

호흡 시 자세와 들숨 및 날숨 비율이 심박변이도에 미치는 영향

김지환, 박성식

동국대학교 한의과대학 사상체질과

The Effects of Posture and the Ratio of Inhalation and Exhalation on Heart Rate Variability

Ji-Hwan Kim, Seong-Sik Park

Department of Sasang Constitutional Medicine, Dongguk University

Objectives: The aim of this study is to find what effects both the posture of sitting and standing and the ratio of inhalation and exhalation (I/E) have on heart rate variability (HRV)

Methods: We made two breathing sets with 4:6 or 6:4 ratios of I/E at 0.1 Hz of respiratory frequency and sitting or standing position. There was 20 minute-rest between sets. Each set include 5 minute-3 breathings as follows: 0.1Hz paced breath with sitting, usual breathing with standing and 0.1Hz paced breath with standing. Five minute-usual breathings with sitting as basal lines were exerted before and after these 3 breaths. Electrocardiogram-recording was exerted from 73 healthy participants (37 men and 36 women) who carried out two sets of breathings. Finally, HRV indices were analyzed of 62 participants (32 men and 30 women).

Results: In 4:6 maintaining the same posture, SDNN were statistically increased, while mean heart rate(HR) were not changed. In 6:4, mean HR, SDNN were statistically increased. When changed from sitting to standing, in 4:6, SDNN were statistically decreased and mean HR was increased. However, in 6:4 during change of posture, SDNN were also statistically decreased and mean HR was statistically decreased. There was no statistical change of HF during 4:6 or 6:4 ratios of I/E moving from sitting to standing position.

Conclusions: For increasing HRV, breathing in low respiratory rate with sitting was recommended regardless of ratio of I/E. In changing from sitting to standing, 4:6 may increase mean HR, and 6:4 may decrease mean HR.

Key Words : Heart rate Variability, Respiration, Posture, Inhalation, Exhalation

서론

심박수는 호흡, 혈압, 온도의 변화가 심장의 동방 결절에 분포한 교감 및 부교감 신경에 반영되어 주기적인 증감을 반복한다. 이 중 호흡의 변화에 의해 심박수가 변이되는 현상을 호흡동성부정맥(Respiratory sinus arrhythmia, RSA)이라고 일컬으며 호흡빈도 0.1Hz에서 이 현상은 극대화된다.¹⁾ 이처럼 심박변이

도는 호흡의 변화가 생체에 미치는 영향을 파악할 때나²⁾ 요가처럼 호흡법을 동반한 명상법의 생리적 효과를 규명하는 연구들에게도 사용될 수 있다.³⁾ 그런데 심박변이도가 교감 및 부교감 신경의 균형을 파악하는 진단 도구로서 사용될 때는 호흡, 혈압, 온도의 변화 그리고 정신적 긴장에 의한 교감신경의 항진 정도의 영향을 최소화하기 위해 환자는 좌위 혹은 와위의 편안한 자세에서 안정 호흡을 행하도록

• Received : 23 February 2016

• Revised : 25 March 2016

• Accepted : 30 March 2016

• Correspondence to : Seong-Sik Park

Dept. of Sasang Constitutional Medicine, Bundang Korean medical hospital of Dongguk university, 268, Buljeong-ro, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, Korea, 13601, Rep. of Korea.
Tel : +82-31-710-3723, Fax : +82-31-710-3780, E-mail : parkss@dongguk.ac.kr

요구된다. 들숨과 날숨의 비율 변화가 심박변이도에 미치는 영향에 관한 기존 연구도 안정된 좌위 자세에서 이루어졌다.⁴⁾ 하지만 현실적으로 요가와 같은 명상법들은 다양한 자세의 변화 속에서 이루어진다.⁵⁾ 그러므로 호흡명상법이 심박변이도에 미치는 영향을 파악하기 위해서는 호흡수, 일회호흡량, 들숨과 날숨의 비율과 같은 호흡 요소들의 변화 뿐만 아니라 체위의 변화도 고려대상이 되어야 한다. 이에 우리는 호흡동성부정맥 현상이 극대화된다고 보고된 0.1Hz로 호흡수를 고정시킨 후 회당 들숨과 날숨의 길이를 4초 대 6초 혹은 6초 대 4초로 행하면서 좌위 혹은 입위의 자세를 취할 때 심박변이도에 어떠한 변화가 나타나는지를 파악해보고자 하였다.

연구 대상 및 방법

1. 대상

○○대학교에 재학 중인 건강한 젊은 남녀 73명 (남37명, 여36명, 평균나이 26.05±6.04)이 모집되었다. 모든 참가자들은 본 시험의 결과에 영향을 미칠 수 있는 호흡기계, 심혈관계 혹은 자율신경계의 과거 병력이나 현병력은 없었으며, 특별한 호흡법을 연마한 적도 없었다. 참가자들은 자발적인 의사로 시험에 참여했으며 충분한 설명을 듣고 서면 동의서를

작성했다. 참가자들은 시험에 참가할 당시 공복 상태였으며 시험 전 12시간 이내에 생리적인 변화를 야기할 수 있는 물질이나 약물 복용은 금해졌다. 73명 중 7명은 개인적인 사정으로 시험을 완료하지 못했으며, 4명은 심박변이도 수치에 이상값이 나타나 최종 분석에서 제외되었으므로 총 62명(남32명, 여30명)을 대상으로 결과가 분석되었다.(Figure 1)

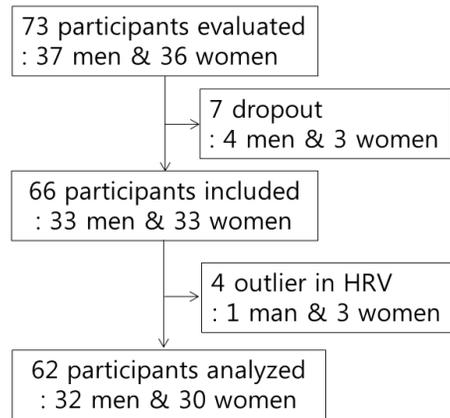


Fig. 1. Participants' flow

Thirty seven men and 36 women were participated. Four men & 3 women were excluded due to drop out of the research schedule. The datum of 1 man & 3 women in heart rate variability (HRV) corresponded to outlier, thus, the analysis was finally performed for 62 participants (32 men and 30 women)

