

심박수의 멀티프랙탈 허스트 분석과 자발적 압반사 민감도

한양대학교 의과대학 소아과학교실,¹ 성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 순환기내과학교실²

김진수¹ · 정은영¹ · 염명걸¹ · 김남수¹ · 김준수²

Spontaneous Baroreflex Sensitivity and Multifractal Hurst Analysis of Heart Rate

Jin-Soo Kim, MD¹, Eun-Young Jeoung, MD¹, Myung-Kul Yum, MD¹,

Nam Su Kim, MD¹ and Jun-Soo Kim, MD²

¹Department of Pediatrics, College of Medicine, Hanyang University, Guri,

²Department of Cardiac and Vascular Center, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

ABSTRACT

Background and Objectives : This study was designed to examine whether the multifractal Hurst exponents of heart rate can estimate activating and deactivating spontaneous baroreflex sensitivity (SBRs). **Subjects and Methods :** Age and sex matched 24 healthy volunteers were placed in the supine position and head-up tilt position for 30 minutes, and the systolic blood pressure and heart rate were measured in a noninvasive manner. When the RR interval (RRI) sequence and systolic pressure sequence simultaneously increased or decreased for more than three successive beats, the slope of the linear regression line of systolic blood pressure and RR interval sequence was defined as the value of spontaneous baroreflex sensitivity (SBRs). From the RR intervals, very short-term (α range, ≤ 12 heartbeats), short-term (β range, ≥ 12 heartbeats), and the multifractal Hurst exponents were calculated to determine the linear correlation coefficients for SBRs. **Results :** In the supine position, the linear correlation coefficients (p) of SBRs and $H_{-5\alpha}$, $H_{-4\alpha}$, $H_{-3\alpha}$, $H_{-2\alpha}$, $H_{-1\alpha}$, $H_{1\alpha}$, $H_{2\alpha}$, $H_{3\alpha}$, $H_{4\alpha}$, $H_{5\alpha}$ were -0.195 (NS), -0.207 (NS), -0.232 (NS), -0.282 (NS), -0.355 (NS), -0.621 (0.003), -0.650 (0.001), -0.677 (0.001), -0.699 (0.0006) and -0.708 (0.0005), respectively. In the tilting position, the linear correlation coefficients of SBRs and $H_{-5\beta}$, $H_{-4\beta}$, $H_{-3\beta}$, $H_{-2\beta}$, $H_{-1\beta}$, $H_{1\beta}$, $H_{2\beta}$, $H_{3\beta}$, $H_{4\beta}$, $H_{5\beta}$ were 0.024 (NS), 0.020 (NS), 0.010 (NS), -0.028 (NS), -0.193 (NS), -0.627 (0.0034), -0.607 (0.0045), -0.598 (0.0053), -0.572 (0.0084) and -0.539 (0.0141), respectively. **Conclusion :** Some of the very short-term and short-term generalized Hurst exponents, such as $H_{5\alpha}$ and $H_{1\beta}$, can be used for the estimation of spontaneous baroreflex sensitivity during patient placement in the supine and head-up tilt position, respectively. (Korean Circulation J 2007;37:443-448)

KEY WORDS : Baroreflex ; Heart rate ; Blood pressure.

서론

혈압의 변화는 압반사를 통해 혈압증추에 전해지며 중추 자율신경계를 활성화 시켜 심박수와 혈관 저항성에 적절한 변화를 가져온다. 결국, 압반사는 정상 혈압을 유지시키는 역할을

한다. 자율신경계는 내장기관과 혈관 및 분비선 등의 활동을 조절함으로써, 외부환경에 대한 체내의 내적 환경과 항상성을 유지하는 중요한 기능을 담당하고 있다. 고혈압과 자율신경계와의 연관성에 대한 의학적 관심이 높고, 이에 따라서 자율신경계 활동을 정확히 평가할 수 있는 방법의 필요성이 크게 대두되었다.¹⁾

압반사 민감도(baroreflex sensitivity, BRS) 측정은 심혈관 질환의 연구, 진단 및 예후 판정에 중요한 역할을 한다.²⁻⁴⁾ BRS의 측정 방법에는 고전적인 침습적인 약물투여 방법과 경동맥흡인 방법이 있다. 근자에는 비침습적인 방법으로 박동 대 박동(beat-by-beat) 혈압을 측정할 수 있게 되어 이것과 박

