

# 최대부하운동 후 20대 남성 흡연자와 비흡연자의 폐기능과 심박수 회복 반응

김은정<sup>1</sup>

<sup>1</sup>마산대학교 물리치료과

## The Pulmonary Function and Heart Rate Recovery Response of Smoker and Nonsmoker in Males Aged 20s after Graded Maximal Exercise

Eun-Jung Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Masan University

### ABSTRACT

**Purpose** : The purpose of this study was to investigate the response of pulmonary function and heart rate recovery of smoker and nonsmoker in males aged 20s after graded maximal exercise. **Method** : The subjects were composed of smoker group (n=12) and nonsmoker group (n=12) in males aged 20s. Each groups completed an graded maximal exercise with Bruce protocol and were assessed on the pulmonary function(forced vital capacity : FVC, forced expiratory volume-one second : FEV1, FEV1/FVC) and heart rate. **Result** : The results were as follows: First, heart rate in the measurement point was a statistically significant difference for smoker and nonsmoker group after maximal exercise, but FVC, FEV1, FEV1/FVC was no difference. Second, FEV1/FVC between smoker and nonsmoker group was a statistically significant difference after maximal exercise, but FVC, FEV1, heart rate was no difference. **Conclusion** : The results of this study is that smoking is negative effects on FEV1/FVC of pulmonary function in males aged 20s after maximal exercise.

**Key words** : Graded maximal exercise, Heart rate, Pulmonary function, Smoking

## I. 서론

노령 인구의 현저한 증가와 높은 흡연율로 인하여 만성폐쇄성폐질환이나 심혈관 질환의 유병율과 사망률이 지속적으로 증가하고 있는 것으로 보고되고 있다. 특히 흡연은 심폐계 질환으로 인한 사망의 주요인이며, 세계보건기구에서 2020년이 되면 질병을 일으키는 요인 중 최대 단일요인이 될 것으로 예측하고 있다(유재형 등, 2010). Murray와 Lopez(1996)가 흡연경향을 기반으로 사망률을 예측한 자료에 따르면 1990년 전세계적으로 6위를 점하고 있는 만성폐쇄성폐질환이 2020년에는 3위에 올라설 것으로 예측하고 있다.

또한 흡연은 만성폐쇄성폐질환으로 인한 사망률의 88%, 암으로 인한 사망률의 32%, 심혈관 질환으로 인한 사망률의 13%에 기여하는 것으로 보고되고 있으며, 골다공증 등 만성질환에 영향을 미치는 생활양식 중 가장 강력한 위험요인으로 알려져 있다(양숙자, 2008; 유재현과 유광욱, 2006; Ezzati 등, 2005; George 등, 2007; Mokdad 등, 2004). 대체적으로 건강 수준이 높아지면서 흡연률이 감소하는 추세이지만 한국 대학생의 평균 흡연율은 42.7%(남자 64.0%, 여자 21.5%)로 전체 대학생의 평균 흡연율 24.6%에 비해 2배 가까이 된다(보건복지부, 2011). 한국 대학생의 높은 흡연은 심폐계 질환의 발병률 증가를 야기할 것이다.

심폐계 질환은 생명과 직접적으로 연관되는 질환이므로 발병률의 증가는 심각한 사회적 문제이며, 예방하는 것이 중요하다. 현재 심폐계 질환의 진단에 있어 가장 일반적이고 실용적으로 이용되는 검사는 운동부하검사(graded exercise test: GXT)이며, 안정 상태에서는 얻을 수 없는 심폐계 반응을 최대한이나 최대한 운동을 통해 관상동맥 질환이나 협심증과 같은 증상을 유발시키는 스트레스 수준을 알아낼 수 있다.

운동부하검사는 간편하게 시행할 수 있는 비침습적인 검사방법으로 심혈관계 질환자나 건강한 사람의 심폐기능의 수준 평가와 위험인자를 분석하기

위해 많이 시행되고 있으며, 운동을 처방하기 전 운동 능력을 평가하거나, 강도 높은 운동프로그램에 참가하기 전 운동의 안전성을 평가하기 위해서도 사용되어지고 있다. 운동부하검사 과정에서 측정되는 심폐기능의 생리적 변수의 변화를 이용하여 심폐계 질환의 예후를 예측할 수 있다(Cole 등, 1999; Lauer 등, 1996).

