

완관절 초음파통과속도를 이용한 골연령 측정값과 X-ray영상을 이용한 골연령 측정값의 비교

윤경희, 고덕재, 유한정, 이진용, 김덕곤

경희대학교 한의과대학 소아과학교실

A study on growth and development of children by Ultrasound transonic velocity of inferior radiocarpal joint

Yoon Kyung Hee, Koh Duck Jae, You Han Jung, Lee Jin Yong, Kim Deog Gon
Department of Pediatrics, College of Oriental Medicine, KyungHee University

Objectives : The purpose of this study was to suggest a new method for measurement of children's growth development. Ultrasound transonic velocity of inferior radiocarpal joint has some advantages that it is harmless to human body and apply a new analysis algorithm. it can be used for the diagnosis of bone age.

Methods : This clinical study have been carried out with the 117 case(male 68, female 49) of the children aged 5 to 16 years old who visited in Department of Pediatrics, ○○ university Oriental Hospital. Bone maturity is measured by Ultrasound transonic velocity and X-ray image of growth plate in inferior radiocarpal joint. This study were designed to investigate the relationship of the bone age by Ultrasound transonic velocity and X-ray image.

Result & Conclusion : The maturity of growth plate of inferior radiocarpal joint was correlated with age, height, weight, BMI in this study($P < 0.001$). The Ultrasound transonic velocity of inferior radiocarpal joint are sufficient diagnostic worth as an index to predict bone maturity.

Key words : ultrasound, velocity, bone maturity, growth plate, radiocarpal joint

I. 서론

성장이란 유전적 소인과 환경적 요인의 복잡한 상호작용에 의해 영향을 받으며 세포수가 증가하고 세포 크기가 비대해져 전체적인 크기가 커지는 것으로¹²⁾, 성장기 어린이의 성장 정도는 전반적인 건강상태를 반영한다고 볼 수 있다³⁾. 소아의 성장평가는 적절한 치료시기의 선택과 치료방향의 전환을 유도할 수 있기 때문에 성장치료에 있어서 필수적이며⁴⁾, 이를 위해 골 성숙, 성적 성숙, 신체적 성숙, 치아 성숙도 등 여러 가지 지표들이 사용되고 있으나 X-ray에 의한 골 성숙도의 평가가 현재 알려진 성숙지표들 가운데 객관적이며 재현성이 우수한 방법으로 알려져 있다⁵⁾.

골 성숙도(골연령) 평가를 위해서 신체 여러 부위 골 X-ray 영상을 이용하는데 그 중 수완부골은 방사선 사진촬영이 간편하고, 출생부터 성인이 될 때까지의 순차적인 골화과정을 비교적 쉽게 판독할 수 있어 보편적으로 이용되고 있다⁶⁾. X-ray 영상을 이용한 골 성숙도의 평가는 방사선 조사의 문제점 때문에 주기적으로나 반복적으로 평가하기 어렵다는 단점과⁷⁾, 한 의원의 특성상 X-ray 촬영이 불가능할 뿐만 아니라 X-ray 영상을 얻었다 하더라도 임상가에 의해 쉽게 해석되지 못하는 단점이 있다⁸⁾. 최근 들어 주기적이며 반복적으로 성장정도를 측정할 수 있다는 안전성 때문에 초음파를 사용해 골연령을 평가하는 방법이 제시되고 있는데⁹⁻¹¹⁾, 초음파를 사용한 골연령 측정 방법 중, 한 김 등¹²⁾의 연구와 서장 김 등⁸⁾의 연구는 초음파영상을 이용해 종골의 성장판의 열린 정도를 관측하여 골연령을 측정하였고 유의한 결과들이 도출되었다.

본 연구에서는 기존의 종골의 초음파영상을

이용해 성장판 크기측정을 통해 골연령을 측정했던 연구들과 달리, 골화정도 차이에 따라 초음파의 통과 속도가 달라지는 점을 이용하여 골 성숙도 판단에 일반적으로 많이 사용되는 수완부골 성장판의 골화정도를 측정하고, 수완부골과 경골의 X-ray 영상을 이용해 판단한 골 성숙도와 상호연관성을 알아보려고 한다.

