < 0.01$). 머리를 제외한 전신 골량은 남아가 1,932 g, 여아가 1,488 g으로 1.30배 높았다($P < 0.01$).

고 찰

본 연구에서 우리는 국민건강영양조사에서 측정된 723명의 Hologic QDR 모델의 DXA 원시자료를 토대로 10-19.9세 연령의 정상 골밀도 참고치를 만들려고 하였다. 이는 저자 등이 2010년에 514명의 소아를 대상으로 GE Lunar Prodigy 모델을 이용하여 발표한 참고치와 함께 국내 소아 청소년기의 골대사 질환과 관련된 만성 질환의 연구와 성인기의 골다공증을 예방하기 위한 연구 및 지침의 기본 자료로 유용하게 사용될 것이다.

Fig. 2. Comparison of bone mineral density (BMD), bone mineral contents (BMC), and area of the lumbar spine, the total body except head (TBEH) between boys and girls. (A) The BMD of girls were higher only in lumbar spine at age group between 12 and 13 (red astral). From 14 years old, no significant difference of BMD was observed between boys and girls. C, E) However, the BMC and area of lumbar spine were higher in boys than girls. B, D, F) The BMD, BMC, and area were higher in boys than girls in TBEH (blue astral). Abbreviations: BMD, bone mineral density; BMC, bone mineral contents; LS, lumbar spine L1-4; FN, femur neck; TBEH, total body except head; TB, total body. (girl; ○, boy; ■) The blue filled square represents boys and emptied red circle represents girls. The blue and red astral represents significant difference between boys and girls.

최근, 평균 수명의 연장과 함께 여러 치료법의 개발로 골다공증에 대한 관심이 증가하고 있다. 특히, 국내를 비롯한 아시아 지역의 골다공증의 유병률과 골다공증에 의한 골절이 급격히 증가하고 있다²⁰⁾. 골다공증의 위험인자로 고령화, 가족력, 흡수장애, 저체중, 칼슘섭취량의 감소 등 다양한 원인이 제기되고 있으나, 가장 중요한 원인 중 하나는 소아 청소년기에 최대 골량을 획득하지 못한다¹⁻³⁾. 또한, 비록 소아청소년에서 원발성 골다공증은 매우 드문 질환이나 다른 만성 질환의 경과 또는 치료에 의해 발생하는 2차적인 골다공증은 증가하고 있는 추세이고 만성 질환의 생존자들이 성인기 초에 골다공증과 골절로 고통 받는 예가 증가하고 있다^{4, 5, 21, 22)}.

이에, ISCD는 최근 특발성 청소년 골다공증(idiopathic juvenile osteoporosis)과 골형성부전증(osteogenesis imperfecta) 등 1차 성 골대사질환과 성장호르몬 결핍 등 내분비질환, 뇌성마비, 제한 신경성 식욕 부족증(anorexia nervosa), 만성소화장애증(celiac disease), 크론병(Crohn's disease)과 궤양결장염(ulcerative colitis)을 포함한 염증장병(inflammatory bowel disease), 낭성 섬유증(cystic fibrosis), 신증후군, 류마티스 질환, 백혈병 등의 악성종양 환자 등의 골다공증의 위험 요인이 있는 만성 질환에 대하여 DXA등을 시행하는 지침을 만들었다¹⁰⁾.

DXA를 통해 측정된 골밀도는 소아에서 높은 정확도와 재현성이 있으나 연령, 성별, 인종 등에 영향을 받으며 동시에 사용되는 모델에 따라 그 값이 다르므로 반드시 그 골밀도 값을 해석할 때는 연령, 성별, 인종, 부위(ROI), 그리고 사용된 모델을 고려해야 한다^{9, 12, 23)}. 과거에는 국내 참고치가 없어 주로 아시아계 미국 청소년의 골밀도 데이터를 참고치로 사용해왔으나 본 연구와 이미 발표된 GE Lunar Prodigy 참고치를 이용하면 더 정확한 만성 질환을 앓고 있는 소아 청소년의 골밀도 등의 골대사 질환의 판정이 가능하다. 본 연구로, 현재 국내의 대다수의 병원에서 사용되는 GE Lunar Prodigy 모델과 Hologic QDR 모델의 두 기종으로 분석한 정상 소아 청소년의 골밀도 참고치를 비교할 수 있게 되었다.