심폐기능은 심장, 폐, 말초혈관 등 인체조직에 영양소와 산소의 공급이 적절하여 쉽게 지치지 않고 지속적으로 일이나 운동을 수행토록 하는 심폐지구력을 의미하며, 건강과 가장 밀접한 관련을 가지기 때문에 심폐지구력을 정확히 평가하는 것은 중요하다. 일반적으로 심폐지구력을 트레드밀이나 에르고미터 등을 이용하여 평가할 수 있다. 트레드밀은 회전속도나 경사도를 변경하여 운동 부하를 조절할 수 있어서 운동부하를 정확하게 파악할 수 있을 뿐만 아니라 반복 측정 시 동일한 양의 부하를 가할 수 있다는 장점 때문에 각종 실험에 주로 사용되어 왔다(윤남식 등, 2001).

폐기능 검사(pulmonary function test : PFT)는 환기, 확산, 기계적 작용 등에 의해 가스교환을 수행하는 호흡기계의 능력을 측정하는 검사로 이는 임상에서 환자의 진단 및 치료 판단에 널리 이용되고 있을 뿐 아니라 폐의 연구에 일찍부터 사용되어 왔으며, 폐기능 검사를 통해 임상적으로 호흡곤란 환자를 평가하고 호흡기 질환이 진단된 환자를 기능적으로 평가할 수 있다. 대표적인 측정지표는 노력성 폐활량(forced vital capacity : FVC), 1초간 노력성 호기량(forced expiratory volume-one second : FEV1) 및 이들의 비율인 1초간 노력성 호기량/노력성 폐활량의 비(FEV1/FVC)이며, FEV1/FVC는 기도의 폐색성을 나타내는 지표로써 매우 유용한 수치이다. Elder 등(1993)은 흡연과 운동수행능력에 대해 폐기능의 현저한 차이가 나타났으며, 하루 20개피 이상의 담배를 장기간 피운 사람은 정상적인 폐 기능을 하지 못하였다고 보고하였다. Kim 등(2005)은 하루 10개피 이상 흡연한 자들은 비흡연자보다 유산소 운동 능력이 떨어진다고 보고하였다.

운동부하검사를 통해 폐기능 뿐만 아니라 운동 후의 심박수 변화를 알아보는 것도 중요하다. 운동 후 회복기 동안 심박수 회복은 자율신경계 활성도를 나타내는 지표이다. Cole 등(2000)은 건강한 성인들을 대상으로 12년간 추적 관찰한 결과 회복 심박수의 지연이 전체 사망률의 예측인자임을 보고하였고, Morshedi-Meibodi 등(2002)은 심혈관계 질환이 없는 2,967명을 대상으로 평균 15년간 추적 관찰한 결과 회복 심박수가 빠를수록 심장동맥 및 심혈관계 질환의 발생 위험이 더 낮아진다고 보고하였다. 따라서 최대부하운동을 통해 심폐기능의 변화를 알아보는 것은 중요하다.

이에 본 연구에서는 20대 성인을 대상으로 최대부하운동 후 흡연여부에 따른 심폐기능의 차이를 알아보고, 회복기 동안의 심폐기능 반응을 비교, 분석하고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구의 대상자는 M대학교에 재학 중인 20대 성인으로 흡연자 그룹 12명, 비흡연자 그룹 12명으로 총 24명을 대상으로 하였다. 흡연자 그룹의 평균 흡연 기간은 6.5년 이었으며, 모든 대상자들은 선천적 흉곽의 변형이나 갈비뼈 골절 및 폐, 신장, 내분비계, 정형 또는 류마티스 질환으로 인해 호흡기계 기전의 수행이 불가능하지 않으며, 부정맥, 협심증으로 인해 불안정한 심혈관 상태를 가지고 있지 않는 자를 기준으로 하였다. 모든 대상자에게 본 연구의 목적과 방법을 충분히 설명하여, 이해를 구한 뒤 자발적으로 참여를 동의한 자들을 대상으로 실험을 실시하였다.