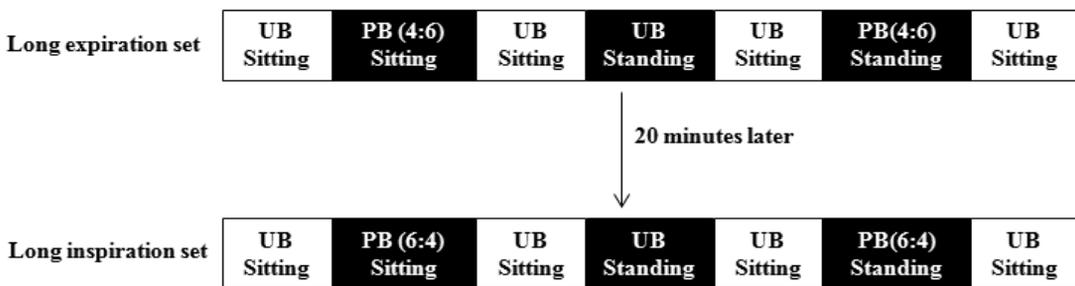


Fig. 2. Protocol for the assessment of the effects of posture and the ratio of inhalation and exhalation on Heart rate variability(HRV)

All participants performed usual breathing(UB) with sitting position, and then, they did paced breathing(PB) with sitting position, UB with standing, PB with standing in order. Whenever these three breathings were finished, UB with sitting was performed for resting. All breathing phases were performed each for 5 minutes during which HRV was measured. Paced breathing was composed of 0.1Hz respiratory rate. During PB, the ratio of 4 seconds' inspiration and 6 seconds' expiration(4:6) was first performed(Long expiration set), and 20 minutes later, the ratio of 6 seconds' inspiration and 4 seconds' expiration(6:4) was performed(Long inspiration set).

2. 연구방법

시험은 오전9시부터 11시 사이에 일정한 온도가 유지되며 조도가 낮은 조용한 방에서 행해졌다. 참가자들은 호흡의 방법과 전체적 일정에 대해 설명을 들은 후 심박감지 센서가 장착된 탄력밴드를 가슴둘레에 장착했다. 참가자들은 눈을 감은 상태에서 10분간 좌위의 상태에서 안정 후 연구자가 구두로 지시하는대로 좌위 혹은 입위의 자세에서 평소 호흡이나 들숨 날숨의 비율이 제어된 통제호흡을 실시했다.

호흡법은 들숨과 날숨의 비율에 따라 호장호흡이 위주가 된 호흡군과 흡장 호흡이 위주가 된 호흡군으로 구성하였다.(Figure 2) 각 호흡군에는 좌위와 와위의 자세가 호흡 비율과 복합적으로 구성된 3개의 주요 호흡법이 포함된다. 이 세 가지 호흡법은 좌위에서 분당 6회의 통제호흡, 입위에서 평소호흡, 입위에서 분당 6회의 통제호흡이며, 이 호흡들 전과 후에 안정을 위하여 좌위에서 평소호흡을 실시하였다. 이를 통해 좌위 통제호흡과 입위 통제호흡 간의 비교 및 좌위 평소호흡과 입위 평소호흡 간의 비교로 통제호흡 시의 자세에 의한 효과를 측정하였다. 분당 6회로 통제호흡을 행하기 위하여 참가자들은 4초의 ‘미’음과 6초의 ‘도’음으로 구성된 음성파일(<https://www.youtube.com/watch?v=SIQYKHF57AI>)을 들으며 소리에 맞춰서 들숨 대 날숨을 4대 6 혹은 6대 4로 실시했다. 시험참여자는 먼저 통제호흡 시 호흡비율이 4초의 들숨과 6초의 날숨으로 행해지는 호장호흡의 특성을 갖는, 각 5분간의 7개의 호흡법을 차례로 행하게 된다. 다음으로 20분 간 휴식 후에 통제호흡 시 호흡비율이 6초의 들숨과 4초의 날숨으로 행해지는 흡장호흡의 특성을 갖는 각 5분간의 7개 호흡법을 차례로 행하였다. 이를 통해 좌위 혹은 입위에서 들숨과 날숨의 비율에 의한 효과를 측정하였다. 실험에 해당하는 모든 절차는 동국대학교의 기관윤리위원회(Institutional Review Board ; IRB)의 승인 하에 이루어졌다.

3. 분석방법

참가자들이 호흡법을 행하는 동안 가슴에 장착된 심박감지 센서가 무선으로 RS800CX(Polar Electro Oy, USA) 기기에 생리적으로 취득된 심전도 수치들을 전송하였다. 취합된 수치들은 컴퓨터로 옮겨져 Kubios HRV 프로그램 (<http://kubios.uef.fi/>)로 분석되었으며, 각 호흡 구간별 평균심박수(Mean Heart rate, Mean HR), 심박수의 표준편차(Standard deviation of heart rate, STD HR)가 구해졌다. 심전도의 시간영역(Time domain)에서는 심전도 상 R파와 R파 사이의 평균값(Mean RR), 인접한 정상 R파 간의 표준편차(Standard deviation of normal intervals, SDNN), 인접한 정상 R값 사이의 편차제곱합의 평균제곱근(The Square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent normal R-R intervals, RMSSD), 그리고 pNN50(정상 R파의 총수 중에서 정상 R파 간격의 변화가 50ms를 초과하는 시간당 평균 횡수의 비율)을 얻었다. 심전도의 주파수 영역(Frequency domain)에서는 고주파 전력(High frequency power, HF; 0.15 ~ 0.4Hz), 저주파 전력(Low frequency power, LF; 0.04 ~ 0.15Hz), 저주파전력의 정규화수치(Normalized unit of low frequency, n.u.LF; LF/LF+HF)와 고주파전력의 정규화수치(Normalized unit of high frequency, n.u.HF; HF/LF+HF)를 얻었다.

