

호흡 동성 부정맥(Respiratory Sinus Arrhythmia) 바이오피드백의 개념과 임상적 활용

이 창 수* · 우 중 민*†

The Concept and Clinical Application of the Respiratory Sinus Arrhythmia Biofeedback

Changsoo Lee, M.D.,* Jong-Min Woo, M.D., Ph.D.*†

국문초록

건강한 사람들은 복잡한 양상의 심박동수 변이(Heart rate variability, 이하 HRV)를 보이는데, 이것은 생체의 항상성 유지를 위한 반응을 반영한다. 0.1Hz 내외의 속도로 호흡하도록 바이오피드백 훈련을 하면 호흡 동성 부정맥(Respiratory sinus arrhythmia, 이하 RSA)이 극대화되면서 심박동수 변이의 강도가 증가한다. 이러한 효과를 극대화하려면 압박사계에 의해 자연스럽게 발생하는 것으로 추정되는 리듬과 호흡동성 부정맥(RSA)사이의 동조가 일어나는 지점까지 호흡 속도를 늦춰야 한다. 기구를 이용한 바이오피드백 훈련을 통해 각자에게 알맞은 최적의 호흡 속도를 찾을 수 있다. 본고에서는 RSA 바이오피드백 원리에 따른 훈련 과정과 지침을 요약하여 제시하였다.

중심 단어 : 심박동수 변이 · 호흡동성 부정맥 · RSA 바이오피드백.

서 론

35년 전만 해도 의사들은 안정된 심박동수는 건강의 상징이라고 믿었다. 그러나 지금은 정상인의 심박동수가 끊임 없이 변동하며 건강한 사람일수록 심장 박동사이의 시간간격(Interbeat interval, 이하 IBI)의 불규칙성이 뚜렷하다는 것이 여러 연구에서 제시되었다. 이렇게 IBI가 불규칙한 현상을 심박동수 변이(HRV)라고 한다.¹⁾

지난 수 십 년간 HRV를 증가시키는 방법에 대한 연구가 이루어졌는데, 최근에는 심박동수가 호흡에 따라 변화하는 현상인 호흡 동성 부정맥(RSA)을 이용하는 방법이 개발되었다.

본고에서는 HRV와 RSA를 고찰해 보고 HRV를 향상시

인제대학교 서울백병원 신경정신과 및 인제대학교 스트레스연구소
Department of Neuropsychiatry & Stress Research Institute, Inje University Seoul Paik Hospital, Seoul, Korea

†Corresponding author

키는 치료법인 RSA바이오피드백의 개념과 임상적 활용에 대해 논의해 보도록 하겠다.

본 론

1. HRV의 개념

1) 정상 신호로서 HRV

정상인의 심박동수는 교감신경계와 부교감신경계의 상호 작용에 의해 조절된다.²⁾ 그러나 심 박동은 자율신경과 호르몬 이외에도 운동이나 흥분 등의 육체적 정신적 활동은 물론이고, 안정 시에도 호흡, 압수용체 반사, 체온 변화 등 다양한 자극에 의해 영향을 받는다.³⁾ 그러므로 일정시간사이의 맥박수가 일정한 것과는 별개로 IBI는 항상 변화하며 IBI의 변화를 나타내는 HRV는 정상적인 현상이다.

2) 주파수 영역에서 HRV의 종류

심박동수는 24시간 동안 쉽 없이 다양한 주파수로 변화

는 리듬이라고 할 수 있다. 주파수 각각의 기여도를 분석하는 스펙트럼 분석(spectral analysis)을 통해 HRV와 자율신경활동사이에 특정 주기 성분의 연관성을 알 수 있다. HRV는 대개 세가지 주기 성분이 있다.

