

저항운동 트레이닝이 흡연남성의 심장 자율신경시스템에 미치는 영향

김맹규* · 김춘섭(경북대학교)

본 연구는 8주간의 고강도 및 저강도 저항트레이닝이 습관성 흡연자의 자율신경에 미치는 영향을 조사하기 위한 목적으로 수행되었다. 건강하고 젊은 남성 흡연자 28명을 대상으로 통제군(Control), 저강도 저항트레이닝군(LRT, 50% 1RM, 10-rep, 2-set), 고강도 저항트레이닝군(HRT, 70% 1RM, 10-rep, 2-set)으로 각각 무작위 배정하였으며, 모든 실험군은 평소 흡연습관을 유지한 상태로 8주 동안 실시하되, 운동군은 저항트레이닝 머신을 이용하여 상체 4종목, 하체 4종목의 진신 저항트레이닝을 수행하였다. 최소 20분간의 안정 후 처지 전·후 신체조성을 포함한 혈액학적 변인을 측정하였고, 심장의 자율신경계 측정 및 등속성기기를 이용하여 슬관절(부하속도 60, 180, 240 deg/sec)의 굴곡과 신전에 대한 관절의 근력(peak torque, 최대회전력)의 변화를 평가하였다. 결과는 다음과 같다. 8주간의 저항트레이닝은 통제군에 비해 운동군에서 등속성 근력 및 1RM의 유의한 증가를 가져왔으며, 심박변이도의 spectral 지표 중 부교감신경활동을 반영하는 HF가 통제군에 비해 HRT에서 유의하게 증가하였다. 또한 교감-미주신경 밸런스에서 교감신경활동 우세를 반영하는 LF nu는 통제군에 비해 HRT에서 유의하게 감소한 반면, 부교감신경활동 우세를 반영하는 HF nu는 통제군에 비해 HRT에서 유의하게 증가하였다. HF, HF nu, LF nu의 변화량은 등속성 근력의 변화량과 정적 관련성을 나타내었다. 이상의 결과는 젊은 흡연남성에 있어서 8주간의 고강도 저항트레이닝은 근력의 증가와 함께 안정 시 교감신경억제 및 부교감신경활성화를 통해 자율신경밸런스의 향상에 기여하였음을 시사한다. 따라서 근력향상을 동반한 고강도의 저항트레이닝 프로그램은 담배흡연으로 인한 교감신경 활성화 및 부교감신경저하 즉 자율신경불균형의 개선에 도움이 될 것으로 판단된다.

주요어: 담배흡연, 자율신경시스템, 심박변이도, 저항트레이닝

서 론

미국질병통제예방센터(Centers for Disease Control and Prevention)의 2013년 보고에 의하면 지난 20년간 흡연율이 감소하고 있음에도 불구하고 43,800,000명의 미국인이 흡연자이며 이들 중 매년 440,000명이

흡연으로 인해 사망하는 것으로 나타났으며(CDC, 2013), 국내 통계청 조사에서도 국내 성인남성의 흡연율은 44.9%로 OECD 국가 중 가장 높은 것으로 보고되어있다(통계청, 2012). 실제 흡연은 인체 산화스트레스 및 염증반응을 촉발하여 내피세포와 혈소판의 기능에 악영향을 미치고(Ambrose & Barua, 2004) 교감신경의 과잉활동을 유발하여 심장자율신경시스템의 불균형 및 기능감소의 원인이 된다(Middlekauff et al., 2014). 특히 교감신경활동과잉과 함께 부교감신경저하로 유발된 자율신경불균형은 심혈관질환을 포함한 다양한 병적상태와 관련한다(Thayer et al., 2010).

논문 투고일 : 2015. 08. 12

논문 수정일 : 2015. 09. 30.

논문 확정일 : 2015. 10. 07.

* 저자 연락처 : 김맹규(kimmk@knu.ac.kr).

이 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2013S1A5A8024009).

한편 심박변이도(heart rate variability, HRV)는 비침습적이며 비용효율적 기법으로 표준측정과 분석에 관한 가이드라인(Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996)이 발표되면서 자율신경모니터링을 위해 광범위하게 이용되고 있다. 실제 Framingham Heart Study에서 분석 가능한 2501명의 성인남녀를 대상으로 약 3.5년간의 진행연구를 통해 HRV parameter가 심장사고의 강력한 예측인자임을 입증하였다(Tsuji et al., 1996).

흡연은 급성적으로 HRV에 영향을 미치는 데 Hayano 등은 흡연 3분 후 호흡동성부정맥(respiratory sinus arrhythmia, 0.25 Hz) 즉 부교감신경활동을 반영하는 Power spectrum의 고주파성분(high-frequency, HF; 0.15-0.4 Hz)과 미주신경활동 지수가 유의하게 감소한 반면 10~17분 동안 마이어파 동성부정맥(Mayer wave sinus arrhythmia) 즉 power spectrum의 저주파성분(low-frequency, 0.04~0.15 Hz)의 증가가 나타났음을 보고하였다(Hayano et al., 1990). 또한 흡연자는 만성적으로도 비흡연자에 비해 HF의 저하와 함께 sympathovagal balance에서 우세한 교감신경활동을 반영하는 LF/HF ratio의 수준이 높게 나타났다(Dinas et al., 2013). 즉 이러한 연구결과들은 생체신호의 생리학적 해석을 통해 담배흡연이 급성 또는 만성적으로 자율신경불균형을 초래한다는 사실을 규명하였다.

한편 흡연뿐만 아니라 비만 및 내당능 장애 등의 생리적 위험 요인들은 심장자율신경계의 감손에 직접적으로 관련한다(Thayer et al., 2010). 1990년 미국스포츠의학회(American College of Sports Medicine, ACSM)는 전 연령의 건강한 성인들을 위한 포괄적인 체력향상프로그램에 저항트레이닝이 중요한 요소임을 발표하였다. 실제 저항트레이닝은 비만예방 및 체중조절, 근력 향상을 통해 기초대사율(basal metabolism)을 증가시키며 당뇨병 등 만성질환의 예방 및 개선에 중요한 역할을 한다(Williams et al., 2007). 따라서 심장자율신경기능의 향상을 위한 중재요법으로서 저항트레이닝의 직접적인 효과를 검증할 필요성이 있다. 일회성의 급성 저항운동은 유산소운동에 비해 HRV를 큰 폭으로 감소시키며 40~80% 1RM(one-repetition maximum)

