

조절 호흡시 안면을 얼음물로 자극하는 방법에 의한 미주신경자극의 유용성 및 그 개인차의 기전에 대한 연구(파워스펙트럴 분석)*

경상대학교의과대학 심혈관연구소, 소아과학교실,** 내과학교실,*** 마취과학교실****

염명걸** · 김승환** · 최동주*** · 도문홍*** · 정영균****

= Abstract =

The Effectiveness for Vagal Stimulation by Ice Water Application to Face During Controlled Respiration and Mechanism of Individual Variability of Responsiveness to Vagal Stimulation (Power Spectral Analysis of Heart Rate Variability)

Myung Kul Yum, M.D.,* Seung Hwan Kim, M.D.,* Dong Ju Choi, M.D.,**

Moon Hong Doh, M.D.,** Young Kyun Chung M.D.***

Institute of Cardiovascular Research, Department of Pediatrics, Internal Medicine**,
Anesthesiology,*** Gyeongsang National University, College of Medicine, Chinju, Korea*

Background : The effectiveness for vagal stimulation by ice water application to face during metronome-controlled respiration of 15 breaths/minute was examined. The importance of basal vagal tone and sympathovagal interaction in the individual variability of responsiveness to the vagal stimulation was investigated.

Methods : Fifty three 12~13 year old healthy volunteers were included. Vagal tone and sympathovagal interaction before and after application of ice water to the face were assessed by power spectral analysis of RR interval(heart rate) variability.

Results : Basal heart rate, high frequency power, and low to high frequency power ratio were 81 ± 13 (58~110 beats/min), 791 ± 1061 (56~4161 msec²) and 1.08 ± 1.22 (0.04~4.85) during controlled respiration. After ice water application twenty three children developed 5 more nodal escape beats due to severe bradycardia. Minimum heart rate, high frequency power and low to high power ratio changed to 42 ± 12 (19~72/min), 1890 ± 1882 (211~7258 msec²) and 0.64 ± 0.43 (0.12~1.46). The increased ratio of high frequency power, maximum heart rate decrement and its percent after stimulation were 5.44 ± 5.62 (0.63~24.26), 39 ± 14 (10~81/min) and 47 ± 15 (16~81%) respectively. The increased ratio of high frequency power was correlated with basal logarithmic high frequency power ($r = -0.60$, $p = 0.0004$). Maximum heart rate decrement was correlated with basal logarithmic high frequency power ($r = -0.41$, $p = 0.0018$) and low to high

*이 논문은 1991년도 한국학술진흥재단 자유공모과제 및 지방대육성중점과제 연구비 및 1992년도 감로심장회 연구비의 일부 보조로 이루어졌음.

*이 논문은 1992년도 제 42차 대한소아과학회 추계학술대회석상에서 발표되었음.

frequency power ratio($r=0.27$, $p=0.04$).

Conclusion : Application of ice water to the face during controlled respiration produces powerful vagal stimulation and bradycardia, however, there is a wide individual variability of responsiveness to it. The absolute basal vagal tone contribute to this individual variability.

KEY WORDS : Vagal stimulation · Power spectral analysis.

서 론

찬물에 얼굴을 담그는 것은(facial immersion to cold water : FI) 소위 ‘잠수 반사(diving reflex)’^{1,2,3,4)}를 유발시키는 것으로 소아의 응급질환의 하나인 살실성빈맥에 대한 치료로서 신생아 및 영아에서도 효과적으로 이용되는 방법이다^{5,6,7)}. 이 반사에는 1) 호흡정지, 2) 제 5 신경의 지배를 받는 안면의 냉수용체(cold receptor) 자극⁸⁾, 저산소증과 탄산과잉혈증 등에 의해 연수미주신경중추(medullary vagal center)를 자극하여 심장에 대한 강력한 미주신경자극을 유발시켜 발작을 멈추게 한다. 특히 안면 냉수용체가 가장 중요한 역할을 하는 것으로 되어있었다²⁾. 그러나 과거 보고에 의하면 단지 얼음물을 얼굴에 대주는 것으로는 FI과 호흡정지를 동시에 시키는 것에 비해 비효과적으로 알려져 있고 따라서 대부분의 임상연구에서는 얼음물을 대주는 것보다는 직접 FI 시키는 것을 권장하고 있다^{2,4,5,10)}. 그러나 본 연구자들이 예비실험을 통해 관찰한 바에 의하면 호흡을 메트로놈(metronome)으로 규칙적으로 조절하면서 얼음물을 얼굴에 대주면 심박수가 문헌에 보고되어 있는 FI 시켰을 때 보이는 정도로, 분당 10회까지도, 현저히 감소하는 것을 볼 수 있었다. 동시에 심박수 감소는 사람마다 많은 개인 차이가 있음을 알게되었다. 이러한 개인차에 대한 보고는 과거 문헌에도 충분히 연구되지 않았었다^{9,11)}. 최근에 RR 간격변이도(RR interval variability) 또는 심박수간격변이도(heart rate variability)의 파워스펙트럼(power spectrum)이 심장에 대한 역동적인 자율신경의 영향을 잘 반영하는 것으로 알려졌다. 특히 low frequency power(LFP : 0.03~0.15 Hz)는 Mayer 파(Mayer wave), 말초순환의 자동조절, 온도조절 등에 의한 혈압의 변화와 이와 연관된 압수용체 반사(baroreflex)에 의한 심박수의 변화 등을 나타내는 것으로 교감신경과 부교감신경이