논문접수일 : 2007년 3월 31일

수정논문접수일 : 2007년 7월 10일

심사완료일 : 2007년 7월 31일

교신저자 : 염명걸, 471-701 경기도 구리시 교문동 249-1

한양대학교 의과대학 소아과학교실

전화 : (031) 560-2252, 2250 · 전송 : (031) 552-9493

E-mail : mkyumm@hanyang.ac.kr

동 대 박동 RR 간격을 이용하여 자발적 압반사 민감도의 측정이 이용되고 있다.⁵⁾ 자발적 압반사 민감도의 하강은 고혈압 환자에서 관찰되며 항후의 심혈관계 질환의 질병률 증가와 심근경색 또는 당뇨병 같은 자율신경계 부전을 동반하는 다양한 질환의 사망률 증가와 밀접한 관계가 있는 것으로 보고되었다.⁶⁾ 그러므로 건강한 사람 또는 심혈관계 질환이 있는 자에서 자발적 압반사 민감도 하강이 있는 경우 위와 같은 예측을 미리 예측하여 질병 발현 또는 악화를 예방할 수 있을 것이라고 본다. 이 SBRS 측정 방법에는 열 방법(sequence method)과 스펙트럴 방법(spectral method)이 있다. 그러나 비침습적으로 혈압을 측정하는 것은 고가의 장비가 필요할 뿐만 아니라 환자가 움직임이 없는 안정상태여야만 한다. 따라서 자발적 압반사 민감도를 혈압 측정 장비 없이 측정할 수 있는 방법이 있으면 좋을 듯 하다.

심박변이(heart rate variability, HRV)의 multifractal 분석은 불균일한(inhomogeneous) RR 간격의 동역학적 특성(dynamical characteristics)을 국소적으로 분해(decomposition)하여 분석, 복잡한 HRV를 다양하게 특징화시킬 수 있어 임상적으로 유용할 것 같으나 아직 널리 이용되고 있지 못하고 있다.^{7,8)} 생리적 의미가 알려져 있는 시간 및 주파수대역 분석(time-and frequency-domain analysis)과 달리 생리적 의미가 알려져 있지 않은 것이 널리 이용되고 있지 않은 이유 중에 하나일 것이다. 따라서 multifractal 분석의 생리적 의미를 찾는 것이 중요하다. 본 연구는 심박수의 multifractal 분석이 SBRS를 추정하는데 이용될 수 있음을 시험하고자 하였다.

대상 및 방법

대 상

나이와 성별에 맞춘 건강한 지원자 24명을 대상으로 하였다. 그 중 2명은 기립경사 상태에서 실신하여 제외되었다. 결국 22명을 대상으로 연구가 이루어졌다. 12명이 남자, 10명이 여자였고 나이는 35.7 ± 11.0 세였다.

방 법

자료 획득

조용하고 어두운 장소에서 6시간 금식 후 검사를 시행하였다. 안정상태와 기립경사상태(head-up tilt state)에서 30분간 심전도, 심박수, 비침습적 수축기 혈압, 피부 혈류, 호흡 양상을 지속적으로 측정하였다. 30분 동안 RR 간격과 수축기 혈압을 연속적으로 측정하였다(Fig. 1).

자발적 압반사 민감도 열 방법

SBRS를 열 방법으로 구하였다. RR 간격 열과 수축기 혈압 열이 함께 연속해서 3개 이상 증가하거나 또는 함께 3개 이상 연속해서 감소하는 경우 수축기 혈압 차이 열과 RRI 차이 열간의 기울기를 계산하여 이들의 선형상관계수가 0.85 이상 되는 경우에 이들의 기울기를 SBRS로 정하였다(Fig. 2, 4).⁹⁻¹⁴⁾ 30분 동안에는 혈압이 연속적으로 3회 이상 증가하거나 연속적으로 감소하는 경우가 각각 적어도 수십 회 이상은 되었다