4. 통계분석

모든 데이터는 SPSS(Version 20 for Windows; Somers, NY)를 이용하여 분석하였다. 호장호흡군 혹은 흡장호흡군 내에서 호흡법 간의 통계적 차이를 보기 위하여 반복측정 분산분석(Repeated measures Anova, RM-Anova)을 실시한 후, 사후검정으로 Bonferoni법을 실시하였다. 반복측정 분산분석에서 종속변수가 구형성 가정을 만족하지 않는 경우에는 Greenhouse-geisser의 방법이나 Huynh-Feldt 방법으로 유의성을 검정했다. $P < 0.05$ 미만인 경우 통계적으로 유의하다고 보았으며 모든 데이터는 평균±표준편차로 제시하였다.

결 과

각 호흡군 내의 세부 호흡에서 얻어진 심전도 및 심박변이도 관련 수치들의 통계적 검정 결과는 Table 1과 Table 2에 기술하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 호장호흡군 (Table 1)

1) 좌위 혹은 입위 시 평소호흡과 들숨 4초 날숨 6초의 호장-통제호흡에 의한 영향 비교

좌위 상태에서 이루어진 평소호흡과 통제호흡을 비교해볼 때, 평균심박수와 심박수의 표준편차, 평균 RR값, RMSSD, HF은 4:6 비율의 통제호흡에 의한 변화가 통계적으로 유의하게 나타나지 않았다. 다만 SDNN은 좌위 평소호흡 시 60.91±26.49에 비해 좌위 통제 호흡 시 78.14±25.67로 통계적으로 유의하게 높아졌으며 pNN50도 15.39±14.31에서 19.20±13.35로, LF도 1059.63±1093.31에서 4142.37±2590.97로, n.u.LF도 62.09±21.43에서 88.28±9.54로 각각 통계적으로 유의하게 높아졌다. 반면 n.u.HF는 37.74±21.24에서 11.63±9.43으로 통계적으로 유의하게 감소하였다.

입위 상태에서 이루어진 평소호흡과 통제호흡을 비교해볼 때, 좌위 상태의 경우에서처럼 평균심박수, 심박수의 표준편차, 평균RR값, HF값은 통제호흡에 의한 변화가 통계적으로 유의하게 나타나지 않았다. 하지만 RMSSD의 경우 좌위 시에는 통제호흡에 의한 변화가 없었지만 입위 시에는 평소호흡 시 21.36±11.63, 통제호흡 시 33.08±20.70으로 통제호흡 때가 통계적으로 유의하게 높았다. 그 밖에 SDNN, pNN50, LF, n.u.LF 모두 좌위의 경우에서처럼 입위 시에도 평소호흡보다 통제호흡을 행했을 때가 통계적으로 유의하게 높았다. SDNN은 49.67±18.20에서 66.61±29.20으로 높아졌으며, pNN50은 3.27±5.17에서 7.91±8.48로, LF는 648.402±607.29에서 2247.02±1764.59로, n.u.LF는 79.39±13.81에서 88.76±10.71로 통계적으로 유의하게 높아졌다. n.u.HF도 좌위 시처럼 입위 시에도 평소호흡 시

20.51±13.65에서 통제호흡 시 11.14±10.56으로 통계적으로 유의하게 낮은 수치를 보였다.

2) 평소호흡 혹은 들숨 4초 날숨 6초의 호장-통제 호흡 시 좌위와 입위에 의한 영향 비교

평소호흡 시 좌위와 입위 사이의 심박변이도 수치를 비교해보면 심박수의 표준편차는 좌위와 입위 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 반면 평균심박수는 좌위 76.95±12.41에서 입위 시 86.93±11.99로 증가했으며, n.u.LF도 좌위 71.66±15.27에서 입위 시 79.39±13.81로 통계적으로 유의하게 증가되었다. 평균 RR값은 좌위 806.99±133.66에서 입위 시 707.96±97.16으로 감소하였고 SDNN은 6.11±42.36에서 49.67±18.20으로, RMSSD는 38.51±24.15에서 21.36±11.63으로, pNN50은 11.89±12.23에서 3.27±5.17로, LF는 1152.53±943.24에서 648.402±607.29로, HF는 585.18±699.32에서 153.37±144.07로, n.u.HF는 28.13±15.10에서 20.51±13.65로 모두 좌위 시에서 입위 시 통계적으로 유의하게 수치가 감소했다.

통제호흡 시 좌위와 입위 사이의 심박변이도 수치를 비교했을 때에도 평소호흡시 좌위에서 입위로의 자세변화 시와 마찬가지로 평균심박수는 좌위 75.79±11.82보다 입위 86.08±11.74에서 높았다. 또한 평균RR값은 819.22±128.27에서 718.62±99.37로, SDNN은 78.17±25.67에서 66.61±29.20으로, RMSSD는 47.65±24.78에서 33.08±20.70으로, pNN50은 19.20±13.35에서 7.91±8.48로, LF는 4142.37±2590.97에서 2247.02±1764.59로 좌위 통제호흡 시 보다 입위 통제호흡 시가 통계적으로 유의하게 낮았다. 평소호흡시 좌위와 입위에 의한 심박변이도 비교에서는 심박수의 표준편차만이 통계적으로 유의하지 않았지만 통제호흡 시에는 추가적으로 HF, n.u.LF, n.u.HF에서 자세에 의한 통계적 차이가 나타나지 않았다.

