

호흡 주기와 자세에 따른 자율신경계의 변화

송성인¹ · 구봉오^{2*}

¹부산가톨릭대학교 대학원 물리치료학과, ^{2*}부산가톨릭대학교 물리치료학과

Autonomic Nervous System Changes Associated with Respiratory Cycle and Posture

Song Seongin, PT¹ · Goo Bongoh, PT, Ph.D^{2*}

¹Dept. of Physical Therapy, Graduate School of Catholic University of Pusan

^{2*}Dept. of Physical Therapy, Catholic University of Pusan

Abstract

Purpose : The purpose of this study was to investigate whether the respiratory cycle and posture can modulate the autonomic nervous system.

Methods : Thirty-two healthy men and women, aged 20-30 years, were enrolled in this study. We conducted 2-second and 6-second respiratory cycle with the subjects in standing, sitting, and supine positions, respectively. Their heart rate variability was measured in each position for both cycle lengths.

Results : The low frequency/high frequency (LF/HF) ratio is derived from heart rate variability. In the 2-second respiratory cycles, the LF/HF ratios were highest in standing, sitting, and supine position in descending order. There was a significant difference in heart rate between standing and sitting positions ($P<.005$). In addition, there was a significant difference in heart rate between standing and supine position ($P<.000$). In the 6-second respiratory cycles, the LF/HF ratios were again highest in a standing, sitting, and supine position in descending order. However, posture was not found to make a significant difference in this case.

Conclusion : Respiratory cycle and posture effectively modulated the autonomic nervous system. Further studies of the clinical application of these results should be conducted.

Key Words : respiratory cycle, position, autonomic nervous system, LF/HF ratio

*교신저자 : 구봉오, kbo905@hanmail.net

논문접수일 : 2018년 3월 8일 | 수정일 : 2018년 4월 6일 | 게재승인일 : 2018년 4월 13일

I. 서론

자율신경계는 서로 길항작용을 하는 교감신경계와 부교감신경계로 구성되어 있다. 교감신경이 자극을 받으면 에너지가 소비되고 긴장상태에 이르게 되며, 부교감신경이 자극을 받으면 에너지가 축적되고 이완상태에 이르게 된다. 이처럼 에너지 소비와 축적을 반복하는 신경학적인 조절을 항상성이라고 하며 자율신경계는 무의식적인 조절을 통해 항상성을 유지하게 된다(정형재 등, 2016).

하지만 육체적, 정신적 스트레스로 인해 지속적으로 교감신경이 활성화되면 혈당과 혈압이 상승하게 되며, 자율신경계의 불균형이 발생하게 된다(김지선, 2014). 이러한 교감신경의 과도한 활성화는 심혈관질환의 위험을 높이며(Curtis와 O'keefe, 2002), 신체의 항상성을 파괴해 여러 가지 질병을 유발하게 된다(이미정 등, 2008). 또한 스트레스는 호흡과 밀접한 관계가 있으며, 스트레스 상황 시 호흡은 빠르고 얕아지며 반대로 호흡을 느리고 깊게 하면 이완상태로 돌아오게 된다(여상훈, 2008).

느리고 깊은 호흡은 스트레스와 불안감 등을 조절하기 위해 사용되어왔으며, 호흡을 통한 복부와 횡격막 확장은 스트레스 감소 효과에 즉각적으로 반응하게 된다(Consolo 등, 2008; Greenberg, 2006; Wilkinson 등, 2001). 이는 심박 변이도에 영향을 주게 되며, 부교감신경의 활성을 증가시키고, 교감신경의 활성이 감소하게 되어 자율신경계에 긍정적인 변화를 가져오게 된다(Vidigal 등, 2016; Paprika 등, 2014). 이처럼 호흡은 자율신경계를 조절하기 위한 하나의 방법으로 중재되어 왔다.

호흡을 통해 자율신경계의 영향을 조사한 기존 연구들을 살펴보면 호흡 주기가 증가함에 따라 부교감신경의 활성을 나타내는 고주파수(High frequency)가 증가하였고, 반대로 호흡 주기가 감소함에 따라 교감신경의 활성을 나타내는 저주파수(Low frequency)가 증가하였다(여상훈, 2008; Hayano 등, 1994). Howorka 등(2013)의 연구에서 하루에 12분 동안 10회 미만(분당 6초 호흡 주기 미만)의 느린 호흡을 8주간 실시할 경우 혈압을 낮추고 자율신경계의 균형을 회복할 수 있다고 하였다. 이처럼 들숨과 날숨의 걸린 시간을 토대로 호흡 주기를 설정하

여 중재하면 효과적으로 자율신경계를 조절할 수 있다.