GE Lunar Prodigy 모델을 이용하여 발표한 참고치와 마찬가지로 본 연구에서도 요추골 골밀도는 여아에서는 11-13세 사이, 남아에서는 12-14세 사이에서 급격한 증가세를 보였고 이는 네덜란드 소아 청소년에 비하면 1년 정도 앞선 상태다¹⁴⁾. 이러한 차이가 나타나는 이유는 확실치 않으나 인종적인 차이를 반영하는 것 일 수도 있다. 또한, 최근 국내 소아 청소년의 영양상태 호전에 의한 성숙의 조기화를 반영한 것 일 수도 있다. 과거 저자 등은 국내 소아 청소년의 골연령이 역연령에 비해 상대적으로 증가되어 있음을 보였다¹⁶⁾.

한편, 대퇴골경의 골밀도와 머리를 제외한 전신골밀도는 여아는 10-13세 사이, 남아는 10-14세 사이에서 상대적으로 급격한 증가세를 보였다. 모든 부위의 골밀도 값은 여아에서 14세 이후, 남아에서 17세 이후 거의 일정하였다. 한편, 우리 몸에 존재하는 골은 해면골(spongy bone)과 피질골(cortical bone)로 분류할 수 있는데, 요추골과 대퇴골경의 골밀도는 각각 해면골과 피질골의 상태를 반영한다²⁴⁾. 골은 종류에 따라 대사속도의 차이가 있는데, 해면골의 순환율(turnover rate)은 피질골보다 빠르다²⁴⁾. 본 연구에서도 대퇴골과 전신골의 골밀도는 요추골의 골밀도에 비해 상대적으로 장기간에 걸쳐 꾸준히 증가하는 양상을 보이는 반면 요추골은 좀 더 낮은 연령에 단기간에 급격히 증가하는 양상을 보였는데 이는 성호르몬의 영향에 의한 것으로 보인다. 요추골 골밀도가 폐경기시 에스트라디올의 급격한 감소와 동반되어 급격히 감소하는 것으로 알려져 있고 해면골 특히 요추골의 증가는 사춘기의 여성호르몬 증가와 상관관계가 있다^{25, 26)}.

Hologic QDR 모델을 이용하여 측정된 연령별 각 부위의 골밀도 값은 GE Lunar Prodigy 모델을 이용하여 측정된 연령별 각 부위의 골밀도 값의 참고치와 차이가 있다. 예로, 여아 19세의 요추골, 대퇴골경, 머리를 제외한 총골밀도는 Hologic QDR 모델에서 각각 0.966 g/cm², 0.815 g/cm², 0.891 g/cm²인데 반해 GE Lunar 모델에서는 1.183 g/cm², 0.980 g/cm², 0.988 g/cm²로 부위별로 각각 0.100-0.200 g/cm²로 높다. 백인 성인을 대상으로 한 연구에서, 같은 성인군에 대한 두 모델을 비교하였을 때, Hologic 모델에서 요추골의 골밀도가 0.85±0.11 g/cm²인 반면 Lunar 모델에서는 1.00±0.11 g/cm²로 측정되었다²³⁾. 이러한 차이는 각각의 DXA 측정 기기 참고치로 사용된 정상집단이 다르거나 또는 두 모델의 골밀도 측정방법에 따른 차이로 사료된다.

과거 저자 등의 5세에서 10세까지의 사춘기 전 소아 연구에서 제지방량은 남아가 높았으나 골밀도나 골량의 남녀별 성별 차이는 관찰되지 않았다²⁷⁾. 본 연구에서도 10세에서 13세까지는 남녀 간의 골량이나 골밀도의 차이는 보이지 않았고 오히려 요추골 골밀도는 12-13세 경 여아가 높았다. 이는 여아가 남아보다 사춘기 시기가 2년 정도 앞서 진행되기 때문에 나타나는 현상이다. 한편, 14세 이후에는 요추골 골량을 비롯한 모든 부위에서 남아가 골량이 높으며 골량의 증가 속도 또한 빠르며 이러한 차이가 성인에서 남녀 차이를 결정한다. 과거 저자 등의 체성분 조성 연구에서 이러한 골량 및 제지방량의 신체 조성의 남녀간 차이는 14세 경에 뚜렷이 나타난다고 보였다²⁸⁾. 요추골의 골밀도의 성별 차이가 없는 듯이 보이는 이유는 요추골의 골면적 증가가 골량 증가와 동시에 일어나기 때문이다.

