

정상 소아, 성조숙증 및 체질성 성장지연 소아에서 Bayley-Pinneau방법과 Tanner-Whitehouse 3방법에 의한 예측성인신장 비교

고려대학교 의과대학 소아과학교실

오연정 · 유병근 · 신정연 · 이기형 · 이광철 · 손창성

= Abstract =

Comparison of predicted adult heights measured by Bayley-Pinneau and Tanner-Whitehouse 3 methods in normal children, those with precocious puberty and with constitutional growth delay

Yeon Joung Oh, M.D., Byung Keun Yu, M.D., Jung Yeon Shin, M.D.

Kee-Hyoung Lee, M.D., Sang Hee Park, M.D., Kwang Chul Lee, M.D. and Chang Sung Son, M.D.

Department of Pediatrics, College of Medicine, Korea University, Seoul, Korea

Purpose : This study compared bone ages measured by the Greulich-Pyle (GP) and Tanner-Whitehouse 3 (TW3) methods and investigated the differences in predicted adult heights measured by Bayley-Pinneau (BP) and TW3 methods.

Methods : Bone ages were assessed from left-wrist radiographs by two investigators, one for each GP and TW3 methods in 85 normal children, 30 precocious puberty girls, and 30 constitutional growth delay boys. The differences between the measured predicted adult heights using the BP and TW3 methods were compared in each group.

Results : The bone age measured by the TW3 method was less than that by the GP method in normal children. The predicted adult heights measured by the two methods showed no significant difference in normal boys, while the predicted adult height measured by the TW3 method was higher than that by the BP method for normal girls (156.4 ± 4.7 cm vs. 158.9 ± 3.8 cm, $P < 0.01$) and for precocious puberty girls (156.3 ± 4.0 cm vs. 159.3 ± 4.2 cm, $P < 0.01$). In contrast, the predicted adult height was higher from the BP method than from the TW3 method in constitutional growth delay boys (173.3 ± 4.4 cm vs. 169.7 ± 3.2 cm, $P < 0.01$).

Conclusion : There were significant differences in predicted adult heights between the BP and TW3 method in normal girls, precocious puberty girls, or constitutional growth delay boys. In precocious puberty and constitutional growth delay, the BP method might be preferred to predict adult height, but further studies on final adult height are needed. (Korean J Pediatr 2009;52:351-355)

Key Words : Bayley-Pinneau, Tanner-Whitehouse, Age determination by skeleton, Predicted adult height

서 론

소아에서 성장의 정도를 반영할 수 있고 성장과 관련된 여러 내분비 질환의 진단과 치료의 경과를 평가하는데 유용하게 쓸 수 있는 것이 골연령을 측정하는 것이다¹⁾. 또한 골연령의 진행 정도가 소아의 성장에 영향을 줄 수 있기 때문에 이를 통해 최종 성인 신

장의 예측에 사용할 수 있다²⁾.

골연령을 측정하기 위해 개발된 여러 방법 중 가장 많이 사용되는 방법이 Greulich-Pyle (GP)방법³⁾과 Tanner-Whitehouse 3 (TW3)방법이다^{4, 5)}. GP방법은 왼쪽 손과 손목 사진을 찍어 골발육도감과 대조하여 골연령을 측정하는 방법으로 외래에서 손쉽게 빠르게 이용 가능하지만 도감의 골연령 간격이 약 1년 단위로 나뉘어져 있기 때문에 반정량적이며^{3, 4)}, TW방법은 역시 왼쪽 손목 사진을 이용하여 각 부위별 뼈의 성숙도 점수를 합산하여 골연령을 평가하는 방법으로 여러 번 개정을 거쳐 최근에는 RUS (radius-ulna-short bones) 점수만으로 계산하는 TW3방법이 사용되고 있다⁵⁾. 이 방법은 각 부위별로 뼈의 성숙도를 반영하기 때문에 좀 더 정확할 수 있지만 시간이 오래 걸리는 단점이 있다^{1, 6)}.

