

종골의 초음파영상을 통한 소아성장에 관한 연구

서영민, 장규태, 김장현

동국대학교 한의과대학 소아과학교실

A study on growth and development of children by ultrasonic image of calcaneus bone

Young-Min Seo, Gyu-Tae Chang, Jang-Hyun Kim

Department of Pediatrics, College of Oriental Medicine, Dongguk University

Objectives: The purpose of this study was to suggest a scientific method for measurement of children's growth development. Ultrasonic image of calcaneus bone has some advantages that it is harmless to human body and apply a new imaging analysis algorithm. it can be used for the diagnosis of growth analyzed the opening degree of growth plate and bone density.

Methods: This clinical study have been carried out with the 57 case(male 24, female 33) of the children aged 5 to 14 years old who visited in Department of Pediatrics, Dongguk university Bundang Oriental Hospital. Bone maturity is measured by the opening degree of growth plate and bone density in ultrasonic image of calcaneus bone This study were designed to investigate the relationship of the development of children and the calcaneus bone maturity.

Result: The opening degree of growth plate was no change in aged 5-10 years for male and 5-9 years for female but decreased significantly from aged 11 years for male and 10 years for female. the bone density was no change in aged 5-12 years for male and 5-11 years for female but increased significantly from aged 13 years for male and 12 years for female. it was confirmed that bone maturity in female is more rapid than in male. The opening degree of growth plate of clacneus bone was correlated with age, height, weight. The bone density was correlated with age, height, weight, BMI in this study($P<0.001$)

Conclusion: The opening degree of growth plate and bone density of calcaneus bone are sufficient diagnostic worth as an index to predict adolescent growth.

Key words: calcaneus, bone maturity, ultrasonic image, growth plate, bone density

접 수 : 2003년 10월 25일, 심사 : 12월 8일, 채택 : 12월 20일

교신저자 : 서영민, 경기도 성남시 분당구 수내동 87-2 동국대분당한방병원 의국
(Tel. 031-710-3724, E-mail : min6352@hanmail.net)

I. 서론

성장이란 하나의 개체가 유전적 인자를 바탕으로 환경적 요인의 영향을 받으며 세포의 크기 및 수가 증가하는 것으로¹⁾ 성장정도를 정확하게 평가하는 것은 성장에 대한 장기적 치료계획을 수립하거나 치료예후를 결정하는데 매우 중요하며 이를 위해 연령, 체중, 이차성징의 출현, 신장, 골성숙도 등이 사용되고 있다²⁾.

연령 및 체중은 개인차가 심하고, 이차성징은 관찰상의 어려움과 객관성이 결여되어 있어 정확한 성장정도를 평가하는데 효과적이지 못하며, 신장은 성장기동안 주기적인 계측에 의해서만 환자의 성장상태를 확인할 수 있어 한정된 정보로 환자의 성장상태를 파악해야만 하는 성장치료에 있어 어느 정도의 한계를 지니고 있다고 볼 수 있다³⁾.

일반적으로 신체발달 척도로 가장 많이 사용되는 골성숙도는 골석회화의 발육정도를 의미하며 신장에 비해 성장정도를 측정하는데 효과적이다. 성장하는 동안 모든 골은 X-ray나 초음파상으로 일련의 변화를 관측할 수 있으며, 개인의 차에 따라 약간의 예외가 존재하지만 성장에 따른 골석회화 변화는 모든 사람에게서 거의 일정하며 재현성이 매우 우수한 방법으로 알려져 있다³⁾.

골연령을 추정하기 위해서는 모든 뼈의 성숙정도를 반영할 수 있는 일정부위를 관찰함으로써 이를 기준으로 타부위의 성숙정도를 판단하여야 하는데 일반적으로 수완골이 가장 많이 사용된다⁴⁾.

그러나 수완골의 측정은 X-ray에 의한 촬영이 필수적이기 때문에 방사선 조사에 대한 환자의 거부감과 한의원의 특성상 X-ray 촬

영이 불가능할 뿐 아니라 X-ray 영상을 얻었다 하더라도 임상가에 의해 쉽게 해석되지 못하는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하여 진단결과와 신뢰성이 X-ray 영상보다 낮은 편이지만 쉽게 측정이 가능하고, 인체에 무해하며 뼈의 다른 특성에 대한 정보를 얻을 수 있는 장점을 가진 종골의 초음파 영상은 성숙속이나 신체활동량 등에 의한 영향을 잘 반영하여, 소아 및 사춘기 초기의 성장정도를 파악하는데 중요한 지표로 생각된다.

7-16세 소아 269명을 대상으로 한 김 등⁵⁾의 연구에서 종골의 성숙단계를 표준화하여 남녀 아동의 골령을 제시하였으며 Calcaneus와 Tibia, Phalanges의 골성숙도 평가에 차이점이 없음을 보고하였고, Todd와 Pyle⁶⁾는 균일하게 성장하는 골격의 모든 부위는 발육정도에 대해 동일한 성숙도를 나타낸다고 보고하였다.

본 연구에서는 수완골의 골연령과 종골의 성장을 직접 비교하지는 않았으나 이로서 간접적 유추는 가능할 것으로 사료되며 한의원에서 촬영이 가능한 종골의 초음파 사진으로 얻을 수 있는 성장판의 길이와 골밀도를 이용하여 골성숙도를 간단히 유추하고 치료계획의 수립에 유용한 정보로 사용될 수 있으리라 생각된다.