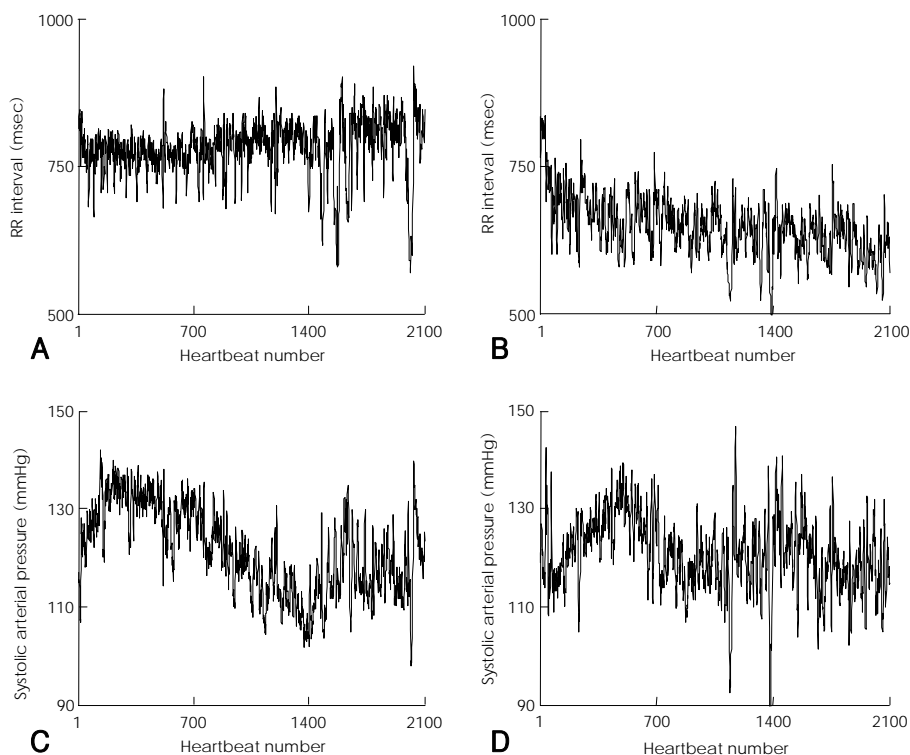


Fig. 1. A and B are two RRI sequences recorded in supine position and head-up tilt position. C and D are systolic blood pressure recorded in supine position and head-up tilt position. RRI: RR interval.

(점선이 연속적으로 3회 이상 증가하는 경우, 실선이 연속적으로 3회 이상 감소하는 경우)(Fig. 4). SBRs는 이 수십 회들 평균 값이다. 어떤 한 사람의 SBRs는 이 평균값으로 나타내기 때문에 믿을 만한 값이 된다.

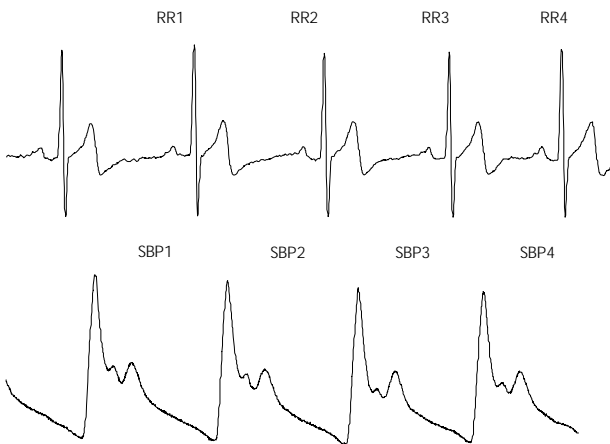
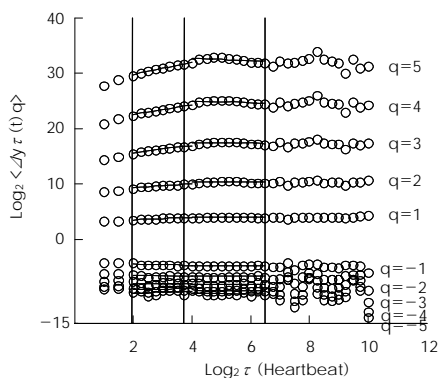


Fig. 2. Spontaneous baroreflex sensitivity sequence method. SBP: systolic blood pressure.



Multifractal Hurst 분석

RR 간격의 multifractal Hurst 지수, $H(q)$ 는 RR 간격 structure function $\Delta y \tau(t) = |RRI(t + \tau) - RRI(t)|$ 과 시간 증분(τ) 사이의 linear scaling relation $\langle \Delta y \tau(t)^q \rangle \sim \tau^{q \cdot H(q)}$ 에 의해 구해진다.¹⁵⁾¹⁶⁾ 이 관계식을 $\log_2 - \log_2$ 도식 하였다(Fig. 3). 대부분의 환자들에서 두 구간 $\log_2(4) \sim \log_2(12)$ 과 $\log_2(12) \sim \log_2(90)$ 사이에서 선형적인 관계를 보였다. $4 \leq \tau \leq 12$ heartbeats을 초단기 기간(very-short-term, α)이라 하고 $12 \leq \tau \leq 90$ heartbeats 단기 기간(short-term, β)이라고 한다. 초단기 스케일링 구역에서의 $q = -5$ 에서부터 $q = 5$ 까지($q \neq 0$) 기울기를 구하면 10개의 일반적인 초단기 Hurst 지수($H_{q,\alpha}$)가 생성되고 각 단기 스케일링 구역에서의 $q = -5$ 에서부터 $q = 5$ 까지의 기울기를 구하면 10개의 일반적 단기 Hurst 지수($H_{q,\beta}$)가 생성된다. RR 간격의 $H_{q,\alpha}$ 및 $H_{q,\beta}$ 를 구하여 SBRs 사이의 선형상관관계를 구하였다.

