

골성속도와 심박 변이도의 상관성에 대한 연구

이혜림 · 한재경 · 김윤희

대전대학교 한의과대학 소아과학교실

Abstract

A Study on Relations between Skeletal Maturity and Heart Rate Variability

Lee Hye Lim · Han Jae Kyung · Kim Yun Hee

Department of Pediatrics, College of Oriental Medicine, Daejeon University

Objectives

The purpose of this study is to examine the relationship between skeletal maturity and heart rate variability (HRV) based on the bone age and HRV parameters.

Methods

103 children from 6 years to 17 years of age, who do not have any disease-related symptom, and visited ○○ oriental medicine hospital, are measured based on their bone age and short-term spectral analysis of HRV.

Results

1. Skeletal maturity was significantly correlated with HRV indices: mean HRT and SDNN. As the skeletal maturity increases, the mean HRT was decreased and the SDNN was increased.
2. When classifying according to the skeletal maturity score, the mean HRT was higher in the 'below -0.4' group compare to '-0.3~0.7' group and '0.8~1.9' group. SDNN was higher in the '0.8~1.9' group compare to '-0.3~0.7' group, 'below -0.4' group
3. When classifying according to the sex, age and secondary sexual characteristics, as the skeletal maturity was increased, the mean HRT was significantly decreased and the SDNN was significantly increased only in the boys who did not develop secondary sexual characteristics.

Conclusions

Skeletal maturity could be statistically significant with HRV indices, especially to the boys and the children than the girls and the teenagers.

Key words : Growth, Skeletal Maturity, Bone Age, Heart Rate Variability

Received: July 13, 2012 • **Revised:** August 17, 2012 • **Accepted:** August 18, 2012

Corresponding Author: Kim Yun Hee

Department of Pediatrics, Daejeon University Dunsan Oriental Medicine Hospital,
176-75 Daedeok-daero, Seo-gu, Daejeon 302-120, Republic of Korea

Tel: +82-42-470-9138

E-mail: unia67@dju.kr

© The Association of Korean Oriental Pediatrics. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. Introduction

사회경제적 수준이 향상되고 서구의 미적 기준 영향으로 큰 키를 선호함에 따라 성장에 대한 사회적 관심이 점점 증가하고 있다¹⁾. 성장장애를 갖는 아이들은 물론 성장장애에 해당되지 않는 정상 범위에 속한 아이들도 더 크고자 하는 욕구 때문에 병원을 내원하는 경우가 많다²⁾.

성장은 인종, 민족, 가계, 연령, 성별 등의 유전적 요인과 영양, 사회·경제, 질병, 계절, 심리 등의 환경적 요인에 의하여 결정된다³⁾. 성장에 관한 유전적, 환경적인 요인들을 분석하는 연구⁴⁾는 이미 다양하게 진행되고 있으나 성장에 영향을 미치는 심리적 요인에 대해서는 간과되는 경우가 많다.

과거에는 주로 성인기에 겪었던 정신적 고통과 스트레스가 요즘에는 학동기 아이들에게도 나타나고 있는데 이는 너무 이른 나이에 부모와 학교로부터 입시 공부와 성공에 대한 심한 압박을 받으면서 이를 적절히 해소할 수 있는 탈출구를 찾지 못하기 때문이다. 여기에 신체 발달이 빨라지면서 사춘기가 앞당겨졌고 맞벌이 부부가 많아지면서 두 살만 넘어도 놀이방·어린이집에 맡겨져 너무 일찍 사회화를 요구받는 것도 스트레스의 원인이라고 할 수 있다⁵⁾.

건강한 아동은 심박수의 변동 폭이 넓어 다양한 자극에 반응할 준비가 되어 있으나 자율 신경계에 이상이 생기면 심박동 수의 변이가 감소하게 되고 스트레스에 대한 취약성이 발생한다. 역으로 정신적인 스트레스가 자율신경계를 통해 심혈관계에서 영향을 미친다는 결과도 보고되고 있다⁶⁾.

심박변이도 (Heart rate variability, 이하 HRV) 검사는 일정 시간동안 연속적인 심장 박동 주기의 변화 정도를 측정하는 방법으로, 전반적인 심혈관계의 건강상태나 심장 활동을 조절하는 자율신경계의 반응 상태를 평가하기 위해 사용되고 있다⁷⁾. HRV가 자율신경계의 활동을 정량화 할 수 있는 객관적인 도구라는 관점⁸⁾이 확산되면서 다양한 질환군에서 연구가 시행되고 있으나, 성장과 관련하여 자율신경계가 미치는 영향에 대한 연구는 부족한 실정이다.

이에 저자는 한방병원에 내원한 6세에서 17세 사이의 아동을 대상으로 골연령 측정과 HRV 검사 후 골성속도와 HRV의 관계에 대한 통계적 유의성을 관찰하여 다음의 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

II. Materials and methods

1. 연구대상

2011년 2월 1일부터 2012년 6월 30일까지 ○○한의대학교 부속 ○○ 한방병원 소아청소년과의 성장클리닉으로 내원한 환자 중 골연령 측정 및 HRV 검사를 시행한 성장에 영향을 미칠만한 기질적 질환이 없는 6-17세의 아동 103명을 연구대상으로 하였다.

2. 연구방법

1) 신체계측 및 체성분 분석

피험자는 신장 측정 자동측정기 (Fanics, Seoul, Korea) 위에 맨발로 서서 엉덩이와 뒤꿈치, 등이 신장계에 닿도록 하고 시선은 전방을 보도록 하였다. 발바닥 면에서 머리끝까지 수직거리를 측정하였으며 0.1 cm 단위까지 기록하였다.

2) 골연령 측정 및 골성속도의 판정

성장판 측정기 (EXA-3000, Osteosys, Korea)를 사용하여 TW3 (Tanner and Whitehouse III twenty bone method) 분석법을 통해 골연령을 측정하였다. 측정된 골연령과 역연령의 차로 골성속도 (골연령-역연령)를 판정하였다.

3) HRV

HRV는 SA-6000 (MEDICORE Co. Ltd.)으로 측정하였고, 검사실은 외부 환경에 의하여 피검자가 영향을 받지 않도록 하기 위하여 조명이 적당하고 외부의 소음이 차단되며 온도는 23~25도 가량으로 유지되도록 하였다. 피험자는 환자용 의자에 편안히 앉아 안정이 되기를 기다린 후 좌우 손목 부위와 좌측 발목 부위를 클리너로 닦아낸 후 각각 전극 프로브를 부착하고 3분간 측정하였다.