이에 저자는 종골의 초음파 영상을 통한 성장판의 길이와 골밀도를 이용하여, 종골의 성숙도를 평가하고 성장계측치와 상호연관성을 조사하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 대상 및 연구방법

1. 대상

2003년 9월 20일부터 2003년 10월 20일까지 동국대학교 분당한방병원 소아과(성장클리닉)에 내원한 환자 중 5-14세까지의 환자 57명(남자 24명, 여자 33명)을 연구대상으로 하였다.

2. 연구방법

신장 및 체중은 신장체중자동측정기(동산통

산(주), 1996)로 측정하였다.

종골의 초음파 영상은 Osteoimager Plus 초음파 어린이성장/골밀도 진단기를 사용하여 촬영하였다.

성장판의 길이는 중심선을 기준으로 선상에 가장 높은 BUA(Broadband Ultrasonic Attenuation)의 두점에 평행선을 긋고, 그 거리를 mm 까지 측정하였다.

골밀도는 BUA와 SOS(Speed of Sound)를 측정하여 자동적으로 계산된 Osteoimager Plus 의 OI(Osteoporosis Index)를 이용하였다.

성장평가는 한국소아발육표준치(1998년 대한소아과학회)를 기준으로 평가하였고, 비만도는 BMI를 이용하였다.

- * BUA : 뼈를 통과하는 광대역의 초음파 신호 중 얼마나 많은 주파수가 뼈에 흡수, 감소되는지를 측정한 수치
- * SOS : 어떠한 물질을 통과하는 초음파의 속도
- * MPH(mid-parental height)
 - 남아 = (父신장+母신장 +13)/2
 - 여아 = (父신장+母신장 -13)/2
- * BMI=체중/신장²
- * Height SDS(신장편차, height standard deviation score)=(측정된 신장-평균신장)/표준편차

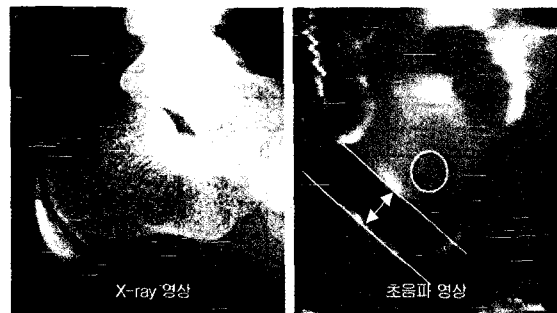


Fig. 1 Comparison of the opening degree of growth plate between X-ray and ultrasonic image in calcaneus bone

ultrasonic image by utilizing the technique that measured BUA changes into color tone by color bar of black and white(BUA ranging from 30dB/MHz to 150dB/MHz)

3. 통계처리

자료의 분석 및 통계적 검정은 SPSS-PC+ 프로그램을 이용하였고, Pearson 상관관계를 통하여 성장판의 길이와 측정변수들과의 상호 연관성을 P<0.05 유의수준으로 판정하였다.

연구대상의 연령은 5-14세까지였으며, 평균 연령은 남아 평균 10±2.54세, 여아 평균 10.45±2.33세, 전체 10.26±2.41세로 나타났다. 평균 신장(cm)은 남아 139.25±16.81, 여아 140.15±16.61, 전체 139.77±16.55이였으며, 평균체중(kg)은 남아 37.67±13.30kg, 여아 37.52±12.20, 전체 37.58±12.56, 평균BMI(kg/m²)는 남아 18.89±3.21kg/m², 여아18.51±3.28, 전체 18.66±3.23으로 나타났다.

Ⅲ. 결 과

2. 성장판의 길이

1. 대상군의 일반적인 특징

남자의 경우 성장판이 완전히 닫히는 나이

Table 1. Age, Height, Weight, BMI distribution in the studied children

		Age	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m ²)
Male	Mean	10.00	139.25	37.67	18.89
	N	24	24	24	24
	SD	2.54	16.81	13.30	3.21
Female	Mean	10.45	140.15	37.52	18.50
	N	33	33	33	33
	SD	2.33	16.61	12.20	3.21
Total	Mean	10.26	139.77	37.58	18.66
	N	57	57	57	57
	SD	2.41	16.55	12.56	3.23

Table 2. The opening degree of growth plate according to age in the studied children

Age	Male			Female			Total		
	Mean (cm)	N	SD	Mean (cm)	N	SD	Mean (cm)	N	SD
5	9.00	1	.	9.00	1	.	9.00	2	0.00
6	9.00	1	.	6.50	2	0.71	7.33	3	1.53
7	10.00	3	2.65	9.50	2	2.12	9.80	5	2.17
8	6.50	2	2.12	6.00	1	.	6.33	3	1.53
9	10.00	3	2.00	7.50	2	6.36	9.00	5	3.74
10	8.67	3	0.58	5.00	7	4.83	6.10	10	4.33
11	3.67	3	1.15	1.00	6	1.67	1.89	9	1.96
12	4.75	4	3.59	0.71	7	1.25	2.18	11	2.99
13	4.50	2	6.36	3.00	2	4.24	3.75	4	4.50
14	1.00	2	1.41	0.00	3	0.00	0.40	5	0.89
Total	6.58	24	3.71	4.07	33	4.07	4.77	57	4.19

는 13.50 ± 0.71 세, 여자의 나이는 11.93 ± 1.33 세, 전체의 경우 12.12 ± 1.36 세로 남아의 경우 여아보다 1.6세 성장판이 늦게 닫히는 것으로 나타났다.