의 급성 저항운동은 운동종료 후 15~90분까지도 미주신경저하가 관찰된다(Kingsley & Figueroa, 2014). 그러나 만성적인 저항트레이닝은 자율신경조절에 긍정적인 효과를 미치는 데 특히 근통증, 근력감소 및 자율신경장애를 유발하는 섬유근육통(Fibromyalgia)을 가진 여성에서 50~80% 1RM의 전신 저항트레이닝을 16주간 처치한 결과 근력의 향상과 함께 HRV power spectrum의 총 활성도 및 부교감신경활동 반영지수(HF 및 rMSSD)의 유의한 증가가 나타났으며(Figueroa et al., 2007), 근력 저하 및 자율신경 기능장애를 야기하는 만성폐쇄성폐질환(Chronic obstructive pulmonary disease, COPD) 환자를 대상으로 총 24회에 걸친 60%에서 80% 1RM의 점진적 저항트레이닝은 심폐기능 및 등속성 근력의 향상과 동시에 자율신경조절의 총 활성도를 반영하는 HRV의 시간영역 지수 SDNN과 Power spectrum의 고주파 영역을 증가시킴으로서 부교감신경활성화에 기여하는 것으로 나타났다(Ricci-Vitor et al., 2013).

그럼에도 불구하고, 만성적으로 교감신경의 과잉활동에 의한 자율신경불균형을 야기하는 습관성 흡연자에 있어서 저항트레이닝이 심장의 자율신경계에 미치는 영향을 규명하고자 한 임상적 시도는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 흡연을 통한 자율신경계의 악화가 저항운동트레이닝을 통해 가역적으로 향상(교감신경활성 저하 및 부교감신경활성의 향진) 될 수 있는가에 관한 의문점을 규명하기 위해, 흡연 남성에 있어서 저항운동트레이닝이 심장의 자율신경계에 미치는 영향을 살펴보고 나아가 서로 다른 강도의 저항운동트레이닝을 직접비교함으로써 흡연자의 자율신경시스템 향상에 보다 효율적인 운동모드를 탐색하는 데 그 목적을 둔다.

연구방법

연구 참여자 및 집단분류

미국스포츠의학회(American College of Sports Medicine, ACSM)의 신체활동준비설문지(physical

activity readiness questionnaire) 및 미국심장협회 (American Heart Association, AHA)의 건강/체력 시설참여 전 검진설문지(ACSM, 2013)를 통해 명백한 심혈관질환이 없으며 습관성 흡연자로서, 원활한 운동트레이닝 수행을 위해 정형외과적 문제가 없는 건강한 남성 28명이 본 연구에 참여하였다. 본 연구는 경북대학교 윤리위원회의 승인(승인번호: 2014-0066) 하에서 수행되었으며 본 연구의 취지 및 수반되는 위험을 미리 고지하고 자발적 참여에 관한 동의서에 서명을 받았다.

각 집단은 통제군(Control group; n = 8) 및 저강도-저항운동군(low-intensity resistance training

group, LRT; n = 10) 그리고 고강도-저항운동군(high-intensity resistance training group, HRT; n = 10)으로 무작위 배정하였으며 모든 참가자는 안정 시 HRV 저하를 유발하는 고혈압(Schroeder et al., 2003)이 없는 정상혈압에 흡연상태(smoking status)는 3년 이상 일일 10개비 이상 담배흡연습관을 가진 자로서 흡연기간 및 일일 흡연횟수 그리고 담배의존도검사(cigarette dependence scale-12, CDS-12) 결과 각 집단 별 유의한 차이는 나타나지 않았다. 또한 집단 간 연령 및 체질량지수(body mass index, BMI)에 통계적인 차이는 없었다(표 1).

표 1. Changes in Clinical characteristics after 8-week

Variables	Control (n = 8)	LRT (n = 10)	HRT (n = 10)	p-values
Smoking Status				
Smoking duration (month)	83.63 ± 14.24	65.22 ± 8.23	68.40 ± 8.09	0.422
Cigarettes per day (number)	15.00 ± 2.67	11.89 ± 1.55	13.40 ± 1.44	0.519
Cigarette dependence scale-12 (score)	39.13 ± 3.63	34.25 ± 1.32	35.40 ± 2.35	0.380
At baseline				
Age (years)	24.00 ± 0.80	24.20 ± 0.94	24.00 ± 0.60	0.978
Height (cm)	178.63 ± 2.26	175.41 ± 0.98	174.53 ± 1.84	0.246
Weight (kg)	73.09 ± 2.99	67.11 ± 2.33	73.86 ± 2.60	0.146
Body mass index (kg/m ²)	22.94 ± 1.00	21.81 ± 0.73	24.32 ± 1.01	0.156
Waist circumference (cm)	78.94 ± 1.57	77.84 ± 2.10	84.02 ± 2.58	0.113
Body fat percentage (%)	18.65 ± 2.02	19.08 ± 1.37	20.87 ± 1.96	0.650
Systolic blood pressure (mmHg)	110.75 ± 3.42	112.20 ± 3.71	111.80 ± 2.97	0.956
Diastolic blood pressure (mmHg)	72.13 ± 2.42	72.70 ± 3.48	72.60 ± 3.19	0.991
Mean arterial pressure (mmHg)	85.00 ± 2.54	85.87 ± 3.41	85.67 ± 2.95	0.980
Exhaled carbon monoxide (ppm)	8.69 ± 1.53	5.55 ± 1.33	5.90 ± 1.60	0.311
Carboxyhemoglobin (%)	2.04 ± 0.25	1.53 ± 0.21	1.59 ± 0.26	0.303
Amounts of change after 8-weeks				
Δ Height (cm)	0.08 ± 0.17	0.10 ± 0.10	0.39 ± 0.09	0.133
Δ Weight (kg)	0.11 ± 0.31	0.93 ± 0.40	1.82 ± 0.57	0.053
Δ Body mass index (kg/m ²)	0.01 ± 0.07	0.28 ± 0.13	0.47 ± 0.19	0.125
Δ Waist circumference (cm)	0.69 ± 0.32	-0.78 ± 0.40	-0.39 ± 0.60	0.109
Δ Body fat percentage (%)	0.24 ± 0.79	-1.50 ± 0.49	0.07 ± 0.51	0.083
Δ Systolic blood pressure (mmHg)	-6.00 ± 2.49	-6.20 ± 3.10	-5.10 ± 3.64	0.966
Δ Diastolic blood pressure (mmHg)	0.00 ± 3.32	-8.90 ± 4.37	-5.60 ± 3.16	0.273
Δ Mean arterial pressure (mmHg)	-2.00 ± 2.77	-8.00 ± 3.73	-5.43 ± 3.16	0.472
Δ Exhaled carbon monoxide (ppm)	3.19 ± 2.45	-0.60 ± 1.40	-0.85 ± 1.71	0.263
Δ Carboxyhemoglobin (%)	0.53 ± 0.39	-0.19 ± 0.23	-0.21 ± 0.32	0.215

Values are means ± SE.