4) 골성속도와 HRV 간의 관계 분석 방법

골성속도와 HRV 간의 관계를 알아보기 위해 mean HRT (Heart Rate), SDNN (Standard Deviation of all Normal R-R Intervals), TP (Total Power), VLF (Very Low Frequency), LF (Low Frequency), HF (High Frequency), LF/HF ratio, LF norm (normalized LF), HF norm (normalized HF) 각각과 골성속도의 관계를 분석해 보

았다.

또한 골성속도에 따라 대상을 '-0.4 이하', '-0.3~0.7', '0.8~1.9', '2.0 이상'의 4군으로 분류하여 골성속도와 HRV의 지표의 상관관계를 비교 분석하였다.

HRV가 성별, 연령 등 다양한 지표들과 유의성 있는 지표⁹⁾임을 감안하여 남녀, 학령기 (남아 6-11세, 여아 6-9세) 및 사춘기 (남아 12세 이상, 여아 10세 이상), 이차성징의 발현여부로 나누어 그 유의성을 비교 분석하였다.

3. 통계처리

통계 자료는 PASW Statistics 18.0을 이용하여 통계처리 하였고, 측정값은 평균±표준편차 (Mean ± Standard deviation)로 나타내었다. 전체 환자의 일반적 특성은 빈도 분석과 기술 통계적 분석을 통한 실수와 백분율로 표기하였다. 골성속도와 HRV 지표들 간의 상관관계에 대하여 피어슨 상관계수 (Pearson correlation coefficient)로 분석하였고, 성별, 이차성징 발현유무, 골성속도 그룹에 따라 HRV 인자들의 차이를 알아보기 위하여 독립표본 T 검정과 일원배치 분산 분석 (Oneway Analysis of Variance)을 시행하였다. 성별, 이차성징 발현유무, 골성속도 그룹간에 유의성 있는 차이가 나타난 경우 최소유의차검정 (Least significance difference, LSD)을 통하여 사후분석을 실시하였다. 모든 통계분석의 유의수준은 P-value<0.05로 하였다.

III. Results

1. 대상자의 일반적 특성

연구 대상자의 일반적 특성을 분석한 결과 총 103명 중 남아 41명 (39.8%), 여아 62명 (60.2%)으로 여아의 비율이 상대적으로 높았고, 학령기 44명 (42.7%), 사춘기 59명 (57.3%)으로 사춘기 아동의 비율이 약간 높았으며 남아 41명중 학령기 25명, 사춘기 16명, 여아 62명중 학령기 19명, 사춘기 43명으로 나타났다. 이차성징 발현 유무에 따른 분포는 이차성징이 아직 발현되지 않은 아동이 44명 (42.7%)이었으며, 이차성징이 발현된 아동이 59명 (57.3%)이었다 (Table 1). 대상자 전체의 평균 수치를 살펴보면 골연령은 11.03 ± 2.40, 역연령은 10.48 ± 2.22, 골성속도는 0.55 ± 1.03으로 나타났다. mean HRT는 87.23 ± 11.93, SDNN은 50.96 ± 17.31, TP는 7.45 ± 0.75, VLF는 6.24 ± 0.90, LF는 6.29 ± 0.90, HF는 6.18 ± 0.91, LF norm은 52.78 ± 16.75, HF norm은 47.22 ± 16.75, LF/HF ratio는 1.42 ± 0.99로 나타났다. 골성속도를 기준으로 대상을 4군으로 나누었는데 '-0.4 이하' 군은 15명 (14.6%), '-0.3~0.7' 군은 46명 (44.7%), '0.8~1.9' 군은 37명 (35.9%), '2.0 이상' 군은 5명 (4.9%)로 나타났다 (Table 2).

2. 골성속도와 HRV의 상관관계

골성속도와 HRV 각 지표의 상관관계를 분석한 결과 mean HRT와 SDNN은 골성속도와 유의성 있는 상관관계가 있는 것으로 관찰되었으며, 그 외에 TP, VLF,

Table 1. Classification of the Subjects

Classification	Number	Percentage (%)
Boys	41	39.8
Girls	62	60.2
Children of school age	44	42.7
Adolescence	59	57.3
Development of secondary sexual character	59	57.3
Without development of secondary sexual character	44	42.7

Table 2. Distribution of Subjects according to Skeletal Maturity Score

Type	Number of subject	Percentage (%)
'Below -0.4' group	15	14.56
'-0.3~0.7' group	46	44.66
'0.8~1.9' group	37	35.92
'Over 2.0' group	5	4.85

4 A Study on Relations between Skeletal Maturity and Heart Rate Variability

Table 3. Pearson Correlation Coefficient between Skeletal Maturity and Mean HRT, SDNN

	Pearson correlation coefficient	P
Mean HRT	-0.292	0.003**
SDNN	0.244	0.013*

*: P-value<0.05, **: P-value<0.01

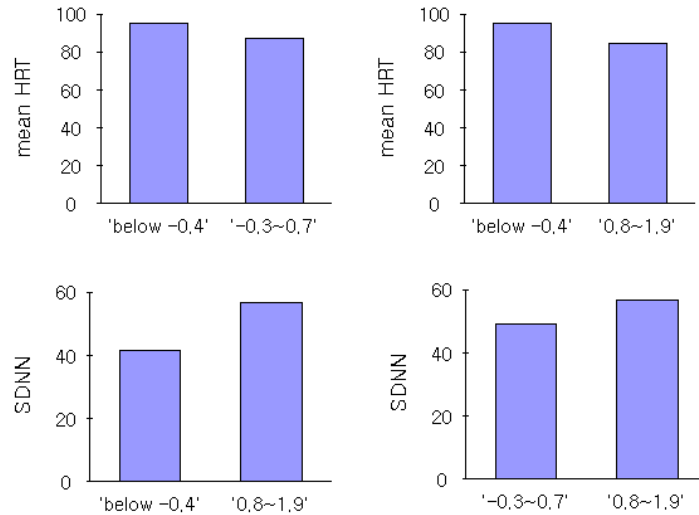


Fig. 1. Relation between skeletal maturity and HRV according to classified groups of skeletal maturity score

LF, HF, LF norm, HF norm, LF/HF ratio는 골성속도와 유의성 있는 상관관계가 관찰되지 않았다. mean HRT는 골성속도와 음적 선형 관계 ($r=-0.292$, $P=0.003$)로 골성속도가 높을수록 mean HRT는 낮게 나타났으며, SDNN은 골성속도와 양적 선형 관계 ($r=0.244$, $P=0.013$)로 골성속도가 높을수록 SDNN도 높게 나타났다 (Table 3).