II. 대상 및 연구방법

1. 대상

2005년 1월 1일부터 2005년 2월 28일까지 ○○대학교 한방병원 소아과(성장클리닉)에 내원한 환자 중 5~16세 사이에 해당되는 환자 120명(남아69명, 여아51명)을 측정하여 연구대상으로 하였고, 이 중 남아 1명과 여아 2명이 X-ray 영상 미촬영으로 탈락하여 총 117명(남아68명, 여아49명)이 대상이 되었다. 5~16세를 기준으로 한 것은 연구에 사용된 초음파장치의 골연령 측정 알고리즘이 그에 맞추어져 있기 때문이다.

2. 연구방법

신장 및 체중은 신장체중자동측정기((주)동산통상, 1999)로 측정하였다.

좌측완관절(하요척관절)에서의 초음파 속도 측정은 Sunlight사의 Boneage에 의하여 측정되었다. 환자의 왼손을 측정장치의 탐촉자(transducer) 사이에 있는 팔지지대에 얹어 고정을 시키고, 왼쪽 손목의 양측에 위치한 초음파 탐촉자를 통해 초음파를 통과시킨다. 손목부위의

탐촉자 위치를 전후좌우로 조금씩 변화시키며 약 5분간 11회의 반복측정을 통해 초음파 통과 속도의 평균값을 측정하였으며, 장치에 입력된 민족별, 성별 알고리즘에 의하여 골연령이 계산되었다(Fig. 1).

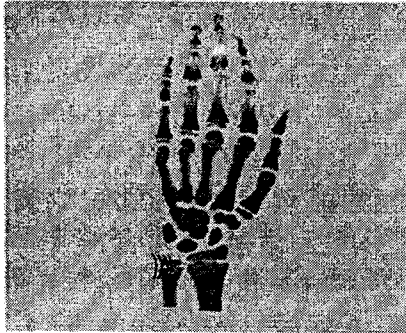


Fig. 1. Patient's measurement area on the left wrist

아이들의 뼈가 성장함에 있어 연골이 점차 골화하는 단계를 밟게 되는데, 요골과 척골갈

은 긴뼈의 경우 뼈의 중앙부분은 태생 시 이미 석회화되어 있으며 시간이 지남에 따라 점차 주변부로 골화되며, 연골로 되어있는 말단 부위는 시간이 지남에 따라 골화중심이 나타나며 골화되기 시작한다. 성장판이라 일컬어지는 골단연골의 경우는, 뼈의 중앙 부분부터 시작되는 골화와 말단 부분부터 시작되는 골화가 진행되면서 점차 석회화된다.

석회화된 골과 연골에서의 초음파 속도는 다른데, 연골의 경우 초음파의 통과속도는 약 1700m/sec이며, 석회화된 골에서의 초음파 통과속도는 약 2200~4500m/sec정도가 된다. 이에 근거하여 골화가 진행되지 않았다면 1700m/sec에 가까운 초음파통과속도를 나타낼 것이며, 골화가 진행되었다면 2200~4500m/sec에 해당하는 초음파 통과속도를 나타낼 것이라고 추정할 수 있다(Fig. 2).

Fig. 2. A comparison of the correlation between the X-ray image at each site and ultrasound transonic velocity in the growth plate of inferior radiocarpal joint

Method	Region	Open	Closing	Closed
X-ray	Tibia			
	Phalanges			
Ultrasound transonic velocity	inferior radiocarpal joint	1762	1911	2139

좌측 완관절의 X-ray사진은 SIEMENS사의 MULTIX-TOP에 의하여 측정되었다. X-ray판독은 진단방사선 전문가가 판독하였다. 판독자는 GP법의 기준으로 필름을 관찰하여 개인에게 주어진 골성숙 점수를 구하였다.