본 연구의 한계점은 다음과 같다. 본 연구는 국민건강영양조사 자료를 이용한 종단적 연구(cross-sectional study)로 성숙도(Tanner stage)를 알 수 없어 사춘기 여부에 따른 각 부위별 골밀도의 변화를 알 수 없었다. 그러나, 본 연구 자료에 포함된 소아청소년은 성별, 연령별 한국 소아청소년을 대표하고 타 연구에 비해 그 숫자가 참고치로 사용하기에 충분하다. 둘째 한계점은 10세 미만의 소아 참고치의 부재이다. 본 연구의 10-14세의 골밀도 평균치가 Oh 등¹⁸⁾의 결과와 거의 같아서 6-10세의 골밀도는 이들의 연구 결과를 참조할 수 있을 것으로 본다.

결론적으로 본 연구는 10-19.9세 연령에서 한국인 소아 청소년의 Hologic QDR DXA모형을 이용한 정상 골밀도 참고치를 제시하였다. 과거 발표된 GE Lunar Prodigy 모형을 이용한 참고치와 더불어 국내 소아 청소년기의 1차성 골대사질환과 만성 질환 또는 그 치료와 연관된 2차 골대사 질환의 연구와 성인기의 골다공증을 예방하기 위한 연구 및 지침의 기본 자료로 사용될 수 있을 것이다.

요 약

목 적: 소아청소년의 골밀도 참고치는 연령, 성별, 민족, 그리고 골밀도 기기의 종류에 따라 다르다. 현재, 이를 모두 포함하는 Hologic 모델로 측정된 국내 소아청소년의 골밀도 참고치가 없어 이를 제시하고자 한다.

방 법: 국민건강영양조사의 원시자료를 이용하여 10-19.9세 정상 소아 청소년 723명의 DXA데이터를 분석하였다. 이들의 데이터를 이용하여 성별, 연령별로 L1-L4 요추, 대퇴골경, 머리를 제외한 전신의 골밀도 참고치를 ISCD 권고안에 따라 만들었다. 또한, 연령별 골밀도의 차이와 성별 차이를 비교 분석하였다.

결 과: 남아와 여아 모두에서 연령에 따라 골밀도가 증가하였다. 요추골의 골밀도는 여아는 11세에서 13세, 남아는 12세에서 14세에 가장 큰 증가세를 보였고 대퇴골경과 머리를 제외한 전신골밀도는 14세까지 상대적으로 완만한 증가세를 보였다. 부위별 차이가 있으나 여아는 15세 이후 남아는 17세 이후 유의한 골밀도의 증가는 관찰되지 않았다. 여아는 12-13세에 남아에 비해 요추골 골밀도가 유의하게 높았으나 14세 이후 모든 부위의 골밀도는 남아가 여아에 비해 높았다.

결 론: 본 연구를 통해 Hologic 모델의 우리나라 정상 소아 골밀도의 참고치를 제시하는 바이다. 이 기초 자료를 활용하여 추후 소아에서 발생하는 골대사 질환에 대한 많은 연구가 시행되길 바란다.

감사의 글

본 연구는 2010년에 발표된 제4기 국민건강영양조사(Korean National Health and Nutrition Examination Surveys)의 원시자료를 바탕으로 하였다. 자료의 제공과 분석에 많은 도움을 주신 권상희 연구관님께 감사드린다.

References

- 1) Steelman J, Zeitler P. Osteoporosis in pediatrics. *Pediatr Rev* 2001;22:56-65.
- 2) Gelfand IM, DiMeglio LA. Bone mineral accrual and low bone mass: a pediatric perspective. *Rev Endocr Metab Disord* 2005;6:281-9.
- 3) Johnston CC Jr, Slemenda CW. Determinants of peak bone mass. *Osteoporos Int* 1993;3 Suppl 1:54-5.
- 4) Lee HJ, Kim DH, Kim SY, Cho JB, Kim DH, Lee JA, et al. Multiple insufficient fractures in a woman who failed to achieve peak bone mass after cancer therapy in adolescence. *J Korean Soc Pediatr Endocrinol* 2010;15:207-11.
- 5) Lee YJ, Lee HJ, Kim DH, Lee JA, Park KD, Lim JS. Pamidronate treatment in vertebral fracture after off-therapy of medulloblastoma. *J Korean Soc Pediatr Endocrinol* 2007;12:87-9.
- 6) Riggs BL, Melton LJ. Osteoporosis: etiology, diagnosis and management. New York, NY: Raven Press; 1988. p.155-7.
- 7) Cooper C, Westlake S, Harvey N, Javaid K, Dennison E, Hanson M. Review: developmental origins of osteoporotic fracture. *Osteoporos Int* 2006;17:337-47.
- 8) Lim JS. Treatments of osteoporosis in pediatric fields. *J Korean Soc Pediatr Endocrinol* 2006;11:138-47.
- 9) Binkovitz LA, Sparke P, Henwood MJ. Pediatric DXA: clinical applications. *Pediatr Radiol* 2007;37:625-35.
- 10) Bishop N, Braillon P, Burnham J, Cimaz R, Davies J, Fewtrell M, et al. Dual-energy X-ray absorptiometry assessment in children and adolescents with diseases that may affect the skeleton: the 2007 ISCD Pediatric Official Positions. *J Clin Densitom* 2008;11:29-42.
- 11) Gordon CM, Bachrach LK, Carpenter TO, Crabtree N, El-Hajj Fuleihan G, Kutilek S, et al. Dual energy X-ray absorptiometry interpretation and reporting in children and adolescents: the 2007 ISCD Pediatric Official Positions. *J Clin Densitom* 2008;11:43-58.
- 12) Binkovitz LA, Henwood MJ, Sparke P. Pediatric dual-energy X-ray absorptiometry: technique, interpretation, and clinical applications. *Semin Nucl Med* 2007;37:303-13.
- 13) Kröger H, Kotaniemi A, Vainio P, Alhava E. Bone densitometry of the spine and femur in children by dual-energy x-ray absorptiometry. *Bone Miner* 1992;17:75-85.
- 14) van der Sluis IM, de Ridder MA, Boot AM, Krenning EP, de