골연령을 이용하여 성인키를 예측하는 방법은 GP 골연령과 역

Received : 25 August 2008, Revised : 9 October 2008,

Accepted : 29 October 2008

Address for correspondence : Kee-Hyoung Lee, M.D.

Department of Pediatrics, College of Medicine, Korea University, #126-1, 5-Ka Anam-Dong, Sungbuk-Gu 136-705, Seoul, Korea

Tel : +82.2-920-6604, Fax : +82.02-922-7476

E-mail : khlee218@umc.or.kr

연령, 현재의 키를 이용하여 예측키를 구하는 Bayley-Pinnea (BP)법⁷⁾과 RUS 점수를 이용한 골연령과 현재의 키, 역연령을 이용하여 구하는 TW3법이 있다⁵⁾. 이를 이용하여 정상 소아의 성인 키를 예측해 볼 수 있으며 특히 성조숙증이나 터너중후군 같이 병적인 경우 성장의 경과나 최종 신장의 예후를 알아보는 데 도움이 될 수 있고 체질성 고신장의 경우에도 골연령의 진행 정도에 따른 성장 잠재력과 예측 성인키를 통해 치료 여부를 결정하는데 도움이 된다⁸⁾.

골연령을 이용하여 최종 성인키를 예측하는 연구는 외국에서는 몇몇 보고된 바가 있으나⁸⁻¹¹⁾ 국내에서는 이에 대한 연구가 거의 없는 실정이다. 이에 저자들은 정상 소아, 성조숙증, 체질성 성장 지연 소아를 대상으로 GP방법과 TW3방법으로 구한 골연령을 비교하고 이를 이용하여 BP방법과 RUS 점수를 이용한 TW3방법으로 예측 성인키를 구하여 상황에 따라 두 방법으로 구한 예측키가 차이가 있는지를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

고려대학교병원 소아청소년과 내분비 클리닉에 내원한 소아 중 만성질환이나 약 복용력이 없고 병적인 저신장을 제외한 10세 이상 15세 미만의 정상 소아와 체질성 성장지연이 있는 남아, 그리고 성조숙증으로 진단된 여아를 대상으로 하였다.

이들 중 정상 소아는 남아 45명, 여아 40명으로 총 85명이었고, 체질성 성장 지연 남아는 30명, 성조숙증으로 진단된 여아는 30명이었다.

2. 방법

각 대상 아동은 신체 계측을 시행하였고 10세 이상 15세 미만의 정상 소아 중 신장이 10 백분위수 이상 90 백분위수 미만이면서 역연령과 골연령의 차이가 1년 미만인 소아를 대상으로 하였다. 성조숙증은 8세 이전에 성 성숙의 징후가 있으면서 gonadotropin-releasing hormone (GnRH) 자극검사에서 확진된 경우로 하였고 체질성 성장지연은 신장이 25 백분위수 미만이고 정상 성장 속도를 가지면서 골연령이 역연령에 비해 1년 이상 지연이 되어 있는 남아를 대상으로 하였으며 이들 부모의 키는 성인기준으로 모두 25 백분위수 이상의 정상 범위에 있는 경우였다.

골연령은 왼쪽 손과 손목 사진을 찍어 숙련된 판독자 2명 중 한 명은 GP법, 다른 한 명은 TW3법으로 골연령을 판독하였고 이를 이용하여 BP법과 RUS score를 이용한 TW3법으로 예측 성인키를 산출하여 비교하였다.

3 통계적 분석

SPSS for Windows (version 12.0, SPSS, Chicago, IL, USA) 통계 프로그램을 사용하여 통계처리 및 자료 분석을 시행

하였다. Paired t test를 이용하여 골연령과 예측 성인키의 평균값을 비교하였고 모든 측정치는 평균치±표준편차로 표시하였으며 P값이 0.05 미만일 때 통계적으로 유의성이 있다고 판정하였다.