결 과

혈압, 심박수, Hurst 지수 및 자발적 압반사 민감도

기립경사 전후 혈압은 각각 115.8 ± 1.9 mmHg, 115.9 ± 2.8

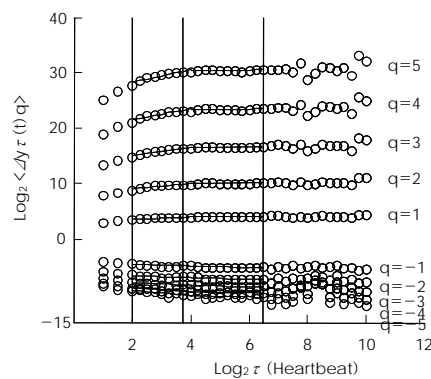


Fig. 3. A and B, Multifractal Hurst analyses of the structure function, $\langle \Delta y \tau(t)^q \rangle \sim \tau^{q \cdot H(q)}$, of the RRI sequence shown in Fig. 1A and B, respectively. Two linear scaling regions, the very-short-term range ($4 \leq \tau \leq 12$ beats) and the short-term range ($12 \leq \tau \leq 90$ beats) are indicated. RRI: RR interval.

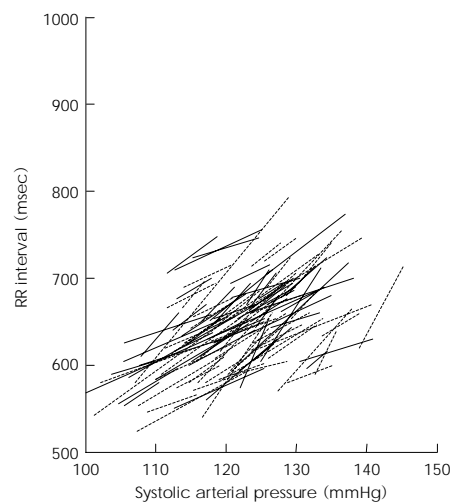
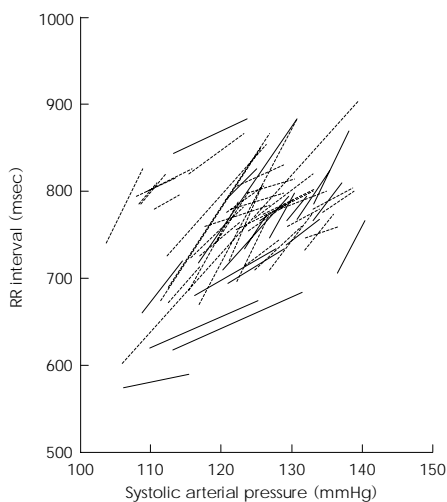


Fig. 4. The plot of RR interval against systolic blood pressure. The average of the slopes of the lines is the spontaneous baroreflex sensitivity. Dot line: activating baroreflex sensitivity, Solid line: deactivating baroreflex sensitivity.

mmHg이었으며, RR 간격은 각각 869.8 ± 27.1 msec, 777.2 ± 17.7 msec이었다. 기립전후 $H_{q\alpha}$ 과 $H_{q\beta}$ 는 Table 1에 기술되어 있다. SBRs는 각각 16.65 ± 2.17 msec/mmHg, 7.33 ± 0.68 msec/mmHg이었다.

압반사 민감도의 선형상관관계

안정 시 음성값 계수의 $H_{q\alpha}(q < 0)$ 과 SBRs는 의미 있는 상관을 보이지 않았다(Table 1). 그러나 안정 시 양성값 계수의 $H_{q\alpha}(q > 0)$ 들은 SBRs와 의미 있는 음의 상관을 보였다. SBRs와 가장 높은 상관을 보이는 것은 상관계수 -0.70801 의 $H_{5\alpha}$ 이다. 안정 시 음성값 계수의 $H_{q\beta}(q < 0)$ 와 양성값 계수의 $H_{q\beta}(q > 0)$ 값은 모두 SBRs와 의미 있는 상관을 보이지 않았다(Table 2).

기립경사 시 음성값 계수의 $H_{q\alpha}(q < 0)$ 과 SBRs와는 의미 있는 상관을 보이지 않았다(Table 1). 기립경사 시 $H_{4\alpha}$ 그리고 $H_{5\alpha}$ 는 SBRs와 비교적 의미 있는 상관을 보였다. 기립경사 시 음성값 계수의 $H_{q\beta}(q < 0)$ 와 SBRs와는 의미 있는 상관을 보이지 않았다(Table 2). 양성값 계수의 $H_{q\beta}(q > 0)$ 들은 SBRs와 의미 있는 상관을 보였는데 $H_{1\beta}$ 와 $H_{3\beta}$ 는 SBRs와 각각 상관계수 -0.62710 으로 비교적 높은 상관을 보였다. $H_{q\alpha}$ 와 $H_{q\beta}$ 의 실제 지수값은 Table 3, 4에 기시하였다.