LRT, low-intensity resistance training group; HRT, high-intensity resistance training group

Data is analyzed using one-way ANOVA followed by Bonferroni post hoc test

Statistically significant differences at p value < .05

연구 절차

모든 참가자는 신체조성 및 혈압 그리고 자율신경검사 및 근력측정 후 LRT와 HRT 집단은 웨이트 머신을 이용한 다른 강도의 저항트레이닝을 8주간 수행하였다. 모든 집단은 평소 자신의 흡연습관을 그대로 유지하도록 하였다. 젊은 남성에서 60% 1RM의 급성 저항트레이닝 후 교감신경의 과활성화와 부교감신경 저하가 48시간 동안 지속되었다는 보고(Chen et al., 2011)에 따라 저항운동의 급성적 효과를 배제하기 위하여 사후 측정은 최종 트레이닝의 날로부터 48시간 경과 후 수행하였다.

검사 항목

1) 신체조성평가

참가자들은 전일 공복 후 속옷을 제외한 의복을 탈의하고 맨발상태로 자동신장·체중계(Model GL-150; G-Tech International., South Korea)를 이용해 신장과 체중을 각각 2회에 걸쳐 측정 후 평균값을 채택하였고, 측정된 신장·체중 값을 이용해 BMI를 산출하였다(체중 kg/신장 m²). 줄자를 이용해 엉덩이 둘레와 배꼽 위치에서 허리둘레를 측정하였고 측정된 값을 이용해 허리/엉덩이 비(Waist/Hip ratio, WHR)를 산출하였으며 생체전기저항분석법(bioelectrical impedance analysis, BIA)에 의한 인바디(InBody 720, Biospace, Seoul, Korea) 체조성기를 이용하여 체지방율을 측정하였다.

2) 혈압측정

12시간 공복 상태로 20분 이상 실험실 안정 후 앉은 자세로 자동혈압측정기(Beurer BM16®; Beurer GmbH, Ulm, Germany)를 이용해 측정시간 간격을 3분으로 안정 시 평균 심박수(mean heart rate, mean HR)와 함께 수축기혈압(systolic blood pressure, SBP) 및 확장기혈압(diastolic blood pressure, DBP)을 2회에 걸쳐 측정하였다. 측정값의 오차가 10 mmHg 이상일 경우 1회 더 측정하여 오차 값이 적은 2개 값 중 낮은 값을 자료로 이용하였다. 채택된 SBP 및

DBP 값을 바탕으로 평균동맥압(mean arterial pressure, MAP = 1/3(SBP) + 2/3(DBP))을 산출하였다.

3) 호기 일산화탄소 및 일산화탄소 헤모글로빈의 포화도 측정

흡연측정기(piCO+Smokerlyzer, Bedfont Scientific Ltd., Kent, United Kingdom)를 이용해 호기 내 일산화탄소(carbon monoxide, CO) 및 일산화탄소 헤모글로빈(carboxyhemoglobin, COHb)의 포화도를 측정하였다(Lewis et al., 2010). 구체적으로 각 참가자는 깊게 흡기 후 호기가스가 유출되지 않도록 측정기에 부착된 마우스피스를 입술에 밀착한 상태로 10초 이상 최대 호기하도록 지시하였다. 총 2회 측정 후 CO의 측정치가 1 ppm 이상일 경우 3회까지 측정하고 평균값을 채택하였다.

4) HRV 검사

오전 9시-11시 사이에 최소 8시간 이상 금식(overnight fasting) 후 측정하였으며, 흡연은 2시간 전부터 금지시켰다. 또한, 검사 전 24시간 동안은 과격한 운동과 카페인 및 알코올의 섭취를 금지하였다. 측정 시에는 조용하고 약간 어두운 방에서 온도는 22~24℃의 환경을 조성하였으며 심호흡이나 혼합된 자극이 있는 상태는 진폭을 증가시키므로 가급적 제한하였다. 최소 15-20분 이상 누운 자세에서 안정 후 집게 전극(Clip Electrode, Metal Spring, Laxtha Inc., Korea)을 사지에 부착하고 표준 3채널 전산화 심전도 측정 및 분석시스템(LXC3203, Laxtha Inc., Korea)을 이용하여 5분간 R-R interval을 beat-by-beat로 기록하였으며, 전용 소프트웨어(TeleScan S/W & HRV-Addon, Laxtha Inc., Korea)를 통해 시간영역의 주요 parameter(SDNN, rMSSD, pNN50)를 산출하고, 파워스펙트럼밀도(power spectral density, PSD) 분석 시에는 고속 푸리에 변환(fast Fourier transform, FFT)을 적용하여 Power spectrum의 주요 주파수 성분을 추출하였다(김춘섭과 김맹규, 2014). 5분 간 기록된 R-R interval의 표준편차로 계산되는 SDNN은 total spectral power(TP)와 함께 ANS의 총 활성도를 반영하는 지표로 해석하였다. 연속적인 R-R interval

의 차이의 평균 제곱근으로 산출하는 rMSSD와 50 millisecond(ms) 이상의 차를 가진 연속적인 R-R interval의 비율로 정의되는 pNN50는 HF와 함께 부교감신경활동의 단독지표로 활용하였으며, 교감과 부교감신경의 혼합지수인 LF와 HF의 비율(LF/HF ratio) 및 LF의 정규화 값(normalized units of LF, LF nu)은 교감-미주밸런스(sympathetic-vagal balance)에서 교감신경의 우세한 활동을 반영하는 지표로 이용한 반면, HF의 정규화 값(normalized HF)은 부교감신경활성화의 지표로 평가하였다(Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

5) 등속성 근력검사

등속성 근력 측정기기 Humac Norm isokinetic dynamometer(Computer Sports Medicine, Inc., Stoughton, Massachusetts, USA)를 이용해 부하속도 60, 180, 240 deg/sec에서 슬관절의 굴곡(flexion)과 신전(extension)에 대한 최대회전력(peak torque) 및 총 운동량(total work)을 측정하였다.

구체적으로 최대근력의 평가지표 60 deg/sec에서 5회, 근 파워(muscle power = strength × speed)의 평가지표 180 deg/sec에서 5회, 근지구력의 평가지표 240 deg/sec에서 25회로(slow to fast) 각각 우세 측 다리(dominant leg)를 이용해 측정하였으며, 각 test 간 휴식시간은 Parcell 등이 제시한 isokinetic testing protocol에 따라 근력회복을 위해 60초간 부여하였다(Parcell et al., 2002).