모두 관여한다. 반면 high frequency power(HFP)는 동성호흡부정맥(respiratory sinus arrhythmia)의 정량화이며 부교감신경에 의존한다. 그리고 이들의 비율 (LFP/HFP)은 교감부교감신경의 상호작용(sympathovagal interaction)을 나타내는 것으로 알려져 있다^{12,13,14,15)}. 따라서 이를 이용하면 조절호흡시 안면을 얼음물로 자극할 때 자극 전후의 자율신경계의 변화를 알 수 있고 결과적으로 개인차에 관여하는 자율신경계의 상태를 파악할 수 있을 것으로 생각되었다. 이에 저자들은 1) 조절호흡시 안면을 얼음물로 자극하는 방법의 유용성을 밝히고, 2) 이것에 의한 자율신경계의 변화와 개인차가 어느 정도인지를 보이고, 3) 이 개인차에 관여하는 요소가 무엇인지를 밝히고자한다.

대상 및 방법

12~13세 되는 중학교 1, 2학년된 건강한 남학생 60명을 대상으로 하였다. 저자들은 조절되는 호흡수를 결정하고 얼음물로 자극하는 시간을 정하기 위해 미리 예비실험을 하였다. 그리고 이 예비실험에서 미리 충분한 설명을 하고 실제로 얼음물을 얼굴에 대주면서 호흡을 조절하는 것을 연습시켰다. 호흡수는 편안한 자세로 누운 상태에서 1분간 측정하였는데 그 평균치는 분당 15회였다. 그리고 얼음물 자극 시간을 1분으로 정하였는데 그 이유는 대개의 경우 얼음물 자극후 20~30초후 심박수가 최저로 떨어지고 그 후 저절로 심박수는 빨라져 계속 자극을 하는데도 불구하고 1분 정도면 거의 항상상태가 되었기 때문이다(Fig. 1). 주 실험과정은 다음과 같다. 모든 연구는 오전 10시에서 12시 사이에 조용하고 쾌적한 방에서 시행되었다. 처음 5분간 자율적인 호흡으로 그 다음 5분간은 메트로놈(Yamaha MP-60)으로 호흡을 분당 15회로 조절하면서 일호흡양(tidal volume)(Erich Jaeger, spirome-

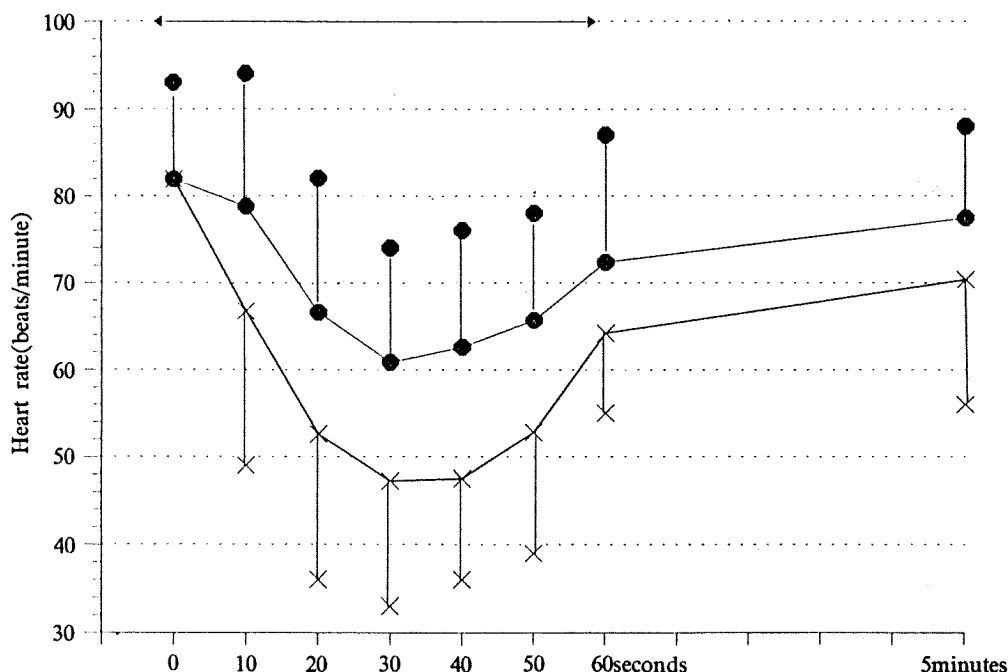


Fig. 1. Sequential change of consecutive 10 seconds-interval's average(●) and minimal heart rate(X) after ice water application to face during controlled respiration. Heart rate decreased to nadir 20 to 30 seconds after stimulation and began to recover despite continuous stimulation. The \longleftrightarrow represents duration of ice water application.