자율신경계를 조절할 수 있는 방법으로 호흡 외에 신체의 위치 또는 자세의 변화가 심박수에 대한 교감신경과 부교감신경에 변화를 주는데 사용될 수 있다(Mahananto 등, 2015). 자세에 대한 자율신경계의 영향을 조사한 기존의 연구를 살펴보면, 신윤아 등(2011)의 연구에서 누운 자세, 앉은 자세, 선 자세에서 심박 변이도를 10분씩 측정하였는데, 누운 자세에서 부교감신경의 활성을 나타내는 고주파수(High frequency)가 증가하였고, 앉은 자세, 선 자세로 이동할수록 교감신경의 활성을 나타내는 저주파수(Low frequency)가 증가하였다. 김인배 등(2014)의 연구에서는 틸트 테이블을 이용하여 누운 자세에서 선 자세로 이동할 경우 부교감신경의 활성이 감소하면서 교감신경의 활성이 증가하였다. 이와 같이 취하는 자세에 따라 교감신경과 부교감신경의 활성을 조절할 수 있다.

이처럼 호흡과 자세는 자율신경계를 효과적으로 조절할 수 있는 중요한 요소이며, 호흡 주기 중재 시 자세를 고려하여 중재하여야 할 것이다. 하지만 기존의 연구에서 호흡 주기 중재 시 자율신경계를 측정할 때, 앉은 자세 또는 일상생활 중에 조사하였으며, Hayano(1994)의 연구에서는 호흡 주기 중재 시 경사대를 사용하여 누운 자세와 70°까지 기립한 위치에서 자율신경계의 영향을 조사하였지만, 완전히 90°로 선 자세와 앉은 자세에서의 영향은 알아볼 수 없었다. 따라서 본 연구는 호흡 주기 중재 시 자세에 대한 요인을 고려해 누운 자세, 앉은 자세, 선 자세에서 호흡 주기를 설정하여 심박 변이도를 측정하였으며, 이를 통해 자율신경계의 변화를 알아보고 교감신경과 부교감신경을 효과적으로 조절할 수 있는 방법을 제시하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 부산광역시 소재에 거주하고 있는 평소 호흡 훈련을 받은 경험이 없는 건강한 성인 남녀 32명을

대상으로 실시하였으며, 호흡과 자세 유지에 영향을 줄 수 있는 심혈관계 질환과 근골격계 질환을 가진 자는 제외하였다. 대상자는 연구에 대한 내용을 충분히 이해하고 동의한 자로 하였으며, 실험측정 3시간 전 자율신경계에 영향을 줄 수 있는 카페인, 흡연, 과도한 신체활동을 제한하였다. 연구대상자의 일반적 특성은 표 1과 같다.

표 1. 대상자의 일반적 특성

일반적 특성	평균±표준편차
나이(세)	27.75±4.16
신장(cm)	167.66±6.80
체중(kg)	66.37±11.23
성별(남/여)	14/18

2. 실험도구

자율신경계의 측정을 위해 맥파계(uBioClip v70, Biosense creative, Korea)를 사용하여 심박 변이도를 측정하였다. 심박 변이도를 이용한 주파수 영역 분석에서 0.04-0.15 Hz의 저주파수(Low frequency) 영역은 교감신경계, 0.15-0.4 Hz의 고주파수(High frequency) 영역은 부교감신경계 활성도를 나타낸다. 그러나 저주파수(Low frequency) 영역은 교감신경만을 반영한다는 의견(Carvalho 등, 2003)과 교감, 부교감신경 모두의 영향을 받는다는 의견이 있어(Parazzini 등, 2007) 본 연구에서는 저주파/고주파 비(LF/HF ratio)를 사용하였다. 저주파/고주파 비는 자율신경계의 균형을 나타내는 지표이며(Carvalho 등, 2003), 비의 증가는 교감신경의 활성을 나타내며, 비의 감소는 부교감신경의 활성을 나타낸다(곽승현 등, 2015; 김정도 등, 2011).