첫째는 고주파 성분(high frequency component, 이하 HF 성분)으로서 0.15~0.4Hz 사이의 주파수 영역을 지칭한다. 주로 호흡과 관련이 있고 다른 성분보다 부교감신경계의 활동을 많이 반영한다고 알려져 있다. 그밖에 심폐기능의 노화를 비롯한 연령의 증가도 HF 감소의 폭과 밀접한 관련이 있다.²⁾

HF성분과 호흡과의 관련성을 보면, 흡기 시에는 미주신경의 작용(vagal breaking)이 억제되어 심박수가 증가하고 호기시에는 미주신경 작용이 활성화 되면서 심박수가 감소하는데 이러한 심박/호흡 리듬을 RSA라고 부른다.³⁾ RSA에 대해서는 이후에 자세히 다룰 예정이다.

둘째는 저주파 성분(Low frequency component, 이하 LF 성분)으로서 0.05~0.15Hz의 주파수 영역을 지칭한다.⁴⁾ 주로 압수용체 반사(baroreceptor)나 혈압조절 등에 의한 심박동수 변화를 반영한다. LF성분은 교감신경계와 부교감신경계의 활성을 모두 반영하지만, 부교감신경계의 활동 지표임이 확실한 HF성분에 비해 교감신경계의 활동을 더 많이 반영할 것으로 보는 의견이 우세하다.²⁾

LF성분은 대개 분당 약 6회(10초당 1회) 발생하는데 이 주파수 범위가 혈압조절과의 관련성을 반영한다. 혈압조절은 대동맥의 압력 감지기인 압수용체가 뇌하수체 중추에 혈압 정보를 보내고, 자율신경계가 심장의 동방결절을 조절하여 항상성을 유지하는데, 혈압이 높을 때는 미주신경이 심박동수를 줄이고 혈압이 낮을 때는 교감신경이 심박동수를 높이게 된다. 이러한 압수용체의 혈압조절 과정에서 약 5초의 시간지연이 발생하고 심박동수에서 10초(0.1Hz)파형이 발생된다. 이러한 지연은 혈관구조의 탄력성에 의한 것으로 여겨지고 있다.^{4,6)}

셋째는 초저주파 성분(Very low frequency, 이하 VLF 성분)으로서 0.005~0.05Hz의 주파수 영역을 지칭한다.⁴⁾ VLF성분은 교감신경계에 의해 매개되는 혈관 긴장도와 체온 조절에 밀접한 관련이 있는데, 주기가 매우 길고 생리학적 기전이 불분명하므로 주로 24시간 분석에만 사용되고 있다.

3) 심박동수 변이의 임상적 의미

HRV는 일반적으로 심장의 건강 상태를 판단하는 간접적 근거로 사용될 수 있는데 예를 들면 고혈압,⁵⁾ 심장 급사,⁶⁾ 심근경색,⁷⁾ 또는 심근경색후의 사망,⁸⁾ 심장 이식 후 거부반응 위험,⁷⁾ 심실 부정맥,⁹⁾ 심실 비후등에서 HRV가 중요한 지표로 사용된다.

그 외에 스트레스 및 정신과적 질환과의 관계에서도 스트레스와 피로를 호소하는 환자들 대부분에게서 LF와 HF성분의 감소가 보고되었고,¹⁰⁾ 공황장애환자의 경우 HRV가 감소하지만 SSRI치료 후 HRV가 다시 증가한다는 보고가 있다.^{11,12)} 우울장애에서도 정상인 보다 HRV가 유의하게 낮으며, 증상이 심할수록 더 낮다고 보고되고 있다.¹³⁾

즉 HRV는 심혈관계의 안정성 유지와 심리적 환경적 요구에 대한 적응도에 대한 능력을 의미한다고 할 수 있다.¹⁴⁾

2. RSA 바이오피드백

1) 바이오피드백이란

바이오피드백은 인체 내부의 정상 그리고 비정상적인 생리학적 상황을 시각적, 청각적 신호로 드러내기 위한(일반적으로 전자적인)장치를 이용하여 불수의적이거나 느껴지지 않는 상황을 조절하는 법을 교육하기 위한 기술로 정의될 수 있다.¹⁵⁾

바이오피드백의 종류에는 온도 바이오피드백(Thermal Biofeedback), 직접혈압(Direct Blood Pressure) 바이오피드백, 근전도(Electromyographic) 바이오피드백, 표피전도(Electrodermal) 바이오피드백, RSA 바이오피드백 등이 있는데¹⁶⁾ 본 고에서는 그 중에서도 RSA 바이오피드백에 대해 논의해보도록 한다.