ter)을 측정하였다. 다음 학생들을 약 10분간 안정시키고 다시 5분간 메트로놈을 따라서 호흡을 시킨후 계속 같은 호흡상태에서 얼음물을 얼굴에 1분간 대준후 4분간 같은 호흡을 하게하였다. 얼음물로 자극하는 방법은 얼음과 약간의 물을 혼합하여 폴리에틸렌 주머니에 넣고 바깥쪽이 젖어 있게 한후 바깥 쪽 온도를 측정하였고(온도는 모두 1~2℃였고) 이를 얼굴에 대었을 때 그 빛의 피부온도를 측정하였으며(모두 16~19℃였음) 눈, 코, 이마, 귀를 일정하게 얼음물주머니로 덮었다. 얼음물로 자극하기 전 메트로놈으로 호흡만 조절하던 5분을 안정시로 하였고 얼음물로 자극한 1분을 포함한 나머지 5분을 자극후로 정하였다. 각각의 기간에서 호흡과 심전도(Kontron, Minimon 7134A), RR 간격(Arm, Accusync-12)을 연속적으로 측정하였다. 호흡과 심전도는 Pulse code modulator(Sony PCM-501 ES digital audio processor)와 비디오 카세트 레코더(Samsung SV-899)을 통해 비디오 테이프에 녹화시키고 RR 간격 자료는 미리 Borland C++로 제

작한 프로그램으로 Arcusync-12에서 심전도의 R을 찾아 PCL 718 아날로그 디지털 변환기에 보내지는 직각 펄스가 최저에서 최고의 1/2를 넘는 순간의 시간을 기억시켜 그 간격을 연산하여 구하였다. 안정시 심박수(HR_b)는 5분간의 심박수를 평균하여 구하였고 자극 후 최저 심박수(HR_{min})는 자극 후의 최소 심박수로 정하였고 이들의 차이를 최대감소 심박수(dHR_{max})로 정하였다. 자극 후 심박수 감소의 시간적 변화를 보기위해 자극후 10초 간격의 평균 심박수와 각 10초 동안의 최소 심박수를 구하여 이를 표시하였다(Fig. 1). 또한 이렇게 입력된 RR 간격 자료는 실시간 신호(real time signal)로 바꾸기 위해 100Hz로 선형보간(linear interpolation) 시킨 후 2 Hz 버터워스 저주파수 통과 필터(Butterworth low pass filter) 시킨 후 4 Hz로 다시 샘플링 하였다. 또 비디오 테이프에 수록된 호흡 신호는 PCL 718 아날로그 디지털 변환기에 의해 400Hz로 샘플링되었고 이를 역시 2Hz 저주파수 통과 필터 시킨 후 4 Hz로 다시 샘플링 하였다.

이 두 자료는 모두 DADisp signal processing package를 이용하여 1024 포인트(256초)를 추출하여 Hamming window를 취하고 파워 스펙트럴 밀도(power spectral density)를 구하였다. 호흡신호에서는 0.15Hz에서 한개의 뚜렷한 정점(peak)이 있었고 호흡주기범위(respiratory frequency range)를 쉽게 정할 수 있었다. 다음 RR 간격 자료도 같은 방법으로 파워 스펙트럴 밀도를 구하여 $0.03 \pm 0.15\text{Hz}$ 사이의 면적을 LFP로 정하고 호흡신호에서 구한 호흡주기범위의 면적을 구하여 이를 HFP로 정하였다. 자극전 과 자극후의 LFP, HFP를 LFP_b , LFP_a 로 HFP_b , HFP_a 로 각각 정하였다.

모든 자료는 평균 ± 1 표준편차로 나타내었다. 자극 전후의 차이는 paired student t-test를 이용하였고 $\text{HFP}_a/\text{HFP}_b$, dHRmax와 HFP_b , LFP_b , $\text{LFP}_b/\text{HFP}_a$ 간의 상관관계는 pearson correlation coefficient를 구하였다.

결 과

학생들의 평균 체중, 신장, 체표면적은 각각 $43.5 \pm 7.6\text{kg}$, $154 \pm 8.6\text{cm}$, $1.37 \pm 0.14\text{m}^2$ 였다. 자율적 호흡 및 조절 호흡시 일호흡량은 각각 0.55 ± 0.20 , 0.69 ± 0.22 liter/min였다($p=0.005$). 60명의 학생중 5명은 실험에 협조가 되지않았고 2명에서는 심실조기수축이 있어 제외되었다. 얼음물 자극후 심박수(HR_{\min})가 50회 이하로 감소한 학생중 23명에서는 5회 이상의 방실결절도파수축(nodal escape beat)이 있었다. 따라서 이들은 자극후 파워스펙트럴분석에

서는 제외되었다. 그러나 dHRmax의 계산에는 포함시켰다.

자극 전후의 심박수, LFP, HFP, LFP/HFP , 그리고 이들의 분포는 각각 Table 1, Fig. 1에 기술되어있다. 자극 전 안정시의 값들이 많은 개인차를 보이고 있다. 이는 안정시 미주신경긴장도 및 교감부교감신경 상호작용이 개인에 따라 많은 차이가 있음을 나타내는 것이다. 자극 후 심박수와 각 파워는 현저한 변화를 보이고 있다. 심박수는 앞에서 언급한 바와 같이 급격히 감소하기 시작하여 20~30후에 최저에 도달하였으며 자극이 계속되고 있는데도 불구하고 회복되기 시작하여 1분 후에는 거의 항상상태에 도달하는 것을 보여주고 있다(Fig. 1). 심박수 감소는 현저하여 dHRmax는 분당 39 ± 14 회($47 \pm 15\%$)나 되었다. 동시에 그 감소 범위는 분당 10~81회로 개인에 따라 차이가 많은 것을 보여주고 있다. HFP도 현저히 증가하여 그 증가배율($\text{HFP}_a/\text{HFP}_b$)은 평균 5.44 ± 2.62 였으며 그 범위도 $0.03 \sim 24.26$ 으로 넓었다. LFP/HFP 도 감소했다. 이러한 결과들은 조절호흡시 얼음물로 안면을 자극하면 미주신경긴장도의 극적인 증가를 유발시키며 동시에 증가되는 정도가 개인에 따라 많은 차이가 있는 것을 잘 보여준다.