6) 1회 반복 최대중량(one-repetition maximum, 1RM) 측정

이전에 저항운동의 경험이 없는 상태임을 감안하여 안전한 트레이닝을 위해 웨이트트레이닝머신을 이용한 상체 4종목과 하체 4종목의 저항운동을 수행하였다. 같은 맥락에서 저항운동 시 강도설정을 위한 '한 번 들 수 있는 최대 무게' 1RM 산출 시 직접적 접근법은 근골격계 부상을 유발할 수 있기 때문에 초보자에게 적절한 간접적 접근법을 적용하였으며 구체적으로 가벼운 무게로 Warm up 후 7~10회 들어 올릴 수 있는 무게를 운동

자각도(ratings of perceived exertion, RPE)를 이용해 추정하고(Eston & Evans, 2009) 수행된 결과를 바탕으로 Brzycki의 공식(Brzycki, 1993)에 따라 각 종목에 따른 1RM을 산출하였다.

$$\text{Predicted 1RM} = \text{weight lifted} / (1.0278 - (0.0278 \times \text{the number of repetition performed}))$$

7) 저항트레이닝프로그램

대조군을 제외한 LRT 및 HRT 집단은 웨이트 머신을 이용한 8주간의 저항트레이닝을 수행하였다. 사전에 측정된 1RM을 바탕으로 세트 간 1분, 종목 변경 시 2분간의 휴식시간을 부여하였으며 근 수축 및 신전 속도는 각각 2초로 동일하게 실시하였다. 2주 간격으로 1RM을 재평가하여 이를 바탕으로 점진적 운동부하를 통해 LRT 군은 최종 50% 1RM에서, HRT 군은 최종 70% 1RM에서 저항운동을 수행하였다(Lins-Filho et al., 2012). 두 집단 별 구체적인 운동프로그램 및 수행 일정은 <표 2>와 같다.

자료 처리 방법

모든 자료 처리는 SPSS Statistics 21.0(Statistical Package for the Social Sciences software, versions 21.0, SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) 프로그램을 사용하여 각 항목별 평균(mean)과 표준오차(standard error)를 산출하였다. 일원배치분산분석(One-way analysis of variance, one-way ANOVA)을 이용해 각 집단 간 처치 전과 처치 후 독립변인의 변화량을 비교 평가하였고, Kolmogorov-Smirnov test를 통해 정규성 검정 후 피어슨 상관계수(Pearson's correlation coefficient) 및 스피어만 상관계수(Spearman's correlation coefficient)를 이용하여 근력지표와 HRV parameter 간의 관련성을 평가하였다. 모든 통계적 유의수준 $\alpha = 0.05$ 미만으로 설정하였다.

결 과

1) 신체조성, 혈압, 호기 내 CO 및 COHb 변화

표 2. Resistance exercise training programs

Type of exercises				
Upper body resistance exercises		chest press, shoulder press, lat pull down, arm curl		
Lower body resistance exercises		leg press, leg extension, leg curl, hip-abduction		
Frequency, intensity, and time of exercise in each weeks				
	LRT	HRT	Period	Frequency
Warm-Up	free exercise with stretching exercises (10 min)		1 to 8-week	3 times/week
Resistance exercise	30% 1RM (upper body), 1 sets of 8-repetition	40% 1RM (upper body), 1 sets of 8-repetition	1 to 2-week	3 times/week
	40% 1RM (lower body), 1 sets of 8-repetition	50% 1RM (lower body), 1 sets of 8-repetition	3 to 4-week	3 times/week
	40% 1RM, 2 sets of 8-repetition	50% 1RM, 2 sets of 10-repetition	5 to 8-week	3 times/week
Cool-down	free exercise with stretching exercises (10 min)		1 to 8-week	3 times/week

LRT, lower intensity resistance training group; HRT, high intensity resistance training group; 1RM, one-repetition maximum

8주간의 처치 전·후, 체중, BMI 및 신체조성(체지방률 및 근육량)의 변화량에서 집단 간의 유의한 차이는 나타나지 않았다($p > .05$). 또한 mean HR을 포함한 안정 시 SBP 및 DBP 그리고 MAP의 변화량 역시 각각 집단 간 통계적인 차이는 나타나지 않았다. 호기 내 CO 및 COHb의 변화량을 분석한 결과 흡연상태에서도 집단 간 유의한 차이는 없었다(표 1).

2) 1RM 및 등속성 근력의 변화

8주간의 처치 후 운동군은 통제군에 비해 1RM의 유의한 증가가 나타났다. 구체적으로 상체 4종목 중 Chest press($p = .001$)와 Shoulder press($p = .004$)의 1RM 변화량은 각각 세 집단 간 통계적인 차이가 나타났으며, 운동군(LRT&HRT)은 통제군에 비해 각각 1RM의 유의한 증가가 나타났다. 그러나 운동군 간의 유의미한 차이는 없었다($p > .05$). 또한 Arm curl의 1RM 변화량에서도 세 집단 간 통계적인 차이를 보여주었으며($p = .021$), HRT는 통제군에 비해 1RM의 유의한 증가가 나타났다($p < .05$). 하체 4종목 중 Leg press($p = .001$)와 Hip abduction($p = .001$)의 경우 각각 세 집단 간 통계적인 차이가 나타났으며, 운동군(LRT&HRT)은 통제군에 비해 각각 1RM의 유의한 증가를 보여주었다. 그러나 운동군 간의 유의미한

차이는 나타나지 않았다($p > .05$).

한편 8주간의 처치 후 슬관절의 신전과 굴곡 시 등속성 최대회전력은 60, 180, 240 deg/sec의 각 부하속도에서 통제군에 비해 운동군에서 유의한 증가를 보여주었다. 구체적으로 부하속도 60 deg/sec에서 신전 시 최대회전력의 변화량은 세 집단 간 통계적인 차이를 나타내었으며($p = .010$), 통제군에 비해 HRT에서 신전 시 최대회전력의 유의한 증가가 나타났다($p < .05$). 또한 60 deg/sec에서 굴곡 시 최대회전력의 변화량은 세 집단 간 통계적인 차이를 나타내었으며($p = .001$), 운동군(LRT&HRT)은 통제군에 비해 굴곡 시 최대회전력에 유의한 증가가 나타났다($p < .05$). 그러나 운동군 간 유의미한 차이는 나타나지 않았다($p > .05$). 부하속도 180 deg/sec에서 굴곡 시 최대회전력의 변화량은 세 집단 간 통계적인 차이가 나타났으며($p = .001$), 운동군(LRT&HRT)은 통제군에 비해 굴곡 시 최대회전력이 유의하게 증가되었다($p < .05$). 뿐만 아니라 운동 집단 내에서도 HRT는 LRT에 비해 유의미한 증가를 보여주었다($p < .05$). 부하속도 240 deg/sec에서 신전 시 최대회전력의 변화량은 세 집단 간 통계적인 차이가 나타났으며($p = .012$), 통제군에 비해 HRT는 신전 시 최대회전력이 유의미하게 증가되었음을 보여주었다($p < .05$). 그러나 운동군 간 유의미한 차이는 나타나지