성장평가는 한국소아발육표준치(1998년 대한소아과학회)를 기준으로 평가하였고, 비만도는 BMI를 이용하였다. 비만 판정은 1999년 대한소아과학회 영양위원회의 한국 소아(5~18세)의 체질량 지수 백분위수 곡선에서 95백분위수 이상에 해당하는 아동으로 판정하였다.

3. 통계처리

자료의 분석 및 통계적 검정은 SPSS® for windows (version 12.0, SPSS, Inc., Chicago, U.S.A.)를 이용하였고, Boneage를 통해 측정된 골연령과 X-ray판독을 통해 측정된 골연령의 상호연관성을 파악하였다.

III. 결 과

1. 대상군의 일반적인 특징

연구대상의 연령은 5~16세까지였으며, 평균연령은 남아 11.88±2.80세, 여아 11.40±2.21세, 전체 11.67±2.58세였으며, 평균신장(cm)은 남아 146.93±16.99cm, 여아 143.10±11.09cm, 전체 145.35±14.87cm였다. 평균체중(kg)은 남아 44.59±15.35kg, 여아 38.00±10.32kg, 전체 41.85±13.80kg이었고, 평균BMI(kg/m²)는 남아 19.94±3.71kg/m², 여아 18.20±2.94kg/m², 전체 19.21±3.50kg/m²으로 나타났다(Table 1).

환자 중 평균신장보다 작은 경우가 117명 중 35명(29.9%)이었으며, 평균신장보다 큰 경우는 31명(26.5%)이었고, 저신장증에 해당하는 하위 3퍼센타일의 환자는 1명(0.9%)이었다. 남아에서 평균신장보다 작은 경우는 29.4%로 여아 30.6%보다 근소하게 낮았으며, 평균신장보다 큰 경우는 남아 26.5%, 여아 26.5%로 차이가 없었다.

Table 1. Age, Height, Weight, BMI

		Age	Height(cm)	Weight(kg)	BMI(kg/m ²)
Male	Mean	11.88	146.93	44.59	19.94
	N	68	68	68	68
	SD	2.80	16.99	15.35	3.71
Female	Mean	11.40	143.10	38.00	18.20
	N	49	49	49	49
	SD	2.21	11.09	10.32	2.94
Total	Mean	11.67	145.35	41.85	19.21
	N	117	117	117	117
	SD	2.58	14.87	13.80	3.50

환자 중 평균체중보다 작은 경우는 117명중 34명(29%)이었으며, 평균체중보다 큰 경우는 38명(32.5%)이었다. 남아에서 평균체중보다 작은 경우는 23.5%로 여아의 36.7%에 비해 비율이 낮았으며, 남아에서 평균체중보다 큰 경우는 36.8%로 여아의 26.5%보다 높았다. 전체 117명 중 비만에 해당하는 환자는 남아 7명(6%)이었다(Table 2).

2. 초음파측정 골연령과 X-ray측정 골연령

5세 연령을 제외하고, 남아의 경우 10세까지는 경골과 수완부골 부위의 X-ray 영상을 이용해 측정한 골연령이 더 높았으며, 11세부터 16세까지는 좌측 하요척관절의 초음파 통과속도를 이용하여 측정한 골연령이 더 높았다. 여아의 경우 7세, 8세, 14세, 16세는 X-ray측정 골연령이 더 높았으며, 나머지 연령에서는 초음파 측정 골연령이 더 높았다. 전체의 경우 9세까지는 X-ray측정 골연령이 더 높았으며, 10

세부터 16세까지는 초음파측정 골연령이 더 높았다. 남녀아 모두에서 역연령이 증가함에 따라 초음파측정 골연령과 X-ray측정 골연령 모두 증가하였는데, X-ray측정 골연령이 초음파측정 골연령보다 역연령과 비슷한 것으로 나타났다(Table 3).