Table 2는 HR_b , $\text{HFP}_a/\text{HFP}_b$, dHRmax와 HR_b , LFP_b , HFP_b , $\text{LFP}_b/\text{HFP}_b$ 간의 상관관계를 나타내주고 있다. 결과를 요약해보면 조절 호흡시 HR_b 는 안정시 미주신경긴장도(HFP_b)에 의존하며 상대적 부교감신경긴장도($\text{LFP}_b/\text{HFP}_a$)와는 크게 관계가 없는 것으로 보인다. 미주신경긴장도의 증가율

Table 1. Change of heart rate, low, high frequency power and their ratio before and after ice water application to face during controlled respiration

| | | Before IWAFCR mean \pm 1SD(range) | After IWAFCR mean \pm 1SD(range) | P |
|-------------------------|--------|--|---|--------|
| HR | (N=53) | $81 \pm 13(58 \sim 110)$ | $42 \pm 12(19 \sim 72)^*$ | 0.0001 |
| | | | $39 \pm 14(10 \sim 81)^{**}$ $47 \pm 15(16 \sim 81)\%^{***}$ | |
| LFP | (N=30) | $330 \pm 245(52 \sim 1016)$ | $907 \pm 795(159 \sim 3316)$ | 0.006 |
| HFP | (N=30) | $791 \pm 1061(56 \sim 4161)$ | $1890 \pm 1882(211 \sim 7258)$ | 0.0002 |
| LFP/HFP | (N=30) | $1.08 \pm 1.22(0.04 \sim 4.85)$ | $0.64 \pm 0.43(0.12 \sim 1.46)$ | 0.048 |

IWAFCR : ice water application to face with controlled respiration, 1SD : 1 standard deviation, HR : heart rate(beats/min), LFP : low frequency power(msec²), HFP : high frequency power(msec²).

* Minimum heart rate after stimulation, ** maximum heart rate decrement, *** percent of maximum decrease after stimulation.

(HFP_a/HFP_b)과 그것에 따른 최대감소(dHR_{max})는 안정시 미주신경긴장도에 의존하는 것을 보이며 상대적 교감신경긴장도(LFP_b/HFP_b)와는 크게 관련하지 않는 것으로 나타났다. 이 관계는 아래와

같은 예로 잘 표현된다. Fig. 3은 전형적인 현저한 심박수 감소를 보였던 경우이다. 안정시 심박수가 비교적 높고 4초간격의 심박수변화가 적고(Fig. 3 a*) 이는 HFP_b 가 작은 것, 즉 안정시 미주신경긴

Table 2. Correlation of basal heart rate and increased ratio of high frequency power, and maximum heart rate decrement after ice water application to face during controlled respiration with basal heart rate, logarithmic low frequency power, logarithmic high frequency power and low to high frequency power ratio

| | HR_b (N=53) | | HFR_a/HFP_b (N=30) | | dHR_{max} (N=53) | |
|---------------|---------------|--------|----------------------|--------|--------------------|--------|
| | r | p | r | p | r | p |
| HR_b | 1 | | 0.72 | 0.0001 | 0.59 | 0.0001 |
| $\log(LFP_b)$ | -0.57 | 0.0001 | -0.47 | 0.009 | | NS |
| $\log(HFP_b)$ | -0.71 | 0.0001 | -0.60 | 0.0004 | -0.41 | 0.0018 |
| LFP_b/HFP_b | | NS | | NS | 0.27 | 0.04 |

r : correlation coefficient, p : probability, NS : not significant.

HR_b : mean basal heart rate(beats/min) before ice water application to face during controlled respiration, LFP_b : low frequency power before stimulation, HFP_b : high frequency power(msec²) before application, HFP_a : high frequency power(msec²) after application, HFP_a/HFP_b : increased ratio of high frequency power after application, dHR_{max} (beats/min) : maximum decrease of heart rate.