남아의 경우 5-10세까지는 성장판 길이는 거의 차이가 없고 10-11세에 성장판의 길이가 점차 감소하였으며 14세에 이르러 대부분 성장판이 닫혀가는 양상을 보였다.

여아의 경우 5-9세까지 성장판의 길이는 비슷한 양상을 보였고 10세부터 성장판 길이가 감소하였으며 11세에 이르러 대부분 성장판이

닫혀가는 양상을 보였다.

전체 연령별 성장판의 길이는 1-9세까지 성장판 길이의 변화가 거의 없었으며 10세에 다소 감소하고 11세에 이르러 급격히 감소하는 양상을 보였다.

3. 골밀도

남아의 경우 골밀도의 평균은 41.94 ± 4.52 이고, 5-12세에서는 별다른 차이를 보이지 않다가 13세 이후로 골밀도가 점차 증가되는 것을

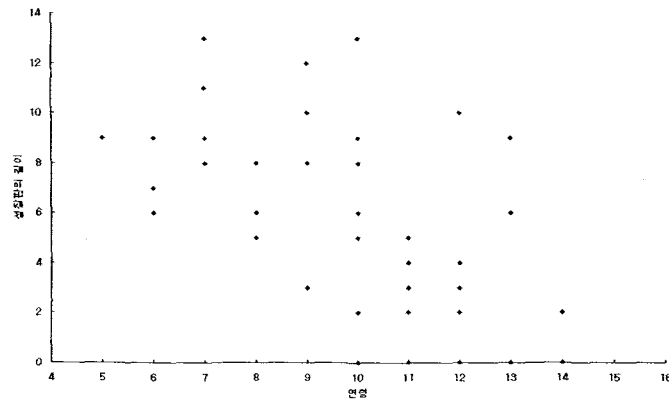


Fig. 2 Relationship between the opening degree of growth plate and age

Table 3. Osteoporosis index according to age in the studied children

Age	Male			Female			Total		
	Mean	N	SD	Mean	N	SD	Mean	N	SD
5	38.60	1	.	42.60	1	.	40.60	2	2.82
6	43.20	1	.	41.80	2	0.71	42.27	3	0.95
7	40.27	3	3.70	39.95	2	5.16	40.14	5	3.68
8	41.90	2	0.28	37.50	1	.	40.43	3	2.55
9	38.67	3	4.33	39.30	2	6.51	38.92	5	4.48
10	43.33	3	1.75	41.81	7	3.05	42.27	10	2.72
11	40.90	3	3.51	41.32	6	3.77	41.84	9	3.53
12	40.35	4	3.78	47.43	7	7.00	44.85	11	6.82
13	44.10	2	3.39	40.80	2	0.57	42.45	4	2.75
14	50.95	2	8.70	43.93	3	2.63	46.74	5	6.09
Total	41.94	24	4.52	42.85	33	4.83	42.47	57	4.68

볼 수 있으며, 여아의 경우 골밀도의 평균은 42.85±4.83이고, 5-11세에서는 별다른 차이를 보이지 않다가 12세 이후로 골밀도가 증가된 것을 볼 수 있다.

전체적으로 골밀도의 평균은 42.47±4.68, 4-11세까지 골밀도의 큰 변화가 없고, 12-14세에 골밀도가 증가하였으며 14세에 현저한 골밀도 증가를 관찰할 수 있었다.

4. 성장판의 길이와 신체계측치의 상관성

성장판과 연구대상 계측치간의 연관성을 살펴보면 Pearson 상관관계지수가 연령 -0.640, 신장 -0.647, 체중 -0.540으로 나타났으며 (P<0.01), 골밀도 -0.302(P<0.05)로 나타났다. BMI의 경우 -0.208로 나타났으나 유의성은 없었다.

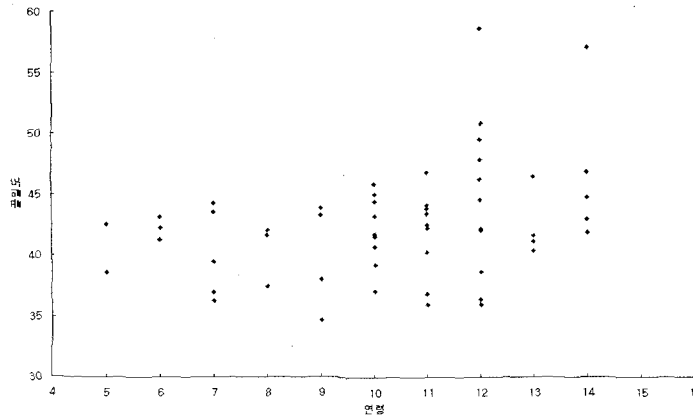


Fig. 3 Relationship between Osteoporosis Index and age

Table 4-1). The correlation between growth plate size and OI, age, height, weight, BMI