2. 흡장호흡군 (Table 2)

1) 좌위 혹은 입위 시 평소호흡과 들숨 6초 날숨 4초의 흡장-통제호흡에 의한 영향 비교

Table 1. Heart Rate and Heart Rate Variability according to the 4:6 Ratio of Inhalation and Exhalation and the Posture (N=62)

Order	P-value between breaths										
	1	2	3	4	5	6	7				
Breaths	UB-Sit1	PB-Sit	UB-Sit2	UB-Sta	UB-Sit3	PB-Sta	UB-Sit4	UB-Sit1 vs. PB-Sit	UB-Sit2 vs. UB-Sta	UB-Sit3 vs. PB-Sta	UB-Sit4 vs. PB-Sta
Mean HR (bpm)	76.35±12.40	75.79±11.82	76.95±12.41	86.93±11.99	76.4±12.10	86.08±11.74	77.85±11.33	1.00	1.00	1.00	0.0001*
STD HR (bpm)	12.32±28.83	8.23±5.11	7.32±7.80	8.75±19.91	9.96±16.45	12.01±23.37	9.14±8.89	1.00	1.00	1.00	1.00
Mean RR (ms)	814.60±128.89	819.22±128.27	806.99±133.66	707.96±97.16	813.26±125.35	718.63±99.37	795.36±118.44	1.00	0.422	0.0001*	0.0001*
SDNN (ms)	60.91±26.49	78.14±25.67	66.11±42.36	49.67±18.20	73.66±36.76	66.61±29.20	73.17±31.80	0.0001*	0.0001*	0.008*	0.0001*
RMSSD (ms)	42.24±25.69	47.65±24.78	38.51±24.15	21.36±11.63	41.86±36.99	33.08±20.70	35.93±20.51	1.00	0.0001*	0.0001*	0.0001*
pNN50 (%)	15.39±14.31	19.20±13.35	11.89±12.23	3.27±5.17	15.83±14.71	7.91±8.48	12.40±13.31	0.024*	0.0001*	0.0001*	0.0001*
LF (ms ²)	1059.63±1093.31	4142.37±2590.97	1152.53±943.24	648.402±607.29	979.77±966.72	2247.02±1764.59	1226.59±1496.79	0.0001*	0.0001*	0.002*	0.0001*
HF (ms ²)	2907.04±17584.85	641.71±871.01	585.18±699.32	153.37±144.07	614.84±877.20	395.09±1129.28	497.06±792.99	1.00	1.00	0.0001*	1.00
n.u.LF	62.09±21.43	88.28±9.54	71.66±15.27	79.39±13.81	66.19±16.69	88.76±10.71	72.22±14.79	0.0001*	0.001*	0.005*	1.00
n.u.HF	37.74±21.24	11.63±9.43	28.13±15.10	20.51±13.65	33.62±16.55	11.14±10.56	27.70±14.76	0.0001*	0.001*	0.004*	1.00

UB : Usual breathing
 PB : 0.1Hz Paced breathing
 Sit : Sitting position
 Sta : Standing position
 HR : Heart rate
 RR : Intervals between R-R waves in electrocardiogram
 STD HR : Standard deviation of heart rate
 SDNN : Standard deviation of N-N(Consecutive normal sinus intervals) intervals
 RMSSD : Root-mean square differences of successive R-R intervals
 NN50 : Mean number of times per hour in which the change in N-N intervals exceeds 50 milliseconds.
 pNN50 : (NN50 count) / (total N-N count)
 LF : Low frequency
 HF : High frequency
 n.u. : Normalized unit (n.u.LF = LF/(LF+HF); n.u.HF=HF/(LF+HF))
 * p<0.05

Table 2. Heart Rate and Heart Rate Variability according to the 6:4 Ratio of Inhalation and Exhalation and the Posture (N=62)

Order	P-value between breaths										
	1	2	3	4	5	6	7				
Phase	UB-Sit1	PB-Sit	UB-Sit2	UB-Sta	UB-Sit3	PB-Sta	UB-Sit4	UB-Sit1 vs. PB-Sit	UB-Sta vs. PB-Sta	UB-Sit2 vs. PB-Sta	PB-Sit vs. PB-Sta
Mean HR (bpm)	38.91±26.15	50.91±33.89	37.25±21.16	23.14±13.82	41.99±24.21	33.54±23.55	39.27±27.02	0.016*	0.001*	0.0001*	0.0001*
STD HR (bpm)	76.90±11.21	76.42±10.05	79.04±10.15	87.83±11.81	77.97±11.56	86.44±11.78	78.25±11.32	1.00	0.518	0.0001*	0.0001*
Mean RR (ms)	802.68±117.28	812.51±112.59	779.40±104.04	701.09±95.85	796.31±120.17	714.32±101.81	793.06±121.92	0.909	0.318	0.0001*	0.0001*
SDNN (ms)	64.39±41.17	85.32±34.07	70.78±33.74	57.50±23.63	73.89±31.91	68.50±27.64	77.67±40.07	0.003*	0.0001*	0.004*	0.0001*
RMSSD (ms)	7.22±10.77	13.44±24.65	8.11±6.47	8.24±6.65	12.29±21.56	8.50±4.47	9.44±8.90	1.00	1.00	1.00	1.00
pNN50 (%)	13.70±14.35	18.96±14.25	11.05±10.68	4.28±6.77	13.96±13.28	8.80±10.48	12.92±13.05	0.002*	0.0001*	0.0001*	0.0001*
LF (ms ²)	1156.62±1630.91	4563.77±3843.00	1654.94±1833.20	869.47±901.77	1073.16±873.79	2897.88±2528.88	1739.15±3732.45	0.0001*	0.0001*	0.011*	0.001*
HF (ms ²)	634.39±1263.75	2550.42±12696.22	560.2±811.18	224.22±395.59	587.56±790.63	346.44±704.49	709.34±1603.34	1.00	1.00	0.039*	1.00
n.u.LF	68.99±15.81	86.84±17.82	77.06±13.32	83.21±11.48	69.86±16.69	91.83±8.93	74.53±11.40	0.0001*	0.0001*	0.108	0.923
n.u.HF	30.91±15.76	13.05±17.54	22.84±13.17	16.73±11.40	29.98±16.50	8.11±8.76	25.36±11.37	0.0001*	0.0001*	0.105	0.895