Table 1. Correlation between very short term Hurst exponent and baroreflex sensitivity

	Supine position	Tilt position
$H_{5\alpha}$	-0.35545 (0.1241)	0.19128 (0.4192)
$H_{4\alpha}$	-0.28209 (0.2282)	0.19694 (0.4053)
$H_{3\alpha}$	-0.23205 (0.3249)	0.20707 (0.3810)
$H_{2\alpha}$	-0.20744 (0.3802)	0.21755 (0.3568)
$H_{1\alpha}$	-0.19590 (0.4078)	0.22400 (0.3424)
$H_{1\alpha}$	-0.62144 (0.0034)	-0.12407 (0.6023)
$H_{2\alpha}$	-0.65052 (0.0019)	-0.29819 (0.2016)
$H_{3\alpha}$	-0.67752 (0.0010)	-0.41943 (0.0656)
$H_{4\alpha}$	-0.69956 (0.0006)	-0.46270 (0.0399)
$H_{5\alpha}$	-0.70801 (0.0005)	-0.46273 (0.0399)

BRS: baroreflex sensitivity, H_{α} : very short-term Hurst exponent, Value: linear correlation coefficient, (): p

Table 2. Correlation between short term Hurst exponent and baroreflex sensitivity

	Supine position	Tilt position
$H_{5\beta}$	0.06199 (0.7952)	-0.19356 (0.4136)
$H_{4\beta}$	0.13620 (0.5669)	-0.02874 (0.9043)
$H_{3\beta}$	0.14253 (0.5489)	0.01063 (0.9645)
$H_{2\beta}$	0.13776 (0.5625)	0.02088 (0.9304)
$H_{1\beta}$	0.13394 (0.5735)	0.02430 (0.9190)
$H_{1\beta}$	-0.28373 (0.2254)	-0.62710 (0.0031)
$H_{2\beta}$	-0.34526 (0.1360)	-0.60719 (0.0045)
$H_{3\beta}$	-0.37532 (0.1030)	-0.59878 (0.0053)
$H_{4\beta}$	-0.38323 (0.0953)	-0.57217 (0.0084)
$H_{5\beta}$	-0.37468 (0.1036)	-0.53953 (0.0141)

BRS: baroreflex sensitivity, H_{β} : short-term Hurst exponent, Value: linear correlation coefficient, (): p

고 찰

대동맥궁(aortic arch)과 목동맥 팽대에 위치한 압반사 수용체(baroreceptor)는 심박수 및 혈압을 조절하는 기전 중의 하나로 혈관의 긴장도에 의하여 일정하게 자극 받아 유지되며 혈압의 증가 보다는 혈관의 긴장도의 급격한 소실에 더 잘 반응하게 된다.¹⁷⁾ 압반사 민감도는 침습적 및 비침습적 방법으로 측정되며 침습적 방법이며 압반사 민감도 측정의 gold standard인 phenylephrin test의 예후 예측능력은 상당히 높지만 임상적 적용이 제한되고 있다.¹⁸⁾ 이 방법은 혈관수축제인 phenylephrine 정주에 의한 혈압 변화에 따른 RR 간격의 변화를 관찰함으로써 압반사 민감도를 측정할 수 있지만 phenylephrine 같은 약제는 혈압을 인위적으로 증가시키며 맥박수의 반사적 저하를 일으키기 때문에 검사의 목적으로 사용하는데 있어서 위험도가 따른다. 건강한 사람한테는 극히 적은 위험이 따르겠지만 심혈관계 질환이 있는 경우에는 위험도가 높아진다. 또한 자발적 압반사 민감도는 인위적인 검사가 아닌데 반해 침습적 측정법은 약제 주입 자체만으로 스트레스를 유발할 수 있으며 이 스트레스가 압반사 민감도 결과에 영향을 미친다.¹⁹⁾ 압반사 민감도 측정의 비침습적 방법으로 사용될 수 있는 심박와류(heart rate turbulence, HRT)는 심실조기수축에 의해 유발되는 혈압의 일시적 감소가 혈관의 긴장성을 감

Table 3. Very short-term Hurst exponent values

	Supine position	Tilt position
$H_{5\alpha}$	0.0472 ± 0.0339	0.0837 ± 0.0330
$H_{4\alpha}$	0.0579 ± 0.0417	0.1036 ± 0.0408
$H_{3\alpha}$	0.0741 ± 0.0536	0.1349 ± 0.0527
$H_{2\alpha}$	0.1004 ± 0.0724	0.1879 ± 0.0719
$H_{1\alpha}$	0.1400 ± 0.0953	0.2666 ± 0.0972
$H_{1\alpha}$	0.1861 ± 0.1109	0.3636 ± 0.1123
$H_{2\alpha}$	0.1866 ± 0.1031	0.3375 ± 0.1242
$H_{3\alpha}$	0.1843 ± 0.0935	0.3123 ± 0.1279
$H_{4\alpha}$	0.1788 ± 0.0857	0.2846 ± 0.1288
$H_{5\alpha}$	0.1717 ± 0.0797	0.2578 ± 0.1301