### 2. 실험설계

대상자는 운동검사 동의서와 안정 시 심박수, 혈압 등의 검사를 통하여 실험에 참여할 수 있는지를

확인하고 측정도구를 이용하여 신장 및 체중을 측정하였다. 운동부하검사 실시 전 충분히 준비운동을 수행하였으며, 트레드밀 위에서 1분간 보행연습을 실시하여 적응시간을 주었다. 운동부하검사는 영점 조정(calibration)된 트레드밀 M901T(Motus Co., Seoul, Korea)를 이용하고 Bruce 프로토콜을 사용하였다(Bruce 등, 1973). 운동부하검사는 검사 전 심박수와 폐기능을 측정하였으며, 운동부하검사 중에는 대상자를 지속적으로 관찰하여 임상의학적으로 이상이 없는지를 확인하였으며 대상자가 최대운동량에 도달하거나 안색이나 반응이상이 발견되는 경우, 운동중단을 원할 때 즉시 검사를 종료하였다(Fig. 1).



Fig. 1. Graded exercise test

### 3. 측정 도구 및 측정 방법

모든 대상자들은  $18 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 온도와  $50 \pm 5\%$ 의 습도를 유지한 실험실에서 당일 4~5시간 전부터 공복상태를 유지하고 30분 이상의 안정을 취한 후 심박수와 폐활량을 측정하였다. 심박수 측정은 노동맥을 이용하여 1분간 맥박수를 측정하였으며, 폐기능 측정은 폐활량 측정기(multi-functional spirometer HI-801, Chest M.I., Inc., Japan)를 사용하여 노력성 폐활량(FVC), 1초간 노력성 호기량(FEV1), 1초간 노력성 호기량/노력성 폐활량의 비(FEV1/FVC)을 측정하였다(Fig. 2). 최대부하운동 후 맥박수와 폐기능을 재측정하였으며, 3분간 안정을 취한 다음 맥박수와 폐기능을 다시 측정하였다. 모든 측정은 정확한 측정시점을 위해 동일한 측정자에 의해 1회 실시되었

다.



Fig. 2. Pulmonary function test

#### 4. 자료분석

수집된 자료를 SPSS(version 20.0) 통계 프로그램을 이용하여 각 변인별 평균값과 표준편차를 산출하였다. 그룹 내 변화를 알아보기 위해 반복측정 분산분석(repeated measure ANOVA)을 실시하였고, 사후분석은 최소유의차 검증(Least Significant Difference : LSD) 방법을 적용하였다. 그룹 간 차이 검증은 독립 t-test를 실시하였다. 이때 모든 유의수준은  $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

### III. 연구 결과

#### 1. 연구대상자의 특성

연구대상자의 일반적 특성은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. General characteristics of the subjects

	Smoker	Non-smoker	p
Age(yrs)	23.58±1.56	23.16±1.52	.51
Height(cm)	169.33±7.94	165.41±7.36	.22
Body weight(kg)	63.08±11.43	57.66±10.35	.23
Sex(F/M)	8/4	5/7	

M±SD : mean±standard deviation

#### 2. 측정시점에 따른 폐기능과 심박수 변화

측정시점에 따른 흡연자 그룹과 비흡연자 그룹

의 FVC, FEV1과 FEV1/FVC의 변화에서 유의한 차이가 나타나지 않았으나( $p>.05$ ), 심박수의 변화에서는 최대부하운동 후의 심박수가 안정 시와 최대부하운동 후 회복기의 심박수와 유의한 차이를 나타내었다( $p<.05$ )(Table 2)(Fig. 3).