2) RSA 바이오피드백이란

앞서 기술한대로 호흡에 의해 심박동수의 변화가 있는 심박/호흡 리듬을 RSA라고 한다. 연구에 의하면 바이오피드백 훈련을 통해 상당한 RSA의 증가가 가능하다고하며¹⁷⁾ 천식, 고혈압, 다양한 불안 장애들 같이 자율신경계가 중요한 역할을 하는 여러 질환들의 치료에 이러한 훈련이 도움된다는 보고도 있다.⁴⁾

Vaschillo¹⁸⁾는 RSA바이오피드백이 사람들로 하여금 호흡과 관련된 심장리듬(HF성분)과 압수용체 작용에 의한 리듬(LF성분) 사이에 동조가 일어날 수 있도록 호흡하게 한다는 것을 발견하였다. 사람들이 압수용체 반사 효과(baroreflex effect)에 반응하여서 호흡할 때 이들 HRV의 두 성분 사이에 동조(resonance)가 이루어지고 심박동수 변화의 증가가 매우 커진다. Vaschillo는 압박사 자극진폭의 증가가 압박사의 더 많은 활동을 유발하고, 궁극적으로 극대화된 반응효과를 만들어내며, 자율신경계 작용의 강력한 조절을 유도한다고 이론화 하였다. Vaschillo¹⁸⁾는 RSA가 최대 진폭에 도달하는 주파수를 동조주파수(Resonant frequency)라고 불렀는데, 대략 0.1Hz의 특정한 주파수 영역이 RSA의 진폭을 최대화할 수 있다고 강조하였다.

실제로 대략 분당 6회 정도의 낮은 빈도의 호흡을 하도록 하는 RSA바이오피드백을 통해 의도적으로 RSA의 진폭

을 높였다는 보고도 있다.¹⁹⁾ 이런 자료들 역시 동조(resonance)가 바이오피드백 훈련을 하는 동안 RSA의 진폭을 늘리는 기전이라는 것을 시사한다. 호흡수를 분당 6회로 낮추는 것에 대해 Grossman 등³⁾은 HF성분이 호흡 속도에 의해 크게 영향을 받으므로, 느려진 호흡 속도로 인해 심박동수에 대한 미주신경의 작용(vagal breaking)도 둔해지기 때문이라고 설명하였다. 확실히 대부분의 사람들에서 짧은 훈련으로도 실행할 수 있는 특정 범위 빈도의 호흡으로 RSA진폭의 상승이 유발된다.

3) RSA Biofeedback의 절차들

RSA Biofeedback을 받는 환자들은 RSA의 진폭을 최대화 하기 위한 첫번째 단계로서 우선은 각자의 동조주파수(resonant frequency)로 호흡하는 것을 배운다. 첫번째 시간에는, 환자가 가능한 일정하게 호흡의 깊이를(측정이 가능하다면, 호기말 이산화 탄소도) 유지하면서, 분당 4~7회의 범위에서 특정 빈도로 호흡하도록 하고 심박동수의 변동 폭을 측정한다. 호흡을 하는 동안의 심박동수의 변동 정도를 측정한다. 그러기 위해서는 몸에 감겨있는 긴장 정도를 계속할 수 있는 계측기를 통해 호흡의 속도를 화면에서 위 아래로 움직이는 영상으로 나타내어 환자가 매 호흡마다 특정 빈도로 호흡하는지 여부를 확인할 수 있는 장치(pacing stimulus)가 마련되어 있어야 한다. 그 다음 시간에는, 바이오피드백을 배운다. 환자들은 각자 고유의 동조주파수(resonant frequency)로 한 회기에 20분, 매일 두 회기씩 다음 주까지 연습해 오도록 지도 받는다. 과호흡을 방지하기 위해서 훈련하는 동안 알고 자연스럽게 호흡하도록 권한다.