UB : Usual breathing
 PB : 0.1Hz Paced breathing
 Sit : Sitting position
 Sta : Standing position
 HR : Heart rate
 RR : Intervals between R-R waves in electrocardiogram
 STD HR : Standard deviation of heart rate
 SDNN : Standard deviation of N-N(Consecutive normal sinus intervals) intervals
 RMSSD : Root-mean square differences of successive R-R intervals
 NN50 : Mean number of times per hour in which the change in N-N intervals exceeds 50 milliseconds.
 pNN50 : (NN50 count) / (total N-N count)
 LF : Low frequency
 HF : High frequency
 n.u. : Normalized unit {n.u.LF = LF/(LF+HF); n.u.HF=HF/(LF+HF)}
 * p<0.05

좌위 시 평소호흡과 통제호흡 간의 심박변이도 수치를 비교해보면 먼저 심박수의 표준편차, 평균 RR값, RMSSD, HF값은 평소호흡과 통제호흡 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 한편 평균심박수는 평소호흡 38.91±26.15에서 통제호흡 시 50.91±33.89로 통계적으로 유의하게 증가하였다. SDNN도 64.39±41.17에서 85.32±34.07로, pNN50도 13.70±14.35에서 18.96±14.25로, LF도 1156.62±1630.91에서 4563.77±3843.00으로, n.u.LF도 68.99±15.81에서 86.84±17.82로 좌위 평소호흡보다 좌위 통제호흡에서 통계적으로 유의하게 높은 경향을 보인다. 반면 n.u.HF는 평소호흡 30.91±15.76보다 통제호흡 시 13.05±17.54로 통제호흡 시가 통계적으로 유의하게 낮았다.

입위 시 평소호흡과 통제호흡 간의 수치를 비교해보면 전반적으로 좌위 시에서 보여준 경향성과 일치하여 심박수의 표준편차, 평균 RR값, RMSSD, HF값은 평소호흡과 통제호흡 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 평균심박수는 23.14±13.82에서 33.54±23.55로, SDNN은 57.50±23.63에서 68.50±27.64로, pNN50은 4.28±6.77에서 8.80±10.48로, LF는 869.47±901.77에서 2897.88±2528.88로, n.u.LF는 83.21±11.48에서 91.83±8.93으로 평소호흡 시보다 통제호흡 시 수치가 통계적으로 유의하게 높게 나타났다. n.u.HF는 평소호흡 16.73±11.40보다 통제호흡 시 8.11±8.76으로 평소호흡보다 통제호흡 시가 통계적으로 유의하게 낮았다.

2) 평소호흡 혹은 들숨 6초 날숨 4초의 흡장-통제호흡 시 좌위와 입위에 의한 영향 비교

평소호흡 시 좌위와 입위에 의한 심박변이도 수치를 비교해보면 RMSSD와 n.u.LF, 그리고 n.u.HF는 자세에 의해 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 심박수의 표준편차는 79.04±10.15에서 87.83±11.81로 좌위보다 입위에서 통계적으로 유의하게 증가하였으나, 평균심박수는 37.25±21.16에서 23.14±13.82로, 평균RR값은 779.40±104.04에서 701.90±95.85로, SDNN은 70.78±33.74에서 57.50±23.63으

로, pNN50은 11.05±10.68에서 4.28±6.77로, LF는 1654.94±1833.20에서 869.47±901.77로, HF는 560.2±811.18에서 224.22±395.59로 좌위에서보다 입위에서 통계적으로 유의하게 감소하였다.

통제호흡 시 좌위와 입위에 의한 심박변이도 수치를 비교해보면, 평소호흡 때와 마찬가지로 RMSSD와 n.u.LF, 그리고 n.u.HF는 자세에 의해 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으며 추가적으로 HF에서도 좌위와 입위에 의한 통계적 차이가 나타나지 않았다. 그밖에 자세에 따른 수치의 변화는 평소호흡 시와 유사하여 심박수의 표준편차는 76.42±10.05에서 86.44±11.78로 좌위보다 입위에서 통계적으로 유의하게 높았으나, 평균심박수는 50.91±33.89에서 33.54±23.55로, 평균RR값은 812.51±112.59에서 714.32±101.81로, SDNN은 85.32±34.07에서 68.50±27.64으로, pNN50은 18.96±14.25에서 8.80±10.48로, LF는 4563.77±3843.00에서 2897.88±2528.88로, 좌위에서보다 입위에서 통계적으로 유의하게 낮았다.

고 찰

우리는 분당 6회의 호흡수에서 들숨과 날숨의 비율이 각각 4초 대 6초의 호장-통제호흡 혹은 6초 대 4초의 흡장-통제호흡이 좌위 혹은 입위의 자세에서 이루어졌을 때, 심박변이도 지표들에 어떠한 변화가 나타나는지를 파악해보았다.