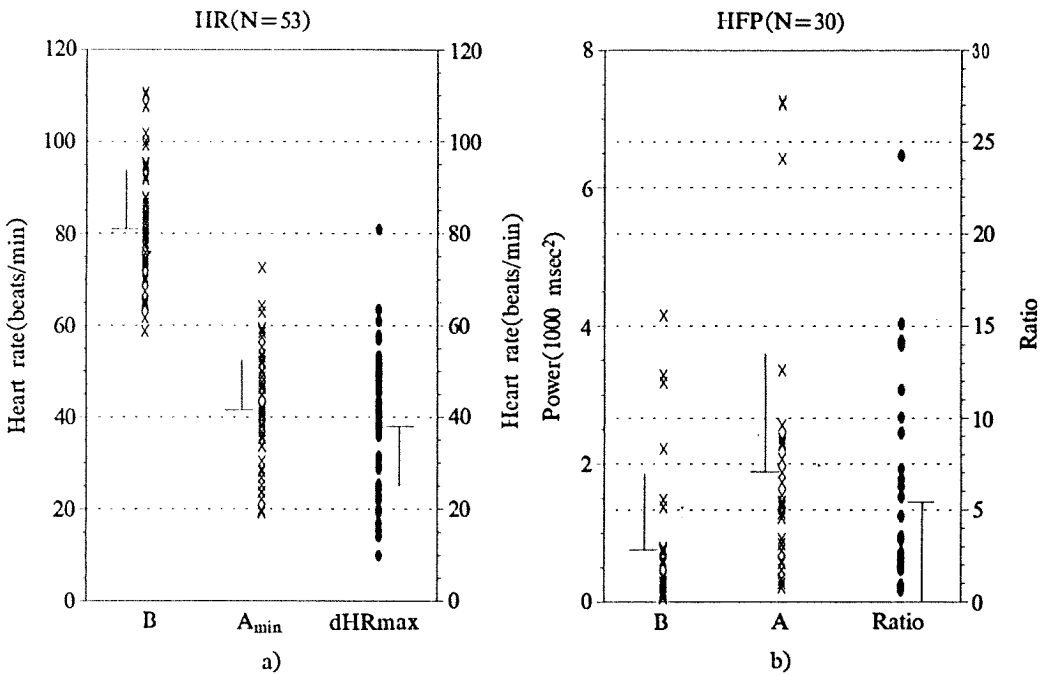


Fig. 2. a) Distribution of basal(B) heart rate and minimal heart rate(A_{min}) and maximum heart rate decrement (dHR_{max}) after ice water application to face during controlled respiration. b) Distribution of high frequency power(HFP) before(B) and after(A) stimulation and increased ratio of high frequency power after application(Ratio). This figure shows wide spectrum of heart rate and vagal tone before stimulation and also wide individual variability of increase of heart rate decrement and vagal tone after stimulation. The straight line represent mean and 1 standard deviation of each data.

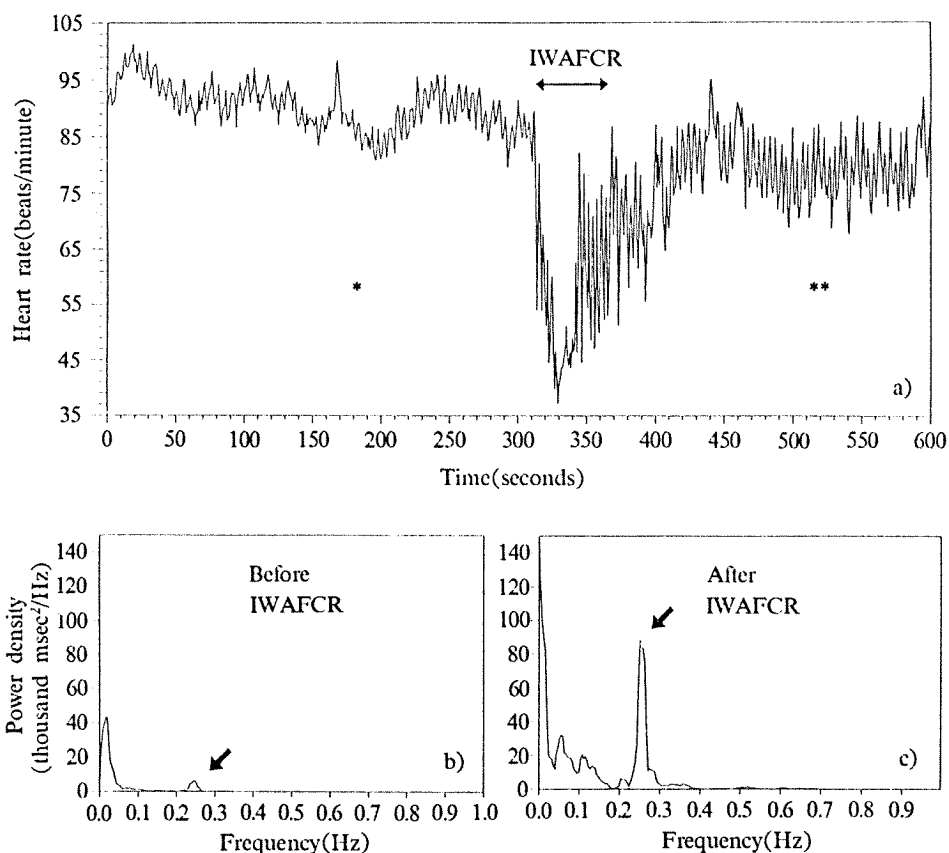


Fig. 3. a) Time series(600 seconds) of instantaneous heart rate before and after ice water application to face during controlled respiration(IWAFCR) in one of the most bradycardial responders. The \longleftrightarrow represents duration of ice water application to face. b) The power spectral density curve of RR interval variability of heart rate time series in a) before application. c) Same density curve after application. The density curve was smoothed by 5 point moving average for good illustration. Before ice water application, there are relatively small heart rate variability of 4 seconds' period and high heart rate(a. *) and high frequency power(b. arrow). After ice water application to face the marked increase of heart rate variability of 4 seconds' period and the severe bradycardia(a. **) and dramatic increase of high frequency power(c. arrow) were observed.