	Male			Female			Total		
	Pearson Correlation	N	P	Pearson Correlation	N	P	Pearson Correlation	N	P
OI	-0.276	24	0.191	-0.296	33	0.095	-0.302*	57	0.022
Age	-0.661**	24	0.000	-0.654**	33	0.000	-0.640**	57	0.000
Height	-0.597**	24	0.002	-0.746**	33	0.000	-0.647**	57	0.000
Weight	-0.504*	24	0.012	-0.645**	33	0.000	-0.540**	57	0.000
BMI	-0.161	24	0.452	-0.350	33	0.085	-0.208	57	0.120

*. Correlation is significant at the 0.05 level

**.. Correlation is significant at the 0.01 level

남아의 경우 Pearson 상관관계지수가 연령 -0.661, 신장 -0.597로 나타났으며(P<0.01), 체중 -0.504(P<0.05)로 나타났다. 골밀도 -0.276, BMI -0.161로 나타났으나 유의성은 없었다.

여아의 경우 Pearson 상관관계지수가 연령 -0.541, 신장 -0.746, 체중 -0.645로 나타났으며(P<0.01), 골밀도 -0.296, BMI -0.305로 나타났으나 유의성은 없었다.

골밀도와 연구대상과의 계측치간의 연관성을 살펴보면 Pearson 상관관계지수가 연령 0.345, 신장 0.353, 체중 0.512, BMI 0.442로 유의성 있게 나타났다. (P<0.01)

남아의 경우 Pearson 상관관계지수가 체중 0.579(P<0.01), BMI 0.491(P<0.05)로 나타났

다. 연령 0.401, 신장 0.359로 나타났으나 유의성은 없었다.

여아의 경우 Pearson 상관관계지수가 체중 0.471(P<0.01), BMI 0.424(P<0.05)로 나타났다. 연령 0.295, 신장 0.324로 나타났으나 유의성은 없었다.

성장판과 연구대상과의 신장편차와 예상키에 대한 연관성을 살펴보면 Pearson 상관관계지수가 예상키 -0.388 (P<0.01)로 나타났으며, 신장편차 -0.253으로 나타났으나 유의성은 없었다.

골밀도와 연구대상과의 신장편차와 예상키에 대한 연관성을 살펴보면 Pearson 상관관계지수가 예상키 -0.175, 신장편차 0.087로 나타났으나 유의성은 없었다.

Table 4-2). The correlation between OI and growth plate size, age, height, weight, BMI

	Male			Female			Total		
	Pearson Correlation	N	P	Pearson Correlation	N	P	Pearson Correlation	N	P
growth plate	-0.276	24	0.191	-0.296	33	0.095	-0.302*	57	0.220
Age	0.401	24	0.052	0.295	33	0.095	0.345**	57	0.009
Height	0.359	24	0.056	0.324	33	0.066	0.353**	57	0.007
Weight	0.579**	24	0.030	0.471**	33	0.006	0.512**	57	0.000
BMI	0.491*	24	0.015	0.424*	33	0.014	0.442**	57	0.001

*. Correlation is significant at the 0.05 level

**.. Correlation is significant at the 0.01 level

Table 4-3). The correlation between growth plate, OI and height SDS, MPH

	growth plate size			OI		
	Pearson Correlation	N	P	Pearson Correlation	N	P
Height SDS	-0.253	57	0.057	0.087	57	0.521
MPH	0.388**	57	0.003	-0.175	57	0.194

*. Correlation is significant at the 0.05 level

**.. Correlation is significant at the 0.01 level

IV. 고찰

성장이란 세포의 크기(hypertrophy)와 수(phyerplasia)가 증대하는 것이며, 일반적으로 신장이 커지고 장골이 길어지는 것을 뜻한다.

성장에 이르는 시기, 속도 등에 있어 성별, 인종, 그리고 환경에 따라 다양하게 나타나며 특히 개인간에 커다란 차이가 있지만⁷⁾ 대체적으로 성장은 두시기에 걸쳐 급속히 일어나는데, 6-8세경에 유년기 가속(juvenile acceleration)이 존재하며 사춘기전 최소 성장시기(prepubertal minimum)를 지나 사춘기 최대 성장기(pubertal growth spurt)를 겪게 된다³⁾.

소아의 성장평가는 적절한 치료시기의 선택과 치료방향의 전환을 유도할 수 있기 때문에 성장치료를 있어서 필수적이지만⁸⁾ 개인별 차이가 매우 커서 연령자체만으로는 정확히 평가하기 어렵고, 생리적 적도인 성적 성숙도, 신장이나 체중에 의한 신체적 성숙도, 골 성숙도 등이 이용되고 있다.

그러나 이들 또한 각각의 한계점들을 지니고 있어, 성적 성숙도는 소년에서는 음성의 변화, 소녀에서는 초경시의 연령을 측정하는데, 이는 사춘기에 들어간 후에야 적용가능하고 관찰과 판단기준의 어려움 때문에 그 유용성이 제한되며, 신장 증가의 경우 매년 반복된 측정을 해야 하는 문제점이 있다⁹⁾.

실제 임상외가 개체에 대하여 장기간에 걸친 누년적 정보를 얻기란 어려우며 결국 환자에 대한 한 시점에서의 성숙지표를 통해 환자의 성장발육을 평가할 수 있는 여러 가지 방법들이 연구되고 있다.