3. 골성속도 그룹별 HRV의 차이

연구 대상자들의 골성속도를 기준으로 '-0.4 이하' 군, '-0.3~0.7' 군, '0.8~1.9' 군, '2.0 이상' 군의 4그룹으로 나누어 그룹별로 HRV 지표들이 통계적으로 유의한 차이가 있는지 확인하기 위하여 일원배치 분산 분석 (Oneway Analysis of Variance)을 시행한 결과 mean HRT ($P=0.023$)와 SDNN ($P=0.027$)은 그룹 간에 유의성 있는 차이가 나타났으나 TP, VLF, LF, HF, LF norm,

HF norm, LF/HF ratio는 그룹 간에 유의한 차이를 발견할 수 없었다. 일원배치 분산 분석상 유의한 차이를 보인 mean HRT와 SDNN에 대하여 최소유의차검정 (Least significance difference, LSD)으로 사후분석을 실시하였다. mean HRT는 '-0.4 이하' 군이 '-0.3~0.7' 군에 비하여 8.47 ± 3.43 높게 나타났고 ($P=0.015$), '-0.4 이하' 군이 '0.8~1.9' 군에 비하여 10.90 ± 3.53 높게 나타났고 ($P=0.003$). SDNN은 '-0.4 이하' 군이 '0.8~1.9' 군에 비하여 15.08 ± 5.13 낮게 나타났고 ($P=0.004$), '-0.3~0.7' 군이 '0.8~1.9' 군에 비하여 7.65 ± 3.70 낮게 나타났고 ($P=0.041$) (Fig. 1).

4. 성별, 연령별, 이차성징 발현 유무에 따른 HRV의 차이

성별, 연령별, 이차성징 발현유무에 따라 HRV 지표들의 값이 통계적으로 유의한 차이가 있는지 확인하기 위하여 독립표본 T검정을 시행하였다. 성별에 따른 차

Table 4. Difference of HRV according to Sex

HRV indices	Boys - Girls (mean \pm SD)	P
LF	0.36 ± 0.18	0.045*
LF norm	7.26 ± 3.26	0.022*
HF norm	-7.26 ± 3.26	0.022*
LF/HF ratio	0.48 ± 0.19	0.016*

*: P-value<0.05

Table 5. Difference of HRV according to Secondary Sexual Character

(I: development of secondary sexual character, J: without development of secondary sexual character)

	I:J	P
LF norm	-8.01 ± 3.07	0.011*
HF norm	8.01 ± 3.07	0.011*

*: P-value<0.05

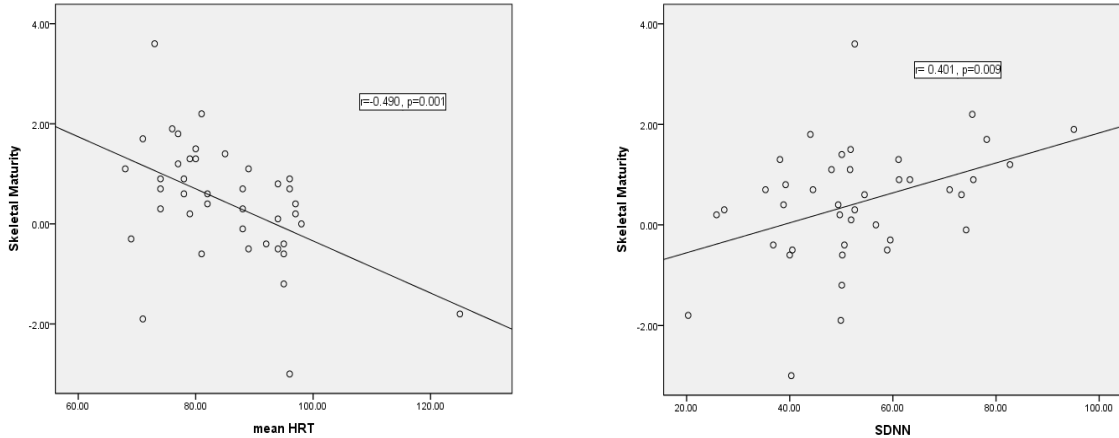


Fig. 2. Relation between skeletal maturity and HRV in boys

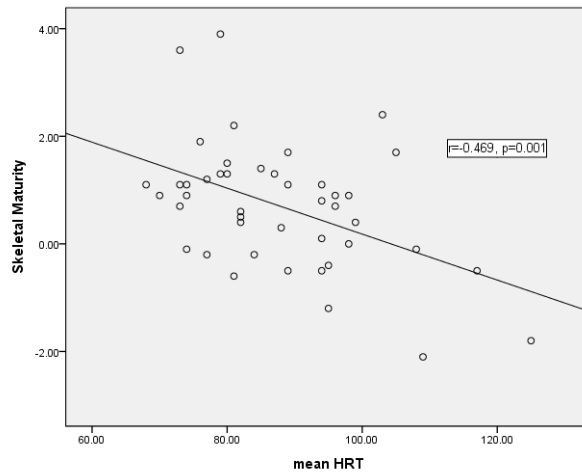


Fig. 3. Relation between skeletal maturity and HRV in children of school age

이는, 남아가 여아에 비하여 LF는 0.36 ± 0.18 높게 ($P=0.045$), LF norm은 7.26 ± 3.26 높게 ($P=0.022$), HF norm은 7.26 ± 3.26 낮게 ($P=0.022$), LF/HF ratio는 0.48 ± 0.19 높게 나타났다 ($P=0.016$) (Table 4). 연령에 따라 학령기와 사춘기로 나누어 본 결과 통계적으로 유의한 차이는 발견되지 않았다. 이차성징 발현 유무에 따른 차이는, 이차성징이 발현된 군이 발현되지 않은 군에 비하여 LF norm은 8.01 ± 3.07 낮게 ($P=0.011$), HF norm은 8.01 ± 3.07 높게 나타났으며 ($P=0.011$) (Table 5), 다른 HRV 지표들은 두 군 간에 유의성 있는 차이는 관찰되지 않았다.