Table 2. Change patterns of pulmonary function and heart rate

	Group	Pre	Post	After 3min	F	p
FVC	S	4.06±.94	4.12±1.07	3.86±.82	.25	.77
	NS	4.06±1.02	3.88±.97	3.80±.92	.22	.80
FEV1	S	3.58±.59	3.75±.91	3.42±.64	.61	.54
	NS	3.68±.86	3.52±.84	3.37±.88	.39	.67
FEV1/FVC	S	88.22±8.32	86.19±9.19	87.97±7.66	.20	.81
	NS	91.34±3.74	92.97±3.88	92.57±3.14	.66	.52
HR	S	90.58±12.83	145.66±12.29	101.25±14.09	.59	.00*
	NS	87.08±6.15	143.08±16.98	93.08±11.64	73.62	.00*

M±SD : mean±standard deviation

\* $p<.05$

S : Smoker, NS : Non-smoker

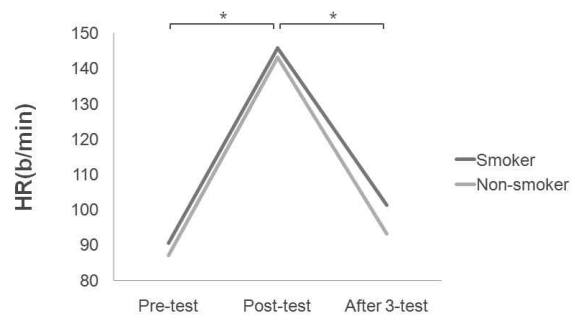


Fig. 3. Post hoc for change patterns of heart rate

#### 3. 그룹 간 폐기능과 심박수 차이 비교

그룹 간 폐기능과 심박수를 측정·비교한 결과,

FVC, FEV1과 심박수에서 유의한 차이가 나타나지 않았으나(p>.05), FEV1/FVC에서 최대부하운동 후 유의한 차이를 나타내었다(p<.05)(Table 3)(Fig. 4).

Table 3. A comparison of pulmonary function and heart rate between smoker and non-smoker groups

		Smoker	Non-smoker	t	p
FVC	Pre	4.06 ± .94	4.06 ± 1.02	.01	.98
	Post	4.12 ± 1.07	3.88 ± .97	.57	.57
	After 3min	3.86 ± .82	3.80 ± .92	.16	.87
FEV1	Pre	3.58 ± .59	3.68 ± .86	-.32	.74
	Post	3.75 ± .91	3.52 ± .84	.63	.53
	After 3min	3.42 ± .64	3.37 ± .88	.15	.87
FEV1 /FVC	Pre	88.22 ± 8.32	91.34 ± 3.74	-1.18	.24
	Post	86.19 ± 9.19	92.97 ± 3.88	-2.35	.02*
	After 3min	87.97 ± 7.66	92.57 ± 3.14	-1.92	.06
HR	Pre	90.58 ± 12.83	87.08 ± 6.15	.85	.40
	Post	145.66 ± 12.29	143.08 ± 16.98	.42	.67
	After 3min	101.25 ± 14.09	93.08 ± 11.64	1.54	.13

M±SD : mean±standard deviation

\*p<.05

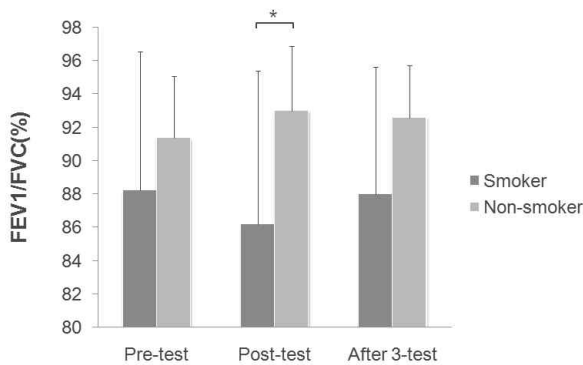


Fig. 4. Post hoc for comparison of pulmonary function FEV1/FVC between smoker and non-smoker groups