3. Boneage(초음파측정기)와 X-ray(GP법) 판독에 의한 골연령 측정치의 상관성

경골과 수완부골 부위의 X-ray 영상을 이용해 측정한 골연령과 좌측 하요척관절의 초음파 통과속도를 이용하여 측정한 골연령의 연관성을 살펴보면 Pearson 상관관계지수가 0.907 ($P<0.01$)로 나타났다.

남아의 경우 X-ray측정 골연령과 초음파측정 골연령의 연관성은 Pearson 상관관계지수가 0.933($P<0.01$)이었으며, 여아의 경우 0.843 ($P<0.01$)이었다(Fig. 3).

Table 2. Height & Weight percentile

Height percentile				Weight percentile			
Percentile	Male	Female	Total	Percentile	Male	Female	Total
3	0	1	1	3	2	2	4
10	6	3	9	10	1	6	7
25	14	11	25	25	13	10	23
50	30	21	51	50	27	18	45
75	13	6	19	75	15	7	22
90	2	5	7	90	5	5	10
97	3	2	5	97	5	1	6
Total	68	49	117	Total	68	49	117

Table 3. Bone age(ultrasound & X-ray) according to age in the studied children

Age	Male					Female					Total				
	Mean (ultrasound)	Mean (X-ray)	N	SD (ultrasound)	SD (X-ray)	Mean (ultrasound)	Mean (X-ray)	N	SD (ultrasound)	SD (X-ray)	Mean (ultrasound)	Mean (X-ray)	N	SD (ultrasound)	SD (X-ray)
5	5.25	4.50	1	-	-	8.10	4.50	1	-	-	6.68	4.50	2	2.02	0.00
6	5.49	5.67	3	1.38	0.29	-	-	0	-	-	5.49	5.67	3	1.38	0.29
7	7.05	7.08	4	0.84	1.62	6.36	7.00	1	-	-	6.91	7.06	5	0.79	1.40
8	6.91	8.00	3	1.34	0.00	8.62	9.08	6	0.86	0.97	8.05	8.72	9	1.28	0.94
9	8.29	8.70	5	1.90	0.57	10.35	10.33	3	1.16	2.52	9.06	9.31	8	1.89	1.65
10	10.22	10.22	9	1.57	1.03	11.81	10.70	10	1.14	0.79	11.06	10.47	19	1.55	0.92
11	12.29	11.21	7	1.60	0.86	12.71	11.81	8	1.16	0.80	12.52	11.53	15	1.35	0.85
12	13.36	12.60	10	1.60	0.86	14.81	12.89	9	1.16	0.80	14.05	12.74	19	1.61	0.81
13	14.65	13.89	9	1.62	1.22	14.53	13.50	4	0.98	0.71	14.62	13.77	13	1.41	1.07
14	15.80	14.58	6	0.67	0.92	14.00	14.50	4	1.47	0.71	15.08	14.55	10	1.35	0.80
15	15.52	15.50	6	1.57	0.84	15.41	15.00	2	1.22	0.00	15.49	15.38	8	1.40	0.74
16	16.91	15.50	5	2.30	0.50	14.18	15.50	1	-	-	16.45	15.50	6	2.34	0.45
Total	12.18	11.72	68	3.74	3.13	12.44	11.67	49	2.58	2.35	12.29	11.70	117	3.30	2.82