호흡 주기의 설정은 정상 성인의 1분 평균 호흡수를 15회라고 하였을 때, 1회 호흡 시 들숨과 날숨이 각각 2초로 구성되어 평균 4초가 걸린다고 가정하였다. 1회 호흡 시 걸린 4초를 기준으로 빠른 호흡 주기와 느린 호흡 주기를 설정하였으며, 빠른 호흡 주기는 4초 기준에 대해 50% 감소된 시간으로 들숨과 날숨을 각각 1초로 구성하여 2초 호흡 주기를 설정하였고, 1초 간격으로 청각

신호를 주었다. 느린 호흡 주기는 4초 기준에 대해 50% 증가된 시간으로 들숨과 날숨을 각각 3초로 구성하여 6초 호흡 주기를 설정하였고, 3초 간격으로 청각신호를 주었다. 청각신호는 PC용 메트로놈(Fretway Metro) 프로그램을 사용하였다.

3. 실험방법

실험실은 쾌적한 환경을 위해 온도 22°, 습도 65%로 유지하였다. 대상자는 실험 전 의자에 앉아 10분간 안정을 취한 후 좌측 검지에 맥파계(uBioClip v70, Biosense creative, Korea)를 장착하였다. 이후 PC용 메트로놈(Fretway Metro)을 사용하여 청각신호를 준 뒤 앉은 자세에서 2초 호흡 주기와 6초 호흡 주기를 순서대로 시행하였다. 호흡의 형태는 들숨 시 코로 들이마시며 자연스레 배가 나오게 하였으며, 날숨 시 입으로 내쉬며 배가 들어가게 하였다. 각각 2분 30초 동안 심박 변이도를 측정하였고 이와 같은 방법으로 선 자세 그리고 누운 자세 순서로 동일하게 측정하였다.

4. 자료처리

연구대상자의 일반적 특성은 기술통계를 사용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 저주파/고주파 비에 대해 호흡 주기와 자세의 상호작용 효과를 확인하기 위해 일원배치분산분석을 이용하여 분석하였으며 호흡 주기에 따른 각각의 자세가 저주파/고주파 비에 영향을 주는지 확인하기 위해 일원배치분산분석을 실시하고 사후검정은 Tukey를 사용하였다. 모든 통계처리는 SPSS 12.0KO of Windows 프로그램을 이용하였고, 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 호흡 주기와 자세에 따른 저주파/고주파 비의 상호작용

호흡 주기와 자세가 저주파/고주파 비에 영향을 주는지 알아보기 위해 맥파계를 사용하여 측정한 결과 표 2

와 같이 결과가 나타났다. 저주파/고주파 비에 대해 호흡 주기와 자세에 따른 주효과가 유의한 것으로 나타났다($p<.001$). 호흡 주기와 자세의 상호작용도 유의한 것

으로 확인되어($p<.05$), 호흡 주기와 자세에 따라 저주파/고주파 비에 영향을 미친 것으로 나타났다.

표 2. 호흡 주기와 자세에 따른 저주파/고주파 비의 상호작용

구분	제Ⅲ유형 제곱합	자유도	평균제곱	F	Sig
호흡 주기	.921	1	.921	61.235	.000**
자세	.290	2	.145	9.627	.000**
호흡 주기*자세	.114	2	.057	3.784	.025*

* $p<.05$, ** $p<.001$

표 3. 2초 호흡 주기와 6초 호흡 주기 동안 자세에 따른 저주파/고주파 비의 수치

호흡주기	자세	LF/HF ratio	F	Sig	Post-hoc
2초 주기	선 자세 ^{A)}	1.221±.133	10.788	.000	A:B* A:C*
	앞은 자세 ^{B)}	1.115±.141			
	누운 자세 ^{C)}	1.071±.122			
6초 주기	선 자세 ^{A)}	1.016±.119	.913	.405	
	앞은 자세 ^{B)}	1.000±.104			
	누운 자세 ^{C)}	0.978±.109			

* $p<.05$

2. 호흡 주기 간 자세에 따른 저주파/고주파 비의 수치

표 3과 같이 2초 호흡 주기에서는 저주파/고주파 비의 수치가 선 자세(1.221±.133), 앞은 자세(1.115±.141), 누운 자세(1.071±.122) 순으로 높았으며, 선 자세와 앞은 자세($p<.05$) 그리고 선 자세와 누운 자세($p<.001$)에서 유의한 차이가 있었다. 6초 호흡 주기에서는 저주파/고주파 비의 수치가 선 자세(1.016±.119), 앞은 자세(1.000±.104), 누운 자세(0.978±.109) 순으로 높았으며, 각 자세별 유의한 차이는 없었다.