먼저 통제호흡의 영향을 살펴보기 위해 좌위 시 평소호흡과 들숨4초 날숨6초의 호장-통제호흡간에 차이를 비교해보면, 평소호흡을 할 때보다 호장-통제호흡 시 심장 박동의 변이 정도를 보여주는 SDNN이 증가하는 것을 살펴볼 수 있다. 이처럼 들숨과 날숨의 변화에 의한 순간심박수의 증감은 호흡동성부정맥(Respiratory sinus arrhythmia; RSA)이라고 불리며, 흉강압의 변화가 압반사(Baroreflex)를 매개로 심장의 교감, 부교감 신경에 반영되는 현상이다.⁶⁾ RSA는 호흡수가 낮아지거나 일회호흡량이 증가될수록 극대화된다.⁷⁾ 그러므로 좌위의 호장-통

제호흡 시 분당 6회의 낮은 호흡수를 유지하게 되기 때문에 RSA 현상이 증가되고 이로써 SDNN이 증가한 것으로 보인다. 하지만 이 시점에서 평균심박수나 평균RR값은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않으므로 평균적인 부교감신경의 작용에는 변함없는 것으로 볼 수 있다. LF와 n.u.LF도 좌위 호장-통제호흡에서 증가하는 것으로 나타난다. 기존에 n.u.LF의 상승은 대체로 교감신경의 활성도를 반영한다고 알려져 있었으나⁸⁾, 교감신경의 정상, 비정상 여부와 상관없이 압박사가 낮은 사람의 LF는 낮고, 높은 사람의 LF는 정상적으로 유지되므로 nuLF의 상승을 교감신경의 기능을 파악하는 지표로 볼 수 없다는 의문이 제기되다.⁹⁾ 결국 LF는 안정상태에서 앉거나 서거나 혹은 발살바조작(Valsalva maneuver)을 취한다고 할지라도 직접적으로 심장의 교감신경 수준을 반영하는 것이 아니라 압박사의 기능 정도를 반영하는 것이라고 볼 수 있다.¹⁰⁾ 특히 우리의 실험에서처럼 평소호흡이 아닌 분당 6회의 0.1Hz 호흡을 하게 되면 이 호흡은 심박변이도의 주파수 영역상 0.04 ~ 0.15Hz의 LF 영역에 속하게 된다. 그러므로 통제호흡 시에 호흡의 변화에 의한 RSA현상이 압박사와 연관된 LF영역과 겹쳐지게 되면서 LF의 수치가 비약적으로 증가하게 된다.¹¹⁾ 그러므로 우리 시험에서 LF나 n.u.LF의 증가는 교감신경의 항진에 의한 것이 아니라, 0.1Hz의 호장-통제호흡의 결과로 나타난 현상일 뿐이다. 그러므로 좌위 호장-통제호흡에서는 교감 및 부교감신경의 평균치에 큰 변화는 없이 심박변이도를 증가시킨다고 볼 수 있다.

입위의 자세에서 호흡수를 분당 6회로 고정시킨 후 들숨4초 날숨6초의 호장-통제호흡을 행했을 경우에도 좌위 시와 경향은 유사했다. SDNN은 증가했으며 평균심박수나 평균RR값의 변동은 없었으므로 이로써 호장-통제호흡의 특성은 좌위 혹은 입위의 어느 한 자세를 유지한 상태에서는 평균적인 교감-부교감 활성도 변화는 없이 심박변이도를 증가시킨다고 생각해 볼 수 있다. 다만 RMSSD의 경우 좌위 시에는 통제호흡에 의한 영향이 통계적으로 유의하게 나타나지 않았지만 입위 시에는 통계적으로 유의

하게 나타났다. RMSSD는 심박변이도의 부교감 매개성 변화와 연관되어 있으며 HF와 상관성을 가지고 있다고 보고 되었다.¹⁾ 좌위와 입위 상관없이 HF는 통계적으로 유의한 변화가 없으며, 평균심박수와 평균RR값의 변동도 통계적으로 유의하게 나타나지 않으므로 실제 RMSSD의 이러한 차이의 원인을 호흡이나 부교감신경 변화에서 찾을 수 없었다. 입위의 호장 호흡의 경우에서도 RMSSD에 통계적으로 유의한 변화가 나타나지 않았으므로 이 현상이 호장-통제호흡의 고유한 특성인지에 대해서는 추후 연구가 필요할 것으로 보인다.

한편 들숨6초 날숨4초의 호장-통제호흡의 결과에서도 좌위 혹은 입위의 자세에 SDNN의 수치는 통계적으로 유의하게 증가했다. 또한 LF, n.u.LF의 변화 역시 통제호흡으로 인해 증가되므로 좌위 혹은 입위의 자세에서 행해진 호장-통제호흡의 경향과 동일했다. 다만 평소호흡에서 호장-통제호흡을 행할 시에는 좌위 혹은 입위의 상태에서 평균심박수가 증가되는 현상을 보였다. 동시에 흥미롭게도 평균RR값은 호장-통제호흡에 의해 변화되지 않았다. 들숨 시에는 심장에 연결된 부교감 신경에서 아세틸콜린의 분비가 감소되며, 날숨 시에는 아세틸콜린이 분비된다. 또한 평균적인 아세틸콜린의 분비량이 늘어나는 긴장성 방식(Tonic pattern)이 아니더라도 아세틸콜린 작용의 효율이 증가되는 위상성 방식(phasic pattern)으로 심박수는 변이될 수 있다.¹²⁾ 그러므로 신경 전달물질 자체의 총량은 변화가 없더라도 들숨이 위주가 된 호장-통제호흡 시 부교감 신경의 영향력은 줄어들게 되며 평균심박수가 증가한 것으로 보인다.

종합하자면 좌위 혹은 입위의 어느 한 자세에서 평소호흡을 행할 때보다 호장-통제호흡과 흡장-통제호흡을 행할 때 심박변이도를 상승시키며, 한 자세를 유지한 상태에서 평소호흡에서 호장-통제호흡으로의 변화는 평균심박수를 변화시키지 않지만, 평소호흡에서 흡장-통제호흡의 변화는 평균심박수를 증가시킬 가능성이 있다.