결 과

1. 대상 아동의 일반적 특징

대상 아동 중 정상 소아의 평균 연령은 11.8±1.1세로 남아 11.9±1.1세, 여아 11.7±1.0세였고 성조숙증 여아는 8.7±0.8세, 체질성 성장지연 남아는 10.6±1.6세였다.

정상 소아 중 남아의 평균 신장은 146.6±7.0 cm, 여아는 145.7±6.4 cm이었고 신장 SDS 값은 남녀 각각 -0.1±0.6, -0.2±0.6였다. 성조숙증 여아의 평균 신장은 137.6±7.4 cm, 신장 SDS는 1.6±0.8이었고 체질성 성장지연 남아의 평균 신장은 132.7±7.9 cm, 신장 SDS는 -1.0±0.6 이었다(Table 1).

2. GP방법과 TW3방법으로 측정된 골연령의 비교

정상 소아에서는 남녀 모두 GP방법보다 TW3방법에 의한 골연령이 통계적으로 유의하게 낮게 나타났는데 남아는 각각 11.8±1.2세와 11.2±1.3세, 여아는 11.9±1.5세와 11.6±1.6세였다(Table 2).

성조숙증 여아의 경우 두 방법에 의한 골연령은 통계적으로 유

Table 1. Basal Characteristics of Study Subjects

	Normal Children		PP (N=30)	CGD (N=30)
	Male (N=45)	Female (N=40)		
Age (year)	11.9±1.1	11.7±1.0	8.7±0.8	10.6±1.6
Height (cm)	146.6±7.0	145.7±6.4	137.6±7.4	132.7±7.9
Height SDS	-0.1±0.6	-0.2±0.6	1.6±0.8	-1.0±0.6
Weight (kg)	39.7±1.0	34.8±7.1	35.8±6.7	32.0±6.6

Abbreviations : PP, precocious puberty; CGD, constitutional growth delay

Table 2. Comparison of Bone Age and Predicted Height in Normal Children

	GP (year)	TW3 (year)	BP (cm)	TW3 (RUS) (cm)
Male	11.8±1.2	11.2±1.3*	174.1±5.2	174.2±3.7
Female	11.9±1.5	11.6±1.6†	156.4±4.7	158.9±3.8‡

*P<0.01, compared to bone age by GP method

†P<0.05, compared to bone age by GP method

‡P<0.01, compared to predicted adult height by BP method

Abbreviations : GP, bone age measured by Greulich-Pyle method; TW3, bone age measured by Tanner-Whitehouse 3 method; BP, predicted adult height measured by Bayley-Pinneau method; TW3 (RUS), predicted adult height measured by RUS score (TW3)

Table 3. Comparison of Bone Age and Predicted Height in Precocious Puberty and Constitutional Growth Delay Children

	GP (years)	TW3 (years)	BP (cm)	TW3 (RUS) (cm)
PP	10.8±1.1	10.7±1.1	156.3±4.0	159.3±4.2*
CGD	8.7±1.7	8.3±1.5 [†]	173.3±4.4	169.7±3.2*

* $P < 0.01$, compared to predicted adult height by BP method
[†] $P < 0.01$, compared to bone age by GP method
 Abbreviations: PP, precocious puberty; CGD, constitutional growth delay; GP, bone age measured by Greulich-Pyle method; TW3, bone age measured by Tanner-Whitehouse 3 method; BP, predicted adult height measured by Bayley-Pinneau method; TW3(RUS), predicted adult height measured by TW3 RUS score

Table 4. Predicted Height according to Degree of Bone Age Delay in Constitutional Growth Delay Children

	Total (n)	BP (cm)	TW3 (RUS) (cm)	P value
Group 1*	16	171.8±4.6	169.9±3.4	<0.01
Group 2 [†]	14	174.9±3.5	169.6±3.0	<0.01

*1 year ≤ CA-BA < 2 years
[†]CA-BA ≥ 2 years
 Abbreviations: CA, chronological age; BA, bone age; BP, predicted adult height measured by Bayley-Pinneau method; TW3(RUS), predicted adult height measured by TW3 RUS score

의한 차이는 없었으며(10.8±1.1세 vs 10.7±1.1세, Table 3), 체질성 성장지연 남아는 두 방법에 의한 골연령이 통계적으로 유의한 차이를 보였고 정상 소아와 같이 TW3법에 의한 골연령이 낮았다(8.7±1.7세 vs 8.3±1.5세, $P < 0.01$, Table 3).