5. 성별, 연령별, 이차성징 발현 유무에 따른 골성속도와 HRV의 상관관계

성별에 따라 대상을 남녀 두 군으로 나눈 후 골성속도와 HRV 각 지표의 상관관계를 분석한 결과 남아 41명에서 mean HRT는 골성속도와 음적 선형 관계 ($r=-0.490, P=0.001$)가 더욱 강하게 관찰되었고, SDNN은 골성속도와 양적 선형 관계 ($r=0.401, P=0.009$)가 더욱 강하게 관찰되었다 (Fig. 2). 여아 62명에서는 골성속도와 HRV의 상관관계가 유의성 있게 관찰되지 않았다.

연령에 따라 대상을 학령기와 사춘기로 나눈 후 골

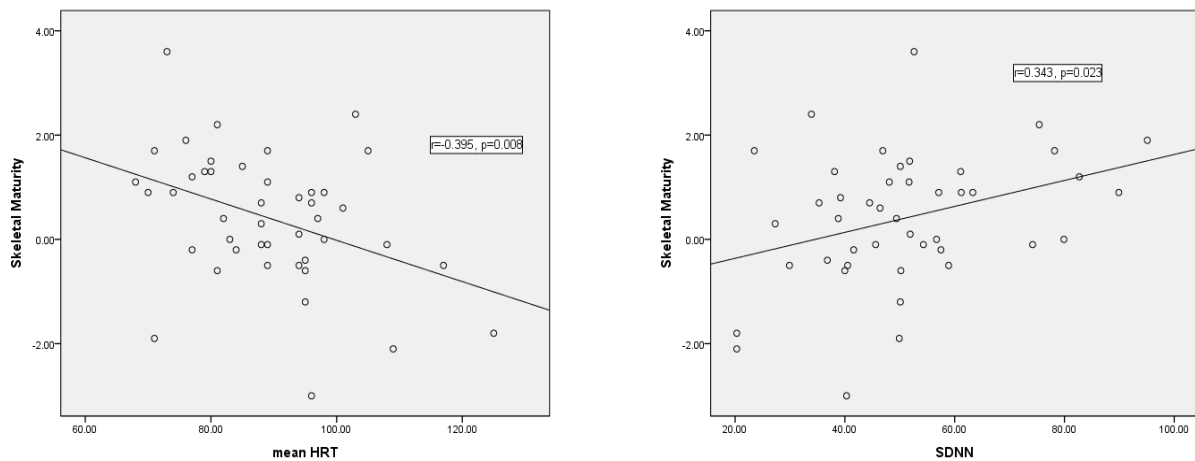


Fig. 4. Relation between skeletal maturity and HRV in children without development of secondary sexual character

성속도와 HRV 각 지표의 상관관계를 분석한 결과 학령기 44명에서 mean HRT는 골성속도와 음적 선형 관계 ($r=-0.469$, $P=0.001$)가 더욱 강하게 나타났고 (Fig. 3), SDNN은 골성속도와 양적 선형 관계 ($r=0.293$, $P=0.053$)가 있지만 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났다. 사춘기 59명에서는 골성속도와 HRV의 상관관계가 유의성 있게 관찰되지 않았다.

이차성징 발현 유무에 따라 대상을 두 군으로 나눈 후 골성속도와 HRV 각 지표의 상관관계를 분석한 결과 이차성징이 발현되지 않은 44명의 아동에서 mean HRT는 골성속도와 음적 선형 관계 ($r=-0.395$, $P=0.008$)가 더욱 강하게 관찰되었고, SDNN은 골성속도와 양적 선형 관계 ($r=0.343$, $P=0.023$)가 더욱 강하게 관찰되었으나 (Fig. 4), 이차성징이 발현된 59명의 아동에서는 골성속도와 HRV의 상관관계가 유의성 있게 관찰되지 않았다.

IV. Discussion

성장은 소아기의 주된 특징으로 성장 계측치의 변화 추이는 아동의 건강 상태를 잘 반영하는데, 신체적인 측면뿐만 아니라 정신적, 사회적 건강 상태와도 밀접한 관계가 있다³⁾.

성장장애는 역연령 (chronological age)에 비하여 키가 3백분위수 미만, 역연령의 -2.0 표준편차 미만의 키를 가졌을 경우를 의미하고 더불어 성장 속도가 해당 역연령 성장 속도의 25백분위수 미만일 경우를 말한다¹⁰⁾. 성장장애의 원인에 따라 골격 형성 장애나 염색체

이상, 선천성 대사 이상과 같은 골격계의 내인적 결함으로 발생하는 저신장을 1차성 성장장애라고 하며, 영양결핍, 정서 박탈, 내분비 질환, 체질성 성장지연 같은 외부의 환경적 인자에 의해서 발생하는 저신장을 2차성 성장장애라고 한다¹¹⁾.

뼈의 성장상태는 연령증가에 따라 일정한 과정을 거쳐 점차 성숙하는데 이러한 과정에 있어 각각의 연령에 따른 뼈의 성숙상태를 역연령 (Chronological age)과 구별하여 골연령 (Bone age)이라 명명한다¹²⁾. 골연령은 골 성숙도의 측정을 통해서 이루어진다. 성숙도는 성장과정이 완전히 미숙한 상태에서 완전히 성숙한 경우까지 이르는 거리를 의미하며, 신장 및 골연령과 같은 측정치와 다르게 최종점을 가지기 때문에 성장 변화와 사회 경제적 계급, 인종과 같은 영향과 무관한 결과를 얻을 수 있다¹³⁾. 골성속도의 평가는 신장에 비해 성장 정도를 측정하는데 효과적이고, 개인차에 따라 약간의 예외는 있지만 성장에 따른 골석회화 변화는 모든 사람에게서 거의 일정하며 재현성이 매우 우수한 방법으로 알려져 있다¹⁴⁾.

자율신경계는 교감신경과 부교감신경으로 구분되며 심장활동, 혈압, 소화, 배뇨 및 배설, 기타 신체 기능들을 통제하는 한편 뇌간, 시상하부, 척수로부터 통제를 받는다¹⁵⁾. 자율신경계에서 편도의 중심핵에서 외측 시상하부로 전달되는 신호는 공포와 불안 중에 발생하는 교감신경계의 활성화를 일으키고¹⁶⁾ 미주신경 핵, 고립로 핵 및 복외측 연수로 직접 투사된 신경에 의해서 심박수와 혈압에 변화가 나타난다¹⁷⁾.