H_{α} : very short-term Hurst exponent

Table 4. Short-term Hurst exponent values

	Supine position	Tilt position
$H_{5\beta}$	0.0249 ± 0.0348	0.0456 ± 0.0417
$H_{4\beta}$	0.0311 ± 0.0422	0.0564 ± 0.0495
$H_{3\beta}$	0.0412 ± 0.0527	0.0734 ± 0.0591
$H_{2\beta}$	0.0585 ± 0.0678	0.1015 ± 0.0660
$H_{1\beta}$	0.0831 ± 0.0825	0.1379 ± 0.0596
$H_{1\beta}$	0.1055 ± 0.0875	0.1484 ± 0.0454
$H_{2\beta}$	0.1063 ± 0.0857	0.1298 ± 0.0499
$H_{3\beta}$	0.1067 ± 0.0843	0.1179 ± 0.0605
$H_{4\beta}$	0.1062 ± 0.0829	0.1120 ± 0.0729
$H_{5\beta}$	0.1051 ± 0.0816	0.1093 ± 0.0852

H_{β} : short-term Hurst exponent

자기 떨어뜨리면서 이에 대한 반응으로 교감신경계의 항진 및 부교감신경계의 상대적 활성 감소가 나타나면서 동결절 리듬이 생리적 반응을 보이게 된다. 정상 반응으로 심박수의 초기 acceleration과 계속되는 deceleration을 보이며 이러한 반응의 존재 및 증감을 수치로 표시한다.²⁰⁾²¹⁾ 그러나 이 방법은 심실조기수축이 발생해야만 하고 또 그 발생지점을 예측할 수 없으므로 장기간 기다려야 가능하기 때문에 실질적으로 사용하기 어렵다. 따라서 심박변이 분석만 가지고 SBRs를 추정하는 것은 임상적으로 중요할 수 있다.²²⁻²⁴⁾ Hurst 지수는 심박변이의 특성 중 비정상성(nonstationarity) 또는 부드러움(smoothness)을 정량화할 수 있는 지표이다.²⁵⁾ 비정상성은 시간이 지나감에 따라 평균이 변화하는 정도를 나타낸다.

멀티프랙탈 분석은 RRI신호처럼 부분 부분 통계적 특성이 다른 경우에 이 불균일한(inhomogeneous) 통계적 특성을 모두 표시해주는 유용한 도구입니다. 각각의 허스트지수는 RRI 신호 내에 통계적 특성이 비슷한 부위 만을 모아 그 비슷한 부위의 RRI 신호의 비정상성(nonstationarity) 또는 부드러움(smoothness)을 정해주는 지표입니다. 따라서 어떤 특정한 계수의 허스트지수가 지시하는 RRI신호의 특정부위들을 눈으로 관찰해도 어느 정도는 SBRs를 추정할 수 있게 된다.

예를 들어 본 연구 결과에서처럼 안정 시 RR 간격의 양성 계수 초단기 Hurst 지수들이 SBRs에서 의미 있는 음의 상관을 보였다. 이것은 RR 간격의 변이가 큰 초단기 동안에서 RR 간격의 비정상성이 작거나 또는 RR 간격 거동의 부드러움이 작은 경우에 SBRs는 증가된다는 것을 나타낸다. 다시 말해 SBRs가 큰 사람의 경우에는 심박수 거동(heart rate behavior)이 8초 내에서 크게 증가 또는 감소할 때 부드럽지 않고 불규칙하게 증가 또는 감소하는 경향이 있음을 나타낸다. 특히 $H_{5\alpha}$ 에서 높은 음의 선형상관을 보였던 것은 전체 RR 간격 열 중 RR 간격 변이가 아주 큰 초단기 부분을 관찰하면 SBRs를 정량적으로 추정할 수 있음을 나타낸다. $H_{4\alpha}$, $H_{5\alpha}$ 는 안정 시 뿐만 아니라 기립 시에도 SBRs와 의미 있는 상관을 보이므로 이 지표가 기립성 혈액학적 스트레스 상태와 관계없이 SBRs를 반영하는 것 같다. 그러나 기립 시에는 초단기 지수 보다는 단기 지수들이 상관관계가 높았으며 안정 시와는 달리 양의 계수 중 낮은 양의 계수의 Hurst 지수 즉 $H_{1\beta}$ 에서 가장 상관관계가 높았다. 이런 소견은 스트레스 상태에서는 전체 RR 간격 열 중 RR 간격 변이가 아주 크거나 아주 작지 않은 단기 스케일에서 RR 간격 거동의 비정상성이 작은 사람에서 SBRs가 크다는 것을 나타낸다.

SBRs를 포함한 압반사 민감도는 여러 가지 심장질환의 예후와 관련되어 있어 이 질환들의 예후 추정에 이용된다. 따라서 SBRs와 관련된 multifractal Hurst 지수도 심혈관계 질환의 경과 예측에 사용될 수 있을 것으로 사료된다. 실제로 본 연구자들은 Moyamoya 질환 수술 후 혈압이 상승한 환자들을 수술 전 multifractal Hurst 지수로 미리 식별에 성공한 예가 있었다.²⁶⁾ 이렇듯 식별이 가능했던 이유는 아마도 이 지수들

이 SBRs와 관련되어 있었기 때문일 수 있다.