그러나 세 군 모두 두 방법에 의한 골연령의 실제 차이는 6개월 이하로 큰 차이를 보이지는 않았다.

3. BP법과 TW3 (RUS score)법을 이용한 예측 성인키의 비교

정상 소아에서 남아의 경우 BP법과 TW3법에 의한 예측 성인키는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나(174.1±5.2 cm vs 174.2±3.7 cm, Table 2) 여아는 TW3법을 이용한 예측키가 BP법에 의한 예측키보다 통계적으로 큰 것으로 나타났다(156.4±4.7 cm vs 158.9±3.8 cm, $P < 0.01$, Table 2).

성조숙증 여아에서 BP법과 TW3법을 이용한 예측 성인키는 TW3법을 이용한 예측키가 BP법에 의한 것보다 크게 나타났다(156.3±4.0 cm vs 159.3±4.2 cm, $P < 0.01$, Table 3). 반면 체질성 성장지연 남아는 BP법에 비해 TW3법에 의한 예측키가 유의하게 작았다(173.3±4.4 cm vs 169.7±3.2 cm, $P < 0.01$, Table 3). 골연령 지연 정도에 따라 비교한 예측키의 경우에도 역연령과 골연령의 차가 2년 이상인 군과 1년 이상 2년 미만인 군 모두 TW3법에 의한 예측키가 작게 나타났으며 역연령과 골연령의 차가 2년 이상인 경우 예측키의 차이가 더 컸다(Table 4).

고찰

본 연구에서 BP법과 RUS score를 이용한 TW3법으로 예측 성인키를 구하였을 때 정상 소아의 경우 남아는 두 방법간에 별 차이가 없는 반면, 여아는 TW3법에 의한 예측키가 더 크게 나타났으며 성조숙증 여아에서도 TW3법에 의한 예측키가 크게 나타났다. 그러나 체질성 성장지연 남아는 TW3법에 의한 예측키가 더 작게 나타났다. 이 결과를 보았을 때 성별, 질환, 신체적 상황에 따라 예측 성인키는 방법간 차이를 보임을 알 수 있고 좀더 정확한 최종 성인키를 예측하기 위해서 상황별로 예측 방법을 다르게 선택하여 적용하는 것을 고려해 볼 수 있다.

소아에서 골연령의 측정은 성장의 정도를 파악하고 이와 관련된 여러 질환의 진단 및 치료 경과의 관찰에 이용될 수 있다^{12, 13}. 또한 골연령을 통해 성인키를 예측하여 이를 임상에 이용하고 있다⁵. 성인키를 예측하는 방법은 앞서 말한 BP법과 RUS score를 이용한 TW3법 두 가지가 대표적이다. BP법은 Bayley와 Pinneau가 GP atlas를 이용하여 신장과 골연령을 통해 성인신장을 예측하는 표를 만들었고 이것이 개정되어 사용되고 있다^{5, 7}. TW3법은 RUS score를 이용하며 역연령에 따라 변화하는 상수를 정하여 현재 신장과 관계를 고려하여 예측키를 얻게 된다⁵. 국내에서 GP법과 TW법을 이용하여 골연령을 비교한 연구는 이루어지고 있으나^{14, 15} 최종 성인키 예측에 대한 연구는 미미한 실정이다. 외국의 경우 예측 성인키에 대한 연구는 정상 소아 뿐만 아니라⁹ 특히 성조숙증이나 체질성 성장지연 등 특수한 상황에서의 최종 성인키를 어떤 방법으로 예측하는 것이 적절한지에 대한 연구들이 있다^{9-11, 16, 17}.