HRV는 1966년 유럽심장학회와 북미 심조율 전기생리학회의 Task Force를 통해 측정방법, 생리적 해석,

임상적인 사용 표준이 제정되었고¹⁸⁾, 심장의 박동이 자율신경의 통제하에서 체내의 항상성을 유지하고자 지속적으로 변화하는 시간적 변동 (fluctuation of R-R interval)을 측정하여 정량화된 검사법이다¹⁹⁾. HRV의 지표들은 상황변화에 대한 관찰이나 예상치 못한 자극에 대한 신속한 반응에 적응하는 심장의 능력을 반영하며⁷⁾ 심장주기 (R-R interval)의 시간적 변동을 분석하는 파워 스펙트럼 분석으로 HRV의 파형을 분석함으로써 R-R 간격의 주기적 변화량에 대한 정량적인 정보를 얻어 교감 및 부교감신경간의 균형 상태와 각각의 활성도를 살펴볼 수 있다²⁰⁾.

측정된 HRV 신호를 분석하는 방법으로는 일반적으로 시간 영역 분석법과 주파수 영역 분석법이 있다²¹⁾. 시간 영역 분석법은 간단한 분석법으로, 연속된 심전도 기록에서 각각의 QRS complex (sinus node의 탈분극) 사이의 간격 (normal-to-normal interval, NN)과 심박수를 분석하는 방법으로 mean HRT, SDNN이 여기에 해당된다²²⁾.

주파수 영역 분석법은 각각의 심박동 신호를 주파수 영역별로 분석하여 상대적인 강도로 정량화한 것으로 심박수의 파워 스펙트럼 분석을 통하여 교감신경과 부교감신경의 활성도를 평가할 수 있다¹⁸⁾. TP, VLF, LF, HF, LF/HF ratio, LF norm, HF norm이 주파수 영역에서 사용되는 지표이다.

TP는 교감 및 부교감신경의 활성도를 나타내며 시간 영역 분석 상의 SDNN과 유사한 의미를 갖는다. 대개 만성 스트레스나 질병이 있는 경우에는 자율신경계 조절 능력 저하로 건강한 상태에 비해 TP가 많이 감소된다⁸⁾. VLF는 0.003~0.04Hz 사이의 파워를 가리키며, 일관된 성질을 갖지 못하는 비조화 요소로 파악되고 있어 임상에서는 잘 이용되지 않으나 교감신경의 부가적 정보를 제공해준다고 알려져 있으며 체온조절, 혈관운동 및 다양한 심폐 메커니즘과 관련이 있고 높을수록 건강하다고 한다²³⁾. LF는 0.04~0.15Hz로 전체 자율신경계 내에서 상대적인 교감신경계의 활성도를 반영하고 혈압 조절과 관련이 있는데 보통 수치가 낮을수록 정신적 긴장도의 이완을 의미하는 것으로 알려져 있으며, HF는 0.15~0.4Hz로 호흡과 관련이 있고 심장으로 분지하는 미주신경 활성을 주로 반영하므로 부교감신경계의 활동에 대한 지표로서 널리 사용되고 있으며 스트레스, 공포, 불안 등의 인자가 HF를 감소시키는 것으로 알려져 있다²⁰⁾. VLF가 LF나 HF에 미치는 영향을 배제하기 위해 TP에서 VLF를 뺀 것에 대한 백분율

을 구해 LF norm (LF/(TP-VLF)×100)과 HF norm (HF/(TP-VLF)×100)을 구한다. LF/HF의 비 (LF/HF ratio)는 심장의 부교감신경 및 교감신경의 조절 작용 및 균형 상태를 확인하는 지표로 교감신경의 활동도에 비례하고 부교감신경의 활동도에 반비례하며 낮을수록 건강한 상태를 반영한다²⁴⁾.

HRV를 이용한 연구를 살펴보면 간경변증, 심혈관계, 고혈압, 당뇨병 등^{19,25)}의 질환과 HRV의 관계, 연령 및 감정 상태²⁶⁾에 따라 교감신경과 부교감신경의 활성도가 다르게 나타난다는 보고가 있으며, 소아과 영역에서 ADHD 아동에서의 심박변이도⁸⁾, 온천이 소아의 자율신경 기능에 미치는 영향을 HRV를 통해 살펴본 연구²³⁾가 있다. 정신과적 질환에서의 연관성에 대한 연구로는 주로 우울증 및 불안장애 환자들을 대상으로 심장질환과의 관련성 측면에서 진행되고 있다²⁷⁻²⁹⁾. 이렇듯 다양한 분야에서 HRV 관련 연구들이 진행되고 있으나 성장과 관련하여 자율신경계가 미치는 영향에 대한 연구는 부족한 실정이다.

이에 저자는 본 연구에서 골연령과 역연령의 차를 측정해 골성속도를 판정하고 이와 HRV의 관계를 알아보기 위해 mean HRT, SDNN, TP, VLF, LF, HF, LF/HF ratio, LF norm, HF norm을 측정하여 골성속도와 통계적으로 유의한 상관관계가 있는지 검증하여 성장과 자율신경과의 관계에 대해 알아보고자 하였다.

연구 대상자의 성별, 연령별, 이차성징 발현 여부에 따른 분포를 살펴보면 총 103명 중 남아 41명 (39.8%), 여아 62명 (60.2%)로 여아의 비율이 상대적으로 높았고, 학령기 아동이 44명 (42.7%), 사춘기 아동이 59명 (57.3%)으로 남아 41명 중 학령기 25명, 사춘기 16명, 여아 62명중 학령기 19명, 사춘기 43명으로 나타났다. 이차성징이 아직 발현되지 않은 아동이 44명 (42.7%)이었으며, 이차성징이 발현된 아동이 59명 (57.3%)이었다. 대상자 전체의 평균 수치를 살펴보면 골연령은 11.03 ± 2.40, 역연령은 10.48 ± 2.22, 골성속도는 0.55 ± 1.03으로 나타났다. mean HRT는 87.23 ± 11.93, SDNN은 50.96 ± 17.31, TP는 7.45 ± 0.75, VLF는 6.24 ± 0.90, LF는 6.29 ± 0.90, HF는 6.18 ± 0.91, LF norm은 52.78 ± 16.75, HF norm은 47.22 ± 16.75, LF/HF ratio는 1.42 ± 0.99로 나타났다.