장도가 작은 것, 으로 나타나 있다(Fig. 3b). 이러한 아이에게 얼음물로 자극을 시키니 현저한 서맥과 4초간격의 심박수변화가 현저히 증가하였고(Fig. 3 a**) 이는 HPF_a가 현저히 증가한 것, 즉 미주신경긴장도가 현저히 증가한 것으로 나타났다(Fig. 3c). Fig. 4는 심박수감소가 현저하지 않은 경우이다. 앞의 경우 보다 안정시 심박수가 비교적 작고 4초간격의 심박수변화가 비교적 크며(Fig. 4a*) 이는 HFP_b(안정시 미주신경긴장도)가 큰 것으로 나타나 있다(Fig. 4b). 자극을 시켰더니 심박수감소, 4초간격의 심박수변화가 거의 없으며(Fig. 4a**) 이는

HFP_a가 오히려 감소한 것으로 나타났다(Fig. 4c).

고 안

조절호흡시 얼음물로 자극을 시키는 것은 현저한 미주신경긴장도의 증가와 함께 극적인 서맥을 가져왔다. 최고심박수 간격은 분당 39 ± 14 회, 20~30초사이의 평균 심박수감소는 분당 21 ± 14 회였다. 과거 문헌에 보고되었던 것과 비교하면 단순히 얼굴에 얼음물을 자극시켰을 때 나타나는 서맥보다 현저히 컸고 FI시켰을 때와 비슷하거나 더 큰 서

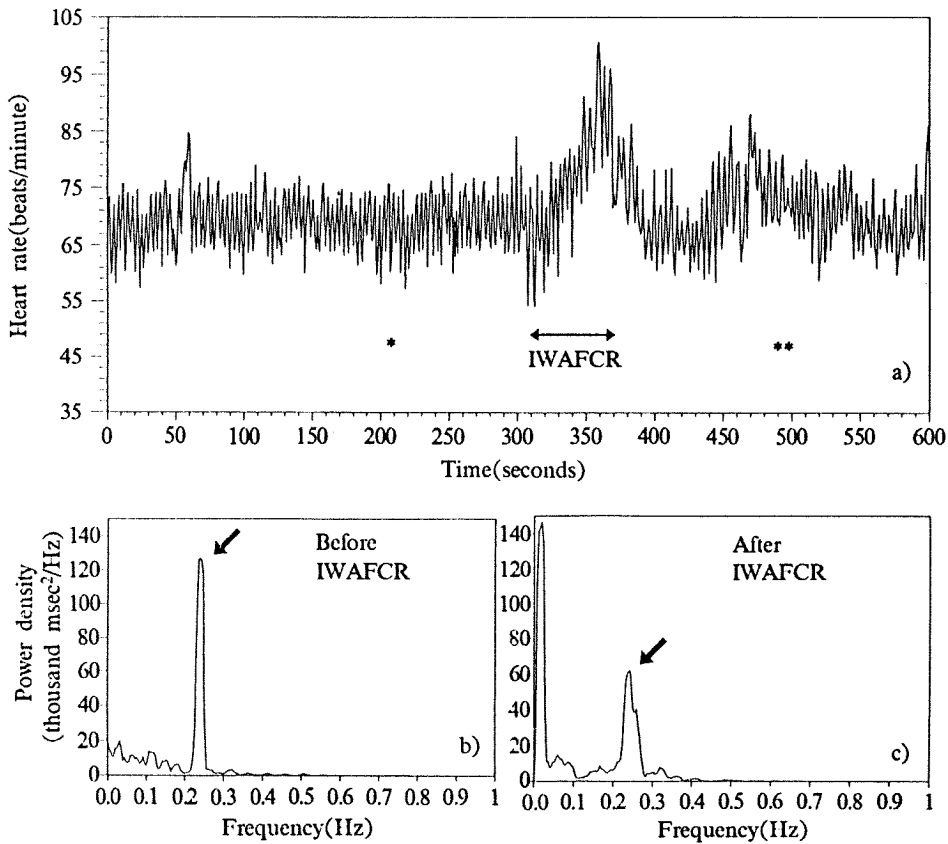


Fig. 4. a) Time series(600 seconds) of instantaneous heart rate before and after ice water application to face during controlled respiration(IWAFCR) in one of the poor bradycardial responders. The \longleftrightarrow represents duration of ice water application to face. b) Power spectral density curve of RR interval variability of heart rate time series in a) before application. c) Same density curve after application. In contrast to Fig. 3 there were relatively large basal heart rate variability of 4 seconds' period and low heart rate(a. *) and high frequency power spectrum(b. arrow). There was no significant change of heart rate variability of 4 seconds' period and no bradycardia(a. **) and rather slightly decrease in power spectrum of high frequency(c. arrow) after ice water application.