X-ray에 의한 골성숙도의 평가는 현재 알려진 성숙지표들 가운데 객관적이며 유용성이 있는 발육연령지표로 임상에서 가장 널리 사

용되고 있다¹⁰⁾.

골성숙도 평가를 위해서 수골, 완골, 대퇴골, 견갑골 등 비교적 화골과정을 쉽게 관찰할 수 있는 신체 여러부위 골 방사선 사진을 이용하며 그 중 수완부골은 방사선 사진촬영이 간편하고, 출생부터 성인이 될 때까지의 전과정을 표현할 수 있는 순차적인 골화과정을 비교적 쉽게 판독할 수 있어 보편적으로 이용되고 있지만¹¹⁾, X-ray에 의한 촬영이 필수적이기 때문에 소아의 지속적인 방사선 조사에 대한 보호자의 거부감과, 한의원의 특성상 X-ray 촬영이 불가능할 뿐 아니라 X-ray 영상을 얻었다 하더라도 임상가에 의해 쉽게 해석되지 못하는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하여 X-ray에 비하여 진단결과의 신뢰성이 낮은 편이기는 하지만 쉽게 측정이 가능하고, 인체에 무해하며 뼈의 다른 특성에 대한 정보를 얻을 수 있는 장점을 가진¹²⁾ 종골의 초음파 영상은 성성속이나 신체활동량 등에 의한 영향을 잘 반영하여¹³⁾, 소아 및 사춘기 초기의 성장정도를 파악하는데 중요한 지표로 생각된다.

뼈의 성장상태는 연령증가에 따라 일정한 과정을 거쳐 점차 성숙되어 성인의 형태에 이르게 되는데 일차골핵(primary ossification center)으로부터 골화하기 시작하여 연령이 증가함에 따라 완성된 뼈의 형태를 이루어 가고, 성장에 따라 골단부에는 다시 이차골핵(secondary ossification center)이 출현하고 점차 골화되어 나중에는 골간부와 골단부가 뼈로서 융합되는 성인형 뼈를 형성하게 된다. 이와 같은 뼈의 성장과정은 각 개인에 있어 완전히 동일한 과정을 밟는 것으로 알려져 있다¹⁴⁾.

종골도 두개의 골화중심을 가지며, 이중 이차 골화중심은 종골의 후반부에, 4-10세 사이에 나타나고 12-15세 경에 몸체와 결합된다¹⁵⁾. 초음파나 X-ray 영상을 통한 뼈의 종적성

장에 대한 예측을 가능하게 하는 방법은 여러 가지가 있다. 가장 흔한 방법은 성장판의 열린 정도를 관측하거나, 뼈의 나이별 생성정도를 가지고 뼈의 연령을 측정하는 방법이 주로 사용되고 있다^{16,17)}. 종골의 경우 뼈의 성숙도를 판단하기 위하여 종골의 이차골화중심이 골간부와 합쳐지는 시점으로 뼈의 성숙도를 예측할 수 있다.

7-16세의 소아 269명을 대상으로 한 김 등⁵⁾의 연구에서 종골의 성숙단계를 표준화하여 남녀 아동의 골령을 제시하였고, Calcaneus와 Tibia, Phalanges의 골성숙도 평가에 차이점이 없음을 보고하였으며, Todd와 Pyle⁶⁾는 균일하게 성장하는 골격의 모든 부위는 발육정도에 대해 동일한 성숙도를 나타낸다고 보고하였다.

현재까지 성장의 진단은 주로 X-ray위주의 연구만이 되어 있고, 종골의 초음파 영상을 통한 성장판단에 관한 연구는 김 등⁵⁾의 연구만이 있다. 이 또한 일반적인 키, 몸무게와 연령별 표준만을 측정할 단편적인 연구에 그쳤을 뿐 성장예측치와 성장편차에 관한 연구는 되어있지 않고, 종골의 골밀도와 성장판의 길이를 종합적으로 연구한 예는 없었다.

만약 발육연령의 여러지표들 중 비교적 쉽게 촬영이 가능한 종골의 초음파 영상을 통해 성장에 대한 정보를 얻을 수 있다면, 환자의 내원시 방사선 사진 없이도 성장판의 길이 및 골밀도를 알아냄으로써 환자의 골령을 예측할 수 있을 것이며 간접적으로 얻어진 골령을 통해 성장발육단계를 어느정도 파악할 수 있을 것이다.

이 연구의 목적은 초음파를 이용한 종골의 성장판 길이와 골밀도를 통해 새로운 성장의 정도를 측정하고, 성장에 대한 성숙지표로서 유용성을 규명하여 개인의 보다 정확하고 효율

적인 성장정도를 평가하는데 그 목적이 있다.

본 연구에서 저자는 2003년 9월 20일부터 2003년 10월 20일까지 동국대학교 분당 한방병원 한방소아과 성장클리닉에 내원한 5-14세까지의 소아 57명을 대상으로 종골의 초음파 영상을 통하여 성장판의 길이와 골밀도를 측정하였으며, 연령, 신장, 체중, BMI, 예상신장, 추정신장 등과의 관련성을 알아보고 다음과 같은 결과를 얻었다.