IV. 고찰

본 연구는 호흡 주기와 자세를 통해 자율신경계를 효과적으로 조절할 수 있는지 알아보기 위해 시도되었다.

두 호흡 주기를 비교하였을 때 2초 호흡 주기가 6초 호흡 주기에 비해 모든 자세에서 저주파/고주파 비의 수치가 더 높았다. 이는 2초 호흡 주기가 6초 호흡 주기에 비해 교감신경이 활성화 되었다는 것을 확인할 수 있었다. 이는 호흡 주기가 짧아지면 교감신경계의 활성이 증가하고 호흡 주기가 길어지면 부교감신경계의 활성이 증가하는 예전의 연구 결과와 유사하다(여상훈 2008; Hayano, 1994). 이러한 결과는 호흡성 동성 부정맥의 영향으로 해석될 수 있다. 호흡성 동성 부정맥은 호흡 주기에 따라 심박수가 증가하거나 감소되는 변동을 뜻하며, 호흡의 빈도가 낮거나 일회 호흡량이 증가할수록 커진다(Hirsch & Bishop, 1981; Larsen 등, 2010). 이는 두 가지 주요 생리적 메커니즘이 관여하며, 첫 번째는 중추성 호흡 신호 발생장치에 의한, 심장 운동 신경세포의 수질 호흡기 뉴런의 직접적인 흥분/억제 조절 기전과 두 번째로 흉부의 신장수용체에 의해 중재되는 폐 팽창에 대한

반사적인 반응으로 여단이 기전이 발생된다. 이와 같은 기전으로 호흡 주기가 길어지고 호흡량이 증가하면 호흡성 동성 부정맥의 영향이 커지며, 부교감신경이 활성화되게 된다(여상훈, 2008; Berntson 등, 1993).

두 호흡 주기는 누운 자세에서 앉은 자세 그리고 선 자세로 갈수록 저주파/고주파 비의 수치가 점차 증가하였다. 이는 자세에 대한 자율신경계의 영향을 조사한 기존 연구 결과들과 유사하다. Montano 등(1994)과 김인배 등(2014)은 경사대에 있는 대상자를 기립시켰을 때 저주파/고주파의 비가 상승하였으며, Tulppo 등(2001)의 연구에서는 기울기를 통한 머리 상승이 고주파수를 감소시키고 저주파수를 증가시켰다. 신윤아 등(2011)의 연구에서도 자세에 따라 심박 변이도에 차이를 보였으며 누운 자세에서 앉은 자세와 선 자세로 갈수록 저주파/고주파 비가 더 높았다. 이처럼 저주파/고주파 비가 증가하는 이유는 누운 자세에서 선 자세로 이동할수록 흉부의 혈액이 하부로 이동하면서 심장으로 이동하는 혈액의 양이 감소하게 된다. 이러한 변화는 즉각적으로 보상 메커니즘을 활성화시키게 되며 그 중 압수용기반사가 작용하게 된다. 이는 교감신경의 활성화와 부교감신경의 억제를 가져오게 된다(곽혜원, 2007; Hayano 등, 1993).

2초 호흡 주기에서 선 자세가 앉은 자세와 누운 자세에 비해 유의하게 저주파/고주파 비의 수치가 증가하였으며, 6초 호흡 주기에서는 누운 자세에서 선 자세로 이동할수록 저주파/고주파 비가 증가하는 경향을 보였지만, 모든 자세 간 유의한 차이는 없었다. 이는 호흡성 동성 부정맥과 자세의 상호작용으로 인한 결과로 사료된다.