일반적으로 GP법과 과거의 TW2법에 의한 골연령은 GP법이 다소 어리게 측정되고 예측성인키는 좀 더 크게 나타난다^{4, 5}. 정상 소아를 대상으로 한 연구에서 두 방법에 의한 예측 성인키는 큰 차이를 보이지 않았으나 실제 최종 성인키와 비교하였을 때 BP방법에 의한 예측키가 TW2로 구한 예측키보다 과대 측정되는 결과를 보였다⁹. 그러나 TW2가 GP 골연령에 비해 9개월정도 골연령이 늦는 것에 비하여 새로 개정된 TW3골연령은 과거에 비해 아동들이 더 빨리 성숙하는 경향을 반영하여 TW2법보다 10세 이상에서 1년 정도 어리게 측정되며 GP법에 비하여도 다소 어리게 측정되는 경향을 보이는데⁵ 이는 최근 본 교실에서 발표했던 Kim 등¹⁵의 연구에서도 비슷한 결과를 보였다. 그에 따라 예측 성인키는 TW3법이 BP법에 비해 다소 더 크게 측정되는데⁵ 저자들의 본 연구에서도 정상 소아를 대상으로 하여 측정된 예측 성인키의 경우 남아는 차이가 없었으나 여아에서는 TW3법에 의한 예측키가 더 크게 나타났다.

성조숙증은 시상하부-뇌하수체-성선 축의 발달이 너무 빨리 이루어져 성 호르몬 증가가 일찍 오게 되고 이것이 성장을 촉진하고 뼈의 발달을 자극하여 성장판을 조기에 닫히게 함으로써 결국 최종 성인키는 정상보다 작게 된다^{9, 18}. 성조숙증 소아에서 골연령

을 이용하여 예측 성인키를 구하는 경우 생길 수 있는 문제는 예측 키가 최종 성인키보다 과대 예측될 수 있다는 것이다. Zachmann 등⁹⁾이 연구한 바에 따르면 예측 성인키를 구하는 여러 방법 중 다른 방법들은 예측키가 최종 성인키에 비해 과대 예측되는 결과를 보였고 BP법에 의한 예측키가 최종 성인키와 가장 가까운 값을 나타냈다. 본 연구에서는 성조숙증 소아에서 예측 성인키를 구했을 때, TW3법을 이용한 방법이 BP법보다 더 크게 나타났는데 이는 이전 연구들과의 결과를 비교하였을 때 BP법이 TW3법에 의한 것보다 과대 예측될 수 있는 가능성이 낮다는 것을 추정할 수 있으나, 실제 최종 성인키와의 비교 연구가 필요하다.

체질성 성장지연 소아는 사춘기 성장과 발달이 늦게 오지만 결국 사춘기의 발달이 순서대로 진행하면서 최종 성인키는 정상 범위 안에 있게 된다¹⁹⁾. 그러나 최종 성인키를 예측함에 있어 TW법에 의한 예측키의 경우 실제 최종 성인키보다 과소 측정되고 BP법이 최종 성인키에 근접함을 보여주는 연구들이 있었다^{10, 11)}. 또한 Tanner 등⁵⁾의 연구에서도 TW3 방법으로 성인 신장을 예측할 때 최종 성인키에 비해 작게 추정되었다고 보고하였다. 본 연구에서도 체질성 성장지연을 보인 남아에서 BP법에 의한 예측키가 더 크게 나타났고 이는 이전 연구들의 결과를 보았을 때 BP법이 TW3법에 비해 과소 예측될 가능성이 낮다는 것을 말해준다.