성장클리닉을 찾아온 환자의 성별분포를 살펴보면 남자 24명(42.1%), 여자 33명(57.9%)으로 거의 비슷한 수준의 남녀비를 보였고 이는 성장에 관한 인식이 남성과 여성에게 거의 동일시하다는 사실을 볼 수 있다. 연령별 분포를 보면 10-12세까지의 소아가 가장 많았고, 전체 표본의 52.6%를 차지하였다.

환자 중 평균신장보다 작은 경우가 57명중 28명, 평균신장보다 큰 경우가 29명으로 특별히 저신장이 아닌 경우에도 성장클리닉에 관심을 가지고 있는 것으로 나타났다.

예상키로 추정된 신장보다 작은 경우는 57명중 16명으로, 실제 성장치료가 필요한 경우는 적었다.

연구대상의 평균연령은 남아 10.26세였고, 평균신장(cm)은 남아 139.25, 여아 140.15로 남녀의 평균신장차이가 거의 비슷한 수준으로 나타났다. 평균체중(kg)은 남아 37.67, 여아 37.52로 체중도 거의 비슷한 수치를 나타냈고, BMI(kg/m²)의 경우 남아가 18.89, 여아가 18.51로 거의 근소한 차이로 남아의 비만도가 약간 높았다.

종골의 성장판이 완전히 닫히는 나이는 전체 평균 12.21세, 남아는 13.5세, 여아의 경우 11.93세로 남아가 여아보다 1.6세 빨리 종골의 성장판이 닫히는 것으로 나타났고 이는 실제 최고 성장기의 경우 여아가 남아보다 2세 정

도 빨리 나타난다는 사실과 일치한다.

특히 남아의 경우 5-10세까지 성장판의 길이는 연령에 비하여 거의 차이가 없고 11세 이후에 점차 성장판의 크기가 감소하였으며, 14세에 이르러 거의 모든 남아에서 종골의 성장판이 닫히는 양상을 볼 수 있다.

여아의 경우 5-9세까지 성장판의 길이는 연령에 비하여 거의 차이가 없었고, 10세부터 성장판 길이의 감소가 눈에 띄게 나타났으며 11세에 이르러 대부분 성장판이 닫혀가는 양상을 보였다.

남아의 경우에는 13세이전 성장판이 완전히 닫혀있는 경우를 볼 수 없었고, 여아의 경우 10세 이전에 성장판이 완전히 닫혀 있는 경우와 14세까지도 성장판이 열려 있는 경우도 있었다.

여아가 남아보다 다소 조기에 골격적 성숙이 일어나며 성장종료시점도 평균 1.6개월 빠른 것으로 나타났다. 이는 성장기의 골성숙도에 있어서 여아가 남아보다 앞선다는 여러 연구와도 일치하는 결과라고 생각된다¹⁸⁾.

평균연령, 표준편차, 최대 최소값을 고려해 볼 때 성장시기의 개인별 차이가 심한 것으로 나타나 개인의 골성숙도는 연대연령에 있어 상당한 변이를 보이므로 단순히 특정 골성숙 단계를 평균연대연령만으로 추정하는 것은 상당한 오류를 범할 수 있을 것으로 사료된다.

하지만 골성숙도의 변화에 따른 평균 연대연령의 변화추이를 살펴보면 골성숙도가 증가함에 따라 평균연령도 지속적인 증가양상을 보임을 알 수 있다. 이는 연대연령이 상당한 변이를 보이기는 하지만 골성숙도와 밀접한 연관을 가지는 변수임 확인할 수 있었다.

종골의 최대성숙시기는 경추 및 수완부 골성숙시기에 비해 어린연령이었는데 이는 수완부골의 성장보다 종골의 성장이 빠르게 진행

되어 완료된다는 것을 의미한다^{8,10)}.

골밀도의 경우 평균 42.47 ± 4.68 이고, 남아 41.94 ± 4.52 여아 42.85 ± 4.82 로 여아의 골밀도가 남아보다 높은 것으로 나타났다.

남아의 경우 5-12세까지는 골밀도의 별다른 차이를 보이지 않고 13세 이후 골밀도가 증가된 것을 볼 수 있으며, 여아 경우도 골밀도가 5-11세에서 별다른 차이를 보이지 않다 12세 이후 골밀도가 증가된 것을 볼 수 있다. 이는 성장판의 길이가 남아가 11세, 여아의 경우 10세에 감소된 것과 일치하는 것을 볼 수 있다.

그러나 성장판과는 달리 골밀도는 성장판이 없어진 후에도 계속 골량이 증가하여 30세를 전후하여 최대골량을 가지게 된다¹⁹⁾.

Southard 등²⁰⁾은 소아의 골밀도를 연구한 결과 골밀도는 1-4세와 10-17세의 growth spert의 시기에 유의하게 증가한다고 보고하였는데 이 연구에서도 10-14세 이후에 현저하게 골밀도가 증가하는 것으로 보아 성호르몬의 분비에 의한 사춘기 발달이 나타나는 시기에 골밀도가 현격히 증가하는 것을 알 수 있다. 5-10세 이전의 growth spert가 없는 시기에 골밀도의 증가는 보이지 않았다.

종골의 초음파 영상을 통하여 측정할 수 있는 성장판의 길이와 연구대상의 계측치에 관한 상관성을 살펴보면 Pearson상관계수가 연령 -0.640, 신장-0.647, 체중 -0.540으로 연령과 체중, 신장이 증가할수록 성장판의 길이가 감소한다는 유의성 있는 결과가 나타났다. 특히 신장과와 상관관계가 -0.647로 체중과 골밀도보다 더 높은 수치로 나타나 성장판과 신장과의 관계가 가장 밀접한 것을 알 수 있다.