그 다음 시간에, 환자들은 호흡과 관련하여 발생하는 HRV를 증가시키기 위한 바이오피드백을 훈련한다. 수축기 사이의 심박동수 변동과 호흡을 측정할 수 있는 장치를 이용한다. 환자들이 RSA의 진폭을 최대로 높이기 위해, 최대한 심박동수 변화에 따라 호흡하도록 교육한다. 화면은 매 초마다 보완되고 1분마다 심박동수 변화에서의 주파수를 반영한다. 환자들이 동조 주파수 부근에서 극점을 이룰 수 있도록 지도한다. 불빛의 위 아래 움직임으로 나타나는 심박동수는 개개인의 심박동수에 대한 양상을 통해 새로 맞추어져야 한다.

4) 바이오피드백과 속도제한 호흡(Paced breathing)

왜 단순히 환자들에게 분당 6회의 호흡을 권하는 것 대신에 첨단 바이오피드백 기술이 필요한 것일까? Vaschillo¹⁸⁾는 정확한 심장 동조 주파수는 사람마다 다르며 개인에서도 시간에 따라 변한다는 것을 발견하였다. 그러므로 정밀하게 개개인에게 맞는 호흡 횟수를 제시하기 위해서 바이오

피드백 기술이 필요한 것이다. 저자의 임상 경험으로는 분당 4회에 근접한 느린 호흡에서 RSA가 최대의 진폭에 도달하는 경우도 있지만, 사람에 따라서는 느린 호흡을 매우 어려워하는 경우도 있다. 바이오피드백 과정에서 각자 몸의 고유한 리듬에 맞는 속도로 호흡하면서 시간에 따라 호흡과 압반사 기능이 개선되도록 변화되는 것이다.

그리고 일부 학자들은 속도 제한 호흡이 정상 이산화탄소 분압(pCO₂)에서 일회 호흡 용적(tidal volume, 이하 V_T)의 생물학적 역할을 무시한 방법이라고 비난하였다. 그들은, 대사를 유지하기 위해 V_T와 호흡수는 반비례하기 때문에, V_T의 증가가 동반되지 않은 호흡수의 감소는 저호흡증을 유발하게 된다는 점을 지적 하였다. 무엇보다 특히 폐기종이 있는 환자들에서 무분별한 속도제한 호흡은 산소분압 감소를 유발한다고 경고하였다.²⁰⁾

5) RSA 바이오피드백의 임상적 적용

RSA 바이오피드백의 임상적 효과에 대한 이론은 높은 진폭의 동조주파수(resonant frequency)로 반복해서 호흡하여 압수용체 반사(baroreflexes)가 더 강하게 활성화 되는 것이다.⁴⁾ RSA 바이오피드백은 최근에 소개된 치료법이기 때문에 임상적 활용에 대한 체계적인 연구는 아직 부족하지만 몇 가지 임상적 적용에 대한 사례를 살펴보고자 한다.

Chernigovskaya¹⁷⁾는 RSA 바이오피드백이 천식, 고혈압, 그리고 다양한 신경과적 장애를 치료하는데 임상적으로 활용할 수 있다고 언급하였는데, 이후 러시아에서 RSA 바이오피드백이 천식의 치료에 도움이 된다는 임상적 연구가 보고되었다.¹⁹⁾

고혈압의 치료에서도 RSA 바이오피드백이 효과적이라고 하며, 특히 정상시에는 정상 혈압이지만 주기적으로 현격하게 혈압이 상승하는 압반사계의 기능이상과 관련된 고혈압의 치료에서 효과적이라고 한다. Tylor 등²¹⁾은 강한 진폭의 RSA는 혈압 변동을 억제하는 경향이 있다고 보고하였다. 또한 Laitinen 등²²⁾은 검사과정에서 압반사계의 민감도가 혈압 변동폭과 반비례 한다는 것을 발견하였다. 그리고 압반사계 기능 이상은 또한 특정한 긴장성 고혈압의 유발인자로도 작용한다는 것이 보고되었다.²³⁾ 이러한 결과들은 RSA 바이오피드백이 일부 만성적 고혈압에 도움이 된다는 것을 시사한다.