표 3. Changes in resting mean heart rate and time domain index of heart rate variability after 8-week

Variables	Control (n = 8)		LRT (n = 10)		HRT (n = 10)		p-values
Mean HR	3.49	± 2.21	1.13	± 2.44	-2.69	± 1.44	0.130
Δ SDNN (ms)	0.72	± 2.48	3.95	± 3.63	7.50	± 3.73	0.409
Δ pNN50 (%)	-2.69	± 2.76	4.46	± 4.03	6.20	± 3.20	0.204
Δ rMSSD (ms)	-7.38	± 5.77	2.49	± 5.90	10.67	± 2.57	0.056

Values are means ± SE.

LRT, low-intensity resistance training group; HRT, high-intensity resistance training group; HR, heart rate; SDNN, Standard deviation of RR intervals; pNN50, NN50(Number of successive RR interval pairs that differ more than 50 ms) divided by the total number of RR intervals; rMSSD, Square root of the mean squared differences between successive RR intervals

Data is analyzed using one-way ANOVA followed by Bonferroni post hoc test

않았다($p > .05$). 또한 240 deg/sec의 굴곡 시 최대회전력의 변화량에서도 세 집단 간 통계적인 차이를 나타내었으며($p = .002$), HRT 및 LRT는 통제군에 비해 굴곡 시 시 최대회전력의 유의한 증가가 나타났다($p < .05$). 그러나 운동군 간의 유의미한 차이는 나타나지 않았다($p > .05$).

3) 안정 시 HRV 시간영역 지수의 변화

8주간의 처치 후 세 집단 간 안정 시 HRV의 시간영역 지수 SDNN, rMSSD, pNN50의 변화량을 분석한 결과 집단 간 통계적인 차이는 나타나지 않았다(표 3).

4) 안정 시 HRV 주파수영역 지수의 변화

8주간의 처치 후 세 집단 간 안정 시 HRV의 주파수 지수를 분석한 결과 power spectrum에 저주파 성분 LF 및 저주파 성분과 고주파 성분의 비 LF/HF ratio는 세 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았다(Data not shown) 그러나 독립적으로 부교감신경활동을 반영하는 HF의 절대값(absolute value of high-frequency power)의 변화량 및 교감-미주신경 밸런스에서 부교감신경활동 우세를 반영하는 고주파의 성분의 정규화 값 HF nu(normalized high frequency power)의 변화량 그리고 교감신경활동 우세를 반영하는 저주파 성분의 정규화 값 LF nu(normalized low frequency power)의 변화량에서 세 집단 간 유의미한 차이를 나타내었다. 구체적으로 HF 절대값의 변화량을 분석한 결과 세 집단 간 통계적인 차이를 나타내었으며, 통제군에 비

해 HRT에서 HF의 유의한 증가가 나타났다(그림 1).

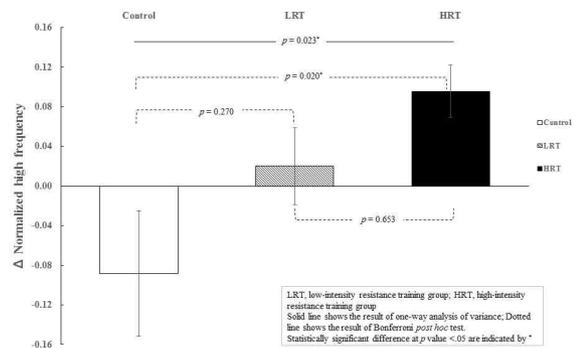


그림 1. Changes in high frequency after 8-week

HF nu의 변화량을 분석한 결과 세 집단 간 통계적인 차이가 나타났으며, 통제군에 비해 HRT에서 HF nu의 유의한 증가가 나타났다(그림 2).

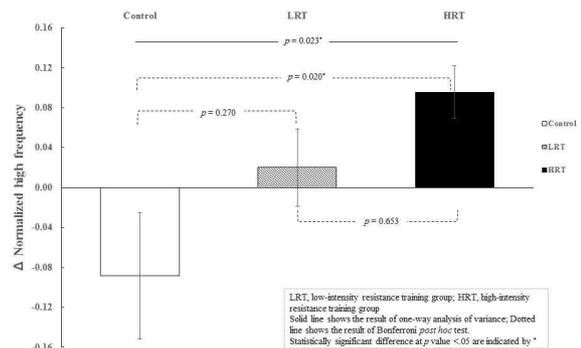


그림 2. Changes in normalized high frequency after 8-week

LF nu의 변화량을 분석한 결과 세 집단 간 통계적인 차이가 나타났으며, 통제군에 비해 HRT에서 LF nu의 유의한 감소가 나타났다(그림 3).

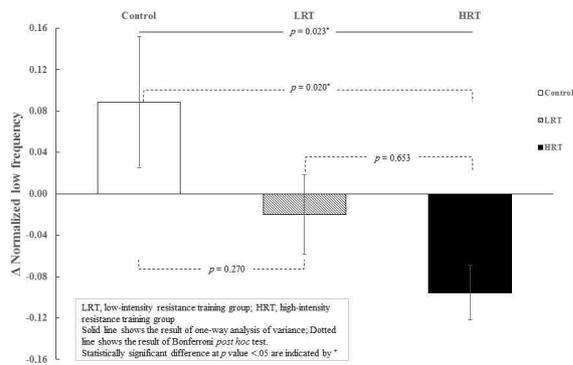


그림 3. Changes in normalized low frequency after 8-week

5) 등속성 근력의 변화량과 HRV spectral indices의 변화량 간의 관련성

8주간의 처치 후 통계적인 세 집단 간 통계적인 차이가 있는 HRV spectral 지수 HF 및 HF nu 그리고 LF nu와 60, 180, 240 deg/sec의 각 부하속도에서 최대 회전력의 변화량 간에 관련성을 분석한 결과 자율신경조절과 등속성 근력은 서로 유의하게 관련하는 것으로 나타났다. 구체적으로 부하속도 60 deg/sec에서 굴곡 시 최대회전력의 변화량은 HF의 절대값의 변화량과 정적 관련성을 나타내었다. 또한 부하속도 180 deg/sec에서 굴곡 시 최대회전력의 변화량 역시 HF의 절대값의 변화

량과 밀접한 관련성을 보여주었다. 한편 LF nu의 변화량은 부하속도 240 deg/sec에서 신전 및 굴곡 시 최대회전력의 변화량과 각각 부적 관련성을 가지는 반면, HF nu의 변화량은 부하속도 240 deg/sec에서 신전 및 굴곡 시 최대회전력의 변화량과 각각 정적 관련성을 나타내었다(표 4).