#### IV. 고 찰

흡연은 장기적으로 건강에 치명적인 손상을 초래할 수 있으며, 심폐질환과 높은 관련성을 갖고 있는 것으로 알려져 있다(ACSM, 2013). 운동부하검사는 발병빈도가 증가하고 있는 심혈관 질환이나 호흡계 질환의 진단과 치료계획 결정 및 치료효과에 대한 평가를 위해 많이 시행되고 있으며, 관련된 연구 또한 많이 이루어지고 있다. 본 연구는 최대부하운동과 회복기 동안의 폐기능과 심박수에 한국 대학생의 높은 흡연율이 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

폐기능 검사는 폐질환 진단 치료 및 예후판정에 있어서 널리 이용되고 있다. 기본적인 변수로 FVC, FEV1, FEV1/FVC를 사용하고 있다. Flecher 등(1976)은 건강한 정상인의 폐기능은 20-25세를 정점으로 하여 연령에 따라 서서히 점진적으로 감소하는데 FEV1을 기준으로 1년에 약 25 ml씩 감소하는 반면, 흡연자는 1년에 50 ml씩 감소하고 심한 경우는 100 ml씩 감소하여 기도폐쇄에 의한 증상이 발현된다고 하였다. 본 연구에서는 측정시점에 따른 폐기능과 그룹 간 안정시, 회복기 3분 후 폐기능에서 유의한 차이를 보이지 않았으며, 모든 폐기능 변수들에서 정상범주에 포함되었다. 이는 두 그룹이 흡연여부의 차이를 제외하고는 평균연령이 23.4±3.7세인 건강한 성인들을 대상으로 하였기 때문에 연령에 의해 폐기능의 감소가 아직 나타나지 않아 큰 변화를 보이지 않은 것이라 생각된다.

폐기능 검사의 기본 변수 중 FEV1/FVC는 기도폐쇄를 나타내는 지표로 이용된다. FEV1/FVC는 정상인에서 75% 이상이며, 그 이하는 기도폐쇄를 의미한다(최정근 등, 2005). 김정주 등(2000)은 흡연이 대학교 테니스 선수들의 폐활량에 미치는 영향에서 동적 폐기능이 비흡연 그룹보다 흡연 그룹에서 낮게 나타났다고 하였으나, 김대식(2003)은 건강한 성인의 폐기능 검사 지표에 대한 연령, 체중, 신장과 흡연의 관련성에서 흡연자와 비흡연자 간에 있어서 비흡연자군이 폐기능 검사 지표가 높게 측정되었다고 하였다. 본 연구에서 최대부하운동 후 FEV1/FVC의 변화에서 두 그룹 모두 정상인의 범주에 포함되

지만 흡연자 그룹은 비흡연자 그룹에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 흡연이 FEV1/FVC에 영향을 미친다고 할 수 있으며, 선행연구를 지지하는 결과이다. 또한 FEV1/FVC는 기도저항이 증가하는 질환에서 감소하는 현상을 나타내므로, 흡연은 기도저항이 증가하는 질환에 영향을 미치고 있는 것으로 생각된다.

운동부하검사는 운동 후의 심박수 변화를 이용하여 자율신경계 기능 평가 지표로도 활용할 수 있다. 본 연구에서는 흡연자 그룹과 비흡연자 그룹의 심박수 변화에서 점진적인 부하 증가에 의해 최대부하운동 후의 심박수가 안정 시와 최대부하운동 후 회복기의 심박수보다 유의하게 증가한 것으로 나타났으며, 두 그룹 간 심박수 차이에서 유의하지는 않지만 흡연자 그룹의 심박수가 비흡연자 그룹의 심박수가 높은 것을 알 수 있었다. 선행연구에서 비흡연자에 비해 흡연자의 생리적 기능이 저하되었으며, 지구성 운동에서의 심박수는 흡연자가 비흡연자에 비해 높은 심박수를 가졌다고 하였는데 (Conway와 Cronan, 1992) 이는 니코틴의 영향으로 폐모세혈관에서 일산화농도가 높아지면 탄소헤모글로빈(Cohemoglobin)을 형성하여 산소의 운반능력을 저하시켜 심장의 작업량을 증가시키기 때문이라 할 수 있다(Aronow 등, 1974).