위와 같이 multifractal 분석은 1개의 RR 간격 열을 그 계수 q 에 의해 결정되는 RR간격 변이의 크기에 따라 RR 간격 열을 분해하고 분해된 부위에 비정상성의 크기(H_{aq} 또는 $H_{\beta q}$)를 부여한다. 따라서 1개의 RR 간격 열에서 비균일하게 분포되어있는 비정상성의 특성을 다양하게 정량화할 수 있다. 본 연구의 경우는 $q=10$ 이므로 10가지의 다른 부위로 분해하여 그 부위별로 비정상성을 정량화하게 되는 것이다. 따라서 이렇듯 심박수 열의 multifractal 분석은 한 개의 심박수 열을 다양하게 특징화시킬 수 있으므로 심혈관계 질환의 예측에 유용하게 쓰일 수 있다. 더욱이 본 연구를 통하여 이 지수들이 SBRs와 관련이 있음이 밝혀짐으로써 예측뿐만 아니라 병태생리를 연구하는데도 도움이 될 수 있을 것으로 추정한다.

결론적으로 심박 간격의 초단기 및 단기 multifractal Hurst 지수의 일부는 안정 시 및 기립 시 자발적 압반사 민감도를 추정하는데 이용할 수 있다. 향후 많은 종류의 심혈관 질환 환자를 대상으로 이 지수를 이용하여 환자의 경과 또는 예후 예측에 이용될 수 있기를 기대한다.

요 약

배경 및 목적 :

압반사 민감도의 측정은 고혈압 등 심혈관 질환의 연구, 진단 및 예후판정에 중요하다. 본 연구는 심박 간격의 multifractal 분석만으로도 안정 시 그리고 기립 시 자발적 압반사 민감도를 추정할 수 있음을 보이기를 위함이다.

방 법 :

건강한 지원자 24명을 대상으로 안정상태와 기립정사상태에서 30분간 비침습적 수축기 혈압과 심박 간격을 측정하여 자발적 압반사 민감도를 계산하였고 multifractal Hurst 지수를 구하여 이 자발적 압반사 민감도와와의 사이의 선형상관관계를 구한다.

결 과 :

안정 시 SBRs와 $H_{-5\alpha}$, $H_{-4\alpha}$, $H_{-3\alpha}$, $H_{-2\alpha}$, $H_{-1\alpha}$, $H_{1\alpha}$, $H_{2\alpha}$, $H_{3\alpha}$, $H_{4\alpha}$, $H_{5\alpha}$ 상관계수(p)는 $-0.195(NS)$, $-0.207(NS)$, $-0.232(NS)$, $-0.282(NS)$, $-0.355(NS)$, $-0.621(0.003)$, $-0.650(0.001)$, $-0.677(0.001)$, $-0.699(0.0006)$, $-0.708(0.0005)$ 였다. 기립정사 시 SBRs와 $H_{-5\beta}$, $H_{-4\beta}$, $H_{-3\beta}$, $H_{-2\beta}$, $H_{-1\beta}$, $H_{1\beta}$, $H_{2\beta}$, $H_{3\beta}$, $H_{4\beta}$, $H_{5\beta}$ 와의 상관관계는 각각 $0.024(NS)$, $0.020(NS)$, $0.010(NS)$, $-0.028(NS)$, $-0.193(NS)$, $-0.627(0.0034)$, $-0.607(0.0045)$, $-0.598(0.0053)$, $-0.572(0.0084)$, $-0.539(0.0141)$ 였다.

결 론 :

심박 간격의 초단기 및 단기 multifractal Hurst 지수의 일부 특히 $H_{5\alpha}$ 와 $H_{1\beta}$ 는 각각 안정 시 및 기립정사 시 자발적 압반사 민감도를 추정하는데 사용될 수 있다.

중심 단어 : 압박사 ; 심박수 ; 혈압.