RSA 바이오피드백은 또한 일부 긴장성 저혈압 환자에게도 도움이 된다. 여러 연구자들은 저혈압이 있는 환자들은 질한 경과 초기에 압반사계 기능이상을 겪을 것이라는 가정을 하였다.²⁴⁾ 러시아에서 이루어진 한 연구는 HRV를 증가시키는 바이오피드백이 초기 혈압이 저하되었을 때는 상승시켜주고, 상승되었을 때는 감소시켜줄 것이라고 제안하였다.²⁵⁾

또한, 불안을 경험하는 많은 환자들이 자율신경계 과활성을 보이는 경향이 있으므로, RSA 바이오피드백이 다양한 불안장애를 겪는 환자들의 치료도구로도 유용할 것이다.¹⁷⁾

6) 복식호흡과 오므린 입술 호흡법(Pursed Lips Breathing)

앞서 언급한 것처럼, RSA 바이오피드백은 러시아에서 천식 치료에 사용되고 있다. 그 방법은 RSA 바이오피드백과 복식호흡을 결합한 형태인데, 환자들은 숨쉴 때에도 들이쉴 때는 코를 이용하고 내쉴 때는 입술을 오므리면서 입으로 하도록 교육 받는다.⁴⁾ 호흡간의 시간비율도 흡기시간 보다 호기시간을 길게 하도록 한다. 이런 방법의 치료 기전은 이론적으로는 압박사계의 조절을 유발하기 때문이라고 알려져 있지만, 다른 기전들도 관련되어 있다. 예를 들면, 입술을 오므리면서 천천히 호흡하는 것은 흡기중 기도에서의 난류 발생을 감소시킬 것이고, 물리적으로는 기도를 확장하게 될 것이다. 다양한 만성 폐쇄성 호흡기 질환 환자들에서의 이러한 치료법의 유용성이 확인되었다.⁴⁾ 그밖에 산소 포화도를 향상시키고, 폐용적을 증가시키며, 호기 용적을 증가시키고 호흡 속도를 감소시키는 효과가 있다.²⁰⁾

복식호흡의 효과를 설명하는 기전은 여러 가지가 있다. 가로막의 움직임이 복부 장기로 하여금 미주신경을 부드럽게 자극하도록 하여 부 교감신경계 기능을 항진 시킨다고 설명할 수 있다. 그리고 이산화 탄소 분압(pCO₂)의 증가로 인해 유발되는 심박동수의 감소와 말초 혈관 확장 등이 있을 수 있으며, 기분전환 같은 인지적 요소에 대한 것도 복식호흡으로 인한 치료적 효과를 설명할 수 있다.

3. RSA 바이오피드백을 위한 매뉴얼

RSA 바이오피드백에 대한 이해를 돕기 위해 실제 임상에서 이루어지고 있는 RSA 바이오피드백의 매뉴얼을 예로서 정리하였다.

1) 제1회기 : 치료법의 소개와 호흡 빈도의 조기 평가

치료자의 설명 :

당신의 심장 박동은 당신의 호흡과 함께 빨라지거나 느려집니다. 당신이 숨을 들이쉴 때, 당신의 심장박동은 빨라지고, 내쉴 때는 심장박동이 느려집니다. 이러한 심장 박동에서의 변화를 “호흡성 동성 부정맥 Respiratory sinus arrhythmia” 혹은 RSA라고 합니다. 우리는 당신의 이러한 심장 박동 변화의 크기를 증가키는 훈련을 실시할 것입니다. 바로 RSA 바이오피드백입니다. 만약 집에서 정기적으로 이런 훈련을 한다면, 당신은 자율신경계를 조절하는 반사작용을 건강하게 만들 수 있을 것입니다.

이들 반사작용의 훈련이 다양한 신체적, 정서적 문제(혈압상승, 불안 발작, 과 호흡, 천식, 일부 소화기 장애)에 대한 도움을 드릴 것 입니다. 질문사항이 있으신지요?