남아의 경우 연령과의 관계가 -0.661로 가장 높은 관련성을 나타냈고, 여아의 경우 신장과의 상관관계지수가 -0.746으로 가장 높은 관련성을 나타냈다.

성장판의 길이와 예상키, 신장편차(측정신장과 연령별 평균신장과 차이)에서는 20세의 예상키가 크면 클수록 성장판의 길이가 크게 나타났는데 이는 예상키가 큰 경우 종골의 크기가 커 성장판의 길이 또한 크게 측정된 것으로 추측된다. 신장편차에 관한 연관성은 유의성이 없게 나타났다.

골밀도의 경우 연령 0.345, 신장 0.353, 체중 0.512로 연령, 신장, 체중이 증가할수록 골밀도도 증가하는 것으로 나타났다. 체중과의 상관관계지수가 높아 골밀도와 체중이 가장 밀접한 상관성을 가지고 있고, 일반적으로 비만한 사람은 골밀도가 높다는 사실과 일치하는 결과를 나타냈다^{22,23)}. 골성숙이 체격증가에 미치는 영향이라는 Rusconi²⁴⁾의 연구에서 단순 비만한 어린이들은 동년배보다 키가 크고, 더 빠른 골성숙을 나타내며, 사춘기 성장에 있어 비만의 정도와 키와 골성숙 사이에 상호관련성이 있다는 사실을 밝혀냈다.

그러나 Gilsanz 등²¹⁾의 소아골밀도 연구에서 골밀도는 단지 사춘기 발달에 따라서만 골밀도가 유의하게 증가하며, 체중 신장 등과는 유의한 상관관계가 없다고 보고되어, 골밀도는 체중, 신장과 유의한 상관관계를 가지는 이 연구의 결과와 상반되었는데, 이는 이 연구의 대상연령이 주로 사춘기 전후로 분포되었기 때문으로 생각된다.

그러나 골밀도의 경우 예상키, 신장편차와의 유의성은 없었다. 이러한 결과는 연구대상의 수가 많지 않고 실제 골밀도의 변화치가 작아 유의한 상관성을 밝힐 수 없었던 것으로 생각된다.

위의 결과로 청소년기의 급성장시기에 이르러 종골의 성장판 길이는 점차 감소하고, 골밀도는 증가한다는 사실을 알 수 있는데 이는 내분비 상태의 변화에 따른 성장호르몬의 감

소와 성호르몬의 분비증가에 따른 것으로 성장판의 길이와 골밀도가 실제 성장을 측정하는 중요한 지표가 될 수 있음을 의미하고 사춘기발달에 따라 유의하게 변화하기 때문에 사춘기 발달을 기준으로 파악하는 것이 중요하다고 생각되며, 발육연령 지표의 하나로써 성장에 관한 치료와 예후를 판단하는데 많은 도움을 받을 수 있을 것으로 생각된다.

그러나 연구대상의 수가 적고, 횡단적 평가에 의하여 성장의 정도를 평가하였기 때문에 골연령을 대신하여 성장정도를 정확히 평가하기 위해서는 보다 많은 연구대상을 통한 연구와 사춘기를 기점으로 한 연령별 상관관계에 대한 조사가 필요하다고 생각된다. 또한 성장을 예측하고 성장의 잠재력을 평가하는데 있어서 하나의 지표가 너무 믿어져서는 안되고 사춘기 주위에 일어날 수 있는 성장속도의 변화에 대해서는 개체의 누적적 성장기록에 의한 평가가 보다 정확한 정보를 줄 수 있으리라 사료된다.

V. 결 론

성장클리닉에 내원한 5-14세의 소아 57명을 대상으로 종골의 초음파 영상을 촬영하고, 성장판의 길이와 골밀도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 연구대상의 평균연령은 10±2.54세, 평균 신장(cm)은 139.77±16.55, 평균체중(kg)은 37.58±12.56, 평균BMI(kg/m²)는 18.66±3.23로 나타났다.
2. 성장판이 닫히는 시기는 남아 13.50±0.71

세, 여아 11.93±1.33세, 전체 12.12±1.36세로 여아가 남아보다 평균 1.6세 종골의 성숙이 빠른 것으로 나타났다. 남아는 5-10세까지 성장판 길이의 변화가 없고 10-11세에 이르러 점차 감소하기 시작했으며, 여아는 1-9세까지 성장판 길이의 변화가 없고, 10-11세에 이르러 점차 감소하기 시작했다.