REFERENCES

- 1) Jun JS, Jun SI, Cho KJ, et al. Assessment of autonomic nervous function in young adults by power spectral analysis of heart rate variability. *J Korean Acad Rehabil Med* 1997;21:928-35.
- 2) Bristow JD, Honour AJ, Pickering GW, Sleight P, Smyth HS. Diminished baroreflex sensitivity in high blood pressure. *Circulation* 1969;39:48-54.
- 3) Osculati G, Grassi G, Giannattasio C, et al. Early alterations of the baroreceptors control of heart rate in patients with acute myocardial infarction. *Circulation* 1990;81:939-48.
- 4) Eckberg D, Drabinski M, Braunwald E. Defective cardiac parasympathetic control in patients with heart disease. *N Engl J Med* 1971;285:877-83.
- 5) Parati G, Di Rienzo M, Mancia G. How to measure baroreflex sensitivity: from the cardiovascular laboratory to daily life. *J Hypertens* 2000;18:7-19.
- 6) Dietrich A, Riese H, van Roon AM, et al. Spontaneous baroreflex sensitivity in preadolescents. *J Hypertens* 2006;24:345-52.
- 7) Yum MK, Kim JH. A very short-term intermittency of fetal heart rates and developmental milestone. *Pediatr Res* 2003;53:915-9.
- 8) Yum MK, Kim K, Kim JH, Park EY. A consistent abnormality in the average local smoothness of fetal heart rate in growth-restricted fetuses affected by severe pre-eclampsia. *Hypertens Res* 2004;27:911-8.
- 9) Parati G, Mutti E, Frattola A, Di Rienzo M, Castiglioni P, Mancia G. Beta-adrenergic blocking treatment and 24-hour baroreflex sensitivity in essential hypertensive patients. *Hypertension* 1994;23:992-6.
- 10) Bertinieri G, Di Rienzo M, Cavallazzi A, Ferrari AU, Pedotti A, Mancia G. Evaluation of baroreceptors reflex by blood pressure monitoring in unanesthetized cats. *Am J Physiol* 1988;254:H377-83.
- 11) Parati G, Di Rienzo M, Bertinieri G, et al. Evaluation of the baroreceptor-heart rate reflex by 24-hour intra-arterial blood pressure monitoring in humans. *Hypertension* 1988;12:214-22.
- 12) Parati G, Frattola A, Di Rienzo M, Castiglioni P, Pedotti A, Mancia G. Effects of aging on 24 hour dynamic baroreceptor control of heart rate in ambulant subjects. *Am J Physiol* 1995;268:H1606-12.
- 13) Parati G, Di Rienzo M, Bonsignore MR, et al. Autonomic cardiac regulation in obstructive sleep apnea syndrome: evidence from spontaneous baroreflex analysis during sleep. *J Hypertens* 1997;15:1621-6.
- 14) Parati G, Di Rienzo M, Castiglioni P, Villani A, Tortorici E, Mancia G. Spontaneous baroreflex sensitivity: from the cardiovascular laboratory to patient's bedside. *Front Blood Press Heart Rate Anal* 1997. p.219-40.
- 15) Pincus SM, Cummins TR, Haddad GG. Heart rate control in normal and aborted-SIDS infants. *Am J Physiol* 1993;264:R638-46.
- 16) Pikkujamsa SM, Makikallio TH, Sourander LB, et al. Cardiac interbeat interval dynamics from childhood to senescence: comparison of conventional and new measures based on fractals and chaos theory. *Circulation* 1999;100:393-9.
- 17) Yoon JH, Kang JH, Kim BJ, et al. Relationship between heart rate turbulence and heart rate variability in Korean adults with structurally normal heart. *Korean Circ J* 2006;36:126-32.
- 18) Schwartz PJ, la Rovere MT, Vanoli E. Autonomic nervous system and sudden cardiac death: experimental basis and clinical observations for post-myocardial infarction risk stratification. *Circulation* 1992;85 (Suppl 1):I77-91.
- 19) Watkins LL, Grossman P, Sherwood A. Noninvasive assessment of baroreflex control in borderline hypertension: comparison with the phenylephrine method. *Hypertension* 1996;28:238-43.
- 20) Jalife J, Slenter VA, Salata JJ, Michaels DC. Dynamic vagal control of pacemaker activity in the mammalian sinoatrial node. *Circ Res* 1983;52:642-56.
- 21) Chun HJ, Kim SS, Sung JD, Pack DM. Determinants of heart rate variability in general Korean population. *Korean Circ J* 2001;31:107-13.
- 22) Kleiger RE, Miller JP, Bigger JT Jr, Moss AJ. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1987;59:256-62.
- 23) Jung HO, Seung KB, Lim HY, et al. Assessment of autonomic nervous system by the analysis of heart rate variability in patients with variant angina. *Korean Circ J* 1999;29:590-5.
- 24) Kim JK, Kim JS, Park JJ, et al. Heart rate variability in stable angina patients without history of myocardial infarction. *Korean Circ J* 2001;31:484-91.
- 25) Cevese A, Gulli G, Polati E, Gottin L, Grasso R. Baroreflex and oscillation of heart period at 0.1 Hz studied by a-blockade and cross-spectral analysis in healthy humans. *J Physiol* 2001;531:235-44.
- 26) Yum MK, Oh AY, Lee HM, et al. Identification of patients with childhood Moyamoya diseases showing temporary hypertension after anesthesia by preoperative multifractal hurst analysis of heart rate variability. *J Neurosurg Anesthesiol* 2006;18:223-9.