치료자의 설명 :

여기 보이는 위 아래로 움직이는 눈금을 따라 숨을 쉬어 보세요. 눈금이 올라가면 숨을 들이쉬고 내려가면 내쉬세요. 해보시지요. 너무 깊게 숨쉬거나 과 호흡하지 않도록 하세요.

우리가 여기서 가르쳐드리는 호흡과정 전체에서, 가장 중요한 것은 편안하게 숨을 쉬시라는 것입니다. 쉽고 편하게 숨쉬세요. 너무 무리하지 마세요.

과 제 :

환자는 연습을 20분씩 하루에 두 번 해야 한다.

2) 제2회기 : RSA 바이오피드백의 시작

치료자는 우선 환자의 훈련에 대한 이해와 연습정도에 대해 알아보아야 한다. 환자는 너무 열심히 하려하지 말고 편하고 쉽게 호흡하는 것을 기억해야 한다.

그리고 나서 환자는 전산화 장비를 이용하여 RSA를 최대화 하는 바이오피드백을 지도 받는다. 환자는 심박동수의 변화정도에 맞추어 호흡하면서 호흡에 의해 변화하는 심박동수의 증가와 감소를 최대화 하기 위해 노력한다.

치료자의 설명 :

여기를 보세요(심박동수의 변화를 가리킨다). 당신의 심박동수가 증가하면 이 선도 올라가고 감소하면 이 선도 내려갑니다. 당신의 심장 박동에 따라 호흡하세요. 심박동수가 상승하면 숨을 들이쉬세요. 심박동수가 감소하면 내쉬세요.

복식호흡과 오므린 입술 호흡법(Pursed Lips Breathing)을 설명한다.

과 제 :

환자는 기술을 완전히 익힐 때까지 천천히, 긴장을 풀고, 복식호흡, 입술을 오므린 채로, 호기를 연장하면서 20분간 매일 두 번씩 꾸준히 훈련하도록 한다.

3) 제3회기 교육 : 입술을 오므린 채로 천천히 날숨을 쉬면서 복식 호흡하는 것에 대해 검토하고 집에서 훈련하는 바이오피드백에 대해 교육 받음

치료자 설명 :

가장 중요한 것은 긴장을 풀면서 호흡한다는 것입니다. 쉽고 편하게 호흡하십시오. 너무 무리하지 않도록 하세요. 긴장을 풀면서 복식호흡을 하십시오. 이렇게 하세요.

환자는 치료자가 시범을 보이는 동안 이들 지시사항을 따라 해본다. 치료자는 환자에게 피먹임을 주고 환자가 적절하게 수행하면 칭찬해준다. 그러나, 만약 환자가 복식호흡을 어렵게 여긴다면 이번 회기에서는 미루어두고 환자에게 꾸준히 천천히 호흡하는 훈련을 하도록 이야기한다. 환자

가 집에서 과제를 연습할 때는, 약 20분씩 하루에 두 번, 눕거나 거울 앞에 서서 입술을 오므린 채로 복식호흡을 하도록 한다.

과 제 :

제 2 회기와 동일함.

4) 제 4~10 회기 바이오피드백 기술의 심화

환자는 기구를 이용하여 RSA를 최대화하는 바이오피드백을 교육받았다. 이것은 심장 박동의 변화를 주는 호흡을 통해 이루어지는 것이다. 치료자는 특히 현기증이나 어지러움을 느낄 경우, 너무 깊게 호흡하지 않도록 지도해야 한다.

치료자 설명 :

우선은 신호를 따라 호흡해보세요. 그리고 나서 당신의 심장박동 속도에 따라 호흡 속도를 바꾸세요. 이 선을 보십시오(화면에서 심박동수를 나타내는 선을 가리킨다). 당신의 심박동수가 증가하면 이 선이 올라갈 것이고 심박동수가 떨어지면 이 선도 내려갑니다. 당신의 심장박동에 따라 호흡해보세요.