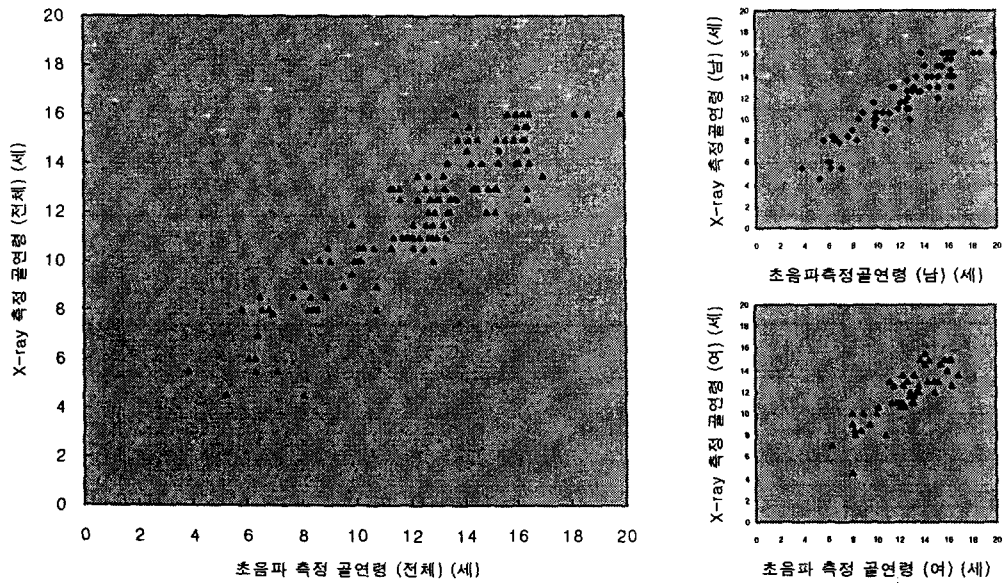


Fig. 3. The linear correlation of bone age between X-ray and ultrasonic methods ($r=0.907$, $p<0.01$)

IV. 고 찰

성장이란 의학적 입장에서 보면 세포수가 증가하고 증가된 세포가 비대해져 전체적인 크기가 커짐을 의미한다. 일반적으로는 키, 몸무게 등이 양적으로 증가해 나가는 과정을 말한다. 성장은 출생 전에는 주로 모체의 영향에 의해 지배되지만, 출생 후에는 유전적 소인과 환경적 요인의 복잡한 상호작용에 의해 영향을 받는다^{1,2)}.

성장기 어린이의 성장 정도는 전반적인 건강상태를 반영한다고 볼 수 있는데³⁾, 소아에서 골연령의 진행정도는 소아의 성장잠재력에 변화를 줄 수 있는 것으로 알려져 있다. 또한 골연령 측정은 최종 성인 신장의 예측 뿐 아니라, 역연령과의 비교를 통해 성장 및 성 성숙과 관련된 여러 가지 소아 질환의 진단과, 치료의 경과 관찰에 유용하게 쓰이고 있다³⁾.

소아의 성장평가는 적절한 치료시기의 선택과 치료방향의 전환을 유도할 수 있기 때문에 성장치료에 있어서 필수적인데⁴⁾ 동일한 성과연령의 아이들이라도 생물학적 성숙 수준은 개인별 차이가 크며 아동기와 청소년기의 급성장 시기에는 더욱 뚜렷하게 나타나기 때문에 연령 자체만으로는 정확히 평가하기 어렵다⁴⁾. 생물학적 성숙도를 평가하기 위해서 흔히 사용하고 있는 척도는 골격 성숙, 성적 성숙, 신체적 성숙, 치아성숙도 등이 있는데, 특히 골격 성숙은 출생 후부터 성인이 될 때까지 가장 좋은 생물학적 성숙 지표로써 사용되어 왔다⁵⁾.

X-ray에 의한 골 성숙도의 평가는 현재 알려진 성숙지표들 가운데 객관적이며 재현성이 우수한 발육연령지표로 임상에서 널리 사용되고 있다⁵⁾.

뼈의 성장상태는 연령증가에 따라 일정한 과

정을 거쳐 점차 성숙되어 성인의 형태에 이르게 된다. 일차골핵(primary ossification center) 으로부터 골화하기 시작하여 연령이 증가함에 따라 일차골핵은 점차 커져서 완성된 뼈의 형태를 이루어 가고, 성장에 따라 골단부에서는 한 개 또는 몇 개의 이차골핵(secondary ossification center)이 출현하여 이차골핵이 점차 커지고 골화되어 최후에는 골간부와 골단부가 뼈로서 융합되는 성인형 뼈를 형성하게 된다⁶⁾. 이와 같은 뼈의 성장과정은 조숙형과 만숙형에 상관없이 각 개인에 있어 완전히 동일한 과정을 밟는 것으로 알려져 있다⁵⁾.