또한 통계적으로 유의하지는 않았지만 최대부하운동 후 회복기 3분의 심박수에서 흡연자 그룹이 비흡연자 그룹에 비해 많이 높은 것으로 보아 흡연자 그룹의 심박수 회복 반응이 느린 것을 알 수 있었다. 흡연자 그룹의 최대부하운동 후 심박수 회복 지연은 내피세포 기능부전(endothelial dysfunction)과 관련이 있다고 보고에 미루어 보아(Huang et al., 2004) 니코틴 등이 내피세포에 쌓여 심박수 회복 지연에 영향을 준 것으로 생각된다. 또한 최대부하운동 후 심박수 회복 반응(heart rate recovery)을 통해 자율신경계 활성화 및 심혈관계 질환의 유무를 예측할 수 있으므로(최수희 등, 2007; Deniz 등, 2007; Myers 등, 2002) 심박수 회복 지연은 심혈관계 질환의 발병 위험성을 의미할 수 있다.

본 연구의 결과를 종합하여 볼 때 운동부하검사 에서 두 그룹 모두 정상범주에 속했으나, 최대부하운동 후 그룹 간 FEV1/FVC의 유의한 차이는 흡연이 20대 성인의 폐기능에 영향을 미치고 있다고 할 수 있으며, 유의하지는 않지만 비흡연자 그룹에 비해 흡연자 그룹에서 보여 준 회복기 3분의 높은 심박수는 흡연이 심혈관계에도 영향을 미치고 있다고 볼 수 있다. 하지만 본 연구는 건강한 20대 성인을 대상으로 하였고, 흡연자 그룹의 평균 흡연기간이 평균 6.5년 이므로 연령과 흡연기간에 따라 더 많은 영향을 미칠 것으로 생각된다. 따라서 앞으로 다양한 연령과 흡연기간 등에 대한 광범위한 연구가 필요할 것으로 생각되어 진다.

## V. 결 론

본 연구는 트레드밀을 통한 최대운동 전·후, 회복기 3분 측정시점에 따른 변화와 그룹 간 폐기능과 심박수 차이를 알아보기 위해 20대 성인을 대상으로 흡연자 그룹 12명, 비흡연자 그룹 12명으로 구분하여 FVC, FEV1, FEV1/FVC, 심박수를 측정·비교한 결과, 측정시점에 따른 흡연자 그룹과 비흡연자 그룹의 심박수 변화에서 최대부하운동 후의 심박수가 안정 시와 최대부하운동 후 회복기의 심박수와 유의한 차이를 나타내었다. 그룹 간 폐기능과 심박수를 비교한 결과, FEV1/FVC에서 유의한 차이를 나타내었다.

이상의 결과를 종합하여 보았을 때 운동부하검사 에서 두 그룹 모두 정상범주에 속했으나, 흡연자 그룹과 비흡연자 그룹 간의 FEV1/FVC에서 유의한 차이가 나타났으며, 이는 흡연이 20대 성인의 폐기능에 영향을 미친다고 할 수 있다.