2초 호흡 주기의 경우 호흡 빈도가 높아 호흡성 동성 부정맥의 영향이 적은 상태였으며, 선 자세가 누운 자세와 앉은 자세에 비해 효과적으로 압수용기반사가 작용되어 상대적으로 다른 자세에 비해 교감신경을 과활성화시켜 저주파/고주파 비의 수치에 유의한 차이가 있었다고 사료된다. 6초 호흡 주기의 경우 호흡 빈도가 낮아 호흡성 동성 부정맥의 영향이 높은 상태였으며, 이는 선 자세를 취하여 압수용기반사가 작용하게 되더라도 호흡성 동성 부정맥의 영향으로 저주파/고주파 비의 수치가 2초 호흡 주기와 비교해 상대적으로 증가되지 않은 것으로 사료된다.

따라서 본 연구를 토대로 임상에 적용할 때, 운전 시 졸음 등과 같이 단순자극으로 인해 각성 수준의 저하가 발생할 때(고한우와 김연호, 1997; 양희경 등, 2013) 빠른 호흡 주기가 교감신경계를 활성화하여 각성 수준을 증가시키는데 도움을 줄 수 있을 것이며, 스트레스 상황과 같이 빠른 호흡 주기 상태에서는 선 자세를 취하지 않는 게 교감신경계의 과활성화를 피할 수 있을 것이다. 반대로 안정 상태를 취할 때 누운 자세에서 느린 호흡 주기를 하는 것이 부교감신경계를 효과적으로 활성화시킬 수 있을 것이다.

본 연구는 몇 가지 제한점이 있는데 첫째, 연령대가 20-30대로 제한되어있기에 모든 연령대에 대해 일반화시키기 어렵다. 둘째, 2초 호흡 주기와 6초 호흡 주기만을 사용하였기 때문에 호흡 주기의 다양성이 낮았다. 셋째, 단기적인 호흡 주기를 측정하였기 때문에 장기적인 호흡주기의 영향을 알아보지 못하였다. 넷째, 흉식 호흡 또는 복식 호흡과 같은 호흡 형태는 스트레스와 자율신경계에 영향을 줄 수 있는데(Park 등, 2004), 다양한 호흡 형태의 설정이 없어 이에 따른 영향을 알아보지 못하였다. 추후 이러한 제한점을 보완하여 자율신경계를 효과적으로 조절할 수 있는 방법들이 연구되어야 할 것이다.

V. 결론

본 연구결과 2초 호흡 주기에서 선 자세가 다른 자세에 비해 유의하게 저주파/고주파 비의 수치가 증가하여, 교감신경을 효과적으로 활성화시킬 수 있었다. 6초 호흡 주기에서는 모든 자세 간 저주파/고주파 비의 유의한 차이가 없었지만, 선 자세에서 누운 자세로 갈수록 저주파/고주파 비가 감소하는 경향을 보였다. 앞으로 본 연구를 토대로 제한점을 보완하여 호흡 형태와 기간 등과 같은 자율신경계에 영향을 줄 수 있는 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

고한우, 김연호(1997). 각성도 평가를 위한 생리신호와 반응시간과 주관적 평가와의 관계. 대한인간공학회 학술대회논문집, pp.159-164.

곽승현, 서상현, 민병찬(2015). 수면박탈 상태에서 향자극이 자율신경계 변화에 미치는 영향 탐색. 대한인간공학회 학술대회논문집, pp.313-316.

곽혜원(2008). 정상성인의 활동에 따른 지속적 혈류역동 변화. 계명대학교 대학원, 석사학위 논문.

김인배, 김은경, 강중호(2014). 자세변화가 자율신경계에 미치는 영향. 대한물리의학회지, 9(1), 63-68.

김정도, 박성대, 장운형 등(2011). 컴퓨터 게임에서 ECG 신호를 이용한 스트레스와 심장상태 위험 예측을 위한 실시간 분석방법. 한국정보기술학회논문지, 9(2), 215-231.

김지선(2014). 전통양생(傳統養生) 기(氣) 체조의 웰리스(Wellness)적 가치. 한국여성체육학회지, 28(4), 29-43.

신윤아, 김민정, 안재홍(2011). 자세변화와 운동형태에 따른 심박수 변이도와 혈압 비교. 운동과학, 20(3), 249-260.