본 연구의 결과를 보았을 때 이전에 이루어졌던 예측 성인키를 비교한 연구들과 비교하여 대체로 비슷한 결과를 보였으나 몇 가지 제한점을 갖고 있다. 첫째 대상 정상 소아, 성조숙증, 체질성 성장지연 소아의 실제 최종 성인키를 아직 구할 수 없는 상황에서 현재의 골연령을 통해 예측키만을 비교한 것이므로 골연령을 구하는 두 방법 간에 예측 성인키의 차이를 알 수 있지만 실제로 어느 것이 최종 성인키에 가까운지는 정확히 알 수가 없었다. 따라서 향후 이들을 추적 관찰하여 실제 최종 성인키와의 비교연구가 반드시 필요할 것으로 생각된다. 둘째, 성조숙증과 체질성 성장지연 소아의 경우 연구 대상 수가 많지 않아서 앞으로 이런 특정 질환의 대상자 수를 늘려 연구를 진행해야 할 것으로 보인다.

최종 성인키를 예측하는 것은 정상 발달을 보이는 소아뿐만 아니라, 성조숙증, 터너 증후군, 체질성 성장지연이나 그 밖의 다른 병적인 상황인 경우 매우 중요하다. 본 연구에 나타난 바와 같이 골연령을 이용하여 성인키를 예측할 경우 BP법과 TW3법으로 구한 예측키가 각 상황에 따라 유의한 차이를 보일 수 있으므로 정확한 예측 성인키를 치료 경과 판정에 이용할 수 있도록 이에 대한 더 많은 연구가 필요할 것으로 보인다. 본 연구의 결과로부터 성조숙증과 체질성 성장지연 소아에서 BP법으로 예측키를 알아보는 것이 TW3법에 비해 상대적으로 과대 예측이나 과소 예측을 줄일 수 있다고 사료되나 이를 확인하기 위해 실제 최종 성인키를 포함하는 연구가 필요할 것으로 본다.

요 약

목적 : 정상 소아, 성조숙증, 체질성 성장 지연 소아를 대상으

로 GP방법과 TW3방법에 의한 골연령을 비교하고 이를 이용하여 BP방법과 RUS 점수를 이용한 TW3방법의 예측 성인키를 구하여 상황에 따라 두 방법으로 구한 예측 성인키가 차이가 있는지를 알아보고자 하였다.

방법 : 만성질환이나 약 복용력이 없고 병적인 저신장을 제외한 정상소아와 체질성 성장지연 남아, 그리고 성조숙증으로 진단된 여아를 대상으로 하였고 이들은 정상 소아는 85명, 체질성 성장지연 남아 30명, 성조숙증으로 진단된 여아 30명이었으며 왼쪽 손과 손목 사진을 찍어 GP와 TW3방법으로 골연령을 측정하여 비교하고 이를 이용하여 BP법과 TW3 (RUS score)법을 이용하여 예측 성인키를 구하고 두 값의 차이를 비교하였다.

결과 : GP방법과 TW3방법으로 구한 골연령의 경우 정상소아에서 남녀 모두 두 값에 유의한 차이를 보였고, 성 조숙증 여아의 경우 두 값의 차이는 없었으나 체질성 성장지연 남아에서는 두 값이 유의한 차이를 보였다. BP법과 TW3방법으로 구한 예측 성인키의 경우 정상소아에서 남자는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나, 여아는 TW3법에 의한 예측키가 GP방법에 의한 예측키보다 큰 것으로 나타났다(156.4±4.7 cm vs 158.9 ±3.8 cm, $P<0.01$). 성조숙증 여아의 경우 BP법과 TW3법을 이용한 예측 성인키는 TW3법에 의한 예측키가 BP법을 이용한 예측키보다 크게 나타났다(156.3±4.0 cm vs 159.3±4.2 cm, $P<0.01$). 체질성 성장지연 남아에서 BP법과 TW3를 이용한 예측키는 BP법에 의한 것이 더 크게 나타났다(173.3±4.4 cm vs 169.7±3.2 cm, $P<0.01$).