골성속도와 HRV 각 지표의 상관관계를 분석한 결과 mean HRT와 SDNN은 골성속도와 유의성 있는 상관관계가 있는 것으로 관찰되었으며, 그 외에 TP, VLF, LF, HF, LF norm, HF norm, LF/HF ratio는 골성속도와

유의성 있는 상관관계가 관찰되지 않았다.

1분간 평균 심박수를 나타내는 mean HRT는 골성속도와 음적 선형 관계 ($r=-0.292$, $P=0.003$)로 골성속도가 높을수록 mean HRT는 낮게 나타났다.

SDNN은 기록된 기간의 심박 변이도 전체를 나타내는 지표로서, 심박동수의 변화 폭, 즉 심장 리듬의 반응성을 나타내며 교감 및 부교감신경의 활성도를 동시에 반영한다³⁰⁾. 분석결과 SDNN은 골성속도와 양적 선형 관계 ($r=0.244$, $P=0.013$)로 골성속도가 높을수록 SDNN도 높게 나타났다.

연구 대상자들의 골성속도를 기준으로 ‘-0.4 이하’, ‘-0.3~0.7’, ‘0.8~1.9’, ‘2.0 이상’의 4그룹으로 나누어 그룹별로 HRV 지표들이 통계적으로 유의한 차이가 있는지 일원배치 분산 분석 (Oneway Analysis of Variance)을 시행하였다. 그 결과 mean HRT ($P=0.023$)와 SDNN ($P=0.027$)은 그룹 간에 유의성 있는 차이가 나타났으나 TP, VLF, LF, HF, LF norm, HF norm, LF/HF ratio는 그룹 간에 유의한 차이를 발견할 수 없었다. 일원배치 분산 분석상 유의한 차이를 보인 mean HRT와 SDNN에 대하여 최소유의차검정 (Least significance difference, LSD)으로 사후분석을 실시하였다. mean HRT는 ‘-0.4 이하’ 군이 ‘-0.3~0.7’ 군에 비하여 8.47 ± 3.43 높게 나타났고 ($P=0.015$), ‘-0.4 이하’ 군이 ‘0.8~1.9’ 군에 비하여 10.90 ± 3.53 높게 나타났고 ($P=0.003$). SDNN은 ‘-0.4 이하’ 군이 ‘0.8~1.9’ 군에 비하여 15.08 ± 5.13 낮게 나타났고 ($P=0.004$), ‘-0.3~0.7’ 군이 ‘0.8~1.9’ 군에 비하여 7.65 ± 3.70 낮게 나타났고 ($P=0.041$). ‘2.0 이상’ 군과 나머지 군과는 유의한 차이를 발견할 수 없었지만 ‘0.8~1.9’ 군의 SDNN이 ‘-0.4 이하’ 군과 ‘-0.3~0.7’ 군에 비해 높게 나타난 것으로 보아 심박동의 적응도와 복잡성을 의미하는 SDNN이 건강한 사람일수록 높게 나타난다³¹⁾는 기존의 주장에 비추어 봤을 때 적절한 골성속이 이루어지기 위해 자율신경의 역할을 파악하는 것이 의미가 있음을 시사한다.

성별, 연령별, 이차성징 발현 유무에 따라 그룹별로 HRV 인자들의 값이 통계적으로 유의한 차이가 있는지 확인하기 위하여 독립표본 T검정을 시행한 결과 성별에 따른 차이는, 남아가 여아에 비하여 LF는 0.36 ± 0.18 높게 ($P=0.045$), LF norm도 7.26 ± 3.26 높게 ($P=0.022$), HF norm은 7.26 ± 3.26 낮게 ($P=0.022$), LF/HF ratio는 0.48 ± 0.19 높게 나타났으며 ($P=0.016$), 연령에 따라 학령기와 사춘기로 나누어 본 결과 통계적으로 유의한 차이는 발견되지 않았다. 이차성징이

발현된 군이 발현되지 않은 군에 비하여 LF norm은 8.01 ± 3.07 낮게 ($P=0.011$), HF norm은 8.01 ± 3.07 높게 나타났으며 ($P=0.011$), 다른 HRV 지표들은 두 군 간에 유의성 있는 차이는 관찰되지 않았다.

LF norm은 호흡에 의한 동성부정맥과 관련이 있고 교감신경계 활성도와 연관이 있으며, 표준범위 이내에서 높을수록 건강한 상태를 반영하고, HF norm은 교감신경과 부교감신경의 활성도를 합한 값과 연관이 있고, 표준범위 이내에서 낮을수록 건강한 상태를 반영한다²⁰⁾. 이차성징이 발현된 군이 발현되지 않은 군에 비해 낮은 LF norm과 높은 HF norm을 갖는다는 것은 사춘기에 접어들면서 신체적 정신적으로 가중되는 스트레스가 더 많음을 짐작해 볼 수 있다. 또한 성별의 차이에서 남아가 여아에 비해 자율신경의 변화 폭이 더 큰 것을 알 수 있다.

성별에 따라 대상을 남여 두 군으로 나눈 후 골성속도와 HRV 각 지표의 상관관계를 분석한 결과 남아 41명에서 mean HRT는 골성속도와 음적 선형 관계 ($r=-0.490$, $P=0.001$)가 더욱 강하게 나타났고, SDNN은 골성속도와 양적 선형 관계 ($r=0.401$, $P=0.009$)가 더욱 강하게 나타났다. 여아 62명에서는 골성속도와 HRV의 상관관계가 유의성 있게 관찰되지 않았다. 이것으로 여자보다 남자의 경우 골성속에 HRV가 더 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

연령에 따라 대상을 학령기와 사춘기로 나눈 후 골성속도와 HRV 각 지표의 상관관계를 분석한 결과 학령기 44명에서 mean HRT는 골성속도와 음적 선형 관계 ($r=-0.469$, $P=0.001$)가 더욱 강하게 나타났고, SDNN은 골성속도와 양적 선형 관계 ($r=0.293$, $P=0.053$)가 있지만 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났다. 사춘기 59명에서는 골성속도와 HRV의 상관관계가 유의성 있게 관찰되지 않았다.