골성숙도 평가를 위해서 수골, 완골, 대퇴골, 견갑골 등 비교적 화골과정을 쉽게 관찰할 수 있는 신체 여러 부위 골 방사선 사진을 이용하며 그 중 수완부골은 방사선 사진촬영이 간편하고, 출생부터 성인이 될 때까지의 전 과정을 표현할 수 있는 순차적인 골화과정을 비교적 쉽게 판독할 수 있어 보편적으로 이용되고 있지만⁶⁾, X-ray영상을 사용한 골 성숙도의 평가는 방사선 조사의 문제점 때문에 주기적으로나 반복적으로 평가하기 어렵다는 단점이 있다⁷⁾. 또한 한의원의 특성상 X-ray 촬영이 불가능할 뿐 아니라 X-ray 영상을 얻었다 하더라도 임상가에 의해 쉽게 해석되지 못하는 단점도 있다⁸⁾. 최근 들어 주기적이며 반복적으로 성장정도를 측정할 수 있다는 안전성 때문에 초음파를 사용해 골연령을 평가하는 방법이 제시되고 있다⁹⁾.

초음파를 사용한 골연령 측정 방법 중 초음파영상을 이용해 종골의 성장판의 열린 정도를 관측하여 골연령을 측정하는 방법을 사용한 몇몇 연구에서 유의한 결과가 도출되었다^{8,12)}.

본 연구의 목적은 기존의 종골의 초음파영상을 이용해 성장판 측정하고 골연령을 측정했던 연구들과 달리, 팔밀도 차이에 따라 초음파

의 통과 속도가 달라지는 점을 이용하여 골성속 판단에 일반적으로 많이 사용되는 수완부골 성장판의 골화정도를 통해 골연령을 측정하고 그 결과를 X-ray판독과 비교하여, 실제 임상에서의 유용성을 알아보려고 하는데 그 목적이 있다.

본 연구에서 저자는 2005년 1월 1일부터 2005년 2월 28일까지 ○○대학교 한방병원 소아과(성장클리닉)에 내원한 환자 5~16세까지의 소아 117명(남자68명, 여자49명)을 대상으로 좌측 하요척관절의 초음파통과속도를 측정하여 골연령을 측정하였으며, 경골과 수완부골 부위의 X-ray 영상을 이용해 측정한 골연령과 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

우선 성장클리닉을 찾아온 환자의 성별분포를 살펴보면 남자 68명(68.1%), 여자 49명(31.9%)으로 남자가 2배 정도 많은 수준을 보였다. 연령별 분포를 보면 10~12세의 소아가 가장 많았고, 전체 표본의 45.3%를 차지하였다.

환자 중 평균신장보다 작은 경우가 117명중 35명(29.9%)이었으며, 평균신장보다 큰 경우는 31명(26.5%)이었고, 저신장증에 해당하는 3퍼센타일의 환자는 1명(0.9%)이었는데, 특별히 저신장이 아니더라도 성장에 많은 관심을 가지고 있는 것을 알 수 있다. 남아에서 평균신장보다 작은 경우는 29.4%로 여아 30.6%보다 근소하게 적었으며, 평균신장보다 큰 경우는 남아 26.5%, 여아 26.5%로 큰 차이가 없었다.

환자 중 평균체중보다 작은 경우는 117명중 34명(29%)이었고, 평균체중보다 큰 경우는 38명(32.5%)으로 평균체중보다 많이 나가는 환자가 좀 더 많았으며, 비만에 해당하는 환자는 전체 117명 중 남아 7명이었다.

연구대상의 평균연령은 남아 11.88세, 여아 11.40세였으며, 평균신장(cm)은 남아 146.93cm, 여아 143.10로 남아가 약 3.8cm 더 컸다. 평균

체중(kg)은 남아 44.59kg, 여아 38.00kg으로 남아가 6.59kg이 더 많았으며, 평균 BMI(kg/m²)는 남아 19.94kg/m², 여아 18.20kg/m²로 남아가 체질량지수가 좀 더 높게 나타났다.