맥을 유발하였다^{1,2,4}). 미주신경의 자극은 너무나 강하여서 43% (23/53)의 아이에서 심한 서맥에 동반하여 5회이상 빈발하는 nodal escape beat가 생길 정도였다. 메트로놈으로 호흡을 규칙적으로 조절하면 일정한 호흡주기를 만들어 대뇌의 호흡중추¹⁶, 폐수용기(lung receptor)¹⁷에 의해 심운동중추(cardiomotor center)를 더욱 효과적으로 자극시키고, 동시에 압수용체의 민감도¹⁸가 충분히 발현되어 미주신경의 자극이 극대화되고 상대적으로 교감신경긴장도는 억제된다. 자율호흡보다 증가된 일호흡양도 한가지 요인이 될 수 있다. 이러한 상태에서 다른 형태의 미주신경자극(여기서는 얼음

물을 얼굴에 대는 것)을 주면 상승작용(synergistic effect)을 나타내어 각각을 자극하는 것보다 현저히 자극되는 것 같다. 앞에서 언급하였지만 심박수는 자극후 20~30초후에 가장 크게 떨어지므로 이러한 방법으로 자극을 시킬 때는 최소 30초 이상을 자극해야할 것 같다. 저자는 이 방법이 만약 아이가 조절 호흡을 할 수 있는 나이라면 종래의 FI보다 더욱 안전하고 더욱 효과적이라고 생각한다.

일반적으로 안정시 심박수는 내인성 동결절 기능 그리고 교감신경등에 의해 영향을 받기 때문에 미주신경긴장도와와의 상관이 뚜렷하지는 않다고 알려져있다¹⁹). 그러나 조절호흡을 하는 경우는 앞에

기술했던 이유로 미주신경긴장도가 교감신경긴장도를 압도하기 때문¹⁷⁾에 본 연구의 결과와 같이 안정시 심박수(HR_b)가 미주신경긴장도(HFP_b)에 밀접하게 의존하게 되는 것 같다($r = -0.71$, $p = 0.0001$)

조절호흡시 얼음물로 자극하면 미주신경긴장도(HFP)의 현저한 증가와 극적인 서맥이 나타나는 것은 확실하지만 여기에는 많은 개인차이가 있었다. 미주신경긴장도의 증가율(HFP_a/HFP_b)이 $0.63 \sim 24.26$, 최대감소(dHR_{max})가 분당 $10 \sim 80$ 회인 것이 이를 잘 나타내주고 있다. 그러면 무엇이 이러한 개인 차이를 생기게 하는 것일까? 여기에 대해 조사한 문헌은 극히 적는데 Finley⁹⁾는 FI 시키기 전에 운동이나 isoproterenol로 심박수를 증가시키면 심박수가 더 크게 감소했다고 보고한 적이 있다. 그는 그 이유를 교감부교감신경상호작용으로 설명하였는데 즉 미주신경이 자극되면 단순한 미주신경긴장도의 증가 뿐만 아니라 동시에 교감신경의 억제를 동시에 가져온다. 따라서 운동이나 약물로 교감신경긴장도가 증가되어있는 상태에서 미주신경을 자극하면 미주신경의 증가 이외에 증가되어있는 교감신경긴장도를 같이 억제시키기 때문에 심박수가 더욱 감소할 것이라는 가설을 세웠다. 그러나 그의 복잡하고 침습적인 실험조건으로 미주신경긴장도 또는 교감부교감신경상호작용에 대한 정량적인 분석이 불가능하였기 때문에 이를 증명할 수 없었다. 이러한 면에서 볼 때 심박수변화의 파워스펙트럴분석은 아주 유용하면서도 정확한 방법이 아닐 수 없다. 본 연구에서는 미주신경긴장도의 증가율(HFP_a/HFP_b)과 최대심박수감소(dHR_{max})는 안정시의 미주신경긴장도($\log(HFP_b)$)와 역상관계가 있음($r = -0.6$, $p = 0.0004$, $r = -0.41$, $p = 0.0018$)이 증명되었다. 따라서 이러한 개인차가 생기게 하는 결정적인 요소는 안정시 미주신경긴장도의 크기라고 볼 수 있다. 따라서 조절 호흡상태에서 안정시 미주신경긴장도가 큰 아이에서는 심박수가 높고 이러한 아이를 자극하면 더 이상의 미주신경긴장도의 증가가 크지 못하여 심박수감소가 그리 크지 못하고 반면 안정시 긴장도가 작은 아이에서는 자극시 미주신경긴장도의 증가배율이 현저하여 결국 심박수감소가 크게 된다. 미주신경긴장도의 증가율(HFP_a/HFP_b)은 안정시

LFP_b/HFP_b 과 무관하고 최대감소(dHR_{max})는 아주 약하게 상관관계가 있는($r = 0.27$, $p = 0.04$) 것으로 나타났다. 따라서 Finley⁹⁾가 제기하였던 안정시 교감부교감신경상호작용이 가장 중요한 역할을 할 것이라는 가설을 받아 들이기는 어렵다. 그 이유는 아마도 조절 호흡상태에서 상호작용은 이미 미주신경이 압도하는 쪽으로 기울었기 때문일 것이다.

요 약

연구배경 및 목적 :

조절호흡을 시키면서 얼음물을 얼굴에 대어 자극시켰을 때 미주신경의 자극 및 심박수의 감소가 종래의 단순히 얼음물을 얼굴에 대는 것 또는 얼굴을 찬물에 담그는 것 등에 비해 효과적인지를 알아보고 이 방법으로 자극시켰을 때 개인적인 차이가 심하게 생기는지 여부와 만약 차이가 심하다면 그것에 관계하는 요소가 무엇인지를 알아보고자 한다.