이차성징 발현 유무에 따라 대상을 두 군으로 나눈 후 골성속도와 HRV 각 지표의 상관관계를 분석한 결과 이차성징이 발현되지 않은 44명의 아동에서 mean HRT는 골성속도와 음적 선형 관계 ($r=-0.395$, $P=0.008$)가 더욱 강하게 나타났고, SDNN은 골성속도와 양적 선형 관계 ($r=0.343$, $P=0.023$)가 더욱 강하게 나타났으나 이차성징이 발현된 59명의 아동에서는 골성속도와 HRV의 상관관계가 유의성 있게 관찰되지 않았다. 비만과 골성속도의 관계를 살펴본 연구³²⁾에서도 이차성징이 발현된 이후에 비만이 골성속도의 증가에 미치는 영향이 없음을 나타내는 결과가 있었으며

이차성징이 발현되었다는 것은 이미 어느 정도 성장이 이루어진 후이므로 비만이나 자율신경 등의 다른 요인이 골성속도 증가에 거의 영향을 미치지 못하기 때문이라고 사료된다.

이상의 결과에서 골성속도와 HRV 지표 중 mean HRT와 SDNN이 유의한 관계가 있음을 알 수 있었으며 성별로 구분하였을 경우 여자보다 남자가, 연령으로 구분하였을 경우 사춘기보다 학령기에, 시기로 구분하였을 경우 이차성징이 발현되기 전에 더 큰 영향을 미칠 수 있음이 밝혀졌다.

HRV는 간편하고 측정 시간이 짧으면서도 비침습적으로 객관적인 검사 지표를 제공할 수 있다는 장점이 있지만, 외부의 다양한 자극에 따라 지속적으로 변화하기 때문에 각 지표가 나타내는 수치가 환자의 지속적인 상태를 반영할 수 있는가에 대한 논란이 남아있다. 또한 오후에는 교감신경이 항진될 수 있으므로 오전에 검사를 시행하는 것이 권장되며 검사 2시간 전에는 음식물 섭취를 금하는 것²⁴⁾이 오차를 줄이는 방법이지만 실제 임상에서 원칙을 지키는데 어려움이 있어 그로 인한 오차 발생 가능성도 배제할 수 없다.

본 연구에서는 연구대상의 수가 적고, HRV가 측정 시간, 음식 섭취, 약물, 과거력 등 다양한 인자들과 연관성 있는 지표⁹⁾임에도 불구하고 분석 자료의 한계 상 모든 변인을 적절히 통제하지 못하였다는 점이 아쉽다. 향후 연구에서는 보다 많은 대상을 모집하여 환자의 성별, 연령, 자세, 측정 시간, 음식 섭취, 약물, 과거력 등 HRV에 오차를 일으킬 수 있는 변인들이 통제된 상태에서 성장 정도를 나타내는 지표들과 HRV의 관계에 대해 살펴본다면 성장치료를 위한 보다 더 가치 있는 자료로 활용될 수 있으리라 사료된다.

V. Conclusion

2011년 2월 1일부터 2012년 6월 30일까지 ○○한 의대학교 부속 ○○한방병원 소아청소년과의 성장클리닉으로 내원한 환자 중 골연령 측정 및 HRV 검사를 시행한 성장에 영향을 미칠 만한 기질적 질환이 없는 6-17세의 아동 103명을 대상으로 골성속도와 HRV의 상관성에 대해 연구한 결과는 다음과 같다.

1. 골성속도와 HRV의 각 지표인 mean HRT, SDNN, TP, VLF, LF, HF, LF norm, HF norm, LF/HF ratio의

상관관계를 분석한 결과 mean HRT는 골성속도와 음적 선형 관계 ($r=-0.292, P=0.003$), SDNN은 골성속도와 양적 선형 관계 ($r=0.244, P=0.013$)로 유의성 있게 관찰되었다.

2. 대상을 골성속도에 따라 해당 기준에 의거하여 군으로 분류하고 각 군별로 HRV 지표들의 관계를 확인한 결과 mean HRT는 '-0.4 이하' 군이 '-0.3~0.7' 군에 비하여 8.47 ± 3.43 높게 ($P=0.015$), '-0.4 이하' 군이 '0.8~1.9' 군에 비하여 10.90 ± 3.53 높게 나타났으며 ($P=0.003$), SDNN은 '-0.4 이하' 군이 '0.8~1.9' 군에 비하여 15.08 ± 5.13 낮게 ($P=0.004$), '-0.3~0.7' 군이 '0.8~1.9' 군에 비하여 7.65 ± 3.70 낮게 나타났다 ($P=0.041$).
3. 성별, 연령별, 이차성징 발현 유무와 HRV 지표들의 값의 관계에 대해 독립표본 T검정을 시행한 결과 성별에 따라 남아가 여아에 비하여 LF는 0.36 ± 0.18 높게 ($P=0.045$), LF norm은 7.26 ± 3.26 높게 ($P=0.022$), HF norm은 7.26 ± 3.26 낮게 ($P=0.022$), LF/HF ratio는 0.48 ± 0.19 높게 나타났고 ($P=0.016$), 이차성징이 발현된 군이 발현되지 않은 군에 비하여 LF norm은 8.01 ± 3.07 낮게 ($P=0.011$), HF norm은 8.01 ± 3.07 높게 나타났으며 ($P=0.011$), 연령에 따른 비교에서는 통계적 유의성이 발견되지 않았다.
4. 대상을 성별에 따라 두 군으로 나눈 후 골성속도와 HRV 각 지표의 상관관계를 분석한 결과 남아에서 mean HRT는 골성속도와 음적 선형 관계 ($r=-0.490, P=0.001$), SDNN은 골성속도와 양적 선형 관계 ($r=0.401, P=0.009$)가 관찰되었으며 여아에서는 유의성이 발견되지 않았다.
5. 대상을 연령에 따라 두 군으로 나눈 후 골성속도와 HRV 각 지표의 상관관계를 분석한 결과 학령기에서 mean HRT는 골성속도와 음적 선형 관계 ($r=-0.469, P=0.001$)가 나타났고, SDNN은 골성속도와 양적 선형 관계 ($r=0.293, P=0.053$)가 있지만 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났으며, 사춘기에서는 유의성이 발견되지 않았다.
6. 대상을 이차성징 발현 유무에 따라 두 군으로 나눈 후 골성속도와 HRV 각 지표의 상관관계를 분석한 결과 이차성징이 발현되지 않은 군에서 mean HRT는 골성속도와 음적 선형 관계 ($r=-0.395, P=0.008$), SDNN은 골성속도와 양적 선형 관계 ($r=0.343, P=0.023$)가 관찰되었으나 이차성징이 발현된 아동에서는 유의성이 발견되지 않았다.