양희경, 이정환, 이영재 등(2013). 생체신호분석을 이용한 철도기관사의 감성상태 평가. 한국통신학회 종합 학술발표회 논문집, pp.142-143.

여상훈(2008). 호흡방법과 호흡주기가 심박변이도의 변화에 미치는 효과. 차의과학대학교 대체의학대학원, 석사학위 논문.

이미정, 김은혜, 이동권(2008). 스트레스에 대한 고려인삼의 효능. 고려인삼학회, 32(1), 8-14.

정형재, 한종만, 고주연 등(2016). 알기 쉬운 신경해부생리학. 2판, 서울, 정담미디어, pp.369-383.

Berntson GG, Cacioppo JT, Quigley KS(1993). Respiratory sinus arrhythmia: autonomic origins, physiological mechanisms, and psychophysiological implications. *Psychophysiology*, 30(2), 183-196.

Carvalho JLA, Rocha AF, Junqueira LF, et al(2003). A tool for time-frequency analysis of heart rate variability. *IEEE/EMBS Spec Top Conf Microtechnol Med Biol*,

25(3), 2574-2577.

Consolo K, Fusner S, Staib S(2008). Effects of diaphragmatic breathing on stress levels of nursing students. *Teaching and Learning in Nursing*, 3(2), 67-71.

Curtis BM, O'keefe JH(2002). Autonomic tone as a cardiovascular risk factor: the dangers of chronic fight or flight. *Mayo Clin Proc*, 77(1), 45-54.

Greenberg JS(2006). *Comprehensive stress management*. Boston, McGraw-Hill, pp.213.

Hayano J, Mukai S, Sakakibara M, et al(1994). Effects of respiratory interval on vagal modulation of heart rate. *Am J Physiol*, 267(1), 33-40.

Hayano J, Taylor JA, Yamada A, et al(1993). Continuous assessment of hemodynamic control by complex demodulation of cardiovascular variability. *Am J Physiol*, 264(4), 1229-1238.

Hirsch JA, Bishop B(1981). Respiratory sinus arrhythmia in humans: how breathing pattern modulates heart rate. *Am J Physiol*, 241(4), 620-629.

Howorka K, Pumprla J, Tamm J, et al(2013). Effects of guided breathing on blood pressure and heart rate variability in hypertensive diabetic patients. *Auton Neurosci*, 179(1), 131-137.

Larsen PD, Tzeng YC, Sin PY, et al(2010). Respiratory sinus arrhythmia in conscious humans during spontaneous respiration. *Respir Physiol Neurobiol*, 174(1-2), 111-118.

Mahananto F, Igasaki T, Murayama N(2015). Potential force dynamics of heart rate variability reflect cardiac autonomic modulation with respect to posture, age, and breathing pattern. *Comput Biol Med*, 64, 197-207.

Montano N, Ruscone TG, Porta A, et al(1994). Power spectrum analysis of heart rate variability to assess the changes in sympathovagal balance during graded orthostatic tilt. *Circulation*, 90(4), 1826-1831.

Paprika D, Gingl Z, Rudas L, et al(2014). Hemodynamic effects of slow breathing: Does the pattern matter beyond the rate?. *Acta Physiol Hung*, 101(3), 273-281.

- Parazzini M, Ravazzani P, Tognola G, et al(2007). Electromagnetic fields produced by GSM cellular phones and heart rate variability. *Bioelectromagnetics*, 28(2), 122-129.
- Park SH, Lee PS, Han KS(2004). Effect of relaxation therapy on anxiety through meta-Analysis. *Journal of Korean Academy of Psychiatric and Mental Health Nursing*, 10, 317-323.
- Tulppo MP, Hughson RL, Mäkikallio TH, et al(2001). Effects of exercise and passive head-up tilt on fractal and complexity properties of heart rate dynamics. *Am J Physiol*, 280(3), 1081-1087.
- Vidigal GA, Tavares BS, Garner DM, et al(2016). Slow breathing influences cardiac autonomic responses to postural maneuver: Slow breathing and HRV. *Complement Ther Clin Pract*, 23, 14-20.
- Wilkinson L, Buboltz Jr WC, Seemann E(2001). Using breathing techniques to ease test anxiety. *Guidance & Counseling*, 16(3), 76-80.