당신의 심박동수를 가능한 최대로 상승시켰다가 최대로 떨어뜨리세요. 긴장을 푸시고 편하게 호흡하세요. 자연스럽게 호흡하시고 너무 무리하지 마세요. 자동적으로 이루어져야 합니다. 지금 어떻게 하고 있는지에 대해 너무 많이 생각하지 마세요. 제대로 안 된다고 해도 시간이 지나면 좋아질 겁니다.

과 제 :

제 2 회기와 동일함.

결 론

본고는 심장과 심장을 조절하는 생리기능의 기능정도를 반영하는 것으로 알려져 있는 HRV와 HRV를 훈련을 통해 증진시킬 수 있는 방법인 RSA 바이오피드백에 대한 글이다. 임상적 이용에 대한 이해를 돕기 위해 실제 훈련에 대해서도 설명하였다.

실제로 이러한 바이오피드백은 자율신경계와 관련 있는 질환인 천식이나 고혈압의 치료에는 비교적 많은 연구가 이루어져 있다. 하지만 아직까지는 정신과적 질환에서의 실제 이용에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 게다가 과호흡 이외에도 이러한 치료과정에서 발생할 수 있는 심각한 부작용에 대해서도 아직 충분한 연구가 이루어지지 못하였다.

향후 국내에서도 신체적, 심리학적 장애와 관련한 RSA 바이오피드백에 대한 연구가 더 많이 이루어져서 더 풍부한 프로토콜의 개발과 치료시 주의 사항에 대한 논의가 활

발히 이루어져야 할 것으로 여겨진다.

REFERENCES

- (1) Childre D, Martin H. Heartmath solution. New York, NY. Harper SanFrancisco;1999. p.34-40.
- (2) 우종민. 심박동수 변이(Heart Rate Variability) 측정법의 개념과 임상적 활용. 정신신체의학 2004;12(1):3-14.
- (3) Gevirtz RN, Lehrer P. Resonant frequency heart rate biofeedback, In: Mark S Schwartz, Frank Andrasik, editors. Biofeedback: A Practitioner's Guide, 3rd ed. New York, NY: The Guilford Press;2003. p.245-250.
- (4) Lehrer PM, Vaschillo E, Vaschillo B. Resonant frequency biofeedback training to increase cardiac variability: rationale and manual for training. Appl Psychophysiol Biofeedback 2000;25:177-191.
- (5) Grossman P, Brinkman A, de Varies J. Cardiac autonomic mechanisms associated with borderline hypertension under behavioral demand: evidence for attenuated parasympathetic tone but for enhanced beta-adrenergic activity. Psychophysiology 1992; 29:698-711.
- (6) Goldberg AL. Is the normal heart beat chaotic or homeostatic. News in Physiological Science 1991;6:87-91.
- (7) Binder T, Frey B, Porenta G, Heinz G, Wutte M, Kreiner G, Grossinger H, Schmidinger H, Pacher R, Weber H. Prognostic value of heart rate variability in patient awaiting cardiac transplantation. Pacing Clin Electrophysiol 1992;15:2215-2220.
- (8) Kleiger RE, Miller JP, Bigger JT, Moss AJ. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after myocardial infarction. Am J Cardiol 1987;59:256-252.
- (9) Rosenbaum DS, Jackson LE, Smith JM, Garan H, Ruskin JN, Cohen RJ. Electrical alterans and vulnerability to ventricular arrhythmia. New Engl J Med 1994;330:235-241.
- (10) Klein E. Altered heart rate vulnerability in Panic disorder patients. Biol Psychiatry 1995;37(1):18-24.
- (11) Gorman JM, Sloan RP. Heart rate variability in depressive anxiety disorders. Am Heart J 2000;140:77-83.
- (12) Tucker P, Adamson P, Miranda R Jr, Scarborough A, Williams D, McLean H. Paroxetine increase heart rate variability in panic disorder. J Clin Psychopharmacol 1997;17(5):370-376.
- (13) Krittayaphong R, Caseio WE, Light KC, Sheffield D, Golden RN, Finkel JB, Glekas G, Koch GG, Sheps DS. Heart rate variability in patient with coronary artery disease: Difference in patients with higher and lower depression scores. Psychosom Med 1997;59(3):231-235.
- (14) Giardino ND, Lehrer PM, Feldman JM. The role of oscillation in self-regulation: A revision of the classical model of homeostasis, In: D Kenny, JG Carlson, FJ McGuigan, JL Sheppard, editors. Stress and health: Research and clinical applications, Amsterdam: Harwood;2000. p.27-52.
- (15) Basmajian JV. Introduction: Principles and Background, John V Basmajian. Biofeedback: Principles and practice for clinicians, 3rd ed. Baltimore: Williams & Wilkins;1989. p.1-4.
- (16) McGrady A, Linden W. Behavioral treatment of essential hy-