References

1. Cho HJ, Jung SM, Kim DG, Lee JY. The Effect of Herbal Medicine Treatment on the Growth of Children. *J Korean Orient Pediatr.* 2004;18(2):119-26.
2. Yoon HJ, Kim DG, Lee JY. A Study for the Parent's Recognition of the Oriental Medical Treatment and the Expectation of Children's Growth. *J Korean Orient Pediatr.* 2011;25(1):119-27.
3. Hong CE. Textbook of pediatrics, 9th ed. Seoul: Korea Textbook Publishing Co, 2008:20-1.
4. Choi MH, Kim DG, Lee JY. Effect of Genetic and Environmental Factors on Growth. *J Korean Orient Pediatr.* 2010;24(3):138-49.
5. Hwang YS. A Study on the Factors of Children's Daily Hassles and Relationship with their Coping Behaviors. Department of Home Management. Grad School Cheju Natl Univ. 2007.
6. McCraty R, Atkinson M, Tiller WA, Rein G, Watkins AD. The Effects of Emotions on Short-term Power Spectrum Analysis of Heart Rate Variability. *Am J Cardiol.* 1995;76:1089-93.
7. Rajendra Acharya U, Paul Joseph K, Kannathal N, Lim CM, Suri JS. Heart Rate Variability: a Review. *Med Biol Eng Comput.* 2006;44(12):1031-51.
8. Kim SY, Lee MS, Yang JW, Jung IK. Heart Rate Variability and Parenting Stress Index in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *J Psychosom Med.* 2011; 19(2):74-82.
9. Kim SY, Seo HW, Kim JW, Chung SY. Relationship between Heart Rate Variability (HRV) and BDI, STAI and STAXI. *J Orient Neuropsychiatry.* 2011;22(4):87-100.
10. Rosenfeld RG. Disorders of Growth Hormone and Insulin-like Growth Factor Secretion and Action. In: Sperlberg MA ed. *Pediatric Endocrinology.* Philadelphia: WB Saunders Co, 2002:116-69.
11. Kim KB, Kim DG, Kim YH, Kim JH, Min SY, Park EJ, Baek JH, Yu SA, Lee SY, Lee JY, Lee HJ, Chang GT, Chai JW, Han YJ, Han JK. *Hanbangsoacheong-sonyeonuihak.* Seoul: Ui Sung Dang Publishing Co, 2010:830-2.
12. Greulich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal development of the hand wrist. Stanford: Stanford University Press, 1950.
13. Tanner JM, Healy MJR, Goldstein H, Cameron N. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height: TW3 method, 3rd ed. London: WB Saunders, 2001.
14. Lee YM, Kim KW, Yoon YJ. Correlations between Dental and Skeletal Maturity. *J Orthod.* 2000;30(2): 143-57.
15. Liebman M. *Neuroanatomy made easy and understandable.* Baltimore: University Park Press. 1979.
16. LeDoux JE, Iwata J, Cicchetti P, Reis DJ. Different Projections of the Central Amygdaloid Nucleus Mediate Autonomic and Behavioral Correlates of Conditioned Fear. *J Neurosci.* 1988;8:2517-29.
17. Price JL, Amaral DG. An Autoradiographic Study of the Projections of the Central Nucleus of the Monkey Amygdala. *J Neurosci.* 1981;1:1242-59.
18. Task Force of the European society of cardiology and the north American society of pacing and electrophysiology. Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use. *Circ.* 1996;93:1043-65.
19. Pomeranz B, Macaulay R, Caudill M, Kutz I, Adam D, Gordon D, Kilborn KM, Barger AC, Shannon DC, Cohen RJ, Benson H. Assessment of Autonomic Function in Humans by Heart Rate Spectral Analysis. *Am J Physiol.* 1985;248:151-3.
20. Shin KS. The Study on Power Spectral Analysis of Heart Rate Variability for Assessment of Autonomic Function in Cardiovascular Control. Ph. D Dis Inst Biomed Eng Keio Univ (Japan), 1995.
21. Kim WM, Woo JM, Chae JH. Heart Rate Variability in Psychiatry. *J Korean Neuropsychiatry Assoc.* 2005;44: 176-84.
22. Malik M. Heart Rate Variability Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use. *Eur Heart J.* 1996;17:354-81.
23. Jo MS, Lee Nh, Han JK. The Effect of Balneotherapy on Children Autonomic Nervous System Function and Body Composition. *J Korean Orient Pediatr.* 2011;25(3): 77-84.
24. Woo JM, Kim ES, Yoon HY, Choi YH. The Relation

- between Heart Rate Variability and Pharmacotherapy in Patients with Panic Disorder. *J Korean Neuropsychiatry Assoc.* 2005;44:342-49.
25. Akselrod S, Gordon D, Ubel FA, Shannon DC, Barger AC, Cohen RJ. Power Spectral Analysis of Heart Rate Fluctuation: a Quantitative Probe of Beat-to-beat Cardiovascular Control. *Science.* 1981;213:220-2.
 26. Middlekauff HR, Hui K, Yu JL, Hamilton MA, Fonarow GC, Moriguchi J, Maclellan WR, Hage A. Acupuncture Inhibits Sympathetic Activation during Mental Stress in Advanced Heart Failure Patients. *J Card Fail.* 2002;8(6):399-406.
 27. Carney RM, Freedland KE. Depression and Heart Rate Variability in Patients with Coronary Heart Disease. *Cleve Clin J Med.* 2009;76 Suppl 2:S13-7.
 28. Taylor CB. Depression, Heart Rate Related Variables and Cardiovascular Disease. *Int J Psychophysiol.* 2010;78(1):80-8.
 29. Cohen H, Benjamin J. Power Spectrum Analysis and Cardiovascular Morbidity in Anxiety Disorders. *Auton Neurosci.* 2006;128(1-2):1-8.
 30. Kim IH, Kim JT, Lee SH, Kim SJ, Kim YS, Choi JB. The Relation between Autonomic Nervous System Activity and Lower Urinary Tract Symptoms. *Korean J Urol.* 2009;50:475-79.
 31. Jeong KS. The Design of Autonomic Function Analysis System by Using Heart Rate Variability Signal. *Dep Electr Eng, Grad School Yonsei Univ,* 1997.
 32. Seo HY, Han JK, Kim YH. A Study on Relations between Obesity and Skeletal Maturity. *J Korean Orient Pediatr.* 2008;22(2):19-35.