다음으로 자세만의 영향을 살펴보기 위해서 먼저

호장호흡군에서 평소호흡 시 좌위와 입위의 차이를 비교해보면, 입위 시 SDNN값은 좌위 때보다 낮았다. 그러므로 입위의 자세는 좌위의 자세에 비해 심박변이도를 감소시킨다는 것을 알 수 있다. 또한 LF와 HF 모두 감소하는 경향을 보이지만 LF와 HF 간의 상대적인 비율인 n.u.LF가 증가하고 n.u.HF가 감소하는 것으로 보아 입위 시에는 심박변이도의 주파수 영역 전체가 억제되지만 상대적으로 입위의 자세로 인한 혈압의 증가로 압반사가 촉진되면서 n.u.LF가 증가된다고 생각할 수 있다. HF는 RSA와 관련이 있는 지표로 생각되며 이는 일반적으로 부교감신경의 반응 정도를 반영한다.¹³⁾ 그러므로 HF의 감소 역시 부교감신경의 감소를 시사하며 이는 입위 시 혈압을 유지하기 위해 상대적으로 부교감신경보다는 교감신경이 항진된 것을 말한다. 다만 우리의 시험에서는 혈압의 변화를 측정하지 않았으므로 이러한 추정에 대해서는 추후 추가적인 연구가 필요하다. 한편 호장-통제호흡 시 좌위와 입위의 차이를 비교해보면, 평소호흡 시와 유사하게 심박변이도는 감소하고 평균심박수는 증가하는 경향을 보인다. 다만 HF는 감소되지 않으며 이 때문에 LF의 감소에도 불구하고 n.u.LF와 n.u.HF는 차이를 보이지 않는다. 결국 호장호흡군에서는 평소호흡이나 호장-통제호흡의 여부와 상관없이 좌위에서 입위로의 자세변화가 심박변이도를 감소시키고 평균심박수는 증가시킨다. 다만 호장-통제호흡의 경우 평소호흡과는 달리 호흡수를 감소시켜 RSA를 증가시킨 채로 유지하고 있는 상태이기 때문에 RSA와 연관된 HF가 입위의 변화에 의해 통계적으로 유의하게 감소되지 않은 것으로 생각된다. 호장호흡군의 이러한 경향처럼 흡장호흡군에서도 평소호흡 혹은 흡장-통제호흡 시 좌위보다 입위에서 심박변이도가 낮아지며, 흡장-통제호흡 시에는 평소호흡과는 달리 입위의 변화에 의해 HF가 통계적으로 유의하게 감소되지 않는다. 다만 평균심박수가 증가되었던 호장-통제호흡 시와는 다르게 흡장-통제호흡은 입위 시 평균심박수가 낮아지는 경향을 보이며, 심박수의 표준편차가 극대화된다는 차별점을 갖는다. 아마도 이 현상은 흡장-

호흡군을 실시하면서 참가자 개개인의 순간심박수의 편차가 증가될 때, 심박수를 감소하는 방향으로 심박변이가 이루어졌기 때문으로 보인다.

종합하자면 호장 혹은 흡장의 여부와는 상관없이 분당 6회의 통제호흡 시에는 좌위보다 입위에서 심박변이도가 감소한다. 또한 호장-통제호흡을 유지한 상태에서 좌위에서 입위로 자세변화를 행하게 되면 평균심박수를 증가할 가능성이 있으며, 흡장-통제호흡을 유지한 상태에서 좌위에서 입위로 자세변화를 행하게 되면 심박수의 표준편차는 증가되고 평균심박수는 감소될 가능성이 커진다.

호흡과 자세에 대한 기존 연구결과들을 살펴보면 먼저 양동훈 외 2인은 좌위의 상태에서 들숨과 날숨의 비율 차이가 심박변이도가 어떠한 차이를 보이는지를 보고했다. 그 결과 흡장호흡단의 호흡 시 LF, HF, RSA의 상승폭이 통계적으로 유의하게 높았으며, 자연호흡과 호장호흡단의 경우 HF와 RSA가 통계적으로 유의하게 상승했지만 LF는 흡장호흡단에 비해 상승폭이 낮았다.⁵⁾ 즉, 전반적으로 좌위상태에서는 우리의 시험과 마찬가지로 들숨 날숨의 비율과는 상관없이 심박변이도가 상승한 것을 알 수 있다. 하지만 이 시험에서는 생리적인 들숨과 날숨의 비율을 1:1.6으로 보아 ‘흡장호흡단’군은 들숨과 날숨의 비율을 1:1로 설정했으며 ‘호장호흡단’군은 들숨과 날숨의 비율을 1:2로 설정했다. 또한 호흡수는 분당10회로 설정했으므로 우리의 시험조건과는 다소 다르다. 다음으로 정대선 외 4인은 편안한 평소호흡을 유지한 채 입식, 좌식, 와식, 기마식에 해당하는 각각의 기공자세가 심박변이도에 미치는 영향을 보고했는데, 그 결과 SDNN은 좌식이 가장 높으며 입식 시 SDNN은 감소하고 좌식과 입식 모두 n.u.LF 등은 증가하는 경향을 보여 이 역시 우리의 연구결과와 유사하였다.¹⁴⁾ 하지만 우리의 시험과 같이 자세의 변화와 들숨날숨의 비율이 함께 고려된 연구는 부족한 상태다.

심박변이도가 낮을 경우 기능성 소화기 장애¹⁵⁾, 염증발생¹⁶⁾, 고혈압¹⁷⁾ 등의 신체적 문제가 생길 수 있으며, 심박변이도가 높을 경우 자기 조절력과 적

응력이 향상된다.¹⁸⁾ 그러므로 우리의 시험 결과에 의거하면 심박변이도를 상승시키기 위해서는 들숨과 날숨 비율과는 상관없이 분당 6회 정도의 낮은 호흡수의 통제호흡을 행하고 이때 자세는 입위보다는 좌위를 취하는 것이 추천된다. 그러나 심박변이도와는 달리 평균심박수의 경우는 자세의 변화에 따라 영향을 받을 수 있다. 일정한 자세를 유지한 채 평소호흡에서 통제호흡으로 호흡의 양상을 변화시킬 때 호장-통제호흡은 평균심박수를 변화시키지 않지만, 흡장-통제호흡은 평균심박수를 증가시킬 수 있다. 반면 통제호흡을 행하고 있는 동안 자세를 변화시킬 경우 호장-통제호흡은 좌위에서 입위를 취하게 되면 평균심박수를 증가시킬 수 있으며, 흡장-통제호흡은 좌위에서 입위를 취하게 되면 평균심박수를 감소시킬 가능성이 있다. 그러므로 호흡의 조절과 함께 자세의 변화가 수반되는 요가나 국선도와 같은 수련법을 응용할 시에는 이처럼 호흡양상과 자세의 변화를 고려할 필요가 있다고 생각된다.