- pertension. In: Mark S Schwartz, Frank Andrasik, editors. *Biofeedback: A Practitioner's Guide*, 3rd ed. New York, NY: The Guilford Press;2003. p.382-405.
- (17) Chernigovskaya NV, Vaschillo EG, Rusanovsky BB, Kashkharova OE. Instrumental autotraining of mechanisms for cardiovascular function regulation in treatment of neurotics. *Zh Nevropatol Psikhiatr Im S S Korsakova* 1990;90:24-28.
- (18) Vashillo EG. Dynamics of slow wave cardiac rhythm structure as index of the functional state of an operant [dissertation]. Sankt Peterburg: Leningrad State University;1984.
- (19) Lehrer P, Carr RE, Smetankine A, Vaschillo E, Peper E, Peoges S, Edelberg R, Hamer R, Hochron S. Respiratory sinus arrhythmia versus neck/trapezius EMG and incentive spirometry biofeedback for asthma: A pilot study. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 1997;22:95-109.
- (20) Gevirtz RN, Schwartz MS. The respiratory system in applied psychophysiology. In: Mark S Schwartz, Frank Andrasik, editors. *Biofeedback: A Practitioner's Guide*, 3rd ed. New York, NY: The Guilford Press;2003. p.212-244.
- (21) Tylor JA, Eckberg DL. Fundamental relations between short-term RR interval and arterial pressure oscillation in humans. *Circulation* 1996;93:1527-1532.
- (22) Laitinen T, Hartikainen J, Niskanen L, Geelen G, Lansiemies E. Sympathovagal balance is a major determinant of short term blood pressure variability in healthy subjects. *Am J Physiol* 1999;276:1245.
- (23) Pitzalis MV, Passantino A, Massari F, Forleo C, Balducci C, Santoro G, Mastropasqua F, Antonelli G, Rizzon P. Diastolic dysfunction and baroreflex sensitivity in hypertension. *Hypertension* 1999;33:1141-1145.
- (24) Vein AM, Oknin AI, Khaspekova NB, Fedotova AV. State of autonomic regulation of mechanisms in arterial hypertension. [Russian] *Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova* 1998;98:20-24.
- (25) Zingerman AM, Nikitina SB, Nikiforova OV. Alternative biocontrol as a psychophysiological mechanism of functional adaptive self-regulation. *Fiziol Zh Im I M Sechenova* 1994;80:41-49.

— ABSTRACT ————— *Korean J Psychosomatic Medicine* 14(1) : 33-38, 2006 —

The Concept and Clinical Application of the Respiratory Sinus Arrhythmia Biofeedback

Changsoo Lee, M.D., Jong-Min Woo, M.D., Ph.D.

Department of Neuropsychiatry & Stress Research Institute, Inje University Seoul Paik Hospital, Seoul, Korea

38

Biofeedback training to increase the amplitude of respiratory sinus arrhythmia(RSA) maximally increases the amplitude of heart rate variability(HRV) only in respiratory rate at approximately 0.1Hz. To perform this task, people slow their breathing to this rate to point where resonance occur between respiratory sinus arrhythmia(RSA) and oscillation that naturally occur at this rate, probably triggered in part by baroreflex activity. The biofeedback technique allows each individual to breathe at a rate that is specifically adapted to the rhythms of his or her own body. A manual is presented for carrying out this method.

KEY WORDS : Heart rate variability · Respiratory sinus arrhythmia · Biofeedback..