성장시기는 개인별 차이가 심한 것으로 알려져 있어 개인의 골 성속도는 역연령에 있어 상당한 변이를 보이므로 단순히 특정 골성속단계를 평균연대연령만으로 추정하는 것은 상당한 오류를 범할 수 있으나, 본 연구에서 연령과의 상관성을 살펴보면 Pearson 상관계수가 0.938(X-ray), 0.897(초음파)로 골성속도가 증가함에 따라 평균연령도 증가하는 양상을 보여 역연령이 골성속도와 연관을 가지는 변수임을 확인할 수 있었다.

또한 Pearson 상관계수가 신장의 경우 0.925(X-ray), 0.895(초음파), 체중의 경우 0.818(X-ray), 0.772(초음파), BMI의 경우 0.529(X-ray), 0.483(초음파)로 나왔는데 신장과 체중 또한 골연령과 상관관계를 가짐을 알 수 있다.

남아에서는 신장의 Pearson 상관계수 0.955(X-ray), 0.934(초음파)로 여아에서는 역연령이 Pearson 상관계수 0.913(X-ray), 0.837(초음파)로 가장 높은 상관성을 나타내었다.

경골과 수완부골 부위의 X-ray 영상을 이용해 측정한 골연령과 좌측 하요척관절의 초음파 통과속도를 이용해 측정한 골연령의 연관성을 살펴보면 Pearson 상관관계지수가 0.907(P<0.01)로 나타났다.

남녀로 나누었을 때, 남아의 경우 경골과 수완부골 부위의 X-ray 영상을 이용해 측정한 골연령과 좌측 하요척관절의 초음파 통과속도를 이용해 측정한 골연령의 연관성을 보면 Pearson 상관관계지수가 0.933(P<0.01)이었으며, 여아의 경우 0.843(P<0.01)이었다.

위의 결과로 청소년기의 급성장시기에 하요척관절의 초음파통과속도를 이용해 골연령을

측정하는 것이 발육연령의 지표의 하나로 성장에 관한 치료와 예후의 판단에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료되나, 연구대상의 수가 적고 분포가 다양하지 못하였으며 X-ray영상 판독자간의 오차를 줄이지 못한 면이 있었다. 또한 기기 측정에 있어서 1명의 일관된 측정자가 지속적으로 측정하지 못하였던 면도 있다. 기기에 있는 탐촉자와 손목의 위치와 방향 등에 의한 오차를 줄이기 위한 노력이 더 필요하며, 성장판이 골화되는 정도와 부위에 따른 초음파 통과속도의 변화에 대한 더욱 심도 있는 고찰이 필요하다. 이상의 문제점들을 보완한다면 좀 더 정확한 평가를 할 수 있다고 사료된다.

V. 결 론

경희의료원 한방소아과 성장클리닉에 내원한 5~16세의 소아 117명을 대상으로 좌측 하요척관절의 초음파통과속도를 이용해 골연령을 측정하고, 경골과 수완부골 부위의 X-ray 영상을 이용해 골연령을 측정한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 연구대상의 평균연령은 11.67±2.58세, 평균신장(cm)은 145.35±14.87cm, 평균체중(kg)은 41.85±13.80kg, 평균BMI(kg/m²)는 19.21±3.50kg/m²으로 나타났다.
2. 환자 중 평균신장보다 작은 경우가 117명 중 35명(29.9%), 큰 경우 31명(26.5%)이었으며 남녀간 차이는 없었다. 저신장증에 해당하는 하위 3퍼센타일 환자는 1명(0.9%)이었다.
3. 환자 중 평균체중보다 적은 경우는 117명

중 34명(29%), 평균체중보다 큰 경우 38명(32.5%)이었다. 비만에 해당하는 환자는 7명(6%)이었다.