## 참고문헌

김대식. 건강한 성인의 폐기능 검사 지표에 대한 연령, 체중, 신장과 흡연의 관련성. 동남보

- 건대학논문집 2003;21(2):429-440.
- 김정주, 안재준, 이재문. 흡연이 대학교 테니스 선수들의 폐활량에 미치는 영향. 체육학논문집. 2000;28:287-298.
- 보건복지부. 2010 국민건강통계 국민건강영양조사. 서울:보건복지부 질병관리본부 2011.
- 양숙자. 흡연·금연 관련 연구동향 분석. 한국보건간호학회지 2008;22(2):255-265.
- 유재현, 유광욱. 흡연과 금연이 운동능력과 체중변화에 미치는 영향. 코칭능력개발지 2006;8(4):185-194.
- 유재형, 지용석, 김은경. 운동 전 흡연 유,무에 따른 %SO<sub>2</sub>, 무산소성 역치 및 심폐운동능력의 비교연구. 한국사회체육학회지 2010;40(2):659-666.
- 윤남식, 이경옥, 김지연. 트레드밀 운동시 속도와 경사도에 따른 운동 역학적 변인의 특성 비교. 한국유산소운동과학회지 2001;5(1):49-68.
- 최수희, 이광제, 이광호 등. 운동부하 심전도 검사 후 관상동맥 질환의 예측인자로서 회복기 첫 2분간 심박수 변화의 의의. 순환기 학회지 2007;37(9):432-436.
- 최정근, 백도명, 이정오. 한국인의 정상 폐활량 예측치. 대한결핵 및 호흡기학회지 2005;58(3):230-242.
- American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 9th ed. Philadelphia, Lippincott Williams and Wilkins. 2013.
- Aronow WS, Cassidy J, Vangrow JS et al. Effect of cigarette smoking and breathing carbon monoxide on cardiovascular hemodynamics in arterial patients. Circulation 1974;50(2):340-347.
- Bruce RA, Kusumi F, Hosmer D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. Am Heart J 1973;85(4):546-562.
- Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ et al. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. N Engl J Med 1999;341(18):1351-1357.
- Cole CR, Joanne MF, Eugene HB et al. Heart rate recovery after submaximal exercise testing as a predictor of mortality in a cardiovascular healthy cohort. Ann Intern Med 2000;132(7):552-555.
- Conway TL, Cronan TA. Smoking, exercise, and physical fitness. Prev Med 1992;21(6):723-734.
- Deniz F, Katircibasi MT, Pamukcu B et al. Association of metabolic syndrome with impaired heart rate recovery and low exercise capacity in young male adults. Clin Endocrinol 2007;66(2):218-223.
- Elder JP, Wildey M, Moor CD et al. The long-term prevention of tobacco use among junior high school students: classroom and telephone interventions. Am J Public Health 1993;83(9):1239-1244.
- Ezzati M, Henley SJ, Thun MJ et al. Role of smoking in global and regional cardiovascular mortality. Circulation 2005;112(4):489-497.
- Flecher C, Peto R, Tinker C et al. The natural history of chronic bronchitis and emphysema. Oxford, Oxford University Press. 1976.
- George P, Dimitris G, George G et al. Effects of chronic smoking on exercise tolerance and on heart rate-systolic blood pressure product in young healthy adults. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil 2007;14(5):646-652.
- Huang PH, Leu HB, Chen JW et al. Usefulness of attenuated heart rate recovery immediately after exercise to predict endothelial dysfunction in patients with suspected coronary artery disease. Am J Cardiol 2004;93(1):10-13.
- Kim DJ, Noh JH, Lee BW et al. A white blood cell count in the normal concentration range is in-

- dependently related to cardiorespiratory fitness in apparently healthy Korean men. *Metabolism* 2005;54(11):1448-1452.
- Lauer MS, Okin PM, Larson MG et al. Impaired heart rate response to graded exercise: prognostic implications of chronotropic incompetence in the Framingham Heart Study. *Circulation*. 1996;93(8):1520-1526.
- Mokdad AH, Marks JS, Stroup DF et al. Actual causes of death in the United States, 2000. *JAMA* 2004;291(10):1238-1245.
- Morshedi-Meibodi A, Larson MG, Levy D et al. Heart rate recovery after treadmill exercise testing and risk of cardiovascular disease events (the Framingham Heart Study). *Am J Cardiol* 2002;90(8):848-852.
- Murray CJL, Lopez AD. Evidence-based health policy; lessons from the global burden of disease study. *Science* 1996;274(1):740-743.
- Myers J, Prakash M, Froelicher V et al. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med* 2002;346(11):793-801.

논문접수일(Date Received) : 2015년 10월 4일  
논문수정일(Date Revised) : 2015년 10월 15일  
논문게재승인일(Date Accepted) : 2015년 10월 20일

---