연구방법 :

12~13세 사이의 60명의 건강한 남학생을 대상으로 메트로놈으로 조절호흡을 시키면서 얼음물을 얼굴에 대어 미주신경자극을 유발시켰고 자극 전후 심박수 변화 그리고 심박수변이성의 파워스펙트럴 분석을 통해 LFP, HFP, LFP/HFP의 변화를 관찰하였고 자극 후 최대심박감소(dHR_{max}) 및 미주신경긴장도 증가율(HFP_a/HFP_b)과 안정시 미주신경긴장도(HFP_b), 안정시 교감부교감신경 상호작용(LFP_b/HFP_b) 간의 상관관계를 구하였다.

연구결과 :

자극 후 최대심박수감소(dHR_{max})는 분당 39 ± 14 회($10 \sim 81$)였고 HFP_a/HFP_b 는 5.44 ± 5.62 ($0.03 \sim 24.26$)로 미주신경긴장도의 현저한 증가와 심박수의 현저한 감소가 있으면서 ($p = 0.0001$) 동시에 많은 개인차이를 보이고 있었다. 미주신경긴장도 증가율(HFP_a/HFP_b)은 $\log(HFP_b)$ 과 역상관계($r = -0.60$, $p = 0.0004$), 최대심박수감소(dHR_{max})는 $\log(HFP_b)$ 에 역상관관계를 보였다($r = -0.41$, $p = 0.0018$).

연구결론 :

조절호흡시 얼굴에 얼음물을 대주는 것으로 종래의 얼굴을 찬물에 담그는 것보다 안전하고 효

과적인 미주신경자극 방법이다. 이 방법으로 자극했을 때 그 반응에는 많은 개인차가 있었는데 안정시 미주신경긴장도의 크기가 이 개인적인 차이에 크게 관여한다.

References

- 1) Paulev PE : *Cardiac rhythm during breath holding and water immersion in man. Acta Physiol Scand* 73 : 139-150, 1967
- 2) Kawakami Y, Natelson BH, Dubois AB : *Cardiovascular effects of face immersion and factors affecting diving reflex in man. J Appl Physiol* 23 : 964-970, 1967
- 3) Heistad DD, Abboud FM, and Eokstein JW : *Vasomotor response to simulated diving man. J Appl Physiol* 25 : 542-549, 1968
- 4) Hunt NG, Whitaker DK, Willmott NJ : *Water temperature and the "diving reflex". Lancet* 8 : 572, 1975
- 5) Sreeram N, Wren C : *Supraventricular tachycardia in infants : response to initial treatment. Arch Dis Child* 65 : 127-129, 1990
- 6) Whiteman V, Friedman Z, Berman W, and Maisels MJ : *Supraventricular tachycardia in newborn infants : an approach to therapy. J Pediatr* 91 : 304-305, 1977
- 7) Sperandeo V, Pieri D, Palazzolo P, Donzelli M, and Spataro G : *Supraventricular tachycardia in infants : use of "diving reflex". Am J of Cardiol* 51 : 286-287, 1983
- 8) Andersen HT : *The reflex nature of physiological adjustments to diving and their afferent pathway. Acta Physiol Scand* 58 : 263-273, 1962
- 9) Finley JP, Bonet JF, and Waxman MB : *Autonomic pathways responsible for bradycardia on facial immersion. J Appl Physiol* 47 : 1218-1222, 1979
- 10) Moore TO, Lin YG, Lally DA, and Hong SK : *Effects of temperature immersion and ambient pressure on human apneic bradycardia. J appl Physiol* 33 : 36-41, 1972
- 11) Yonce LR, and Folkow B, and Hill C : *The integration of the cardiovascular response to diving(editorial). Am Heart J* 79 : 1-4, 1970
- 12) Pagani M, Lombardi F, Guzzetti S, Rimoldi O, Furlan R, Pizzinelli P, Sandrone G, Malfatto G, 'Orto SD, Piccaluga E, Turiel M, Baselli G, Cerutti S, and Malliani A : *Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. Circ res* 59 : 178-193, 1986
- 13) Akselrod S, Gordon D, Ubel FA, Shannon DC, Barger AC, Cohen RJ : *Power spectrum analysis of heart rate fluctuation. A quantitative probe of beat to beat cardiovascular control. Science* 213 : 220-222, 1981
- 14) Pomeranz B, Maculay RFB, Caudill MA, Kutz I, Adam D, Gordon D, Kilborn KM, Barger AC, Shannon DC, Cohen RJ, and Benson H : *Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. Am J Physiol* 248 : H151-H153, 1985
- 15) Akselrod S, Gordon D, Madwed JB, Snidman NC, Shannon DC, and Cohen RJ : *Hemodynamic regulation : investigation by spectral analysis. Am J Physiol* H867-H875, 1985
- 16) Hirsh JA, Bishop B : *Respiratory sinus arrhythmia in humans : how breathing pattern modulates heart rate. Am J Physiol* 241 : H620-H629, 1981
- 17) Gootman PM, Cohen MI : *Inhibitory effects on fast sympathetic rhythms. Brain Res* 270 : 134-136, 1983
- 18) Eckerb DL, Kifle YT, Robert VL : *Phase relationship between normal human respiration and baroreflex responsiveness. J Physiol* 304 : 489-502, 1980
- 19) Eckerb : *Human sinus arrhythmia as an index of vagal cardiac output. J Appl Physiol* 54 : 961-966, 1983