4. 남아의 경우 10세까지는 X-ray측정 골연령이, 11세부터 16세까지는 초음파측정 골연령이 더 높았다. 여아의 경우 7세, 8세, 14세, 16세는 X-ray측정 골연령, 나머지 연령에서는 초음파 측정 골연령이 더 높았다. 전체 연령에서, 9세까지는 X-ray측정 골연령이, 10세부터 16세까지는 초음파측정 골연령이 더 높았다.
5. 경골과 수완부골 부위의 X-ray 영상을 이용해 측정한 골연령과 좌측 하요척관절의 초음파통과속도를 이용해 측정한 골연령의 연관성은 Pearson 상관관계지수가 0.907(P<0.01)로 유의성있게 나타났다.
6. 좌측 하요척관절의 초음파통과속도를 통해 측정한 골연령의 측정에 있어, 더 많은 대상을 통한 연구와 오차를 줄이기 위한 노력이 수반된다면 좀 더 정확한 평가가 가능할 것이며 X-ray영상을 통한 골연령 측정을 대신하는 지표로서 활용할 수 있으리라 생각된다.

참고문헌

1. 홍창의. 소아과학. 서울:대한교과서(주). 2004: 22-23.
2. 최영길 외. 내분비학. 서울:서울대학교출판부. 1994:601-626.
3. Isil halac, Donald Zimmerman. Evaluating short stature in children. Pediatric annals. 2004;33:176.

4. 이미라, 이상호. 한국인 사춘기성 성장기에 서의 수완부 골성속도와 치아발육에 관한 연구. 대한소아치과학회지. 1992;19 (1):216.
5. Greulich WW, Pyle SI, Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist, 2nd ed. Stanford California, Stanford University Press, 1959.
6. Fishman LS: Radiographic evaluation of skeletal maturation. A clinically oriented method based on hand wrist films, Angle Orthod. 1982;52:89.
7. Leguin, M. H., van Rijn, R. R., Robbon, S. G. F., Hop, W. C. J., and Van Kuijk, C. Normal values for tibial quantitative ultrasonometry in Caucasian children and adolescents (aged 6 to 19 years). Calcified Tissue Int. 2000;67(5):101 - 105.
8. 서영민, 장규태, 김장현. 종골의 초음파영상을 통한 소아성장에 관한 연구. 대한한방소아과학회지. 2003;17(2):1-13.
9. Tamura, K., Akiyama, T., Taguchi, A., Fujikawa, H., Saitoh, H., and Yanaihara, T. Measurement of bone density by ultrasound bone densitometer in normal pregnant women. Nippon Sanka Fujinka Gakkai Zasshi. 1996;48(11):1079 - 1084.
10. Strelitzki, R., Clarke, A. J., and Evans, J. A. The measurement of the velocity of ultrasound in fixed trabecular bone using broadband pulses and single frequency tone bursts. Physics in Med. Biol. 1996;41(4):743 - 753.
11. Han, SM, Rho, J., Medige, J., and Ziv, I. Ultrasound velocity and broadband attenuation over a wide range of bone mineral density. Osteoporosis Int. 1996; 6(6): 291 - 296.
12. Han SM, Kim SH. A comparison of ultrasonic and X-ray methods for imaging the growth plate. Proc Inst Mech Eng [H]. 2005;219(4):285-92.
13. 김세영, 양세원. 골연령 측정에서 Greulich-Pyle법과 Tanner-Whitehouse법의 비교분석. 대한내분비학회지. 1998;198-204.
14. Armstrong, N., Welsman, J. R., & Kirby, B. J. Submaximal exercise and maturation in 12years olds. J Sports Sci. 1999;17(2):107-114.
15. Tanner, J. M., Landt, K. W., Carmeron, N., Carter, B. S., & Patel, J. Prediction of adult height from height and bone age in childhood. Am. J. Dis. Child. 1983;58: 767-776.
16. 구광수, 장군철. TW II 방법에 의한 11세-16세의 골성속에 관한 연구. 한국발육발달학회지. 1999;7:37-48.