우리 실험은 호흡법의 순서를 무작위로 실시하지 않아 이전 호흡법이 다음 호흡법에 영향을 줄 가능성이 있다. 하지만 호흡법의 순서는 좌위 통제호흡, 입위 평소호흡, 입위 통제호흡의 배열로 신체의 변화가 큰 순서대로 배열되었으며 각 호흡법 사이에 동일한 시간의 좌위 평소호흡의 휴지기가 주어졌으므로 이러한 문제를 최소화하였다. 또한 심전도만을 측정 방법으로 삼았기 때문에 혈압이나 호흡에 관련된 측정을 함께 실시하지 못해 현상의 원인을 보다 면밀하게 파악할 수 없었다. 추후 심박변이도 기기 이외에 호흡수, 폐활량, 너과 등을 측정하는 다양한 장비를 사용하여 호흡과 자세의 변화에 의한 생리반응 등을 추가적으로 조사할 필요가 있다고 생각한다.

결론

우리는 호흡 시 자세와 들숨날숨의 비율이 심박변이도에 미치는 영향을 파악한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 첫째, 심박변이도를 상승시키기 위해서는 들숨날숨의 비율과 상관없이 낮은 호

흡수의 통제호흡을 행하는 것이 추천된다. 또한 자세는 입위보다는 좌위가 추천된다. 둘째, 기본적으로 호장-통제호흡은 평균심박수를 변화시키지 않으며 흡장-통제호흡은 평균심박수를 증가시키지만, 좌위에서 입위로 자세를 변화시킬 때 호장-통제호흡은 평균심박수는 증가시킬 수 있으며 흡장-통제호흡은 평균심박수를 감소시킬 가능성이 있다. 그러므로 호흡조절과 자세의 변화를 동반한 수련법을 응용할 때 심박변이도와 평균심박수의 변화를 고려할 필요가 있다.

감사의 글

본 논문은 2014년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (NRF-2014S1A5B6A02049047)

참고문헌

1. Shaffer F, McCraty R, Zerr CL. A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Front Psychol.* 2014;5:1040.
2. Sasaki K, Maruyama R. Consciously controlled breathing decreases the high-frequency component of heart rate variability by inhibiting cardiac parasympathetic nerve activity. *Tohoku J Exp Med.* 2014;233(3):155-63.
3. Vinay AV, Venkatesh D, Ambarish V. Impact of short-term practice of yoga on heart rate variability. *Int J Yoga.* 2016;9(1):62-6.
4. Yang DH, Park YB, Park YJ. Relative Timing of Inspiration and Expiration Affects Heart Rate Variability - Between Regulated Respiration and Control Group -. *The Journal Of The Korea Institute Of Oriental Medical Diagnostics.* 2007;11(1):146-156.
5. Prado ET, Raso V, Scharlach RC, Kasse CA.

- Hatha yoga on body balance. *Int J Yoga*. 2014;7(2):133-7.
6. Larsen PD, Tzeng YC, Sin PY, Galletly DC. Respiratory sinus arrhythmia in conscious humans during usual respiration. *Respir Physiol Neurobiol*. 2010;174(1-2):111-8.
 7. Hirsch JA, Bishop B. Respiratory sinus arrhythmia in humans: how breathing pattern modulates heart rate. *Am J Physiol*. 1981; 241(4):H620-9.
 8. Task force 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. *Eur Heart J*. 1996;17(3): 354-81.
 9. Moak JP, Goldstein DS, Eldadah BA, Saleem A, Holmes C, Pechnik S, *et al*. Supine low-frequency power of heart rate variability reflects baroreflex function, not cardiac sympathetic innervation. *Cleve Clin J Med*. 2009;76 Suppl 2:S51-9.
 10. Rahman F, Pechnik S, Gross D, Sewell L, Goldstein DS. Low frequency power of heart rate variability reflects baroreflex function, not cardiac sympathetic innervation. *Clin Auton Res*. 2011;21(3):133-41.
 11. Malliani A. Heart rate variability: from bench to bedside. *Eur J Intern Med*. 2005;16(1):12-20.
 12. Grossman P, Taylor EW. Toward understanding respiratory sinus arrhythmia: relations to cardiac vagal tone, evolution and biobehavioral functions. *Biol Psychol*. 2007;74(2):263-85.
 13. Sztajzel J. Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. *Swiss Med Wkly*. 2004;134(35-36):514-22.
 14. Jung DS, Park JH, Park SJ, Han CH, Lee SN. The effect of Qigong position on Heart rate variability. *Korea J Orient Med*. 2011;17(2): 85-100.
 15. Gevirtz R. The Promise of Heart Rate Variability Biofeedback: Evidence-Based Applications. *Biofeedback*. 2013;41(3):110-20.
 16. Jan BU, Coyle SM, Oikawa LO, Lu S-E, Calvano SE, Lehrer PM, *et al*. Influence of acute epinephrine infusion on endotoxin-induced parameters of heart rate variability: a randomized controlled trial. *Ann Surg*. 2009; 249(5):750-6.
 17. Schroeder EB, Liao D, Chambless LE, Prineas RJ, Evans GW, Heiss G. Hypertension, Blood Pressure, and Heart Rate Variability The Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) Study. *Hypertension*. 2003;42(6):1106-11.
 18. Thayer JF, Hansen AL, Saus-Rose E, Johnsen BH. Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health. *Ann Behav Med Publ Soc Behav Med*. 2009; 37(2):141-53.