결론 : 정상 여아, 성조숙증 여아, 체질성 성장 지연 남아에서 BP법과 TW3법으로 구한 예측 성인키는 의미있는 차이를 보였다. 특히 성조숙증, 체질성 성장 지연 같은 특수 상황의 경우 BP법으로 구한 예측 성인키가 이후 판정에 더욱 유용할 것으로 생각되거나 실제 성인키와의 비교 연구가 필요하다.

References

- 1) Buckler JM. How to make the most of bone ages. Arch Dis Child 1983;58:761-3.
- 2) Acheson RM, Vicinus JH, Fowler GB. Studies in the reliability of assessing skeletal maturity from X-rays. 3. Greulich-Pyle Atlas and Tanner-Whitehouse method contrasted. Hum Biol 1966;38:204-18.
- 3) Greulich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. 2nd ed. California : Stanford University Press, 1971.
- 4) Tanner JM, Whitehouse RH, Cameron N, Marshall WA, Healy MJR, Goldstein NH. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 method). 2nd ed. London : Academic Press, 1975.
- 5) Tanner JM, Whitehouse RH, Cameron N, Marshall WA, Healy MJR, Goldstein NH. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 method). 3rd ed. London : WB Saunders Co, 2001.
- 6) Cole AJ, Webb L, Cole TJ. Bone age estimation: a comparison of methods. Br J Radiol 1988;61:683-6.

- 7) Bayley N, Pinneau SR. Tables for predicting adult height from skeletal age: revised for use with the Greulich-Pyle hand standards. *J Pediatr* 1952;40:423-41.
- 8) Joss EE, Temperli R, Mullis PE. Adult height in constitutionally tall stature: accuracy of five different height prediction methods. *Arch Dis Child* 1992;67:1357-62.
- 9) Zachmann M, Sobradillo B, Frank M, Frisch H, Prader A. Bayley-Pinneau, Roche-Wainer-Thissen and Tanner height predictions in normal children and in patients with various pathologic conditions. *J Pediatr* 1978;93:749-55.
- 10) Sperlich M, Butenandt O, Schwarz HP. Final height and predicted height in boys with untreated constitutional growth delay. *Eur J Pediatr* 1995;154:627-32.
- 11) Brämswig JH, Fasse M, Holthoff ML, von Lengerke HJ, von Petrykowski W, Schellong G. Adult height in boys and girls with untreated short stature and constitutional delay of growth and puberty: accuracy of five different methods of height prediction. *J Pediatr* 1990;117:886-91.
- 12) Roche AF, Davila GH, Eyman SL. A comparison between Greulich-Pyle and Tanner-Whitehouse assessments of skeletal maturity. *Radiology* 1971;98:273-80.
- 13) Buckler JM. Comparison of systems of estimating skeletal age. *Arch Dis Child* 1997;52:667-8.
- 14) Kim SY, Yang SW. Assessment of bone age: a comparison of the Greulich-Pyle method to the Tanner-Whitehouse method. *J Kor Endocr Soc* 1998;13:198-204.
- 15) Kim SY, Oh YJ, Shin JY, Rhie YJ, Lee KH. Comparison of the Greulich-Pyle and Tanner Whitehouse (TW3) methods in bone age assessment. *J Kor Endocr Soc* 2008;13:50-5.
- 16) Bueno Lozano G, Ruibal Francisco JL, Reverte Blanc F, Casado de Frías E. Accuracy of three methods of height prediction in a group of variant short stature children. *An Esp Pediatr* 1998;49:27-32.
- 17) Maes M, Vandeweghe M, Du Caju M, Ernould C, Bourguignon JP, Massa G. A valuable improvement of adult height prediction methods in short normal children. *Horm Res* 1997;48:184-90.
- 18) Carel JC, Lahlou N, Roger M, Chaussain JL. Precocious puberty and statural growth. *Hum Reprod Update* 2004;10:135-47.
- 19) Bierich JR. Constitutional delay of growth and adolescence. *Baillieres Clin Endocrinol Metab* 1992;6:573-88.