3. 골밀도는 남아평균 41.94±4.52, 여아평균 42.85±4.83, 전체 42.47±4.68로 나타났으며, 남아는 5-12세까지 골밀도의 별다른 변화 없이 13세에 이르러 골밀도가 점차 증가하기 시작했고, 여아는 4-11세까지 골밀도의 변화 없이 12세에 이르러 골밀도가 증가하기 시작했다.
4. 성장판의 길이와 계측치간의 연관성은 Pearson 상관관계지수가 연령 -0.640, 신장 -0.647, 체중 -0.540, 예상키 0.388 ($P<0.01$), 골밀도 -0.032($P<0.05$)로 유의성 있게 나타나 연령, 신장, 체중, 골밀도가 증가할수록 성장판의 길이는 점차 감소하고 예상키가 클수록 성장판의 길이는 증가하는 것으로 나타났으며, BMI, 신장편차(height SDS)와는 유의성이 없었다.
5. 골밀도와 계측치간의 연관성은 Pearson 상관관계지수가 연령 0.345, 신장 0.353, 체중 0.512, BMI 0.442($P<0.01$)로 유의성 있게 나타나 연령, 신장, 체중, BMI가 증가할수록 골밀도가 증가하는 것으로 보여지며, 신장편차(height SDS), 예상신장(MPH)과는 유의성이 없었다.
6. 종골 초음파 영상을 통한 성장판의 길이와 골밀도는 사춘기의 발달에 따라 9-14세에 유의한 변화가 관찰되었고, 차후 더 많은 대상을 통한 실험을 통하여 사춘기

전후의 발육연령의 지표로서 활용할 수 있으리라 생각된다.

參考文獻

1. 강미나, 박미정, 김상우. 가족성 저신장증 아동의 성장상태 및 성장호르몬 치료효과. 인체의학. 2001;22(1):50
2. Smith RJ. Misuse of hand-wrist radiographs. Am J Orthod Dentofac Orthop 1985;88:273
3. 이영미, 김광원, 윤영주. 치아성숙도와 골성숙도의 상호연관성에 관한 연구. 대치교정지. 2000;30(2):143
4. 김경호, 정상진, 박소연. 경추골과 수완부골 방사선 사진을 이용한 골성숙도 평가. 대치교정지. 1998;28(2):285
5. SangHoo Kim, DongHoon Lee, HyungJun Kim, Seung Moo Han. Ultrasonic Method For Imaging The Growth Plate. 2003:3
6. Todd T, Pyle SI. Quantitive study of the Vertebral column. Am J Phys Anthropol 1928;12:321
7. 송중국, 유승희, 손두욱. Tanner-Whitehouse 방법에 의한 유. 청소년들의 연령별 골격성숙도와 성인 키 추정. 체육학회지. 1998; 37(3):229
8. 이미라, 이상호. 한국인 사춘기성 성장기에 서의 수완부 골성숙도와 치아발육에 관한 연구. 대한소아치과학회지. 1992;19(1):216
9. 김주성. 한국여학생의 월경에 관한 조사연구. 서울대학교논문집. 1960:10
10. 박양호. 충주지역 16세 여학생의 초경후

- 요골융합시기에 따른 골성속도에 관한 연구. 건국의과학학술지. 1999;9:196
11. Fishman LS: Radiographic evaluation of skeletal maturation. A clinically oriented method based on hand wrist films, *Angle Orthod.* 1982;52:89
 12. 김형준, 한승무, 이준현, 이민래. 골다공증 진단을 위한 초음파 영상화 진단 기법 연구. *비파괴검사학회지.* 2002;22(4):386
 13. 임병렬, 조병수, 김영설, 김광원, 최영길. 우리나라 정상소아에서 골밀도 측정에 관한 연구. 1990;9(2):2
 14. 오원환, 심종섭. 장골의 성장판 손상. 대한 골절학회지. 1995;8(2):323,324
 15. 정진엽, 조현철, 최인호, 조태준, 이덕용. 경직형 뇌성마비 환자에서 아킬레스건 전술이 종골의 길이 성장에 미치는 영향. 대한정형외과학회지. 1998;33(7): 1775
 16. Tamura K, Akiyama T, Taguchi A, Fujikawa H, Saitoh H, Tanaihara T. Measurement of bone density by ultrasound bone densitometer in normal pregnant women. *Nippon Sanka Fujinka Gakkai Zasshi.* 1996;48(1):1079
 17. Bayer M, Kutil다 S. Ultrasound transmission through the Os calcis in children which side should we measure. *Calcified Tissue International Des.* 1997;61(6):441
 18. 윤형기. 아동기의 골격성속도와 성인시 신장추정에 관한 연구. 2000: 77
 19. 노홍규, 안봉수, 신재규. 골밀도 측정의 부위별 차이에 따른 임상적 의의. *충남의대잡지.* 1995;22(2):321
 20. Southard RN, Morris JD, Mahan JD, Hayes JR, Torch MA, Sommer A, Zipf WP. Bone mass in health children: measurement with quantitative DXA. *Radiology.* 1991;179:735-738
 21. 유철우, 신순문, 박용훈. Dual Energy X-ray Absorptiometry를 이용한 소아들의 골밀도에 대한 연구. *영남의대학술지.* 1993;10(2):376
 22. 조성일, 이인숙, 정효지. 한국 청소년의 성숙 시기 및 관련인자 연구. *서울대보건대학원.* 2002:3,7
 23. 육태한, 이학인, 변덕시. 성인남녀 407명의 골밀도에 대한 임상적 고찰. *대한침구학회지.* 1999;16(2):44
 23. 장수진, 김정연, 육태한. 성인남녀 480명에서의 골밀도와 비만의 상관관계에 관한 임상적 연구. *대한침구학회지.* 1998;15(2): 384
 24. Rusconi, R. Effects of increased body mass on growth and skeletal maturation *Acta Med. Auxol.* 1988;20:141-145