논 의

몇몇의 임상중재연구에서, 식사제한을 통한 체중감소는 자율신경계를 개선시킬 수 있음을 보고하였다(Mouridsen et al., 2013). 사실 저항트레이닝은 체중조절 즉 체중의 감소 보다 근골격근량 증가와 함께 체지방량의 감소를 촉진하여 기초대사량 증가를 통해 건강상 이점을 제공한다(Williams et al., 2007). 건강하고 젊은 흡연남성을 대상으로 50% 및 70% 1RM의 다른 강도에서 저항트레이닝을 8주간 실시한 결과 다음과 같은 결과를 도출했다.

저항트레이닝 처치 후 세 집단 간 체질량지수를 포함한 신체조성에 유의한 차이가 없었음에도 불구하고 트레이닝군은 통제군에 비해 근력의 유의한 증가가 나타났으며 특히 고강도저항트레이닝은 안정 시 부교감신경활동의 향상과 함께 교감-미주신경밸런스에서 교감신경활동 억제 및 부교감신경활성화를 유도했다. 또한 등속성 근력의 증가와 자율신경기능의 향상은 서로 유의한 관련성을 나타내었다.

표 4. The relationship between amounts of changes on HRV index and isokinetic strength in resistance training groups after 8-week (n = 20)

Variables		Δ HF (ms)		Δ LF nu		Δ HF nu	
		r^S	p	r^P	p	r^P	p
60/60 deg/sec	Δ Extension peak torque (N.m)	0.196	0.408	-0.080	0.737	0.080	0.737
	Δ Flexion peak torque (N.m)	0.470	0.036 *	0.137	0.565	-0.137	0.565
180/180 deg/sec	Δ Extension peak torque (N.m)	0.115	0.628	0.038	0.875	-0.038	0.875
	Δ Flexion peak torque (N.m)	0.597	0.005 **	-0.442	0.051	0.422	0.051
240/240 deg/sec	Δ Extension peak torque (N.m)	0.194	0.411	-0.506	0.023 *	0.506	0.023 *
	Δ Flexion peak torque (N.m)	0.041	0.864	-0.585	0.007 **	0.585	0.007 **

r^P , Pearson's correlation coefficient; r^S , Spearman's rank correlation coefficient

HF, absolute value of the high frequency power(0.15 to 0.4 Hz); LF nu, normalized low frequency power(0.04 to 0.15 Hz); HF nu, normalized high frequency power

Significant correlation at * p < .05, ** p < 0.01

한편 Heffernan 등의 연구에서 14명의 젊은 남성을 대상으로 6주간(3 days/week)의 free weight (barbells and dumbbells)와 웨이트 머신을 이용한 복합저항트레이닝을 수행한 결과 1RM에 유의한 증가가 나타났음에도 불구하고 안정 시 HRV의 spectral power 지수에서 유의한 변화는 나타나지 않았다(Heffernan et al., 2007). 또한 22명의 젊은 성인남녀를 대상으로 8주간(3 days/week) 75-80% 1RM의 고강도 저항트레이닝을 실시한 Cooke 등의 연구에서도 22%이상 전신근력이 증가하였으나 안정 시 HRV 모니터링에서 심장미주신경활동의 유의한 변화는 나타나지 않았다(Cooke & Carter, 2005). 실제 본 연구의 결과에서도 8주간(3 days/week) 50% 1RM의 저강도 저항트레이닝은 근력의 유의한 향상을 가져왔음에도 안정 시 자율신경기능에서 유의미한 결과를 도출하지 못했다. 그러나 70% 1RM의 고강도저항트레이닝은 근력의 향상과 함께 spectral power의 HF가 유의하게 증가하였으며 교감-미주신경밸런스에서 교감신경활동우세를 반영하는 LF의 정규화 수치는 감소한 반면 부교감신경의 우세한 활동을 나타내는 HF의 정규화 수치는 증가하였다. 젊고 건강한 성인을 대상으로 저항트레이닝 처치를 통해 자율신경기능개선을 유도했다는 점에서 상반된 결과는 일차적으로 처치기간 및 성차에 따른 특성으로 볼 수 있다. 그러나 또 하나 고려되어야 할 것은 본 연구는 습관성 흡연자를 대상으로 수행하였다는 점이다. 흡연자에서 자율신경계는 니코틴의 직접적인 효과로 교감신경활동을 활성화시킬 뿐만 아니라 활성산소종(reactive oxygen species)에 의한 산화스트레스의 증가로 인해 교감신경의 과활성화 및 부교감신경저하로 교감-미주신경밸런스가 교감신경의 우세한 활동으로 작동한다(Middlekauff et al., 2014). 최근의 연구결과에서도 만성적인 남성흡연자 62명 대상으로 8주간의 금연프로그램을 실시한 결과 금연에 성공한 20명은 실패한 42명에 비해 부교감신경활성화를 포함한 자율신경조절의 개선이 나타났다(Harte & Meston, 2014). 본 연구의 설계에서 모든 집단은 평소 생활패턴 및 흡연습관을 유지하였고 각각 다른 강도의 저항트레이닝만을 단독으로 처치하였다. 운동처치

를 통한 체내 니코틴 배출유도 및 감소 등에 관한 직접적인 정보는 현재까지 보고된 바가 없으나, 흥미로운 것은 Cakir-Atabek 등의 연구에서 저항트레이닝 경험이 없는 16명의 젊은 성인남성에서 각각 70%, 85% 1RM으로 6주간 저항트레이닝을 실시한 결과 운동강도와 독립적으로 산화스트레스가 유의하게 감소하였다는 것이다(Cakir-Atabek et al., 2010). 따라서 임상적으로 건강상 명백한 문제가 없는 젊은 흡연남성이라 할지라도 비흡연자에 비해 니코틴 및 산화스트레스로 인한 자율신경불균형 및 기능적 감소를 가진 흡연자에 있어서 통계된 8주간의 고강도저항트레이닝 처치는 흡연의 지속에도 불구하고 자율신경기능 개선에 유효한 운동처치법이라 판단된다.