- Muinck Keizer-Schrama SM. Reference data for bone density and body composition measured with dual energy x-ray absorptiometry in white children and young adults. *Arch Dis Child* 2002;87:341-7.
- 15) Arabi A, Nabulsi M, Maalouf J, Choucair M, Khalifé H, Vieth R, et al. Bone mineral density by age, gender, pubertal stages, and socioeconomic status in healthy Lebanese children and adolescents. *Bone* 2004;35:1169-79.
 - 16) Lim JS, Hwang JS, Lee JA, Kim DH, Park KD, Cheon GJ, et al. Bone mineral density according to age, bone age, and pubertal stages in Korean children and adolescents. *J Clin Densitom* 2010;13:68-76.
 - 17) Lee SH, Desai SS, Shetty G, Song HR, Lee SH, Hur CY, et al. Bone mineral density of proximal femur and spine in Korean children between 2 and 18 years of age. *J Bone Miner Metab* 2007;25:423-30.
 - 18) Oh YJ, La KS, Rhie YJ, Lee KH, Park SH, Choung JT, et al. Bone mineral density and correlation factors in normal children and adolescence. *J Korean Soc Pediatr Endocrinol* 2009;14:38-44.
 - 19) Korea Ministry of Health & Welfare. Korean National Health and Nutrition Examination Surveys [Internet]. Seoul: Korea Ministry of Health & Welfare; 2009 [cited 2011 July 1]. Available from: <http://knhanes.cdc.go.kr>.
 - 20) Johnell O, Kanis JA. An estimate of the worldwide prevalence and disability associated with osteoporotic fractures. *Osteoporos Int* 2006;17:1726-33.
 - 21) Vassilopoulou-Sellin R, Brosnan P, Delpassand A, Zietz H, Klein MJ, Jaffe N. Osteopenia in young adult survivors of childhood cancer. *Med Pediatr Oncol* 1999;32:272-8.
 - 22) Ward LM. Osteoporosis due to glucocorticoid use in children with chronic illness. *Horm Res* 2005;64:209-21.
 - 23) Faulkner KG, Roberts LA, McClung MR. Discrepancies in normative data between Lunar and Hologic DXA systems. *Osteoporos Int* 1996;6:432-6.
 - 24) Hall SJ. Basic biomechanics. 5th ed. New York, NY: McGraw-Hill; 2006.
 - 25) Warming L, Hassager C, Christiansen C. Changes in bone mineral density with age in men and women: a longitudinal study. *Osteoporos Int* 2002;13:105-12.
 - 26) Pérez-López FR, Chedraui P, Cuadros-López JL. Bone mass gain during puberty and adolescence: deconstructing gender characteristics. *Curr Med Chem* 2010;17:453-66.
 - 27) Lee HJ, Lee KM, Kim DH, Kim DH, Lee JA, Park KD, et al. Sex differences in body composition in prepubertal Korean children by dual-energy x-ray absorptiometry. *J Korean Soc Pediatr Endocrinol* 2008;13:56-64.
 - 28) Lim JS, Hwang JS, Cheon GJ, Lee JA, Kim DH, Park KD, et al. Gender differences in total and regional body composition changes as measured by dual-energy x-ray absorptiometry in Korean children and adolescents. *J Clin Densitom* 2009;12:229-37.