한편 최대유산소능력(VO₂max)이 HRV의 부교감신경지수가 서로 유의하게 관련한다고 알려져 있으나(Boutcher, 2013), muscular strength와 자율신경기능 간에 직접적인 관련성은 불확실하다. 본 연구의 결과에서 8주간의 저항트레이닝 후 1RM 및 등속성 근력에 유의한 증가가 나타났다. 특히, spectral power의 HF는 부하속도 60 및 180 deg/sec에서 슬관절의 굴곡 시 최대근력과 각각 유의하게 관련하였으며 부하속도 240 deg/sec에서 슬관절의 신전과 굴곡 시 최대근력은 교감-미주신경밸런스에서 교감신경의 우세한 활동을 반영하는 LF nu와는 부적관련성을 보인 반면 부교감신경의 우세한 활동을 반영하는 HF nu와는 정적관련성을 나타내었다. 이와 유사하게 Ricci-Vitor 등의 연구에서 COPD를 가진 13명의 성인남녀를 대상으로 최종 80% 1RM의 고강도 저항트레이닝을 24회에 걸쳐 수행한 결과 슬관절의 굴곡 시 등척성 근력의 유의한 증가와 함께 HF에서도 유의미한 증가가 나타났음을 보고하였다(Ricci-Vitor et al., 2013). 따라서 muscular strength의 증가는 자율신경조절에 있어 교감신경과활성화 억제 및 부교감신경항진과 유의한 관련성을 가지는 것으로 판단된다.

본 연구는 몇몇의 제한점을 가진다. 첫째, 젊은 흡연 남성만을 대상으로 수행한 결과이므로 연령 및 성차에 의한 특성을 반영할 수 없다. 자율신경시스템의 기능 및

밸런스는 실제 성 및 연령에 의존적이나(Antelmi et al., 2004), 동질집단 내에서 저항트레이닝은 통제군에 비해 근력의 증가와 함께 자율신경기능 개선에 도움을 줄 수 있을 것이라 판단된다. 둘째, 본 연구에서 주 3회의 HRT운동은 체지방률(인바디 측정 결과)이 약간 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구는 지방량과 자율신경계의 관계를 구축하는 실험연구는 아니지만, 추후 에너지섭취량(식사량) 및 생활패턴에 대한 특별한 통제와 함께 인바디 측정이 아닌 국제적 표준방법인 dual-energy X-ray absorptiometry (DXEA) 및 수중체중측정을 이용하여 지방량 변화와 심장자율신경계의 관련성을 명확히 규정할 필요가 있을 것으로 판단된다. 셋째, 8주 이상의 장기간 또는 유산소트레이닝 등 운동양식에 따른 변이를 반영할 수 없다. 실제 장기간 저항트레이닝이 자율신경에 개선을 유도하고(Figueroa et al., 2007) 특히, 유산소트레이닝은 체중감소를 포함한 심폐체력의 증가(Boutcher et al., 2013)를 통해 자율신경시스템에 긍정적인 영향을 미친다. 본 연구는 흡연남성에 있어서 8주간의 고강도 저항트레이닝은 근력증가와 함께 자율신경향상을 유도하였으며, 이러한 향상은 체중변화가 없음에도 불구하고 유의미한 임상정보를 제공한다.

결론

흡연이 자율신경불균형과 기능감소를 야기한다는 수많은 보고에도 불구하고 현재까지 흡연중단 외에 흡연자의 자율신경기능 개선을 위한 임상적 접근은 활발히 이루어지지 않고 있다. 본 연구는 급성 또는 만성적으로 자율신경불균형을 야기하는 습관성 흡연자에 있어서 흡연중단 없는 8주간의 저항트레이닝의 단독처치가 자율신경계 개선에 미치는 영향을 살펴보고, 다른 강도의 운동방법을 통해 효율적인 운동모드를 탐색하려는 목적으로 수행되었다.

주요 연구결과로서 8주간의 저항트레이닝 처치는 운동 강도와 독립적으로 모든 트레이닝군은 통제군에 비해 근력이 유의하게 증가하였다. 그러나 안정 시 부교감신경활동 증진 및 교감-미주신경밸런스에서 부교감신경의 우세한 활동은 고강도 트레이닝에서 나타났다. 또한 고

강도의 저항트레이닝으로 유도된 근력향상과 자율신경조절변화는 유의하게 관련하였다.

이상의 결과에서 젊고 건강한 습관성 흡연남성에 있어서 신체적 활동 즉 체계적이고 지속적인 고강도저항트레이닝은 흡연중단 없이도 근력의 증가와 함께 자율신경기능의 향상에 유효한 효과를 입증하였다. 따라서 흡연자를 위한 운동프로그램 설계 시 고강도저항트레이닝은 자율신경기능개선을 위한 중요한 요소로 판단되며 추후 연령 및 성차를 고려한 다양한 인구집단을 대상으로 저항트레이닝의 자율신경개선효과에 대한 추가적 검증이 필요하다고 생각된다.

참고문헌

- 김춘섭, 김맹규(2014). 단기간의 흡연중단과 유산소운동이 자율신경조절에 미치는 영향. *한국생활환경학회지*, 21(3), 364-365.
- Ambrose, J. A., & Barua, R. S. (2004). The pathophysiology of cigarette smoking and cardiovascular disease: an update. *J Am Coll Cardiol*, 43(10), 1731-1737.
- American College of Sports Medicine. (2013). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription(9th ed.). *Lippincott Williams and Williams*, Philadelphia, PA
- Antelmi, I., de Paula, R. S., Shinzato, A. R., Peres, C. A., Mansur, A. J., & Grupi, C. J. (2004). Influence of age, gender, body mass index, and functional capacity on heart rate variability in a cohort of subjects without heart disease. *Am J Cardiol*, 93(3), 381-385.
- Boutcher, S. H., Park, Y., Dunn, S. L., & Boutcher, Y. N. (2013). The relationship between cardiac autonomic function and maximal oxygen uptake response to high-intensity intermittent-exercise training. *J Sports Sci*, 31(9), 1024-1029.
- Brzycki, M. (1993). Strength testing predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *The Journal of Physical Education, Recreation and Dance*, 64, 88-90.
- Cakir-Atabek, H., Demir, S., PinarbaSili, R. D., & Gunduz, N. (2010). Effects of different resistance training intensity on indices of oxidative stress. *J Strength Cond Res*, 24(9), 2491-2497.

- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2013). Vital signs: current cigarette smoking among adults aged ≥ 18 years with mental illness - United States, 2009-2011. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, *62*(5), 81-87.
- Chen, J. L., Yeh, D. P., Lee, J. P., Chen, C. Y., Huang, C. Y., Lee, S. D., Chen, C. C., Kuo, T. B., Kao, C. L., & Kuo, C. H. (2011). Parasympathetic nervous activity mirrors recovery status in weightlifting performance after training. *J Strength Cond Res*, *25*(6), 1546-1552.
- Cooke, W. H., & Carter, J. R. (2005). Strength training does not affect vagal-cardiac control or cardiovagal baroreflex sensitivity in young healthy subjects. *Eur J Appl Physiol*, *93*(5-6), 719-725.
- Dinas, P. C., Koutedakis, Y., & Flouris, A. D. (2013). Effects of active and passive tobacco cigarette smoking on heart rate variability. *Int J Cardiol*, *163*(2), 109-115.
- Eston, R., & Evans, H. J. (2009). The validity of submaximal ratings of perceived exertion to predict one repetition maximum. *J Sports Sci Med*, *8*(4), 567-573.
- Figueroa, A., Kingsley, J. D., McMillan, V., & Panton, L. B. (2007). Resistance exercise training improves heart rate variability in women with fibromyalgia. *Clin Physiol Funct Imaging*, *28*(1), 49-54.
- Harte, C. B., & Meston, C. M. (2014). Effects of smoking cessation on heart rate variability among long-term male smokers. *Int J Behav Med*, *21*(2), 302-309.
- Hayano, J., Yamada, M., Sakakibara, Y., Fujinami, T., Yokoyama, K., Watanabe, Y., & Takata, K. (1990). Short- and long-term effects of cigarette smoking on heart rate variability. *Am J Cardiol*, *65*(1), 84-88.
- Heffernan, K. S., Fahs, C. A., Shinsako, K. K., Jae, S. Y., & Fernhall, B. (2007). Heart rate recovery and heart rate complexity following resistance exercise training and detraining in young men. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, *293*(5), H3180-H3186.
- Kingsley, J. D., & Figueroa, A. (2014). Acute and training effects of resistance exercise on heart rate variability. *Clin Physiol Funct Imaging*. [Epub ahead of print]
- Lewis, M. J., Balaji, G., Dixon, H., Syed, Y., & Lewis, K. E. (2010). Influence of smoking abstinence and nicotine replacement therapy on heart rate and QT time-series. *Clin Physiol Funct Imaging*, *30*(1), 43-50.
- Lins-Filho, Ode. L., Robertson, R. J., Farah, B. Q., Rodrigues, S. L., Cyrino, E. S., & Ritti-Dias, R. M. (2012). Effects of exercise intensity on rating of perceived exertion during a multiple-set resistance exercise session. *J Strength Cond Res*, *26*(2), 466-472.
- Middlekauff, H. R., Park, J., & Moheimani, R. S. (2014). Adverse effects of cigarette and noncigarette smoke exposure on the autonomic nervous system: mechanisms and implications for cardiovascular risk. *J Am Coll Cardiol*, *64*(16), 1740-1750.
- Mouridsen, M. R., Bendtsen, N. T., Astrup, A., Haugaard, S. B., Binici, Z., & Sajadieh, A. (2013). Modest weight loss in moderately overweight postmenopausal women improves heart rate variability. *Eur J Prev Cardiol*, *20*(4), 671-677.
- Parcell, A. C., Sawyer, R. D., Tricoli, V. A., & Chilver, T. D. (2002). Minimum rest period for strength recovery during a common isokinetic testing protocol. *Med Sci Sports Exerc*, *34*(6), 1018-1022.
- Ricci-Vitor, A. L., Bonfim, R., Fosco, L. C., Bertolini, G. N., Ramos, E. M., Ramos, D., Pastre, C. M., Godoy, M., & Vanderlei, L. C. (2013). Influence of the resistance training on heart rate variability, functional capacity and muscle strength in the chronic obstructive pulmonary disease. *Eur J Phys Rehabil Med*, *49*(6), 793-801.
- Schroeder, E. B., Liao, D., Chambless, L. E., Prineas, R. J., Evans, G. W., & Heiss, G. (2003). Hypertension, blood pressure, and heart rate variability: the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study. *Hypertension*, *42*(6), 1106-1111.
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation*, *93*(5), 1043-1065.
- Thayer, J. F., Yamamoto, S. S., & Brosschot, J. F. (2010). The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. *Int J Cardiol*, *141*(2), 122-131.
- Tsuji, H., Larson, M. G., Venditti, F. J. Jr., Manders, E. S., Evans, J. C., Feldman, C. L., & Levy, D. (1996). Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac events. The Framingham Heart Study. *Circulation*, *94*(11), 2850-2855.

Williams, M. A., Haskell, W. L., Ades, P. A., Amsterdam, E. A., Bittner, V., Franklin, B. A., Gulanick, M., Laing, S. T., & Stewart, K. J.; American Heart Association Council on Clinical Cardiology; American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. (2007).

Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. *Circulation*, 116(5), 572-584.

Effect of Resistance Training on Cardiac Autonomic Nervous Function in Young Male Smokers

Maeng-Kyu Kim & Choun-Sub Kim

Kyungpook National University

The purpose of this study is to investigate the influence of resistance training with different exercise intensities on heart rate variability(HRV) in habitual smokers. Twenty-eight healthy young smokers participated in this study were randomly divided into three groups; CON(control), LRT(low-intensity resistance training; 50% 1RM), and HRT(high-intensity resistance training; 70%1RM), respectively. LRT and HRT groups performed an 8-week resistance training(4 upper- and lower body exercises) using weight training machines, whereas CON group maintained their regular activities. All groups were evaluated basal body composition, hemodynamic parameters, HRV as autonomic nervous function, and muscular strength (1RM and isokinetic test) before and after the 8-week training. To assess the effect of 8-week training with different intensities on autonomic regulation, time and frequency domain indices of HRV were calculated from 5min R-R interval recording. As results, both LRT and HRT groups increased baseline 1RM and isokinetic strength compared to CON group. Meanwhile, high-frequency power reflecting parasympathetic activity was significantly increased in HRT compared to CON group. In addition, normalized low frequency power(LF nu) indicating a shift of sympathovagal balance towards sympathetic predominance significantly decreased while normalized high frequency power(HF nu) which reflects vagal predominance significantly increased in HRT compared to CON group. Furthermore, improved cardiac autonomic regulation and parasympathetic activation had significant association with increased muscular strength. Overall, the 8-week training has enhanced muscular strength in both training groups, particularly autonomic balance improved in young habitual smokers with high intensity resistance training.

Key Words: Cigarette smoking, Autonomic nervous system, Heart rate variability, Resistance training 